

MAGYAR ÁLLATORVOSOK LAPJA

Hungarian Veterinary Journal

Vol. 142. No. 11. – Budapest, November 2020.

Established by Prof. B. Nádaskay, 1878

In vitro előállított szarvasmarha-embriók

LÓ

A szívritmus-változékonyság szerepe a lósportban

SZARVASMARHA

Az állományszintű sántaság felderítése tejtermelő tehenészetekben

Telepi körülmények között *in vitro* előállított és fagyasztott szarvasmarha-embriók sikeres átültetése az ún. direkt transzfer technikával

ÉLETTAN

A matriptáz enzimek élettani és patológiás szerepe

ÉLELMISZER-HIGIÉNYIA

Csirkehúsok *Salmonella*-szennyezettségének és a *S. Enteritidis* grillezés közbeni hőpusztulásának vizsgálata

TAKARMÁNYOZÁS

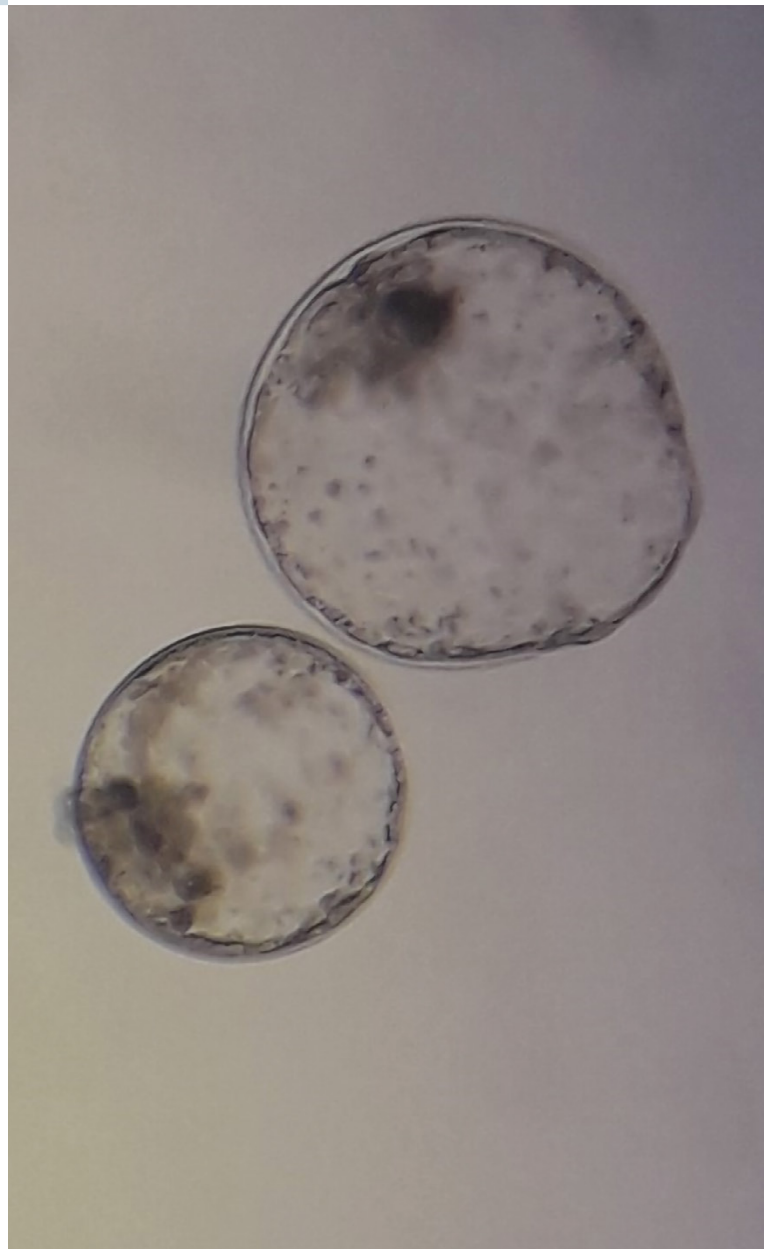
Sertéstakarmányok multi-mikotoxin szennyezettségének vizsgálata

BESZÁMOLÓ

Mobil kiskérődzőembrió-átültető állomás kezd meg működését

AKADÉMIAI BESZÁMOLÓK

Élelmiszer-higiéncia,
Állategészségügyi igazgatás





GRASSLANDHU

LIFE IP GRASSLAND-HU

Pannon gyepek és kapcsolódó élőhelyek hosszú távú megőrzése a Priorizált Akció Tervben foglalt intézkedések megvalósításával



www.grasslandlifeip.hu
grassland@hoi.hu
fb.com/grasslandlifeip
+36 / 1 36 28 100



A LIFE IP GRASSLAND-HU
(LIFE17 IPE/HU/000018) projekt az Európai Unió LIFE programjának támogatásával valósul meg.

LÓ / EQUINE

- 643.** Nyerges-Bohák Zs., Joó K., Tóthné Maros K., Kovács L.: A szívritmus-változékonyság szerepe a lóspportban Irodalmi összefoglaló

Zs. Nyerges-Bohák, K. Joó, K. Tóthné Maros, L. Kovács: Heart rate variability measurements in equine exercise physiology
Literature Review

SZARVASMARHA / BOVINE

- 653.** Jurkovich V., Hejel P.: Az állományszintű sántaság felderítése tejtermelő tehenészetekben Irodalmi összefoglaló

V. Jurkovich, P. Hejel: Recognizing lameness in dairy cattle herds
Literature review

- 665.** Vincze B., Solti L., Volman L., Cseh S., Gyulay Gy.: Telepi körülmények között *in vitro* előállított és fagyasztott szarvasmarha-embriók sikeres átültetése az ún. direkt transzfer technikával Rövid közlemény

B. Vincze, L. Solti, L. Volman, S. Cseh, Gy. Gyulay: Successful transfer of *in vitro* produced frozen bovine embryos with the direct transfer technique under farm conditions
Short communication

ÉLETTAN / PHYSIOLOGY

- 673.** Barna R. F., Pomothy J. M., Pásztiné Gere E., Máti S., Jertzsele Á.: A matriptáz enzimek élettani és patológiai szerepe Irodalmi összefoglaló

R. F. Barna, J. M. Pomothy, E. Pasztiné Gere, G. Máti S., Á. Jertzsele: Physiological and pathological roles of matriptases
Literature Review

ÉLELMISZER-HIGIÉNYIA / FOOD-HYGIENE

- 681.** Pleva D., Szakmár K., Tózsér D., R. Sweeney, Domak A., Laczay P.: Kiskereskedelmi forgalomban kapható csirkehúsok *Salmonella*-szennyezettségének és a *Salmonella* Enteritidis grillezés közbeni hőpusztulásának vizsgálata

D. Pleva, K. Szakmár, D. Tózsér, R. Sweeney, A. Domak, P. Laczay: Examination of *Salmonella* contamination of retail chicken meat and *Salmonella* Enteritidis heat elimination during grilling

TAKARMÁNYOZÁSTAN / ANIMAL NUTRITION

- 689.** Szabó-Fodor J., Bóta B., Mihucz G., M. Sulyok, Tenke J., Kovács M.: Hazai sertéstakarmányok multi-mikotoxin szennyezettségének vizsgálata és az eredmények összehasonlítása 2016, 2017 és 2018-ban

J. Szabó-Fodor, B. Bóta, G. Mihucz, M. Sulyok, J. Tenke, M. Kovács: Monitoring of multi-mycotoxin contamination of pig feeds and comparison of results in years 2016, 2017 and 2018

BESZÁMOLÓ

- 670.** Mobil kiskérődzőembrió-átültető állomás kezd meg működését

AKADÉMIAI BESZÁMOLÓK

- 702.** Élelmiszer-higiéncia, Állategészségügyi igazgatás



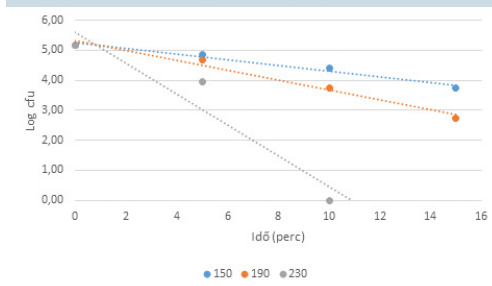
646. Szívritmus-változékonyság mérése lóban



655. Görbített hátú sánta tehenek



668. Egészséges IVF-borjú



685. S. Enteritidis hőpusztulása csirkemellben

A folyóiratot indexeli és referálja/The journal is indexed and abstracted by: CAB Abstracts (CABI), Science Citation Index Expanded, Zoological Record, BIOSIS previews (Thomson Reuters), Scopus (Elsevier).

Tartalom/Contents: Current Contents – Agriculture, Biology & Environmental Sciences (Thomson Reuters)

Ingyenes mutatószám kérhető a főszerkesztőtől/Free sample copies are available from the editor-in-chief: H-1078 Budapest, István utca 2. Hungary

Megrendelhető a fenti címen a szerkesztőségétől/ Subscription orders to the Editorial Office (address above)

*** Internet address
(English contents pages, subscription price, etc.)
<http://www.univet.hu/mal>



Professzorok a járványtanról

Magáról is mondhatta volna a száz éve született SZENT-IVÁNYI TAMÁS, amit HUTYRA FERENC és PREIS HUGÓ közös jellemzőjeként kiemelt: „Mindketten a szülői házból és az iskolai környezetből egyaránt, ... többnyelvűséget és az ezzel járó többszínű kultúrák megbecsülését, valamint ezzel együtt a nemzetközi mérce igényét hozták magukkal.” Az erdélyi származású SZENT-IVÁNYI román és kiváló német tudása mellett angolul és franciául is beszélt, és a szakirodalmat olasz és orosz nyelven is követte, ami megalapozta széles körű nemzetközi kitekintését és a FAO-ban végzett munkáját.

1942-ben kitüntetéssel végezte kolozsvári Gazdasági Akadémiát, és apja nyomdokaiba lépve gazdálkodó akart lenni. Állatorvosi tanulmányokba azért fogott, mert CSUKÁS ZOLTÁN mellé szeretett volna kerülni genetikát tanulni. A doktori fokozat megszerzése után azonban megélhetési gondok és a szülei iránti kötelezettségei az oltóanyag-termelésbe vezérelték, ami új irányt adott „szakmai elkötelezettségének”.

MANNINGER REZSŐ (1890–1970) 1950-ben hívta az intézetébe. Az ő iskolájához tartozni megtiszteltetés volt. Vele is több közös vonást mutat. A széles körű tudás és tájékozottság, a tiszta logika, a rendkívüli igényesség, a gyakorlat-orientáltság egyaránt jellemezte őket. SZENT-IVÁNYI így vall kutatómunkájáról: „A gyakorlat vetette fel a kérdést és a felelet keresése a mikrobiológia, a virológia vagy éppen az immuno-genetika, a vércsoportkutatás területére vezetett...” Képünk SZENT-IVÁNYI TAMÁST, MANNINGER REZSŐT és a gyakorlati problémákat „szolgáltató” Országos Állategészségügyi Intézet osztályvezetőjét, TUBOLY SÁNDORT mutatja az Intézet fennállásának 40 éves évfordulóján, 1969-ben.

Közös volt bennük az is, hogy a tanítást tekintették fő hivatásuknak. Előadásai megtartásában semmi nem akadályozhatta őket, és azok anyagát folyamatosan megújították. SZENT-IVÁNYI MANNINGER legnagyobb teljesítményének HUTYRA és MAREK kézikönyvének folytatását tekintette, amit az Állatorvos Világszövetség tiszteleti tagságával honoráltak. Egy beszámoló szerint: „A kongresszus több ezres közönsége, amelynek minden tagja szakmai tudásának egy részét ennek az embernek köszönhetette, állva ünnepelte MANNINGER professzort kitüntetése átvételekor...”

SZENT-IVÁNYI TAMÁSNAK nem jutott ilyen hangos ünneplés, és méltatlan módon egy időre még a katedrától is megfosztották, de pályatársai úgy emlékeznek rá mint lenyűgöző irodalmi, történelmi és zenei műveltséggel rendelkező, különleges, tisztességes és melegszívű emberre, kiváló oktatóra és kutatóra, aki – akárcsak elődei – a tanítványaiban él tovább.

Orbán Éva

FŐSZERKESZTŐ / EDITOR-IN-CHIEF

Dr. BALKÁ Gyula

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG / EDITORIAL BOARD

Dr. Abonyi Tamás
 Dr. Balka Gyula (elnök), Dr. Bándy Pál
 Dr. Bíró Ferenc, Dr. Bodó Gábor
 Dr. Búza László, Dr. Dunay Miklós Pál
 Dr. Farkas Róbert, Dr. Fekete Sándor György
 Dr. Fodor László, Dr. Gál János
 Dr. Gálfi Péter, Dr. Gönczi Gábor
 Dr. Jakab Csaba, Dr. Jerzsele Ákos
 Dr. Korzenszky Emőd, Dr. Laczay Péter
 Dr. Magyar Tibor, Dr. Manczur Ferenc
 Dr. Molnár Viktor, Dr. Nagy Béla
 Dr. Nemes Imre, Dr. Németh Tibor
 Dr. Ózsvári László, †Dr. Sályi Gábor
 Dr. Seregi János, Dr. Solti László
 Dr. Sótonyi Péter, Dr. Szieberth István
 Dr. Tóth Balázs, †Dr. Tuboly Tamás
 Dr. Varga János, Dr. Vetési Ferenc
 Dr. Visnyei László, Dr. Vörös Károly

SZERKESZTŐSÉGI TITKÁR

Tóth Zsuzsanna

SZERKESZTŐSÉG / EDITORIAL OFFICE

H-1078 Budapest, István u. 2. Hungary
 Levélcím: 1400 Budapest 7. Pf. 2.
 Telefon/fax: (36-1) 341-3023
 Internet: <http://www.univet.hu/mal>
 E-mail: mal@univet.hu

KIADÓ / PUBLISHER

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
 H-1223 Budapest, Park u. 2.
 Telefon: (36-1) 362-8100
 Telefax: (36-1) 362-8104
 Internet: www.agrarlapok.hu
 E-mail: info@agrarlapok.hu
 Felelős kiadó: Bozzay Péter ügyvezető

HIRDETÉSEK FELVÉTELE

Telefon: (36-70) 232-4231, (36-1) 362-8100
 Telefax: (36-1) 470-0410
 E-mail: info@agrarlapok.hu

Minden jog fenntartva. A lapból értesítéseket átvenni csak a Magyar Állatorvosok Lapjára való hivatkozással lehet. A hirdetések és egyéb reklámkiadványok tartalmáért a kiadó felelősséget nem vállal.

LAPTERV

made by zwoelf – www.zwoelf.hu

TERVEZŐSZERKESZTŐ

Pintéerné Tóth Viktória

NYOMÁS

Hivatalos Biztonsági Okmány- és Jegynyomda Kft.
 Felelős vezető: Kratochwill Balázs vezérigazgató

INDEX: 25531
 HU ISSN 0025-004X

LAPTULAJDONOS



KIADÓ



**Heart rate variability
measurements in equine
exercise physiology**
Literature Review

Zs. Nyerges-Bohák^{1*}

K. Joó²

K. Tóthné Maros³

L. Kovács⁴

1. NAIK Állattenyésztési, Takarmányozási
és Húsipari Kutatóintézet
H-2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

*e-mail: nyerges.sport@gmail.com

2. Szent István Egyetem Kaposvári
Campus, Állattenyésztési Tudományok
Doktori Iskola,
Kaposvár

3. Szent István Egyetem Mezőgaz-
daság- és Környezettudományi Kar,
Gödöllő

4. Szent István Egyetem Mezőgaz-
daság- és Környezettudományi Kar,
Gödöllő

A szívritmus-változékonyság szerepe a lósportban

Irodalmi összefoglaló

Nyerges-Bohák Zsófia^{1*}, Joó Kinga², Tóthné Maros Katalin³, Kovács Levente⁴

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők irodalmi adatok alapján bemutatják a szívritmus-változékonyság szerepét lovakban, amely a szervezet alkalmazkodóképességét írja le. A humán sporttudományban a stresszszintet és a formaidőzítés pillanatnyi állapotát is követik már szívritmus-változékonysági paraméterek alapján. A ló- és lovassportok területén ez a vizsgálat kutatási fázisban van, de egyénre szabott, megfelelően standardizált mérési módszerrel ígéretes eredményeket kaphatunk már ma is. Az alkalmazkodóképesség visszaesése, vagy az autonóm idegrendszer egyensúlyának váratlan megváltozása, sok esetben nem kívánt folyamatokat jelez. Ezeket időben észlelve, teljesítménycsökkenéstől, sérüléstől óvhatjuk meg a lovakat, ill. a szubklinikai megbetegedések is kiszűrhetők lehetnek.

SUMMARY

Heart rate variability (HRV) measurement is a non-invasive method, which describes the adaptability of the body and the actual balance of the autonomic nervous system. In human sports medicine, several research studies have been performed to investigate the relationship between HRV and workout planning, as well as the actual condition of athletes and the current status of peaking based on HRV parameters. An increase in HRV represents a positive adaptation/better recovery status, whilst a reduction in HRV reflects stress and a worse recovery status. Based on this discovery, HRV is becoming more and more popular in the physical and mental preparation of human elite athletes. HRV analytic algorithms have been developed even for recreational athletes, although their accuracy is still questionable.

In the field of equestrian sports, HRV testing is in the research phase. The high degree of difference between HRV results recorded during and after the load, encourages many people to question the effective applicability of this measurement method. However, if we deal deeper with the subject, it is clear that the diversity of the investigation and analysis processes are responsible for the difficult comparability. Standardizing the conditions and the methods used, we could offer promising results even today. The decline in adaptability or an unexpected change in autonomic nervous system balance, usually indicates undesirable processes. These can be detected in time, preventing horses from decreasing performance, and injuries. Subclinical illnesses can also be explored based on HRV changes.

The purpose of this paper is to highlight the possible causes of controversy surrounding HRV investigations and inspire veterinarians to make HRV measurement an integral part of the training of sport- and racehorses in the near future.

Ó

Az élsportolókhoz hasonlóan a versenylovak is óriási fizikai igénybevételnek vannak kitéve. Egy hatékony edzéstervnek (mind intenzitásában, mind gyakoriságában) olyan határvonalat kell megcélózni, ami kimeríti az állat maximális teljesítőképességét, de sem mentálisan, sem fizikálisan nem terheli túl. Figyelembevétel, hogy a terhelhetőség nagymértékben egyedfüggő (12, 61), az alkalmazkodás (akár pozitív, akár negatív) egyedi, noninvasív mérésének lehetősége hatalmas előrelépést jelentene az edzők számára.

A humán sporttudományban a szívritmus-változékonyság vizsgálatát élsportolók fizikális állapotának felmérésére használják

Pontos eredmények a sportoló HRV-adatainak hosszú távú megismerésével kaphatók

A szívverések – egészséges szív működés esetén – a hallható ritmusosság ellenére, szabálytalan időközönként követik egymást

A szívritmus-változékonyság mértéke a szervezet alkalmazkodóképességét tükrözi

A humán sporttudomány egyre több fórumon használja a szívritmus-változékonyság (heart rate variability, HRV) vizsgálatát a sportoló fizikális állapotának, fejlődésének és aktuális terhelhetőségének megítélésére. Ráadásul, mióta a HRV-mérés hordozható, terhelés közben is kényelmesen viselhető jeladóval elvégezhető, az adatok akár mindennapos rögzítése is lehetségessé vált. Emberekben így több ízben vizsgálták már az összefüggést a HRV és a terhelés intenzitása (15, 34, 36, 37), a teljesítmény (4, 30), az igénybevételhez történő alkalmazkodás (4, 11, 15, 28, 57), ill. a krónikus fáradtság vagy túledzettség (30, 33, 44) között. Az eredmények ígéretesek, de sok – részben megmagyarázhatatlan – ellentmondás is felmerült a vizsgálatok során. A legnagyobb problémát a HRV elemzésének nagyfokú szubjektivitása jelenti. Bár a rögzített adatokból különböző szoftverek segítségével konkrét mutatók számolhatók ki, a szoftver számára kijelölt szakasz kiválasztása egyelőre manuálisan történik, azaz a vizsgáló megítélésén múlik. Mindemellett az is előfordulhat, hogy a teljes HRV-görbe szemrevételezése után, a számok alapján, „vakon” megállapított szakvéleményen változtatni kell. A szaktudás nélkül használható algoritmusok tehát meglehetősen pontatlan eredményt adnak. Valós következtetések csak akkor vonhatók le, ha ugyanaz a vizsgáló megismeri és a korábbi eredményekhez viszonyítva, hosszútávon elemzi a sportoló HRV-adatait. Emiatt a HRV széles körben elterjedt sportélettani használata egyelőre még várat magára.

A SZÍVRITMUS-VÁLTOZÉKONYSÁG ÉLETTANI HÁTTERE

Szívritmus-változékonyságnak nevezzük azt az élettani jelenséget, miszerint a szívverések – egészséges szív működés esetén – a hallható ritmusosság ellenére, szabálytalan időközönként követik egymást (45). Ezt a szabálytalanságot/változékonyságot az autonóm idegrendszer (autonomous nervous system, ANS) leszálló (efferens) és felszálló (afferens) ágainak összehangolt működése, ill. más mechanikai, hormonális és élettani mechanizmusok együttes jelenléte határozzák meg (69). A változékonyság egy általános alkalmazkodóképességként fogható fel, amelynek célja a szív- és érrendszer működésének optimális tartományban tartása, még változó külső és belső feltételek és kihívások esetén is.

A HRV jelenségét HALEs és mtsai már 1733-ban kimutatták, mikoris felfedezték a kapcsolatot a légzési ciklus, a vérnyomás és a két szívverés között eltelt idő között (27). Fontos mérföldkő volt ezután, mikor 1965-ben HON és LEE rögzíteni tudták magzati distressz során a HRV-változást még azelőtt, hogy a percnkénti szívverésszám megváltozott volna (31). Az elmúlt évszázadban végül a HRV-elemzés egyre fontosabb részesévé vált a humán gyógyászatnak, mára pedig a sporttudományban és az állategészségügyben is egyre gyakrabban használt vizsgálati módszer.

A SZÍVRITMUS-VÁLTOZÉKONYSÁG ELEMZÉSE

A szívritmus-változékonyság-elemzés az elektrokardiográffal (EKG) rögzített hullám R-csúcsai között mért távolságok különbségeinek leíró módszere (40). Ez a távolság, mint időintervallum, milliszekundumban (ms) is leírható, ezen adatok sokasága pedig különböző szempontok szerint elemezhető.

Itt fontos kiemelni, hogy a „HRV-elemzés” kifejezést, mint a stressz vagy alkalmazkodás mérésének általános lehetőségét egyre gyakrabban halljuk mind közéleti,

A különböző HRV-paraméterek többféle módszertani és élettani szempont alapján vizsgálhatók

A sporttudományban a néhány perces, néhány órás nyugalmi, vagy terheléses HRV-idősorok elemzése a jellemző

Rövid időtartamú HRV-vizsgálatok esetén mindig 5 perces felvételeket elemeznek

Hosszabb időszakok elemzése egyben, vagy egymást követő 5 perces szakaszok átlagolása útján is lehetséges

mind tudományos fórumokon. Az ilyen általánosítás ellenére sem szabad megfélekedni azonban arról, hogy a megnevezés mögött minden esetben egy konkrét HRV-paraméter vizsgálata áll. Márpedig a HRV-indexek egymástól igen eltérő összetevőkből állnak és igen eltérő módon számolhatók ki, vagyis a HRV-elemzést egy bizonyos mértékű szubjektivitás mindig jellemzi. Erre az elemzés megtervezése során kiemelt figyelemmel kell lenni, hogy a lehető leginkább standard és összehasonlítható eredményeket kapjunk.

A hagyományosan használt HRV-paraméterek módszertani szempontból időbeli különbségek alapján (időtartományban végzett elemzés – time domain analízis), ill. az RR-távolságkülönbségek teljesítményeloszlása alapján (spektrális/frekvenciatartományban végzett elemzés – power-spektrum domain analízis) elemezhetőek, míg élettani szempontból a pillanatnyi, a cirkadián és az össz-HRV írható le a vizsgált egyedről (9, 21, 67). A pillanatnyi elemzés leggyakrabban öt perces intervallumot vizsgál, ami az egyed egy adott szituációra alkalmazott belső választát tükrözi. A cirkadián ritmus a HRV 24 óra alatt lezajló élettani ingadozását írja le, míg az össz-HRV az egyedre jellemző (általában egy hét mérési alapján kiszámolt átlagokat használó) általános állapot mutatója. A sporttudomány leggyakrabban a HRV-vizsgálatok ez utóbbi formáját használja. A különböző elemzőmódszerekkel kiszámolható paraméterek összefoglalását a **Táblázat** tartalmazza.

A sporttudományban a 24 órás kardiológiai HRV-felvételeket felváltotta a néhány perces, néhány órás nyugalmi, vagy terheléses HRV-idősorok elemzése (10, 24). Mindezt az egyre kisebb méretű, sport közben, sőt versenyen is észrevétlenül viselhető mérőeszközök teszik lehetővé. Ezek a műszerek EKG-alapú RR-intervallum idősorokat rögzítenek, mérési pontosságuk megközelíti a nagy felbontású EKG-készülékek által leírt eredményeket (46, 60, 64).

AZ ELEMZÉSI MÓDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Egy kitűzött HRV-elemzés során a mintavételezés időtartamát és a mintavételi körülményeket a vizsgálat célja, jellege, ill. az elemzési módszer statisztikai szempontból vett sajátosságai együttesen határozzák meg. A felvételek hosszúságát minden körülmények között standardizálni kell.

Rövid távú vizsgálatok során a frekvenciatartományban történő elemzést előnyben részesítik az időtartományban történő elemzéssel szemben. Megfelelő jelstabilitás mellett a felvételnek legalább 10-szeres hosszúságúnak kell lennie a vizsgált komponens alacsonyabb frekvenciájú hullámhosszánál. Ettől függetlenül a humán és az állatorvosi gyakorlatban is – hacsak a tanulmány nem követel meg kifejezetten mást – a különböző vizsgálatok szabványosítása érdekében rövid időtartamú HRV-vizsgálatok esetén mindig 5 perces felvételek elemzését mutatják be. Az ajánlástól függetlenül nincs bizonyítva az sem, hogy ennél rövidebb szakasz nem adhat megfelelő információt a HRV spektrális elemeiről (13, 67).

Hosszabb időszakok vizsgálatakor, az időtartományban számított paraméterek 4 órás felvétel elemzésével számíthatók ki (13), míg spektrális paraméterek esetén egymást követő 5 perces időszakok eredményeinek átlagolása ad pontosabb eredményt (67). Ennek oka, hogy a frekvenciaanalízis jóval érzékenyebb az esetleges jelhibákra, amit ezzel a manuális szakasz kiválasztással küszöbölünk ki. Ha az adott állapotot meghatározó fiziológiai hatások természete és mértéke a hosszabb felvétel közben lényegesen megváltozik, akkor azért az ilyen átlagolt spektrális komponensek értelmezése is kérdéses lehet. Összességében mégis úgy tartják az egymást követő legalább 4 db 5 perces intervallum átlagolása jó eséllyel megjeleníti az adott időszak egyensúlyi állapotát (67).

A kifejezetten hosszú távú felvételek (6–24 óra) egyben történő elemzése esetén a szívritmus-moduláció kisebb stabilitása miatt a spektrális módszerek eredményei kevésbé értelmezhetőek, az időtartományban történő elemzés ilyenkor a leginkább választandó módszer (67).

TÁBLÁZAT. Összefoglaló a HRV adatsorok elemzésének módszereiről és a kapott eredmények értelmezéséről (59)

(SDNN: NN intervallumok szórása; RMSSD: RR intervallumok négyzetes átlaga; pNN50: 50ms-nál nagyobb RR-intervallumok százalékos aránya az összes RR intervallumhoz; TP: Összes teljesítmény; LF: A kis frekvenciájú sáv abszolút teljesítménye; HF: A nagy frekvenciájú sáv abszolút teljesítménye; SD1: Az egyes pontok távolságának szórása az $y = x$ függvénytől. A P-térkép ellipszis szélessége., SD2: Az egyes pontok szórása az $y = x +$ (NN intervallumok átlaga) függvénytől. A P-térkép ellipszis hossza.)

TABLE. Summary of methods for analysing HRV data sets and interpretation of results obtained (59)

(SDNN: Standard deviation of NN intervals; RMSSD: Root mean square of successive RR interval differences; pNN50: Percentage of successive RR intervals that differ by more than 50 ms; TP: Total power; LF: Low frequency band; HF: High frequency band; SD1: Poincaré plot standard deviation perpendicular the line of identity, SD2: Poincaré plot standard deviation along the line of identity)

HRV-index	Mértékegység	Leírás	Élettani jelentőség
Időtartományban végzett elemzés			
SDNN	ms	Az egymás utáni ciklushosszak különbségeinek szórását fejezi ki	Az autonóm idegrendszer teljes aktivitását tükrözi (HRV)
RMSSD	ms	A szomszédos RR-intervallumok különbségének effektív értéke	Jó jelzőszáma a vagus tónus aktivitásában bekövetkező változásoknak
pNN50	%	Azon RR-intervallumok százalékos aránya a vizsgált szakaszon, amelyek > 50 ms-mal különböznek az előzőtől	Paraszimpatikus hatást jelez
Frekvenciatartományban végzett elemzés			
TP	ms ²	Összesített értékzóna	Az autonóm idegrendszer teljes aktivitását tükrözi (HRV)
LF	ms ²	Alacsony frekvenciás tartomány (LF = 0,01 - 0,07 Hz)	Vegyes szimpatikus, és paraszimpatikus szabályzást tükröz
LFnu	n.u.	Alacsony frekvenciás teljesítmény normalizált értéke (LF / (TP - VLF) x 100)	Vegyes szimpatikus, és paraszimpatikus szabályzást tükröz
HF	ms ²	Magas frekvenciás tartomány (HF = 0,07 - 0,6 Hz)	Paraszimpatikus szabályzást tükröz
HFnu	n.u.	Magas frekvenciás teljesítmény normalizált értéke (HF / (TP - VLF) x 100)	Paraszimpatikus szabályzást tükröz
LF/HF	arány	Az LF és HF aránya	Szimpatovagális egyensúly mutatója
Nem lineáris (geometriai) elemzés			
SD1		A pillanatnyi RR-változékonyság szórását fejezi ki	Paraszimpatikus szabályzást tükröz
SD2		A hosszútávú RR-változékonyság szórását fejezi ki	Vegyes szimpatikus, és paraszimpatikus szabályzást tükröz
SD1/SD2		Az SD1 és SD2 aránya	Szimpatovagális egyensúly mutatója



ÁBRA. Nyugalmi HRV-adatrögzítés (Polar V800)

FIGURE. HRV recording at rest (Polar V800)

**Geometriai elemzésre
a 24 órás felvételek a
legalkalmasabbak**

A geometriai módszerek legnagyobb előnye abban rejlik, hogy nem kifejezetten érzékenyek az RR-sávok analitikus minőségére, vagyis rosszabb minőségű felvételek elemzésére is alkalmazhatók. Legnagyobb hátrányuk viszont, hogy megfelelően nagyszámú RR-intervallumra van szükség a geometriai mintázat kialakításához. A gyakorlatban legalább 20 perces (de lehetőleg 24 órás) felvételeket kell alkalmazni a geometriai módszerek megfelelő működésének biztosítása érdekében, vagyis a jelenlegi geometriai módszerek nem alkalmasak a HRV rövid távú változásainak értékelésére (48).

A HRV SZEREPE A SPORTTUDOMÁNYBAN

**Nyugalmi állapotban
a szimpatikus-
paraszimpatikus
egyensúly tekintetében
egyértelműen a vagus
tónus dominál**

A NYUGALMI HRV ÉS A SPORT ÖSSZEFÜGGÉSEI

A frekvenciaelemzéssel kapott magas frekvenciás komponens (high frequency, HF) nyugalmi értékét a sporttudományban az általános állapot jelzőjeként is értékeli (18). Mind emberekben, mind lovakban nyugalmi állapotban a szimpatikus-paraszimpatikus egyensúly tekintetében egyértelműen a vagus tónus (HF-frekvenciatartomány) dominál (42, *Ábra*).

**A heveny fizikai
megterhelés pillanatnyi
szimpatikus túlsúlyt
eredményez**

A heveny fizikai megterhelés az autonóm egyensúly ellenkező irányú elmozdulásával jár: a testmozgás pillanatnyi szimpatikus túlsúlyt eredményez. Ez HRV-indexek alapján nem mindig mutatható ki egyértelműen (35), de általában az összeteljesítmény (total power, TP), az alacsony frekvenciás komponens (low frequency, LF) és a HF-értékek együttes csökkenése mérhető (56, 69, 71). Terhelés után a rövid- és középtávú (5–120 perces) levezetés, helyreállítódás (recovery) alatt a HRV-paraméterek, a TP, vagyis az alacsony és magas frekvenciás HRV-komponensek ismét emelkedni kezdenek. A hosszútávú (24–72 órás) regeneráció során végül a vagus dominancia helyreáll, sőt emberekben túlkompenzáció is megjelenik: a nyugalmi HF-tartomány meghaladhatja az edzés előtti értéket (29, 49). Terhelés hatására humán sportolóknál tehát rövidtávon az ANS szimpatikus szabályozás irányába mozdul el (7), hosszútávú eredményként azonban a HF növekedésére számíthatunk. Hogy ez a növekedés (és az ezzel párhuzamos nyugalmi pulzusszám csökkenés) megvalósul-e, elsősorban a terhelés intenzitásától függ. Emberekben pl. minimum heti 120 perc, a VO_{2max} 75%-át meghaladó terhelésintenzitás szükséges 3 hónapon át a várt eredmény eléréséhez (51). Kimutatták azonban azt is, hogy élsportolók esetében a megfelelő intenzitású edzés ellenére sem mindig figyelhető meg az edzés hatására erősödő paraszimpatikus túlsúly, sőt, sok esetben a formaidőzítés csúcspontján a szimpatikus tónus emelkedésére lehet számítani (35). A HRV és a kondíció összefüggése feltehetően egy harangalakú görbével írható le. Kezdetben az edzettséggel párhuzamosan a paraszimpatikus dominancia is erősödik, majd ez a hatás lelassul, sőt a csúcspontformához közelítve szimpatikus hatások kerülnek előtérbe (35). Az eddigi vizsgálatok alapján úgy tűnik, hogy lovakban inkább az élsportolókhöz hasonló a helyzet a terhelés okozta HRV-változások terén, habár meg kell jegyezni, hogy mindkét, a témában végzett tanulmány aktív versenyllovakat vizsgált. Angol telivérekben az LF és az LF/HF arány (szimpatiovagális egyensúly) az edzettséggel együtt nőtt, míg a HF egyáltalán nem változott (26, 43). Arra következtettek, hogy a lovakban erősen dominál a nyugalmi paraszimpatikus aktivitás már rosszabb kondíció mellett is eléri maximumát, nem emelhető tovább. Egy másik kísérletben a formaidőzítés csúcspontján mérték a szomszédos RR-intervallumok különbségének legnagyobb effektív értékét (Root Mean Square of the Successive Differences- RMSSD) értékeket ügöző lovakban, amit szintén az intenzívebb edzések és a jobb fizikum eredményeként értelmeztek (38).

**Angol telivérekben az
LF és az LF/HF arány
(szimpatiovagális
egyensúly) az
edzettséggel együtt nőtt**

**Emberekben a HRV
alkalmazkodóképessége
nagyban függ az
életkortól is**

Mindemellett a nyugalmi HRV alkalmazkodóképessége korfüggő is. Fiatalokkal végzett humán kísérletekben rendszeres aerob edzőmunkával 4 hét alatt már szignifikáns HF-emelkedés volt kimutatható (65), míg idősebbekben kérdéses, hogy egyáltalán befolyásolható-e még az ANS nyugalmi egyensúlya (32).

Úgy tűnik, emberekben bizonyos ideig a korról növekszik a HRV válaszkészsége, majd 70 éves kor körül egy blokádnak alakul ki a szinuszcsozó reakciókészségben (55). Lovakban a kor és a HRV összefüggéseit még nem vizsgálták megfelelő pontossággal, de egyes tanulmányok mellékes eredményei arra utalnak, hogy az RMSSD nyugalmi értéke a korról csökken (74).

HRV-VÁLTOZÁS TÚLTERHELÉSKOR, TÚLEDZETTSÉG ESETÉN

A túledzettség vagy túlterhelés a HRV beszűküléséhez vezethet

A túledzettség vagy túlterhelés a HRV beszűküléséhez vezethet. A HF ebben az esetben csökken, az LF/HF nő, sőt, az időtartományban elemzett mutatók csökkenése is kimutatható. Jól edzett extrém sportolóknál ez a hatás késleltethető, de a szervezett teljesítőképességének sokszoros túllépése végül minden esetben a szívrítmus változékonyságának csökkenését eredményezi (8, 29). Szándékosan túlterhelt humán sportolóknál az RMSSD értéke szignifikánsan csökkent az edzésprogram során, holott az alanyok mégcsak nem is kerültek végül a túledzettség állapotába, csak az „overreaching” néven ismert rövid távú túlterheltség alakult ki náluk (7). Érdekes, hogy ez a kimutatható emelkedett szimpatikus aktivitás nem mindig jár a nyugalmi pulzus növekedésével. Lehetséges, hogy ilyen extrém körülmények között összességében csökken a szinuszcsozó érzékenysége az autonóm idegrendszer mindennemű behatására (23). Fontos azonban itt is kiemelni az említett jelenséget, miszerint az ANS szimpatikus teljesítménye élsportolóknál és versenylovakban erősödhet a formaidőzítés végén. Vagyis a szimpatikus túlsúly nem minden esetben jelent túledzettséget, sőt épp a csúcspont jelzője is lehet (22).

A HRV-MÉRÉS LEHETŐSÉGEI TERHELÉS KÖZBEN

Annak ellenére, hogy a testmozgás, mint körülmény nem éppen kedvez a pontos HRV-adatrögzítésnek, mégis szignifikáns összefüggést találtak humán sportolóknál a terhelés alatti HRV-mutatók és egyes küszöbértékek (pl. aerob-anaerob küszöb) között (1, 8, 70). A szimpatoparaszimpatikus egyensúly eltolódása lovakban és emberekben is két fázisra bontható: a munka kezdete után közvetlenül az artériás baroreceptorok ingerlése által gátlódik az efferens vagusaktivitás (ez lovakban kb. 100–120/perces értékig felelős a pulzusnövekedésért), majd tartós és növekvő terhelésre az efferens szimpatikus aktivitást növekedni kezd, így érhető el a pulzusmaximum (35, 42, 52, 56, 62). A két fázis aránya nagyban függ a terhelésintenzitástól és, ahogy említettük, nem mindig írható le hitelesen HRV-mutatókkal (5). HRV-mutatók tekintetében a legtöbb szerző az összesített teljesítmény értéktóna, ill. az LF és HF abszolút értékének csökkenését írja le heveny testmozgás közben úgy lovakban (56, 68, 71), mint emberekben (2, 6, 47, 66, 67). A normalizált LFn és HF_n értékek, ill. az LF/HF-arány kapcsán az eredmények ellentmondásosak. Néhány tanulmány kimutatta, hogy növekvő intenzitású munkavégzés a HF_n kismértékű, ill. az LFn kifejezett növekedésével jár (17, 25, 47, 50, 73). Más kutatók úgy találták, hogy a terhelés növekedése nem okoz változást az LFn- és HF_n-értékekben, sőt az LF/HF-hányados csökkenésére is lehet számítani (6, 28, 55, 57, 70, 72). Mindazonáltal egyes szerzők a VO_{2max} 70%-át meghaladó terhelésintenzitás esetén a spektrális HRV-paraméterek értékelhetőségét, így az autonóm funkciók leképezhetőségét teljes egészében megkérdőjelezzik (16, 57, 72). Ennek hátterében legfőképp a megemelkedett légzésszám vagus-szerű hatása áll. Belégzéskor csökken a mellúri nyomás, ezáltal nő a vénás visszaáramlás, vizszatelik a jobb kamra, a szinuszcsozó megfeszül, aktivitása nő, ezáltal emelkedik a szívverésszám. Kilégzéskor ennek ellenkezője történik, vagyis a pulzus csökken (63). Úgy tűnik, ez a jelenség okozza a HF-teljesítményzónát nagyban befolyásoló légzési szinuszaritmiát, vagyis a szinuszcsozó tulajdonképpen egy feszítési receptorként (stretch-receptor) is üzemel (41). Ez a gyakorlatilag teljes egészében nem-idegi szabályozás nyugalmi állapotban a HRV-elemzés

szempontjából elhanyagolható, csak a HF-tartományt befolyásoló tényező. Terhelés alatt azonban úgy tűnik, a jelenség határfoka egyre nő, végül szinte egészében elnyomja az autonóm idegrendszer idegi impulzusait (20). Szívátültetett egyéneknél pl. az autonóm beidegzés hiányosságai miatt a nyugalmi HRV összes paramétere meglehetősen alacsony az egészséges emberekhez képest, míg erősebb terheléskor a HF-érték nem különbözik a két csoportban (2). Így már a kutatásonként más és más eredményt adó LFn- és HFn-értékek is megmagyarázhatók. A terhelés okozta szimpatikus túlsúly élettani módon emeli az LFn-értéket egészen a légzési küszöb, ahol azonban a légzésszám drasztikusan emelkedni kezd és a fenti okok miatt hamar HFn-túlsúly uralkodik el. Emberekben ez a jelenség olyan pontosan mérhető volt, hogy az LF/HF-arányt a légzési küszöb meghatározására is használják. Az LF/HF minden esetben nagyobb volt, mint 1 enyhe terhelés esetén, és minden esetben kisebb volt, mint 1 a légzési küszöböt meghaladó terheléskor. Vagyis az LF/HF-érték 1 alá esése emberekben jelzi a légzési küszöb elérését (20). Lovakban, mivel erős megterhelésre a légzésszám és a légzési térfogat az emberekhez hasonló módon emelkedik (54, 53) valószínűsíthető, hogy ugyanez a helyzet áll fenn (19). Az LF/HF és a légzési küszöb összefüggéséről ilyen pontos meghatározást lovakban még nem írtak le, de az alap jelenséget már kimutatták, miszerint 120–130/perc-es szívverésszám felett, a HRV-t elsősorban nem neurális mechanizmusok határozzák meg (56). További kérdéseket vet fel a humán eredmények átültethetőségéről a lovak jármódjainak változása. A lovak vágta és gyors ügetés jármódban is a lépésszámhoz igazodó egyedi légzési mintázatot vesznek fel (3), ami adott esetben a növekvő terhelés ellenére a légzésszám visszaesését is jelentheti (53). Ez pedig a fentiek alapján vélhetőleg szintén hatással van a terhelési HRV-adatokra.

A lovak jármódjai alatt megfigyelt légzési mintázatok befolyással lehetnek a terhelési HRV-adatokra

Emberekben a reggeli HRV-adatokhoz igazított napi edzőmunka hatékonyabb volt az általános edzéseknél

A kifáradás HRV-profilja lovakban és emberekben is hasonló

EDZÉSTERVEZÉS A HRV-ADATOK ALAPJÁN

Az eddig összefoglalt ismeretek alapján egyre több humán sportoló kezdte rögzíteni HRV-adatait (39). KIVINIEMI és mtsai tanulmányában mindennapos mérés mellett a reggel magas HF-értéket mutató egyének erősebb intenzitású edzést-, míg az alacsony HF-értéket produkáló sportolók enyhe edzésnapot vagy pihenőnapot tartottak (39). Azok a sportolók, akik ezt a módszert használva, a HRV alapján határozták meg az edzéstervüket, jobb teljesítményt mutattak, mint azok a sportolók, akiket a szokásos, általános edzésprogrammal képeztek. Lovakban ilyen irányú kísérletet még nem írtak le.

A kifáradás HRV-profilját viszont lovakban és emberekben is vizsgálták már: az eredmények egybevágóak. Az RMSSD (ami érzékeny a HRV nagyfrekvenciás eltéréseire, vagyis a HF-hez hasonlóan nagyban befolyásolja a légzési ritmus) és a hosszútávú RR-változékonyság szórása (SD2, ami inkább LF jellegű) jóval kisebb volt egy 75 km-es sífutónál verseny utáni éjszakán, mint a versenyt megelőzőn (29). A szerzők megállapították, hogy e két mutató a kifáradás, vagyis a domináns vagus hatás elmaradásának jelzője lehet. A két paraméter csökkenését emberekben kísérletesen előidéztet teljes vagusblokád (atropin-infúzió), ill. terhelés alatt (100% VO_{2max} felett) kialakult paraszimpatikus gátlás mellett szintén kimutatták (70).

Terhelés alatt ügetőkben és távlovakban is leírták az RMSSD és az SD2 értékének csökkenését a terhelés időtartamának / ismétlésszámának növekedésével párhuzamosan (20, 74). Sőt, távlovakban a magasabb RMSSD-értékkel célba ért lovakban a pihenéskori pulzusszámcsökkenés üteme gyorsabb volt, ami a távlovaglás sportágában a versenyszabályzat miatt kiemelt fontosságú szempont (74). Úgy tűnik tehát, hogy az RMSSD- és SD2-értékek lovakban is a kifáradás jelzői lehetnek, így rendszeres HRV-méréssel a teljesítménycsökkenés is időben észrevehető, ill. az edzésterv is az adott ló teljesítő-képességéhez igazítható.

A HRV-mérés új, biztató eljárás lehet a ló- és lovassportok területén

Összességében a sok ellentmondás ellenére is elmondható tehát, hogy a HRV-mérés olyan új eljárás lehet a ló- és lovassportok területén, amely olcsó, egyszerűen kivitelezhető, mégis sokatmondó eredményeket ad. Az alkalmazkodóképesség visszaesése, vagy az autonóm idegrendszer egyensúlyának váratlan megváltozása, sok esetben nem kívánt folyamatokat jelez. Ezeket időben észlelve teljesítménycsökkenéstől, sérüléstől óvhatjuk meg a lovakat, ill. a szubklinikai megbetegedések is kiszűrhetőek lehetnek.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítése az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-3-KE-I-23 Kódszámú Új Nemzeti Kiválósági Programjának támogatásával készült.

IRODALOM

1. ANOSOV, O. – PATZAK, A. et al.: High-frequency oscillations of the heart rate during ramp load reflect the human anaerobic threshold. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2000. 83. 388–394.
2. ARAI, Y. – SAUL, J. P. et al.: Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am. J. Physiol.*, 1989. 256. 132–141.
3. ART, T. – DEMECHT, D. et al.: Synchronization of locomotion and respiration in trotting ponies. *Zentralb. Vet. Riehe A.*, 1990. 37. 95–103.
4. ATLAOUI, D. – PICHOT, V. – LACOSTE, L.: Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers. *Int. J. Sports Med.*, 2007. 28. 394–400.
5. AUBERT, A. E. – SEPS, B. – BECKERS, F.: Heart rate variability in athletes. *Sports Med.*, 2003. 33. 889–919.
6. BARTELS, M. N. – JELIC, S. et al.: The effect of ventilation on spectral analysis of heart rate and blood pressure variability during exercise. *Resp. Physiol. Neurobi.*, 2004. 144. 91–98.
7. BAUMERT, M. – BRECHTEL, L. et al.: Changes in heart rate variability of athletes during a training camp. *Biomed. Tech.*, 2006. 51. 201–204.
8. BERBALK, A. – BAUER, S.: Diagnostische Aussage der Herzfrequenzvariabilität in Sportmedizin und Trainingswissenschaft. *Z. Angew. Trainingswiss.*, 2001. 2. 156–176.
9. BERNTSON, G. G. – BIGGER, J. T. JR. et al.: Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 1997. 34. 623–648.
10. BONDADUCE, D. – PEETRETTA, M. – CAVALLARO, V.: Intensive training and cardiac autonomic control in high level athletes. *Med. Sci. Sport Exer.*, 1998. 30. 691–696.
11. BORRESEN, J. – LAMBERT, M. I.: Autonomic control of heart rate during and after exercise: measurements and implications for monitoring training status. *Sports Med.*, 2008. 38. 633–646.
12. BOUCHARD, C. – AN, P. et al.: Familial aggregation of VO₂(max) response to exercise training: results from the Heritage Family Study. *J. Appl. Physiol.*, 1999. 87. 1003–1008.
13. BOWEN, M.: Ambulatory electrocardiography and heart rate variability. In: *Cardiology of the horse*. 2nd ed. Szerk.: MARR, C. – BOWEN, M. New York: Elsevier Health Sciences, 2011.
14. BUCHHEIT, M. – GINDRE, C.: Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.*, 2006. 291. 451–458.
15. BUCHHEIT, M. – LAURSEN, P. B. et al.: Exercise-induced plasma volume expansion and post-exercise parasympathetic reactivation. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2009. 105. 471–481.
16. CASADEI, B. – COCHRANE, S. et al.: Pitfalls in the interpretation of spectral analysis of the heart rate variability during exercise in humans. *Acta. Physiol. Scand.*, 1995. 153. 125–131.
17. CASADEI, B. – MOON, J. et al.: Is respiratory sinus arrhythmia a good index of cardiac vagal tone in exercise? *J. Appl. Physiol.*, 1996. 81. 556–564.
18. COLE, C. R. – BLACKSTONE, E. H. et al.: Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *New Engl. J. Med.*, 1999. 341. 1351–1357.
19. COTTIN, F. – MÉDIGUE, C. et al.: Effect of exercise intensity and repetition on heart rate variability during training in elite trotting horse. *Int. J. Sports Med.*, 2005. 26. 859–867.
20. COTTIN, F. – MÉDIGUE, C. et al.: Heart rate variability during exercise performed below and above ventilatory threshold. *Med. Sci. Sport Exer.*, 2004. 36. 594–600.
21. ESPERER, H. D.: Die Herzfrequenzvariabilität, ein neuer Parameter für die nichtinvasive Risikostratifikation nach Myokardinfarkt und arrhythmogener Synkope. *Herzschrittmacher Elektrophysiol.*, 1992. 3. 1–16.
22. GAMELIN, F. – BASQUET, G. et al.: Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2009. 105. 731–738.
23. GOLDBERGER, J. J. – CHALLAPALLI, S. et al.: Relationship of heart rate variability to parasympathetic effect. *Circulation*, 2001. 103. 1977–1983.
24. GOLDSMITH, R. L. – BIGGER, J. T. JR. et al.: Comparison of 24-hour parasympathetic activity in endurance-trained and untrained young men. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 1992. 20. 552–558.
25. GREGOIRE, J. – TUCK, S. et al.: Heart rate variability at rest and exercise: influence of age, gender, and physical training. *Can. J. Appl. Physiol.*, 1996. 21. 455–470.

26. HADA, T. – OHMURA, H. et al.: Utilisation of the time constant calculated from heart rate recovery after exercise for evaluation of autonomic activity in horses. *Equine Vet. J.*, 2006. 38. 141–145.
27. HALES, S.: *Statistical Essays: Concerning Haemastatics; or, an Account of some Hydraulic and Hydrostatical Experiments made on the Blood and Blood-Vessels of Animals*. London: W. Innys and R. Manby, 1733.
28. HAUTALA, A. – MÄKIKALLIO, T. H. et al.: Short-term correlation properties of R-R interval dynamics at different exercise intensity levels. *Clin. Physiol.*, 2003. 23. 215–223.
29. HAUTALA, A. – TULPPU, M. P. et al.: Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clin. Physiol. Oxf. Engl.*, 2001. 21. 238–245.
30. HEDELIN, R. – KENTTA, G. – WIKLUND, U.: Short-term overtraining: effects on performance circulatory responses, and heart rate variability. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2000. 32. 1480–1484.
31. HON, E. H. – LEE, S. T.: Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death: further observations. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 1965. 87. 814–826.
32. HOTTENROTT, K. – HOOS, O. – ESPERER, H. D.: Herzfrequenzvariabilität und Sport, Herz. 2006. 31. 544–552.
33. HYNYNEN, E. – UUSITALO, A. et al.: Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2016. 38. 313–317.
34. HYNYNEN, E. – VESTERINEN, V. et al.: Effects of moderate and heavy endurance exercise on nocturnal HRV. *Int. J. Sports Med.*, 2010. 31. 428–432.
35. IELLAMO, F.: Neural mechanisms of cardiovascular regulation during exercise. *Auton. Neurosci-basic*, 2001. 90. 66–75.
36. KAIKKONEN, P. – NUMMELA, A. – RUSKO, H.: Heart rate variability dynamics during early recovery after different endurance exercises. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2007. 102. 79–86.
37. KAIKKONEN, P. – RUSKO, H. – MARTINMÄKI, K.: Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercises. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 2008. 18. 511–519.
38. KINNUNEN, S. – LAUKKANEN, R. et al.: Heart rate variability in trotters during different training periods. *Equine Vet. J.*, 2006. 38. 214–217.
39. KIVINIEMI, A. M. – HAUTALA, A. J. et al.: Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2007. 101. 743–751.
40. KJELGREN, O. – GOMES, J. A.: Heart rate variability and baroreflex sensitivity in the myocardial infarction. *Am. Heart J.*, 1993. 125. 204–215.
41. KOHL, P. – KAMKIN, A. G. et al.: Mechanosensitive cells in the atrium of frog heart. *Exp. Physiol.*, 1992. 77. 213–216.
42. KUWAHARA, M. – HASHIMOTO, S. et al.: Assessment of autonomic nervous function by power spectral analysis of heart rate variability in the horse. *J. Auton. Nerv. Syst.*, 1996. 60. 43–48.
43. KUWAHARA, M. – SUZUKI, A. et al.: Power Spectral Analysis of Heart Rate Variability for Assessment of Diurnal Variation of Autonomic Nervous Activity in Miniature Swine. *Lab. Anim. Sci.*, 1999. 49. 202–208.
44. LEHMANN, M. – FOSTER, C. – KEUL, J.: Overtraining in endurance athletes: a brief review. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1993. 25. 854–862.
45. LEWIS, M. J. – KINGSLEY, M. et al.: Influence of high-frequency bandwidth on heart rate variability analysis during physical exercise. *Biomed. Sign. Proc. and Contr.*, 2007. 2. 34–39.
46. LOIMAALA, A. – SIEVÄNEN, H. et al.: Accuracy of a novel real-time microprocessor QRS detector for heart rate variability assessment. *Clin. Physiol.*, 1999. 19. 84–88.
47. MACOR, F. – FAGARD, R. – AMERY, A.: Power spectral analysis of RR interval and blood pressure short-term variability at rest and during dynamic exercise: comparison between cyclists and controls. *Int. J. Sports Med.*, 1996. 17. 175–181.
48. MALIK, M. – XIA, R. et al.: Influence of the recognition artefact in the automatic analysis of long-term electrocardiograms on time-domain measurement of heart rate variability. *Med. Biol. Eng. Comput.*, 1993. 31. 539–544.
49. MOUROT, L. – BOUHADDI, M. – TORDI, N.: Short- and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability: comparison between constant and interval training exercises. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2004. 92. 508–517.
50. NAKAMURA, Y. – YAMAMOTO, Y. – MURAOKA, I.: Autonomic control of heart rate during physical exercise and fractal dimension of heart rate variability. *J. Appl. Physiol.*, 1993. 74. 875–881.
51. OKAZAKI, K. – IWASAKI, K. et al.: Dose-response relationship of endurance training for autonomic circulatory control in healthy seniors. *J. Appl. Physiol.*, 2005. 99. 1041–1049.
52. ORIZIO, C. – PERINI, R. et al.: Plasma catecholamines and heart rate at the beginning of muscular exercise in man. *Eur. J. Appl. Physiol. O.*, 1988. 57. 644–651.
53. PADILLA, D. J. – McDONOUGH, P. et al.: Ventilatory dynamics and control of blood gases following maximal exercise in the thoroughbred horse. *J. Appl. Physiol.*, 2004. 96. 2187–2193.
54. PELLETIER, N. – LEITH, D. E.: Ventilation and carbon dioxide exchange in exercising horses: effect of inspired oxygen fraction. *J. Appl. Physiol.*, 1995. 78. 654–662.
55. PERINI, R. – FISHER, N. et al.: Aerobic training and cardiovascular responses at rest and during exercise in older men and women. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 2002. 34. 700–708.
56. PHYSICK-SHEARD, P. W. – MARLIN, D. J. et al.: Frequency domain analysis of heart rate variability in horses at rest and during exercise. *Equine Vet. J.*, 2000. 32. 253–262.
57. PICHON, A. P. – DE BISSCHOP, C. et al.: Spectral analysis of heart rate variability during exercise in trained subjects. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 2004. 36. 1702–1708.
58. PICHOT, V. – BUSO, T. et al.: Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2006. 34. 1660–1666.
59. PLEWS, D. J. – LAURSEN, P. B. et al.: Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Med.*, 2013. 43. 773–781.
60. RADESPIEL-TROGER, M. – RAUH, R. et al.: Agreement of two different methods for measurement of heart rate variability. *Clin. Auton. Res.*, 2003. 13. 99–102.
61. RANKINEN, T. – RICE, T. et al.: Titin is a candidate gene for stroke volume response to endurance training: the HERITAGE, Family Study. *Physiol Genomics.*, 2003. 15. 27–33.
62. ROBINSON, B. F. – EPSTEIN, S. E. et al.: Control of heart rate by the autonomic nervous system. Studies in man on the interrelation between baroreceptor mechanisms and exercise. *Circ. Res.*, 1966. 19. 400–411.
63. ROWELL, L. B.: *Human cardiovascular control*. New York: Oxford University Press. 1993.

64. RUHA, A. – SALLINEN, S. – NISSLÄ, S.: A real-time microprocessor QRS detector system with a 1-ms timing accuracy for the measurement of ambulatory HRV, *IEEE T. Bio-med. Eng.*, 1997. 44. 159–167.
65. SANDERCOCK, G. R. – BROMLEY, P. D. – BRODIE, D. A.: Effects of exercise on heart rate variability; inferences from meta-analysis. *Med. Sci. Sport Exer.*, 2005. 37. 433–439.
66. SHIN, K. – MINAMITANI, H. et al.: The power spectral analysis of heart rate variability in athletes during dynamic exercise – part I. *Clin. Cardiol.*, 1995b. 18. 583–586.
67. TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY: Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*, 1996. 93. 1043–1065.
68. THAYER, J. F. – HAHN, A. W. et al.: Heart rate variability during exercise in the horse. *Biomed. Sci. Instrum.*, 1997. 34. 246–251.
69. TÓTHNÉ MAROS K. – TÓTH P. – JANAN, J.: A viselkedés hatása az állatok szívűködésére. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 2010. 132. 285–294.
70. TULPPO, M. P. – MÄKIKALLO, T. H. et al.: Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *Am. J. Physiol.*, 1996. 271. 244–252.
71. VISSER, E. K. – VAN REENEN, C. G. et al.: Heart rate and heart rate variability during a novel object test and a handling test in young horses. *Physiol. Behav.*, 2002. 76. 289–296.
72. WARREN, J. H. – JAFFE, R. S. et al.: Effect of autonomic blockade on power spectrum of heart rate variability during exercise. *Am. J. Physiol.*, 1997. 273. 495–502.
73. YAMAMOTO, Y. – HUGHSON, R. L. – NAKAMURA, Y.: Autonomic nervous system responses to exercise in relation to ventilatory threshold. *Chest.*, 1992. 101(5Suppl). 206–210.
74. YOUNES, M. – ROBERT, C. et al.: Effects of Age, Exercise Duration, and Test Conditions on Heart Rate Variability in Young Endurance Horses. *Front. Physiol.*, 2016. 7. 155.

Közlésre érk.: 2019. júl. 23.

**Recognizing lameness in
dairy cattle herds**
Literature review

V. Jurkovich*
P. Hejel

Állatorvostudományi Egyetem, Állat-
higiéniai és Állomány-egészségtani
Tanszék és Mobilklinika, Budapest

*e-mail: jurkovich.viktor@univet.hu

Az állományszintű sántaság felderítése tejtermelő tehenészetekben

Irodalmi összefoglaló

Jurkovich Viktor*, Hejel Péter

SZARVASMARHA

ÖSSZEFOGLALÁS

A tejelő tehenek sántasága egy nagy gyakorisággal előforduló, jelentős gazdasági és állatjóléti probléma. A sántaságot általában a lábvégek valamilyen megbetegedése okozza, amit mielőbb kezelni érdemes. Az időben történő kezeléshez a sántaság felismerése az első és legfontosabb lépés. Jelen összefoglalóban a szerzők irodalmi adatok alapján a sántaság felismerésének különböző módjait mutatják be a megfigyeléses, pontozásos módszerektől a bonyolult precíziós állattartási technikák közé tartozó adatgyűjtőkig. A lehetőségek bemutatásával a szerzők célja, hogy felhívják a figyelmet a sántaság vizsgálatának fontosságára.

SUMMARY

Lameness is a common problem in dairy cattle, causing significant economic loss and welfare issues. Different disorders cause lameness on the legs, that should be treated as early as possible for better healing. The most crucial step for early treatment is to recognize lameness. There are several methods to assess the level of lameness in dairy cattle. The review presents the different visual locomotion or mobility scoring methods, based on the characteristic changes in locomotion due to the pain caused by claw disorders. We also aim to show the newest precision livestock farming technologies under development to detect the lame cows automatically. Among these techniques, pressure-sensitive surfaces, camera systems, and other data collection methods are presented.

A tejelő tehenek sántaságát a harmadik legjelentősebb, állomány szinten jelentkező problémaként tartják számon a tőgygyulladás és a szaporodásbiológiai zavarok mellett, amely rontja a termelékenységet és jelentős veszteségeket okoz az ágazatnak (15, 16, 36). Ezen túlmenően a legfontosabb állatjóléti probléma, mert nagy előfordulási gyakoriság mellett (27, 28, 57), gyakran hosszan tartó és jelentős fájdalommal jár, szakszerű kezelés hiányában akár selejtezéshez is vezethet, emiatt az állattartás társadalmi megítélését rontja (55). Az egyre terjedő robotizált fejési rendszerekre történő átállás tükrében még inkább felértékelődik a láb- és lábvégegészség szerepe, ugyanis a robotkihasználtság nagymértékben romlik ha sok a sánta tehen egy állományban (6).

Tejelő tehenekben a sántaság a harmadik legjelentősebb állomány szintű probléma

A legfontosabb feladat a sántaság mielőbbi felismerése

A tejelő tehenállományok jobb lábégészségügyi állapotának biztosítása érdekében az első és legfontosabb feladat a sántaság mielőbbi felismerése, de ez nem olyan könnyű, mint elsőre tűnik. Jelen dolgozat a sántaság felismerésére igyekszik megoldásokat bemutatni.

Szakirodalmi adatok és saját tapasztalatok is bizonyítják, hogy a tehenészetekben általában nem ismerik fel időben a sántaságot, alábecsülik a sánta állatok számát és a sántaság mértékét (29, 40).

Ennek az a magyarázata, hogy a nagyon szembetűnő, már a klinikai sántaság állapotában levő, a jellegzetesen „sántítva” járó állatokat nevezik sántának és a sántaság kezdeti, még enyhe testtartási vagy lépési zavarokkal járó formáit általában nem észlelik. Holott, ha időben felismerik és kezelik a lábvégek megbetegedését, úgy eredményesebb lehet a gyógykezelés és kisebb lesz a betegség ismételt kialakulásának esélye is (30, 47). Sok állományban pl. a dermatitis digitalis (DD, Mortellaro-betegség) elleni védekezés sikertelenségéről számolnak be. Ennek egy lehetséges oka, ha nem kellő rendszerességgel foglalkoznak a problémával. Ha a lábvégbetegségeket pl. a tőgygyulladásokhoz hasonlítjuk, látszik a két, egyébként hasonló gazdasági és állategészségügyi jelentőségű probléma kezelésében levő különbség (12). A tőgygyulladás felderítése és kezelése céljából széleskörűen és rendszeresen, akár minden fejéskor alkalmaznak különböző diagnosztikai módszereket a legegyszerűbbtől (első tejsugarak kifejeése) kezdve a műszeres, bonyolultabb vizsgálatokig (pl. elektromos vezetőképesség mérése). Ezzel szemben a lábvégek elváltozásaival sokkal ritkábban foglalkoznak. Előfordul, hogy egyáltalán nincs rendszeres csülökápolás, de a legjobb esetben is évente kétszer végzik azt. Ajánlatos volna a kampányszerű állománykörmözések közötti időszakban az újonnan az állományba kerülő, ill. a sánta egyedek eseti körmözését végrehajtani, ami sajnos gyakran nem történik meg (28). A gyakorlatban sokszor csak esetleg és rendszertelenül észlelik a sánta egyedeket és ezeket az állatokat nem, vagy csak késve és sokszor szakszerűtlenül és a leggyakrabban állatorvosi felügyelet nélkül kezelik. Az évente kétszeri körmözés nem elég a lábvégbetegségek felismeréséhez és megfelelő kezeléséhez, ennél sokkal intenzívebb, tervezett munkára van szükség (24), aminek fontos eleme egyebek mellett a folyamatos és hatékony sántaság-monitoring is.

A gyakorlatban sokszor csak esetleg és rendszertelenül észlelik a sánta egyedeket

A SÁNTASÁG FELISMERÉSÉNEK MÓDSZEREI

A sántaságdiagnosztika alapulhat emberi megfigyelésen, vagy történhet automatizált módon

A munka első lépése a sántaság felismerése, amihez számos módszer már ma is rendelkezésre áll, de emellett folyamatos az újabb megoldások fejlesztése is. A sántaságdiagnosztikai módszerek két nagy csoportba sorolhatók: hagyományos, ember által végzett megfigyelésen alapuló vagy automatizált módszerek (5, 35, 41, 52, 53). Érdemes megjegyezni, hogy itt a diagnosztika nem a betegség, csupán a sántaság felismerését jelenti. E módszerek hatékonyságát javítja, ha párhuzamosan célzott és rendszeres adatelemzést végeznek az állomány termelékenységére és állategészségügyi státuszára vonatkozóan.

VIZUÁLIS SÁNTASÁGFELISMERÉS

A sánta állatokban megváltozik a járás képe és a testtartás

A vizuális módszerek alapja, hogy a sánta állatokban a járás képe és a testtartás jellegzetesen megváltozik az egészséges állatokhoz képest, és ennek a változásnak a mértéke számszerűsíthető. A súlyosabb sántaság által okozott fájdalom tünetei is észlelhetők a megfigyelő számára, ami mérhető is, de nem erre érdemes a védekezést alapozni, ez inkább kutatási célra használható adatot szolgáltat (21, 26).

Egészséges teheneknél a lépés egyenletes, a fej nem „bólint” járás közben, ill. a lábakat az állat egyenlően terheli. Sánta tehenek esetében ezzel szemben a fájdalom elkerülésére irányuló testtartásváltozás látható, az állat igyekszik a fájós lábát minél kevésbé terhelni: a fejével bólint, rövidebbeket lép vagy egyáltalán nem terheli a lábát, a hátát akár már állás közben is görbíti (11; 1. ábra).



1. ÁBRA. A képen jól látható a sánta állatok testtartása (görbített hát) járás közben

FIGURE 1. Arched back is well seen when lame cows are walking

A vizuális sántaságdiagnosztikai módszerek között vannak olyanok, amik az állatot álló helyzetben vizsgálják, és vannak, amelyek esetében mozgás közben is meg kell figyelni a teheneket.

ÁLLÁS KÖZBEN VÉGZETT VIZSGÁLATOK

A legegyszerűbb, állás közben végzett vizsgálat a fejállásban vagy nyakfogóval rögzített álló állat hátvonalának megfigyelése. Abban az esetben minősítjük sántának az állatot, ha a hát vonala állás közben nem egyenes. A módszer előnyei: egyszerű, nem igényel külön foglalkozást a tehenekkel, a specificitása nagy (95%). Hátránya, hogy kevésbé érzékeny (szenzitivitása 30–40%), hiszen a hát nem csak a sántaság miatt lehet görbített (19).

A másik, állás közben végzett vizsgálat, a lábvégek megfigyelése a fejőknában. Ebben az esetben elsősorban a lábak teherviselésének megoszlásában bekövetkező változást lehet megfigyelni, de lehetőség van egyszerű kézi tükör segítségével akár a DD diagnosztizálására is (39). A módszer előnye, hogy megfelelően érzékeny, ill. nagy számú állat vizsgálatára alkalmas, mivel az összes, fejésre érkező állatra kiterjeszthető. Hátránya, hogy munkaigényes, a DD vizsgálata esetében a lábvégek szennyezettsége befolyásolhatja az eredményt, ill. hogy nem terjed ki az összes tehenre, általában csak a fejt tehenekre alkalmazzák.

Sánta állatokban állás közben is megfigyelhető, hogy a hát vonala nem egyenes

Állás közben a lábvégek állapota is megfigyelhető

A mozgás közben végzett vizsgálatok közül a legegyszerűbb a sántaság megfigyelése a fejőházba való felhajtáskor

Számos sántaság- és mozgásképpontozásos módszer létezik

A MOZGATÁS KÖZBEN VÉGEZHETŐ VIZSGÁLATOK

A mozgás közben végzett vizsgálatok közül a legegyszerűbb a sántaság megfigyelése felhajtáskor. Előnye, hogy egyszerű, nem igényel képzett munkaerőt. A hátránya ugyanez: előzetes oktatás híján a dolgozók csak a súlyosan sánta állatokat ismerik fel, a korai sántaságot nem, ill. a motivációjuk nem mindig megfelelő. Nagyobb létszámú csoport hajtása esetén nem biztos, hogy minden állat szem elé kerül, ill., ha túl gyorsan hajtják az állatokat, akkor a zsúfolódás miatt nehezen, vagy nem figyelhető meg a járás módja.

A következő módszercsoport a sántaság- vagy mozgásképpontozás, amelyekből legalább 25-féle van attól függően, hogy milyen skálán pontoznak és milyen mozgásbeli eltéréseket vesznek figyelembe a sántaság megállapításához (41). Általában kis pontszámot (0 vagy 1) kapnak az egészséges állatok és a sántaság különböző fokát növekvő pontszámmal lehet kifejezni. Használhatunk vizuális analóg skálát is, amelyen bejelöljük a sántaság becsült mértékét a minimum (0) és a maximum (1, 10 vagy 100) érték között (18). A vizuális analóg skálák használata kevésbé elterjedt, egy korábbi összefoglalóban az összes szakirodalmi említés csak 2,4%-ában volt jellemző. Az egyéb pontozásos módszerek sokkal elterjedtebbek (97,6%), mert ezeket könnyebb megtanulni, és könnyebb használni is a gyakorlatban, valamint az egyes pontszámokhoz tartozó definíciók segítenek a módszerek egyértelműsítésében (41). A pontozásos módszerek között van egyszerű „igen-nem” jellegű pontozás (0–1: sánta vagy nem sánta, 23), 3 szintű (0, 1, 2: nem sánta, ill. enyhén vagy súlyosan sánta, pl. 58), 4, 5, 5, 9 és 13 szintű (lásd még: 41). A legelterjedtebbek az 5 pontos skálák, amelyek közül is a leggyakrabban használt a SPRECHER és mtsai (44) által kifejlesztett pontozás. Ennek alapja a hát vonalának és a láb teherviselésének vizsgálata. Ebben a rendszerben a normál lépés 1-es, a nagyon sánta 5-ös pontszámot kap (1. táblázat). A legnehezebb feladat a 2-es (nagyon enyhén sánta) pontszám alkalmazása, és elkülönítése az 1-es pontszámtól. Gyakran előfordul, hogy a telepeken a 3-as (közepesen sánta) pontszámról (amikor az állat háta állás és járás közben is púposított, de még nagyrészt egyenletesen terheli a lábait) is úgy gondolják, hogy ez az állat nem sánta (40).

1. TÁBLÁZAT. A sántaság fokának megállapítása (44)

TABLE 1. Locomotion scoring of dairy cows (44)

Pontszám	Jellemzők
1. nem sánta	A tehén hátvonala állás és járás közben is egyenes.
2. enyhén sánta	A tehén hátvonala állás közben egyenes, járás közben enyhén hajlott.
3. közepesen sánta	A hátvonal állás és járás közben is hajlott, az állat egy vagy több lábával rövidet lép.
4. sánta	A hátvonal állás és járás közben is hajlott, az egyik (vagy több) lábát kevésbé terheli.
5. súlyosan sánta	A hátvonal állás és járás közben is hajlott. Az egyik (vagy több) láb nagyon fájdalmas, az állat nem szívesen (esetenként egyáltalán nem) terheli.

Egy másik, szintén elterjedt módszer a DairyCo által kifejlesztett, négy szintű mozgásképpontozás (9). Ez hasonló az előzőhöz, de itt a nem sánta 0-s, a súlyosan sánta 3-as pontot kap (2. táblázat).

2. TÁBLÁZAT. A sántaság fokának megállapítása (9)**TABLE 2.** Locomotion scoring of dairy cows (9)

Pontszám	Jellemzők
0. nem sánta	A mozgás akadálymentes, a lépések ritmusosak, egyenlő súlyviselés, a hát vonala egyenes.
1. enyhén sánta	A lépés egyenlőtlen (a ritmus vagy a súlyviselés), az állat rövidebbet lép, a hát vonala járás közben enyhén hajlított. Nehéz azonnal megállapítani, hogy melyik az érintett láb.
2. közepesen sánta	Azonnal jól látható, valamelyik láb kevésbé visel súlyt. A lépések rövidebbek. A hát vonala járás közben hajlított.
3. súlyos sánta	Valamely lábára kifejezetten sánta, ezt a lábat nem szívesen terheli. Az állat lassan, óvatosan jár. A hát vonala hajlított.

A mozgás pontozásos vizsgálata egyszerűen elvégezhető, specifikus, de munkaigényes és nagyban függ a vizsgálótól

A pontozást lehetőleg mindig ugyanaz a személy végezze

A PONTOZÁSOS MÓDSZEREK GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁGA

A mozgás pontozásos vizsgálatának előnye, hogy egyszerűen elvégezhető, a specificitása elég jó, azaz kevés a téves pozitív eredmény és minden állatot megvizsgálhatunk így. A pontozásos módszerek hátránya, hogy munkaigényesek, a megfigyelők közötti (és gyakran a megfigyelő mérései közötti) variancia nagy, emiatt az érzékenység, ill. az ismételhetség gyenge lehet (5, 52). Az is a vizuális pontozás hátrányaként említhető, hogy a sántaságnak nincs egységes, objektív meghatározása, és minden pontozásos módszer más-más mozgás- és testtartásbeli eltérést vizsgál. Arra nézve sincs egységes módszertan, hogy hogyan kell a pontozást végezni (41). A gyakorlati, telepi munkában nem a különböző leíró, pontozásos módszerek összehasonlítása a cél, tehát érdemes kiválasztani egyet közülük, ami az adott telep számára megfelelő, azt jól megtanulni, begyakorolni és ami a legfontosabb, rendszeresen használni a mindennapi rutinban. Egy ötfokú pontozás begyakorlására 300 tehen vizsgálata általában elegendő (33). Érdemes törekedni arra, hogy a pontozást lehetőleg mindig ugyanaz a személy végezze, így csökkenthetjük a vizsgáló személyek közötti varianciából származó pontatlanságot. Általában elmondható, hogy minél kevesebb pontszám van a rendszerben, minél egyszerűbb a pontozás, annál jobb lesz a megfigyelők közötti egyezés és az érzékenység is (41, 52). A pontozás körülményei (csúszós talaj, gumi padozat, legelő, zsúfolódás, a fejés előtt vagy után történő vizsgálat) befolyásolhatják az eredményt és az eredmények értelmezésekor ezeket a tényezőket figyelembe kell venni (54).

A fentiek figyelembevételével érdemes rendszeresen, lehetőleg egy személy által, ugyanabban a napszakban, ugyanazzal a módszerrel meghatározni a sántaság állományon belüli előfordulásának mértékét. Gyakorlati tapasztalat, hogy a vizsgálathoz jó alkalmat kínál a fejőházba vagy onnan visszafelé történő mozgás, azonban érdemes a felmérést kiterjeszteni a nem fejt állatokra is.

Vannak olyan digitális alkalmazások is, amelyek önmagukban nem alkalmasak a sántaság felismerésére, de használatukkal hatékonyabbá tehető a szakemberek munkája (pl. a University of Wisconsin, School of Veterinary Medicine által kifejlesztett „Loco Score” vagy Zinpro Corp. „DD Check App”, ill. „First Step” alkalmazása).

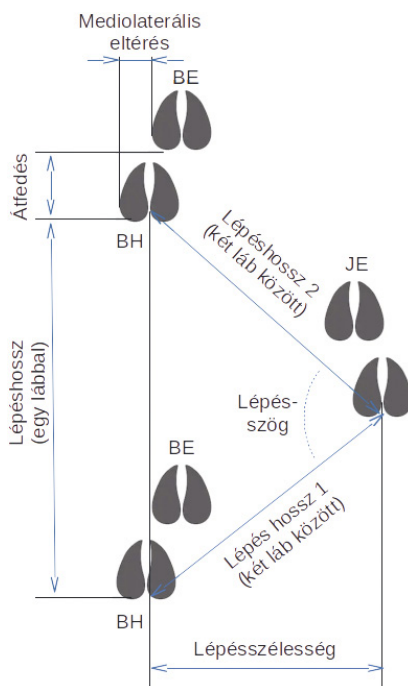
AUTOMATIZÁLT SÁNTASÁGFELISMERÉSI MÓDSZEREK

Az automatizált sántaságfelismerési módszerek elterjedése előnyösen befolyásolhatja a sántaságfelderítő munka rendszeressé válását a tehenészeti telepeken, ill. javíthatja annak pontosságát is. Már ma is többféle automatizált megoldás érhető el,

Az automatizált sántaságdetektáló módszerek is állás vagy mozgás közben vizsgálják az állatot

2. ÁBRA. A tehének járásképe és a lépések jellegzetes méretei (TELEZHENKO és mtsai és VAN NUFFEL és mtsai [46, 52] nyomán)

FIGURE 2. Spatial representation of cow gait (after TELEZHENKO et al. and VAN NUFFEL et al. [46, 52])



3. TÁBLÁZAT. Az egészséges tehének lépéseinek jellegzetes mérőszámai (TELEZHENKO és mtsai és VAN NUFFEL és mtsai [46, 52] nyomán)

TABLE 3. Average (\pm st dev) values of gait variables for non-lame cows (after TELEZHENKO et al. and VAN NUFFEL et al. [46, 52])

Mérőszám	Átlag \pm szórás
Járássebesség (m/s)	1,35 \pm 0,15
Lépéshossz (egy lábbal) (cm)	159 \pm 5
Lépés ideje (egy lábbal) (s)	1,52 \pm 0,01
Átfedés (cm)	1,1 \pm 0,3
Mediolaterális eltérés (cm)	2,9 \pm 0,1
Lépésszög ($^{\circ}$)	144,8 \pm 9,2
Lépésszélesség (cm)	21,5 \pm 6,2
Lépéshossz (két láb között) (cm)	77,9 \pm 4,7
A két hátsó lábra eső testsúly eloszlása (%)	80,0

de a digitalizáción alapuló precíziós állattartási technikák (Precision Livestock Farming; PLF) terjedésével a jövőben kétségtelenül egyre nagyobb szerepük lesz. Különösen azok a szenzor vagy kamera alapú megfigyelőrendszerek jelentenek nagy előrelépést a valós idejű állomány-egészségügyi monitoringban, amelyek rendszerbe integrált módon képesek működni, azaz tudnak adatot szolgáltatni más technológiai alrendszereknek és adatot fogadni azokból (34). Az automatizált sántaságdetektáló módszerek is állás vagy mozgás közben vizsgálják az állatot. Műszaki megoldást tekintve a nyomásérzékelő szenzorral felszerelt, áthajtó rendszerű felületek, a képalkotási eljárások használata, valamint az egyéb adatgyűjtők, pl. aktivitásmérők által szolgáltatott adatok elemzése adja a működés alapját (5, 35, 53). A korai diagnózist segíthetik további alternatív módszerek is, pl. a sántaság következtében állomány szinten jelentkező termelési változások adatainak elemzése. A nyomásérzékelő felületek, az aktivitásmérők és a képalkotó eljárások használatának alapja az egyes lábak teherviselésének, ill. a járás dinamikájának megváltozása a lábvég fájdalma (sántaság) következtében. Infra- vagy hőkamerával lehetséges a helyi gyulladás miatti hőmérséklet-emelkedés felismerése is. Egészséges állatok esetében a járás képe jellegzetes, a teherviselés egyenletes. A járás egyes fázisaiban két vagy három láb helyeződik a talajon egy időben és a lépések hossza, ideje, a lépés szöge, a csülkök átfedése megfelelő műszerekkel mérhető (2. ábra, 3. táblázat; 45, 52).

A közlekedőutakba épített nyomásérzékelő felületek a lépést és a súlyviselést vizsgálják

NYOMÁSÉRZÉKENY FELÜLETEK ALKALMAZÁSA

Az első kifejlesztett eszközök között volt a lépés vagy a súlyviselés vizsgálatára alkalmas nyomásérzékelő felület („pressure mat” vagy „pressure plate”), és ennek a továbbfejlesztett változatai, amelyek a közlekedőút egy szakaszába beépítve mozgás közben vizsgálják az állatot. Ezekben nyomásérzékelők vannak, amik a talajra ható erőt mérik. Az elsők között kifejlesztett eszköz (StepMetrix®, Bou-Matic LLC., Madison, USA) érzékenysége gyenge (22%), specificitása jó (93%) volt a szakirodalmi adatok alapján (10). Ez azt jelenti, hogy viszonylag sok a téves negatív eredmény, ami rontja a munka hatékonyságát. Egy másik hasonló, nyomásérzékelésen alapuló és a lépésritmus megváltozásának, a rendellenes súlyviselésnek és súlyáthelyezésnek a megfigyelésére kifejlesztett rendszer, a Gaitwise® (KU Leuven és ILVO, Belgium) két predikciós modellt használ a módszer pontosságának javítása érdekében. Az egyik a súlyosan sánta esetek, a másik az enyhébb sántaság felderítésére szolgál. A módszer jelenleg a fejlesztés végső szakaszában van; az érzékenysége 76–90%, a specificitása 86–100%. A súlyosan sánta egyedek 90%-át képes felismerni anélkül, hogy fals pozitív riasztást adna közben. Az enyhébb sántasággal járó esetekben a beteg tehenek 88%-át derítette fel, de ebben a csoportban mintegy 12% volt a fals pozitív riasztások aránya (51, 52).

Egy újabb módszer az állatok lábai (akár csülkei) közötti súlyeloszlást mérő párna, amit robotfejéshez, a robotban álló tehenek vizsgálatára fejlesztettek ki. A módszer ígéretesnek tűnik, hiszen az érzékenysége 100%, a specificitása 57% (37).

KÉPALKOTÁSI TECHNIKÁK

2D és 3D képkalkotási technikákat is kidolgoztak a sántaság felismerésére

A talajra ható erő és a súlyeloszlás vizsgálata mellett a fejlesztés másik iránya a különböző képkalkotási technikák alkalmazása a sántaság felismerésére. Ezek közül az első volt, és azóta is folyamatos fejlesztés tárgya a tehenek járásának vizsgálata 2D képkalkotó (videó) eljárásokkal. Ilyen módszerrel lehet vizsgálni a lépés egyenetlenségét (40), a hát vonalát (38), vagy kombinálva több mutatót: a lépés egyenetlensége, a hátvonal alakja és a fej tartása (56). A legújabb fejlesztéssel a láb mozgásának folyamatos, automatikus elemzését valósították meg oldalról történő videófelvevételekkel, e módszer érzékenysége 90,2%, specificitása 94,7% (59). Az oldalról vizsgáló kamerás módszerek hátránya, hogy viszonylag nagy a telepítés helyigénye. Ez alatt azt kell érteni, hogy az állatokat oldalról vizsgáló kamera optimális helyzetének megtalálása nem egyszerű, a kép előterében vagy háttérben levő zavaró tényezők (pl. az 1. ábrán a rácsok, esetleges árnyékok) kiküszöbölése nagyon fontos. Az állatok automatikus egyedi azonosítása sem minden esetben megoldott ezzel a technikával, ill. az is nagyon fontos, hogy a kamera az állatokat egyenként tudja érzékelni.

A tehenek mozgásának vizsgálata 3D videó-képkalkotással szintén lehetséges. A módszer jelenleg fejlesztés alatt áll, a kísérletek és az előzetes adatok nagy érzékenységet és fajlagosságot (szenzitivitás 100%, specificitás 75%) ígérnek (1, 50). E módszer előnye, hogy sikerült megfelelő számítógépes algoritmusokkal a vizsgálatot teljesen automatizálni, a kamerák az állatok fölött vannak, így nem sérülhetnek, és a képkészítést nem zavarják a korábban leírt tényezők. Egy másik, hasonló vizsgálatban a tehenek fölé és a tehenek mellé helyeztek 2–2 Kinect-v2 szenzort, az így felülről és oldalról kapott képeket állították össze 3D-képekké, ill. videóvá. A lábvégek mozgásának felismerése megfelelő volt (20).

Hőkamerával felismerhető a gyulladt, fájdalmas lábak magasabb hőmérséklete

A fejlesztés egy másik iránya a hőkamerák alkalmazása (3, 23). A módszer alapja, hogy megfelelő optikai szenzorokkal a műszer képes nagy felbontásban érzékelni a vizsgált felület hőmérsékletét. A gyulladással járó folyamatok az érintett testrészen (jelen esetben a lábvég) hőmérsékletének helyi emelkedését eredményezik, így ezek a rendszerek a betegséget nem a mozgás és a teherviselés változása alapján, hanem hőmérséklet-változás érzékelése alapján ismerik fel. A sánta állatok lábá-

nak hőmérséklete általában magasabb, amennyiben valamilyen lábvégbetegség (pl. DD, talpfekély, lamintis) áll fenn. A hőmérséklet-emelkedés összefügg a sántaság mértékével, de a módszer érzékenysége egyelőre csak 78,5%, a specifitása 39,2% (31). Ha kézi kamerát használunk, akkor a felvételeket állatonként egyedileg kell elkészíteni, aminek legpraktikusabb módja, ha ezt a fejőálláson végezzük el. Ha rögzített kamerát alkalmazunk, akkor el kell dönteni, hogy kültéren vagy épületen belül használjuk, ugyanis a környezet hőmérséklete befolyásolhatja a mérés eredményét. Felszereléskor ügyelni kell a megfelelő elhelyezésre, és gondoskodni kell az állatok egyedi azonosításáról is, amit egyébként a többi automatizált módszer esetében is meg kell oldani. Erre is léteznek automatikus megoldások (radio frequency identification; RFID), de hagyományosan, papír alapon is elvégezhető. További hátrány a hőkamerák jelentős ára. A módszer így, a kutatások jelen fázisában még nem használható állománydiagnosztikára.

Egy új, érdekes kísérleti irány az állatok járásképeinek vizsgálata kereskedelem-ben kapható radarberendezés segítségével (42). Kísérleti körülmények között a módszer érzékenysége megfelelő, de további vizsgálatok szükségesek, telepi körülmények között, nagyobb létszámú állaton.

A sántaság nem specifikus módszerekkel való felismerése az állatok általános aktivitását, termelését vizsgálja

NEM SPECIFIKUS ADATGYŰJTÉSI TECHNIKÁK ALKALMAZÁSA

A sántaság automatizált felismerése lehetséges egyéb, nem specifikus módszerekkel is, amelyek az állatok általános aktivitását, termelését vizsgálják. Ehhez a telepen már meglévő PLF-technikák használhatók, és abból nem specifikus adatok nyerhetők, amelyek a megváltozott viselkedést mutatják, és akár sántaságot is jelenthetnek (14). E módszerek esetén az állatok egyedi ellenőrzése mindenképpen fontos annak tisztázására, hogy mi okozza a viselkedés vagy a termelés megváltozását. Többféle adatgyűjtő áll rendelkezésre, pl. a tehenek aktivitásának vizsgáló pedométerek, accelerométerek (35), amelyek a hosszabb fekvési időt, a kisebb mértékű aktivitást ki tudják szűrni. A különböző táplálékfelvétel-, ill. kérődzésmonitorok is szolgáltathatnak adatot. A sánta állatok takarmányfelvétele, aktivitása, kérődzéssel töltött ideje általában megváltozik – de ez a jelzés kevésbé specifikus, hiszen egy takarmányváltás miatt is változhat a pl. a kérődzési idő, vagy az időjárás változás hatására is változhat a takarmányfelvétel (7). Ezen kívül a kérődzést vizsgáló berendezések általában a nyakon vannak, de sántaság vizsgálatára a lábon viselt eszközök sokkal hatékonyabbak (4, 9, 35). Egy kísérletben a vakaró kefék használatát vizsgálták automata érzékelőkkel, és azt találták, hogy a súlyosan sánta tehenek (sántaságpont: 4 és 5) nem használták a vakarókat. A kevésbé sánta tehenek (sántaságpont: 2 és 3) ugyanúgy használták a vakarót, mint a nem sánták (32).

Az automatikus módszerek használatánál mindenképpen figyelembe kell venni a környezet hatásait, amelyek az állatok mozgását befolyásolják. Sötétben és nedves, csúszós felületeken az állatok óvatosabban mozognak, az idősebb állatoknak szintén lassabbak, a lépéseik aszimmetrikusak lehetnek. A tejtermelési állapot vagy a vemhesség szintén befolyásolhatja a mozgásképet a vehem vagy a tőgy nagy mérete miatt. Ezért a megfigyelőrendszerből származó lépési, aktivitási adatok értékelésekor figyelembe kell venni a környezet és az állatok adatait, így javítható a módszer érzékenysége (54). Újabban erre a célra modern eszközöket, a gépi tanulást, mesterséges intelligenciát, okos eszközökből származó felhő alapú adatokat is felhasználnak (45).

A MEGFELELŐ MÓDSZER KIVÁLASZTÁSÁNAK SZEMPONTJAI

Amellett, hogy szó esik a sántaság vizsgálatának különböző módszereiről, meg kell említeni azokat a tényezőket, amelyek egy-egy vizsgálati rendszer adott állományban történő bevezetését befolyásolják. Az emberi tényezők, mint pl.

A megfelelő módszer kiválasztásakor az emberi tényezőt is figyelembe kell venni

Az automata rendszerek elsősorban a nagylétszámú állományokban hatékonyak gyakrabban előforduló sántaság esetén

Az automatizált rendszerek által generált adatok feldolgozása jelentős kihívás

a telepvezetők, állatgondozók, tulajdonosok lehetőségei és igényei fontos szerepet játszanak a módszer kiválasztásában. Egy, az Egyesült Királyságban készült felmérés szerint a farmerek nagy része elégedett azzal a módszerrel, ahogy a sántaságot megállapítja és kezeli (25). A felmérésben részt vevő farmerek véleménye az volt, hogy egy sántaságpontozás nem sok új információt ad hozzá az életükhöz. Tudjuk azonban, hogy a farmerek által becsült sántaságprevalencia mintegy harmada a valós értéknek (17). Az is kiderült a felmérésből, hogy a sántaság vizsgálata, majd a beteg állatok elkülönítése és kezelése gyakran háttérbe szorul egyéb sürgős és fontos feladatokkal szemben. Ezen kívül a hiányzó infrastruktúra (pl. kaloda hiánya) és a dolgozók gyenge motiváltsága, vagy a szakképzettség hiánya is hátráltathatja a sántasággal kapcsolatos munkát (25). Ez utalhat arra, hogy a sántaság állategészségügyi, állatjóléti és gazdasági következményeivel a farmerek nincsenek tisztában (29). Ahogy azt többen megállapították, a súlyos sántaság (4 vagy 5 pont) felismerése és a kezelés között az esetek majdnem felében 3 hét is eltelik (2), ill. a farmerek negyede vélte úgy, hogy a sántaság nem jár fájdalommal (13) és ezek a tényezők mind akadályozzák a helyes lábvégegészségügyi menedzsment elterjedését. Egy új technika vagy technológia bevezetését segíti, ha az érintett döntéshozók látják a probléma súlyosságát (jelen esetben a sántaság gazdasági következményeit), és a technika árát, élettartamát és a hatását, azaz a segítségével elkerülhető problémákat és az ebből fakadó gazdasági előnyt (48, 49). VAN DE GUCHT és mtsai szimulált adatokkal próbálták megállapítani a potenciálisan fellelhető automatizált sántaság vizsgálati módszerek gazdasági hatását. Azt találták, hogy az összes módszer előnyösebb gazdaságilag, mint a hagyományos, a telepeken alkalmazott sántaságfelismerési módszerek abban az esetben, ha azonnal elkezdik kezelni a felderített sánta egyedeket (49). Az automata rendszerek elsősorban a nagyobb létszámú állományokban hatékonyak, különösen, ha magasabb a sántaság előfordulási gyakorisága. Az automatizált rendszerek többsége egyelőre nem, vagy nem régóta elérhető a gyakorlat számára, ezért azok pontos bekerülési és üzemeltetési költségeiről, ill. várható élettartamáról még nem állnak rendelkezésre adatok. Az állattartók véleménye általában az, hogy egy automata rendszer bevezetésének lehetősége esetén egyértelműen az állatokra helyezhető érzékelőket (accelerométerek) részesítették előnyben a járásképet vizsgáló nyomásérzékelő felületekkel vagy kamera rendszerekkel szemben, de mindegyik hátrányban volt a vizuális módszerekkel szemben (49). Ennek oka a már említett hiányos ismeret is lehet, ezért a képzésnek nagy jelentősége van. Kimutatták azt is, hogy azok az állattartók, akik már használnak valamilyen automatikus megfigyelő rendszert (pl. ivarzásmegfigyelés), azok nagyobb eséllyel vásárolnak automata sántaságvizsgáló rendszert (48).

KÖVETKEZTETÉSEK

Kétségtelen, hogy a tehének állományszintű sántaságvizsgálatában a PLF-megoldásoknak jelentős szerepe van. Az automatikus rendszerek nagy mennyiségű adatot generálnak, amelyek szakszerű felhasználása új kihívás elé állítja a felhasználókat. A döntéshozatalban az adatok szakértő elemzése mindenképpen szükséges, nem nélkülözheti az állatorvos részvételét, hiszen a sántaság megfigyelő módszerek csupán tüneteket észlelik, de nem tárják fel az okokat és nem oldják meg azok elhárítását sem (5). Egy sántaságvizsgáló rendszer információt nyújt a sánta állatok számáról és a sántaság fokáról, ill. ami még fontosabb, az ebben bekövetkező változások irányáról és mértékéről. Az adatok alapján érdemes felderíteni a hajlamosító tényezőket és ez alapján lehet cselekvési tervet kidolgozni. A sántaság prevalenciája alapján lehet eldönteni, hogy csupán az egyedi kezelések hatékonyságának javítására vagy állományszintű beavatkozásra van-e szükség. Ez utóbbi esetben érdemes felülvizsgálni a takarmányozási rendszert

és a tartástechnológiát, ill. a csülökápolás és a lábfürdetés technikáját (28). Nagyon fontos azonban a folyamatos és következetes munka, tehát nem szabad abbahagyni a folyamatos sántaságvizsgálatot akkor sem, ha a kialakított védekezési protokoll végrehajtása hatására javulni kezd az állomány egészségi állapota. Ekkor az új esetek mielőbbi felismerése és kezelése válik a legfontosabb feladattá.

A fejlesztések és teendők sorában nagyon fontos az állattartók folyamatos továbbképzése, amelynek során megismerhetik egyrészt a lábvégbetegségek oktatát, a hajlamosító tényezőket, kialakulását és hatásait, másrészt a megelőzés és kezelés lehetőségeit különös tekintettel az újabb módszerekre.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap (ESZA) társfinanszírozásával valósul meg (a támogatási szerződés száma: EFOP-3.6.1-16-2016-00024, címe: Intelligens szakosodást szolgáló fejlesztések az Állatorvostudományi Egyetem és a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának együttműködésében).

JURKOVICH VIKTOR köszöni az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/29/16/4) és az ÚNKP Bolyai plusz ösztöndíj támogatását.

IRODALOM

1. ABDUL JABBAR, K. – HANSEN, M. F. et al.: Early and non-intrusive lameness detection in dairy cows using 3-dimensional video. *Biosyst. Eng.*, 2017. 153. 63–69.
2. ALAWNEH, J. I. – LAVEN, R. A. – STEVENSON, M. A.: Interval between detection of lameness by locomotion scoring and treatment for lameness: A survival analysis. *Vet. J.*, 2012. 193. 622–625.
3. ALSAOD, M. – SYRING, C. et al.: A field trial of infrared thermography as a non-invasive diagnostic tool or early detection of digital dermatitis in dairy cows. *Vet. J.*, 2014. 199. 281–285.
4. ALSAOD, M. – LUTERNAUER, M. et al.: The cow pedogram Analysis of gait cycle variables allows the detection of lameness and foot pathologies. *J. Dairy Sci.*, 2017. 100. 1417–1426.
5. ALSAOD, M. – FADUL, M. – STEINER, A.: Automatic lameness detection in cattle. *Vet. J.*, 2019. 246. 35–44.
6. BACH, A – DINARÉS, M. et al.: Associations between lameness and production, feeding and milking attendance of Holstein cows milked with an automatic milking system. *J. Dairy Res.*, 2007. 74. 40.
7. BEAUCHEMIN, K. A.: Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 2018. 101. 4762–4784.
8. BEER, G. – ALSAOD, M. et al.: Use of extended characteristics of locomotion and feeding behavior for automated identification of lame dairy cows. *PLOS One*, 2016. 11. e0155796.
9. BELL, N. J. – HUXLEY, J. N.: Locomotion, lameness and mobility in dairy cows. *Vet. Rec.*, 2009. 164. 726.
10. BICALHO, R. C. – CHEONG, S. H.: Association between a visual and an automated locomotion score in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 2007. 90. 3294–3300.
11. BLACKIE, N. – BLEACH, E. C. L. et al.: Associations between locomotion score and kinematic measures in dairy cows with varying hoof lesion types. *J. Dairy Sci.*, 2013. 96. 3564–3572.
12. BLOWEY, R.: Digital dermatitis - 'mastitis of the foot': a fresh concept in control. *UK Vet.*, 2010. 15. 27–30.
13. BRUIJNIS, M. – HOGVEEN, H. et al.: Dairy farmers' attitudes and intentions towards improving dairy cow foot health. *Livest. Sci.*, 2013. 155. 103–113.
14. DE MOL, R. M. – ANDRÉ, G. et al.: Applicability of day-to-day variation in behavior for the automated detection of lameness in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 2013. 96. 3703–3712.
15. DOLECHECK, K. – BEWLEY, J.: Animal board invited review: Dairy cow lameness expenditures, losses and total cost. *Animal*, 2018. 12. 1462–1474.
16. ENTING, H. – KOOIJ, D. et al.: Economic losses due to clinical lameness in dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.*, 1997. 49. 259–267.
17. ESPEJO, L. A. – ENDRES, M. I. – SALFER, J. A.: Prevalence of lameness in high-producing Holstein cows housed in freestall barns in Minnesota. *J. Dairy Sci.*, 2006. 89. 3052–3058.
18. FLOWER, F. C. – WEARY, D. M.: Effect of hoof pathologies on subjective assessments of dairy cow gait. *J. Dairy Sci.*, 2006. 89. 139–146.
19. GARCÍA-MUÑOZ, A. – VIDAL, G. et al.: Evaluation of two methodologies for lameness detection in dairy cows based on postural and gait abnormalities observed during milking and while restrained at headlock stanchions. *Prev. Vet. Med.*, 2016. 128. 33–40.
20. GARDENIER, J. – UNDERWOOD, J. – CLARK, C.: Object detection for cattle gait tracking. *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2018. május 21–25., Brisbane, Ausztrália, pp. 2206–2213.
21. GLEERUP, K. B. – ANDERSEN, P. H. et al.: Pain evaluation in dairy cattle. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 2015. 171. 25–32.
22. GIANESELLA, M. – ARFUSO, F. et al.: Infrared thermography as a rapid and non-invasive diagnostic tool to detect inflammatory foot diseases in dairy cows. *Polish J. Vet. Sci.*, 2018. 21. 299–305.
23. GROEHN, J. A. – KANEENE, J. B. – FOSTER, D.: Risk-factors associated with lameness in lactating dairy-cattle in Michigan. *Prev. Vet. Med.*, 1992. 14. 77–85.

24. GUDAJ, R. – BRYDL, E. – LEHOCZKY, J. – KOMLÓSI, I.: Different management methods on prevalence of lameness in 25 Holstein-friesian herds in Hungary. *Acta Vet. (Beograd)*, 2013. 63. 405–420.
25. HORSEMAN, S. V. – ROE, E. J. et al.: The use of in-depth interviews to understand the process of treating lame dairy cows from the farmers perspective. *Anim. Welfare*, 2014. 23. 157–165.
26. HUDSON, C. – WHAY, H. – HUXLEY, J.: Recognition and management of pain in cattle. *In Practice*, 2008. 30. 126–134.
27. JURKOVICH V. – OLASZY K. – LEHOCZKY J. – KÖNYVES L. – TIRIÁN A. – BRYDL E.: Egyes lábvégbetegségek előfordulása hazai tejhasznú tehenészetekben. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 2007. 129. 468–473.
28. JURKOVICH V. – BRYDL E. – KOVÁCS P. – KÖNYVES L.: Lábvég-egészségügyi vizsgálatok eredményei tejelő tehenészetekben. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 2016. 138. 269–278.
29. LEACH, K. A. – WHAY, H. R. et al.: Working towards a reduction in cattle lameness: 1. Understanding barriers to lameness control on dairy farms. *Res. Vet. Sci.* 2010. 89. 311–317.
30. LEACH, K. A. – TISDALL, D. A. et al.: The effects of early treatment for hindlimb lameness in dairy cows on four commercial UK farms. *Vet. J.*, 2012. 193. 626–632.
31. LIN, Y. C. – MULLAN, S. – MAIN, D. C. J.: Optimising lameness detection in dairy cattle by using handheld infrared thermometers. *Vet. Med. Sci.*, 2018. 4. 218–226.
32. MANDEL, R. – HARAZY, H. et al.: Short communication: Detection of lameness in dairy cows using a grooming device. *J. Dairy Sci.*, 2018. 101. 1511–1517.
33. MARCH, S. – BRINKMANN, J. – WINKLER, C.: Effect of training on the inter-observer reliability of lameness scoring in dairy cattle. *Anim. Welfare.*, 2007. 16. 131–133.
34. NEETHIRAJAN, S.: Recent advances in wearable sensors for animal health management. *Sens. Bio-Sens. Res.*, 2017. 12. 15–29.
35. O'LEARY, N. W. – BYRNE, D. T. et al.: Invited review: Cattle lameness detection with accelerometers. *J. Dairy Sci.*, 2020. 103. 3895–3911.
36. ÓZSVÁRI L. – BARNA R. – VISNYEI L.: Lábvégbetegségek okozta gazdasági veszteségek nagyüzemi holstein-fríz tehenészetekben. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 2007. 129. 23–28.
37. PASTELL, M. – TAKKO, H. et al.: Assessing cows' welfare: weighing the cow in a milking robot. *Biosyst. Eng.*, 2006. 93. 81–87.
38. POURSABERI, A. – BAHR, C. et al.: Real-time automatic lameness detection based on back posture extraction in dairy cattle: Shape analysis of cow with image processing techniques. *Comput. Electr. Agric.*, 2010. 74. 110–119.
39. RELUN, A. – GUATTEO, R. et al.: A simple method to score digital dermatitis in dairy cows in the milking parlor. *J. Dairy. Sci.*, 2011. 94. 5424–5434.
40. ŠÁROVÁ, R. – STÉHULOVÁ, I. et al.: Farm managers underestimate lameness prevalence in Czech dairy herds. *Anim. Welfare.*, 2011. 20. 201–204.
41. SCHLAGETER-TELLO, A. – BOKKERS, E. A. M. et al.: Manual and automatic locomotion scoring systems in dairy cows: A review. *Prev. Vet. Med.*, 2014. 116. 12–25.
42. SHRESTHA, A. – LOUKAS, C. et al.: Animal lameness detection with radar sensing. *IEEE Geosci. Remote Sens. Letters*, 2018. 15. 1189–1193.
43. SONG, X. – LEROY, T. et al.: Automatic detection of lameness in dairy cattle - Vision-based trackway analysis in cow's locomotion. *Comput. Electr. Agric.*, 2008. 64. 39–44.
44. SPRECHER, D. J. – HOSTETLER, D. E. – KANEENE J. B.: A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenol.*, 1997. 47. 179–1187.
45. TANEJA, M. – BYABAZAIRE, J. et al.: Machine learning based fog computing assisted data-driven approach for early lameness detection in dairy cattle. *Comp. Electr. Agr.*, 2020. 171. 15286.
46. TELEZHENKO, E.: Measurement of spatial gait parameters from footprints of dairy cows. *Animal*, 2009. 3. 1746–1753.
47. THOMAS, H. J. – REMNANT, J. G. et al.: Recovery of chronically lame dairy cows following treatment for claw horn lesions: a randomised controlled trial. *Vet. Rec.*, 2016. 178. 116–154.
48. VAN DE GUCHT, T. – SAEYS, W. et al.: Farmers' preferences for automatic lameness-detection systems in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 2017. 100. 5746–5757.
49. VAN DE GUCHT, T. – SAEYS, W. et al.: Farm-specific economic value of automatic lameness detection systems in dairy cattle: From concepts to operational simulations. *J. Dairy Sci.*, 2018. 101. 637–648.
50. VAN HERTEM, T. – VIAZZI, S. et al.: Automatic lameness detection based on consecutive 3D-video recordings. *Biosyst. Eng.*, 2014. 119. 108–116.
51. VAN NUFFEL, A. – VANGEYTE, J. et al.: Exploration of measurement variation of gait variables for early lameness detection in cattle using the GAITWISE. *Livest. Sci.*, 2013. 156. 88–95.
52. VAN NUFFEL, A. – ZWERTVAEGHER, I. et al.: Lameness detection in dairy cows: Part 1. How to distinguish between non-lame and lame cows based on differences in locomotion or behavior. *Animals*, 2015. 5. 838–860.
53. VAN NUFFEL, A. – ZWERTVAEGHER, I. et al.: Lameness detection in dairy cows: Part 2. Use of sensors to automatically register changes in locomotion or behavior. *Animals*, 2015. 5: 861–885.
54. VAN NUFFEL, A. – VAN DE GUCHT, T. et al.: Environmental and cow-related factors affect cow locomotion and can cause misclassification in lameness detection systems. *Animal*, 2016. 10. 1533–1541.
55. VENTURA, B. A. – VON KEYSERLINGK, M. A. G. – WEARY, D. M.: Animal welfare concerns and values of stakeholders within the dairy industry. *J. Agric. Environ. Ethics.*, 2015. 28. 109–126.
56. VIAZZI, S. – BAHR, C. et al.: Analysis of individual classification of lameness using automatic measurement of back posture in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 2013. 96. 257–266.
57. VON KEYSERLINGK, M. A. G. – BARRIENTOS, A. et al.: Benchmarking cow comfort on North American freestall dairies: Lameness, leg injuries, lying time, facility design, and management for high-producing Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 2012. 95. 7399–7408.
58. WELFARE QUALITY®: Assessment protocol for cattle. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands, 2009. pp. 182.
59. ZHAO, K. – BEWLEY, J. M. et al.: Automatic lameness detection in dairy cattle based on leg swing analysis with an image processing technique. *Comp. Electr. Agr.*, 2018. 148. 226–236.

Közlésre érkező: 2020. ápr. 13.

MÁR ÚJ, EGYADAGOS KISZERELÉSBEN IS ELÉRHETŐ

LÉGY AZ ELSŐ,
LÉGY GYORS!

Bovilis® INtranasal RSP™ Live

EGYETLEN MÁSIK BRD VAKCINA SEM TUD
KORÁBBAN ÉS GYORSABBAN VÉDELMEZNI NYÚJTANI



- 1 hetes kortól.
- Az immunitás kezdete: a BRSV ellen 5 nap, a PI-3 ellen 7 nap
- Védettség akár már 2 hetes kortól.

Az eddigi legkorábbi megoldás a légzőszervi betegségek (BRD) által okozott veszteségek csökkentésére a szarvasmarhatartásban.

AZ ÚJ BOVILIS INTRANASAL RSP LIVE ELÉRHETŐ 5x5 és 5x1 ADAGOS KISZERELÉSBEN.

Rendelje meg nagykereskedőjétől még ma!

A hirdetés és a termékleírás nem teljes körű. Alkalmazás előtt kérjük, olvassa el a készítményhez mellékelt használati utasítást! Kizárólag állatgyógyászati alkalmazásra. Kizárólag állatorvosi vényre adható ki. A szöveg lezárásának időpontja: 2019. május 14.

 **MSD**
Animal Health

**Successful transfer of
in vitro produced frozen
bovine embryos with the
direct transfer technique
under farm conditions**
Short communication

B. Vincze^{1*}
L. Solti¹
L. Volman²
S. Cseh¹
Gy. Gyulay³

1. ÁTE Szülészeti Tanszék és
Haszonállat-gyógyászati Klinika,
1078 Budapest, István u. 2.

*e-mail: vincze.boglarka@univet.hu

2. Embrio Kft.
Bölcske

3. Embriobos Kft.
Martonvásár

SZARVASMARHA

Telepi körülmények között *in vitro* előállított és fagyasztott szarvasmarha-embriók sikeres átültetése az ún. direkt transzfer technikával

Rövid közlemény

Vincze Boglárka^{1*}, Solti László¹, Volman László², Cseh Sándor¹, Gyulay Gyula³

ÖSSZEFOGLALÁS

Az 1970-es évek óta intenzív kutatómunka folyik az *in vitro* embrió-előállítási rendszerek kialakítására szarvasmarha fajban. Az első, teljes egészében *in vitro* előállított borjak 1987-ben születtek Japánban, és 1996-ban hazánkban. A szerzők tudomása szerint Magyarországon jelen kísérlet az első, amelyben teljes egészében *in vitro* technológiával előállított embriókat, ún. direkt transzfer eljárással recipiensekbe beültetve sikeres vemhességeket értek el telepi körülmények között. Az ovum pick-up eljárással leszívott kumulusz-petesejt-komplexeket kereskedelmi forgalomban elérhető teljes tápfolyadék rendszerben érlelték, majd a megtermékenyítést követően a zigótákat *in vitro* tenyésztették, végül morfológiai bírálat után lassú fagyasztásos módszerrel mélyhűtve tárolták. A 62 fagyasztott embrióból 20 kitűnő minősítést kapott és recipiensekbe ültetve ezidáig 6 vemhességet diagnosztizáltak, amelyek közül az első borjú 2020. március 31-én született meg. Az eredmények alapján a jövőben az *in vitro* embrió-előállítás hazánkban is része lehet a tehenészeti telepek szaporodásbiológiai menedzsmentjének.

SUMMARY

Background: From the 1970's onwards, the establishment of bovine *in vitro* embryo production systems have been extensively studied. The first fully *in vitro* produced calves were born in 1987 in Japan. The first offspring from cryopreserved and *in vitro* produced ovine and bovine embryos born between 1994-1996 in Hungary. However, according to the authors' knowledge this is the first study describing fully *in vitro* produced (ovum pick up, *in vitro* matured, fertilised and cultured) embryos that have been frozen – thawed and transferred with the direct method resulting in successful pregnancies under farm conditions.

Objectives: To produce viable, and fully *in vitro* produced bovine embryos under farm conditions.

Materials and methods: After the ovum-pick up procedure, the cumulus-oocyte-complexes have been matured, fertilized and the zygotes cultured *in vitro* using a commercially available and ready-to-use bovine media suite. Cryopreservation has been performed through a commercial slow freezing protocol. After thawing, the embryos have been transferred directly into synchronized recipients. Pregnancy diagnosis were carried out by ultrasonography on day 32th and confirmed by rectal palpation on day 60th of pregnancy.

Results and discussion: Out of the 62 freezable *in vitro* produced embryos, 20 excellent quality ones have been frozen-thawed and transferred directly into synchronized recipients and 6 pregnancies have been achieved so far. The first heifer calf was born healthy on 31st March, 2020. Until now, 6 calves have been born from this program. The present results indicate that *in vitro* produced bovine embryos could contribute to the advanced reproductive management in beef and dairy operations in Hungary.

A latin nyelvben az *in vitro* jelentése „üvegben”, és az *in vitro* fertilizáció (IVF) kifejezést gyakran használják általános megjelölésként, amikor olyan embriókról tesznek említést, amelyeket a testen kívül állítottak elő (13). Tágabb értelmezésben azonban az IVF kifejezés magában foglalja a petefészkekből kinyert petesejtek *in vitro* érlelését (*in vitro* maturation, IVM), azok *in vitro* termékenyítését (*in vitro* fertilization, IVF), majd ezt követően az *in vitro* tenyésztését (*in vitro* culturing, IVC) is. Ezek az eljárások összefoglalóan adják ki a teljes mértékben *in vitro* előállított (*in vitro* produced; IVP) embriók létrehozását, vagyis az IVMFC (*in vitro* maturation, fertilization and culture) embriókat.

Először 1959-ben nyúlban állítottak elő életképes utódot teljes mértékben *in vitro*

Az első, élő IVF-borjú 1981-ben született meg

Hazánkban az első IVF-borjú születéséről 1991-ben jelent meg közlemény

Először 1959-ben nyúlban állítottak elő életképes utódot teljes mértékben *in vitro* (13), ezt követte 1968-ban az egér (13). Mivel az egér nem bizonyult megfelelő IVF-modellnek a szarvasmarha fajban, az első sikeres szarvasmarha-IVF 1977-ben történt, amikor bikaspermiumokat kapacitáltak nyúlpetevezetőben (13). Az első élő IVF-borjú, az *in vitro* termékenyítést követően, 4-sejtes stádiumú embrió recipiensbe ültetését követően született 1981-ben (1). Teljesen *in vitro* előállított borjak először 1987-ben születtek meg egy japán kutatócsoport munkáját követően (12).

A kezdetek óta eltelt időben az eljárás eredményessége nagymértékben javult (13). Az elmúlt évtizedekben szarvasmarhában használható *in vitro* technikákat olyan szintre fejlesztették, hogy ma már szinte az összes országban rutinszerűen elő tudnak állítani IVF-borjakat (13). A kereskedelmi forgalomban gyári oldatsoportokat vásárolhatunk, amelyek a petesejtleszívás (ovum pick-up, OPU) folyamatától, a petesejtek érlelésén, termékenyítésén át az embriók tenyésztéséig és beültetéséig jó eredményességgel alkalmazhatók. A fertőző betegségek átvitele szempontjából aggályos, de korábban elkerülhetetlen állati eredetű összetevők (pl. BSA [bovin szérum albumin] vagy foetalis borjúsavó [FCS]) nélküli oldatok is megjelentek, így elérve a hosszabb és könnyebb eltarthatóságot (ezeket nem szükséges hűteni). Ráadásul így a fertőzésveszély is minimálisra csökkenthető, vagy teljesen kiküszöbölhető.

Magyarországon, kapcsolódva a nemzetközi tudományos irányhoz, több munkacsoport együttes közreműködésével születtek eredmények az *in vitro* embrió-előállítás terén az 1980-as és '90-es években (2-11, 17-21, 23-25). A Magyar Állatorvosok Lapja hasábjain szarvasmarha IVF-ről először 1989-ben számoltak be (16), az első sikeres vemhességet valamivel később közölték (23). Ezt követően több dolgozat született, amelyben a technikát a veszélyeztetett magyar szürke szarvasmarha génmegőrzésére használták (20, 21, 25). Az *in vitro* fertilizáció módszerének részletes magyar nyelvű leírása az állattenyésztő közvélemény számára 1992-ben jelent meg (24).

Később részben (IVM, IVF), vagy teljes egészében (IVP) laboratóriumban előállított borjak (3, 5, 6) születtek magyar kutatás eredményeként, ill. jelentős előrehaladás történt az embriók tartós tárolásában (10, 11). Bár az ún. második generációs asszisztált reprodukciós technikák (ide sorolható az IVF) potenciális lehetőségeit és korlátait elemző tanulmány jelent meg (19), azonban Magyarországon a technológia mostanáig nem került át a mindennapos gyakorlatba: az embrió-előállítás az intézeti laboratóriumok falai között maradt. Üzemi körülmények között nem születtek tudományos közleményben megjelent eredmények. Ugyanakkor a felhasználók, az állattenyésztő kollegák részére a Magyar Mezőgazdaságban megjelent egy dolgozat, amiben a módszer alkalmazásának előnyeit foglalták össze, egy konkrét IVF program tapasztalatai alapján (6). Egy Holstein-Fríz tehenészet egyik nagy genetikai értéket képviselő tehenét technológiai okokból selejtezni kellett, amit előre tervezhető módon tudtak megtenni. Ez lehetővé tette, hogy a vágóhídról a laboratóriumba szállítsák a petefészkeket

és kinyerjék a petesejteket. Ezt követően célpárosítással kijelölt bika spermájával *in vitro* termékenyítették azokat. Az *in vitro* előállított embriókat recipiensekbe ültetve az értékes genetikájú petesejtdonor-tehéntől levágása után még több borjú is született (5, 6).

Jelen dolgozat célja, hogy a szerzők bemutassák az első hazai, OPU-IVM-IVF-IVC folyamatával telepi körülmények között előállított, programozott fagyasztással mélyhűtött, majd felolvasztás után direkt technikával beültetett szarvasmarha-embriókkal elért fogamzási eredményeket.

SAJÁT VIZSGÁLATOK

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az IV-embriók előállításához hús típusú Blonde d'Aquitaine tehének petefészkeit használtuk; a petesejtek egy részét élő állatból, OPU-eljárással nyertük ki, majd a petefészkeket *per vaginam* sebészileg eltávolítottuk. A martonvásári telepi embrió-laboratóriumban (Embriobos Kft., Gábor major, Martonvásár) történt a petesejtek, ún. kumulusz-petesejt-komplexek (COC) formájában történő, leszívása a tüszőkből, OPU-módszerrel (13).

A petesejtek (COC) *in vitro* érleléséhez, termékenyítéséhez, tenyésztéséhez az IVF Bioscience Ltd. (IVF Limited T/A IVF Bioscience, Bickland Industrial Park, Falmouth, Cornwall, UK) BOVINE MEDIA tápoldat sorozatát használtuk. Az egyes lépéseket a gyártó utasításai szerint végeztük el. A főbb lépések röviden összefoglalva:

1. Petesejtek kinyerése, OPU (-1. nap)
2. Petesejtek mosása, majd érlelése (IVM) 21–24 órán át
3. *In vitro* termékenyítés, IVF (0. nap)
4. *In vitro* tenyésztés, IVC (1–7. nap)
5. Embrióbírálát az IETS (International Embryo Technology Society) protokoll szerint
6. Embriófagyasztás

EMBRIÓFAGYASZTÁS

A 7 napos IVF-embriókat az ún. lassú fagyasztási módszerrel mélyhűtöttük, amely egylépcsős felolvasztást és közvetlen (direkt) beültetést tesz lehetővé. A fagyasztás programozott hűtőberendezés (Freeze Control Model CL5500, Cryologic PTY LTD, Ausztrália) segítségével történt, a gyártó ajánlása szerint. A rendszer szacharóz és etilén-glikol alapú fagyasztó oldatot és egy fajspecifikus transzfermédiomot (BO-TRANSFER medium, Eggtech Ltd., Egyesült Királyság) használ.

EMBRIÓBEÜLTETÉS, VEMHESSEGVIZSGÁLAT

A 62 lefagyasztott IVF-embrióból 20-at felolvasztás után recipiensekbe ültettünk manuálisan az ún. direkt, vértelen embrióbeültetés módszere szerint, amely lehetővé teszi, hogy felolvasztást követően az embriót közvetlenül, a tárolásra használt műszalmával ültessük be (15, 26). A recipiensek vemhességét ultrahangvizsgálattal a 32. napon állapítottuk meg és a 60. napon végzett rektális tapintással erősítettük meg. A statisztikai elemzéseket az R-program segítségével végeztük el (14).

Az embriók előállításához hús típusú Blonde d'Aquitaine tehének petefészkeit használták

A 7 napos IVF-embriókat az ún. lassú fagyasztási módszerrel mélyhűtötték

A 62 lefagyasztott IVF-embrióból 20-at felolvasztás után recipiensekbe ültettek

EREDMÉNYEK

A 20 beültetett embrióból 6 borjú született

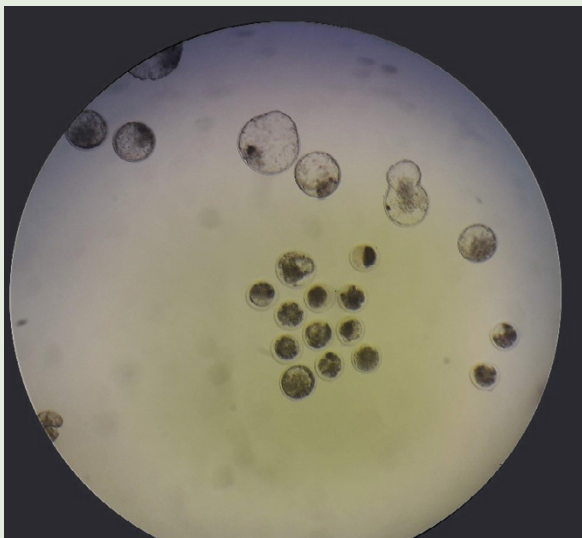
A 4 IVF-programból összesen 62 fagyasztható minőségű szarvasmarha-embriót állítottunk elő. Ezekből az *in vitro* laboratóriumi tenyésztés során 6 kompakt morula, 5 korai blasztociszta, 9 blasztociszta, 40 érett blasztociszta és 2 expandált blasztociszta fejlődött (1. ábra). Minőségüket tekintve 62% kiváló (IETS 1), 27% jó (IETS 2) és 11% közepes (IETS 3) volt. Szignifikáns korreláció volt az embriók bírálati pontszáma (minőség) és fejlődési stádiuma között; Pearson-féle korrelációval ($\text{corr} = -0,458$, $p < 0,0001$), vagyis az előrehaladottabb fejlettségű embriók morfológiailag jobb minőségűnek bizonyultak.

A folyékony nitrogénben tárolt embriók közül felengedés után 20-at recipiensekbe ültetve az összefoglaló készítésének időpontjában 6 állat vemhessége volt megállapítható (6/20; 30%).

Az első, teljesen IVF-fel előállított, majd fagyasztott és felolvasztás után közvetlenül beültetett embriókkal elért vemhességekből 2020. március 31.-én született meg az első egészséges üszőborjú a Tejút Kft. kesztölci telepén (2. ábra). Ebből a programból összesen 6 IVF-borjú született, egyikük azonban farfekvés miatt elléskor elhullott. A másik öt egyed él, ezek az állatok 1 hét – 4 hónap közötti korúak a kézirat készítésekor.

MEGVITATÁS

A javuló eredményességű biotechnológiai eljárások ellenére a magyar szakembereknek csak kis része foglalkozott mélyebben az *in vitro* technikák elsajátításával, ennek egyik oka, hogy a laboratóriumi eszközökhöz még mindig drágán lehet hozzájutni. A technológiák egyszerűsödésével azonban szélesebb körben van és lesz lehetőség a tenyésztők számára is, hogy éljenek az asszisztált reprodukció e speciális, hazánkban még nem mindennapos, állománybővítési lehetőségével.



1. ÁBRA. Különböző fejlődési stádiumú IVF-szarvasmarhaembriók mikroszkópos képe (natív, 80×)



2. ÁBRA. Az elsőként világra jött, egészséges IVP-üszőborjú a Tejút Kft. kesztölci telepén

FIGURE 1. Microscopic image of IVF bovine embryos in different developmental stages (native, 80×)

FIGURE 2. The first, fully *in vitro* produced newborn heifer calf at the farm of Tejút Ltd., (Keszthely, Hungary)

Az in vitro technika hatékonyan alkalmazható hazai állományok emelt szintű szaporodásbiológiai menedzsmentjének részeként

Jelen vizsgálatban két cég együttműködésével (Embriobos Kft. és Embrió Kft.) sikerült telepi körülmények között létrehozni olyan szarvasmarha-embriókat, amelyek recipiensbe ültetése vemhességeket, majd ezidáig hat életképes borjú megszületését eredményezte, ezzel is bizonyítva, hogy az *in vitro* technika hatékonyan alkalmazható nemcsak a külföldi, hanem a hazai állományok emelt szintű szaporodásbiológiai menedzsmentjének részeként.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetünket szeretnénk kifejezni a sok segítségért GYULAY RÉKÁNAK és GYULAY BENEDEKNEK. Az IVF-médiumok beszerzéséért és rendelkezésünkre bocsátásáért köszönettel tartozunk az Alpha-Vet Kft. munkatársainak. Köszönjük továbbá Bodó SZILÁRDNAK, hogy tanácsaival segítette a projekt sikerét.

IRODALOM

- BRACKETT, B. G. – BOUSQUET, D. et al.: Normal development following *in vitro* fertilization in the cow. *Biol. Reprod.*, 1982. 27. 147–158.
- CSEH, S. – KREYSING, U. et al.: Direct rehydration of IVM, IVF and IVC bovine embryos frozen in ethylene-glycol. *Theriogenology*, 1995. 43. 190.
- CSEH S. – KREYSING U. – LUCAS HAHN, A – NIEMANN H. – TREUER Á.: *In vitro* fertilizációval előállított szarvasmarha-embriók mélyhűtése (Deep-freezing of bovine embryos derived from *in vitro* fertilization (IVF)). *Magy. Állatorvosok Lapja*, 1996. 51. 69–71.
- CSEH S. – GYULAY GY. – SOÓS P.: Ivarzásindukálás és szinkronizálás szintetikus gesztagént tartalmazó fülimplantátummal / Induction and synchronisation of estrus by an ear implant containing synthetic gestagene. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 1983. 38. 43–44.
- CSEH, S. – SEREGI, J. – SOLTÍ, L.: Practical experiences with direct transferred frozen embryos. *Theriogenology*, 1994. 41. 185.
- CSEH S. – SEREGI J. – TREUER Á. – BARTYIK J. – PORVAY M.: Lombikbébi születik. *Magyar Mezőgazdaság*, 1994. 49:42. 10–11.
- CSEH S. – TREUER Á. – BESENFELDER U. – BREM G. – BÉNYEI B. – SEREGI J.: *In vitro* fertilizációval (IVF) előállított juhembriók sikeres átültetése. Előzetes közlemény. [Successful implantation of ovine embryos derived from *in vitro* fertilization (IVF). Preliminary report.] *Magy. Állatorvosok Lapja*, 1995. 50. 829–831.
- CSEH S. – KREYSING U. – LUCAS HAHN A. – NIEMANN H. – TREUER Á.: *In vitro* fertilizációval előállított szarvasmarha embriók mélyhűtése: Deep-freezing of bovine embryos derived from *in vitro* fertilization (IVF). *Magy. Állatorvosok Lapja*, 1996. 51. 69–71.
- DINNYÉS, A. – BODÓ, SZ. – SENAN, G. – SOLTÍ, L.: *In vitro* survival of cryopreserved hatching or hatched *in vitro* produced (IVP) bovine embryos. *Theriogenology*, 1996. 45. 173.
- DINNYÉS, A. – CAROLAN, C. – LONERGAN, P. – SOLTÍ, L. – MASSIP, A. – MERMILLOD, P.: *In vitro* survival of *in vitro* produced (IVP) bovine embryos frozen or vitrified by techniques suitable for direct transfer. *Theriogenology*, 1995. 43. 197.
- DINNYÉS, A. – KEEFER, C. L. – STICE, S. – SOLTÍ, L. – VAJTA, G. – MACHÁTY, Z. – RALL, W. F.: Vitrification of IVMFC bovine embryos in VS3a and EFS solution: a preliminary report. *Theriogenology*, 1994. 41. 189.
- FUKUDA, Y. – ICHIKAWA, M. et al.: Births of normal calves resulting from bovine oocytes matured, fertilized and cultured with cumulus cells *in vitro* up to the blastocyst stage. *Biol. Reprod.*, 1990. 42. 114–119.
- NIEMANN, H. – WRENZICKY, C. (Eds). *Animal Biotechnology*, 1. Springer, Cham 2018.
- R Core Team. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2017.ed. URL <https://www.R-project.org/>
- ROWE, R. F. – DEL CAMPO, M. R. et al.: Embryo transfer in cattle: interactions. *Theriogenology*, 1981. 15. 43–56.
- SHELLANDER, K. – SHELLANDER, E. – FÜHRER, F. – HAUSER, C. – SCHLEGER, W. – SEREGI J. – PÉLI J. – TREUER Á. – SOLTÍ L. – HARASZTI J. – SZÁSZ F. – BÉNYEI B. – TÖRÖK M.: Szarvasmarha petesejtek *in vitro* termékenyítése. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 1989. 44. 561–563.
- SEREGI, J. – CSEH, S. – TREUER, Á.: The first successful transfer of frozen embryos derived from IVMFC of bovine oocytes in Hungary. *Theriogenology*, 1995. 43. 321.
- SEREGI J. – TREUER Á. – CSEH S.: *In vitro* fertilizációval (IVF) előállított, mélyhűtött szarvasmarha-embriók sikeres átültetése. Előzetes közlemény/Successful transfer of deep-frozen embryos, produced by *in vitro* fertilization of cow-preliminary communication. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 1994. 49. 523–525.
- SOLTÍ L.: A szaporodásbiológia lehetőségei és korlátai – érvek és ellenérvek. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 2012. 134. 119–125.
- SOLTÍ, L. – VARGA, ZS. – BÁRÁNDI, ZS. – VAJTA, G. – MACHÁTY, Z. – CSEH, S.: IVF embryos from endangered Hungarian Grey cattle population. *Assisted Reproductive Technology/Andrology*, 1991. 2. 104.
- SOLTÍ, L. – MACHÁTY, Z. – BÁRÁNDI, ZS. – TÖRÖK, M. – VAJTA, G.: IVF embryos of known parental origin from the endangered Hungarian Grey cattle breed. *Theriogenology*, 1992. 37. 301.
- STRINGFELLOW, D. A. – GIVENS, M. D. (eds): *Manual of the international embryo transfer society*, 4th ed., Savoy, IL. 2018.
- VAJTA G. – BÁRÁNDI ZS. – VARGA ZS. – MACHÁTY Z. – CSEH S. – SZÁSZ F. – SOLTÍ L.: Vemhesség *in vitro* fertilizált szarvasmarha-petesejtből. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 1991. 46. 87–90.
- VAJTA, G. – SOLTÍ, L.: *In vitro* fertilizáció: új eljárás a szarvasmarhatenyésztésben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 1992. 41. 49–56.
- VARGA, ZS. – BÁRÁNDI, ZS. – MACHÁTY, Z. – SOLTÍ, L. – CSEH, S. – SEREGI, J. – CSÁKI, T. – VAJTA, G.: *In vitro* fertilization in Hungarian Grey Cattle. *Reprod. Domest. Anim.*, 1993. 28. 252–257.
- WRIGHT, J. M.: Non-surgical embryo transfer in cattle embryo-recipient: Nonsurgical transfer. *Am. J. Vet. Res.*, 1980. 41. 1024–1028.

Közlésre ér.: 2020. aug. 5.

Mobil kiskérődzőembrió-átültető állomás kezd meg működését

Az asszisztált reprodukciós technikák (ART) közül a legjelentősebbeket, mint pl. a mesterséges termékenyítést (MT), az ivarzásszinkronizálást, az embrióátültetést (EÁ), vagy a sperma- és embriómélyhűtést a vezető juh- és kecsketenyésztő országokban rendszeresen alkalmazzák. Sajnos napjainkban hazánkra ez nem mondható el, azonban ez nem volt mindig így. Az 1970-es években a juhtörzstenyésztő gazdaságokban az anyajuhállomány kb. 70%-át mesterségesen termékenyítették. Szomorúan tapasztalhatjuk, hogy jelenleg Magyarországon az anyajuhoknak csak mindösszesen 0,3%-át inszeminálják. A 80-as években Magyarország közel 1000 fagyasztott juhembriót vásárolt Ausztráliából. A mélyhűtött embriókat az Állatorvostudományi Egyetem üllői Embrióátültető Állomásának munkacsoportja ültette be. Az import embriók fogadása mellett az üllői szakemberek hazai törzstenyésztő gazdaságokban közel 1000 embriót termeltek és ültettek be.

Az ART segítségével kompenzálhatók a juh faj szaporodásbiológiai tulajdonságaiból adódó hátrányok, gyorsítható a genetikai előrehaladás, továbbá az kis egyedszámú állományokban (hazánkban szinte az összes fajta így van jelen) a célpárosítás egyszerűbben oldható meg, amivel a beltenyésztettség elkerülését segíthetjük. A modern, XXI. századi juhtenyésztés, és a „csúcsgenetikát” képviselő külföldi szaporítóanyagok hazánkban történő felhasználása elképzelhetetlen ART alkalmazása nélkül.

A Debreceni Egyetem (DE) Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar kutatói az Állatorvostudományi Egyetemmel együttműködve, PROF. DR. CSEH SÁNDOR vezetésével 2009-től kezdték meg az asszisztált reprodukciós programok végrehajtását („A piaci igényeknek és az éghajlatnak megfelelő juhok tenyésztése és nemesítése” c. NKTH-projekt). Azóta megalakult az Intézményközi Kiskérődző Biotechnológiai Kutatócsoport, amelyben több tudományterület szakemberei és több intézmény (DE, Szent István Egyetem, Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Állatorvostudományi Egyetem) kezdte meg a közös munkát. A DE Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság juhtenyésztő telepén egy stabil embrióátültető és mesterséges

termékenyítő állomás működését engedélyezték, ahol több éve zajlanak asszisztált reprodukciós programok, kutatási és szolgáltatási céllal. DR. VASS NÓRA az Európai Állat Szaporodásbiológiai Kollégium (ECAR) rezidensképzési programjában vesz részt (képzési hely: Állatorvostudományi Egyetem, Szülészeti Tanszék).

A számos lebonyolított projekt, és a több éves tapasztalat azt mutatta, hogy a stabil mesterséges termékenyítő és embrióátültető állomás kiszolgálja a kutatási célokat, standardizálható körülményeket biztosít, azonban a versenyszférából érkező megrendelések, projektek lebonyolításához – állategészségügyi és reprodukciós okok miatt egyaránt – érdemesebb a munkát az adott helyszínen kivitelezni. A legtöbb tenyésztésben azonban nem tudnak megfelelő infrastrukturális és higiéniai épületeket biztosítani a bonyolult és költséges asszisztált reprodukciós beavatkozások végrehajtásához.

Az EFOP-3.6.2-16-2017-00001 „Komplex vidékgazdasági és fenntarthatósági fejlesztések kutatása, szolgáltatási hálózatának kidolgozása a Kárpát-medencében” című projekt keretében a Debreceni Egyetem egy olyan mobil embrióátültető állomást alakított ki, amely megfelel a műtéti higiénia és a szaporítóanyag kezelésével szemben támasztott igényeknek ART beavatkozások esetén (embriókinyerés, embriókezelés, embrióátültetés, laparoszkópos mesterséges termékenyítés fagyasztott spermával). A mobil műtő- és laborkocsi olyan technikai megoldások kombinációját tartalmazza, amely biztosítja a beavatkozások során a legfontosabb tényezők standardizálását (higiénia, hőmérséklet, páratartalom). A mobil állomás segítségével képesek vagyunk *lege artis* helyszíni műtéti beavatkozásokat végezni, miközben a laboratóriumban a szaporítóanyag kezelése, előkészítése elkülönítetten folyik.






DR. MONORI ISTVÁN (Debreceni Egyetem), DR. VASS NÓRA (Debreceni Egyetem), DR. CSEH SÁNDOR (Állatorvostudományi Egyetem), DR. JÁVOR ANDRÁS (Debreceni Egyetem), DR. EGRSZEGI ISTVÁN (Szent István Egyetem), DR. OLÁH JÁNOS (Debreceni Egyetem), DR. BODÓ SZILÁRD (NAIK-Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet)

BOVILIS

Védje meg a jövőt!



Bovipast RSP:

-  Az egyetlen olyan vakcina, amely védelmet nyújt a *M. haemolytica* (A1 és A6 szerotípusa), BRSV és PI3 ellen.
-  Az egyedülálló IRP technológiával készül.
-  Egyidőben adható a Bovilis IBR élő marker vakcinával a borjak 3 hetes korától.
-  5 ml sc vakcina akár 2 hetes kortól 4 hetes különbséggel adott két oltással.
-  Vemhes és laktációban lévő teheneken is használható.

A BORJÚ-TÜDŐGYULLADÁS ELLENI SIKERES VÉDEKEZÉS ÉLETRE SZÓLÓ ELŐNYÖKET NYÚJT

A hirdetés és a termékleírás nem teljes körű. Alkalmazás előtt kérjük, olvassa el a készítményhez mellékelt használati utasítást! Kérjen állatorvosától további felvilágosítást. Kizárólag állatgyógyászati alkalmazásra. Kizárólag állatorvosi vényre adható ki.

VÁSÁRLÁS



**NE ADJ
ESÉLYT A
DIROFILÁRIÁNAK!
MOXIDEKTIN
TARTALMÚ
SZÍVFÉREG, TÜDŐFÉREG
ÉS BŐRFÉREG ELLEN IS
HASZNÁLHATÓ,
ENDEKTOCID
SPOT ON.**

Moxiclear

Külső és belső paraziták elleni rácsepegtető oldat
kutyáknak, macskáknak és vadászgörényeknek.



Hat kiszerelésben.

Hatóanyag: imidakloprid, moxidektin. Kiszerelés: 3 pipetta

Alpha-Vet Állatgyógyászati Kft. | 8000 Székesfehérvár, Homokosor 7.
www.alphaportal.hu | www.allatgyogyszer.hu
Rendelésfelvétel: hétfőtől péntekig 08-17 óráig | Tel.: +36-22/534-500
e-mail: vevoszolgalat@alpha-vet.hu

 **ALPHA VET**

 **Dokiforvets™
CONNECT**

Physiological and pathological roles of matriptases
Literature Review

R. F. Barna^{1,2}
J. M. Pomothy²
E. Pásztné Gere²
G. Mátis¹
Á. Jerzsele²

1. Állatorvostudományi Egyetem,
Élettani és Biokémiai Tanszék
H-1078 Budapest, István utca 2.

*e-mail: Barna.Reka.Fanni@univet.hu

2. Állatorvostudományi Egyetem,
Gyógyszertani és Méregtani Tanszék
Budapest

A matriptáz enzimek élettani és patológiás szerepe

Irodalmi összefoglaló

Barna Réka Fanni^{1,2}, Pomothy Judit Mercédesz², Pásztné Gere Erzsébet², Mátis Gábor¹, Jerzsele Ákos²

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők a kettős típusú transzmembrán szerin-proteáz család két tagja, a matriptáz-1 és matriptáz-2 élettani és patológiás jelentőségét foglalják össze. A matriptáz-1 szükséges a posztnatális túléléshez a sejtkapcsoló struktúrák szabályozása révén, megnövekedett aktivitása azonban elősegíti bizonyos daganatok áttétképzését, valamint az ízületi porc bontását osteoarthritis esetén és segíti az influenzavírusok sejtbe jutását is. A matriptáz-2 a vasanyagcsere szabályozásában tölt be központi szerepet. A szerzők kitérnek egy matriptáz-inhibitor csoportra, a 3-amidino-fenilalanin alapvázú vegyületekre, amelyek *in vitro* és *in vivo* is hatékonyan bizonyultak az enzimek gátlásában.

SUMMARY

In the present review, the authors summarize the most important physiological and pathological roles of matriptase-1 and -2. Both enzymes belong to the type II transmembrane serine protease family, which enzymes are localized on the cell surface. Hence, they play an important role in mediating the signal transduction between the cells and their surroundings. The members of the protease family may have conserved evolutionary functions based on that matriptase orthologs that are present in several vertebrate genomes.

Matriptase-1 is widely expressed by epithelial cells, it is presumed that it is utmost important for the postnatal survival. Due to its proteolytic properties, matriptase-1 is capable of re-modelling the extracellular matrix around the cell and has verified effects on the tight junction proteins. Tested in *in vivo* and *in vitro* experiments, the lack of matriptase-1 caused tissue dysfunctions and could be lethal to null mutant mice. The dysregulation of matriptase-1 could enhance the metastasis formation of certain tumours by cleaving the extracellular matrix, and it could also stimulate the matrix metalloproteases, which may lead to osteoarthritis. The matriptase-1 facilitated the penetration of the human and avian influenza virus into the cells by cleaving the viral precursor of hemagglutinin.

The other member of the family is the matriptase-2, which is expressed mainly in the liver and has the most considerable effect on the iron homeostasis. Matriptase-2 regulates the iron absorption: inhibits the hepcidin transcription via cleaving the membrane bound hemojuvelin.

Considering diverse enzymatic effects on cell binding modulation, it is important to understand the mechanisms of matriptase action more accurately. Further, the inhibition of the matriptase-1 and -2 also studied in *in vitro* and *in vivo* experiments.

A KETTES TÍPUSÚ TRANZMEMBRÁN SZERIN-PROTEÁZ CSALÁD

A szerin-proteázok az egyik legősibb és legnagyobb enzimcsalád a proteázok közül. Tagjai számos élettani és patológiás folyamatban vesznek részt, mint pl. az emésztés, véralvadás, sebgyógyulás, vérnyomás szabályozása vagy a vírus-sejt interakció. A szerin-proteázok közé soroljuk a kettes típusú transzmembrán szerin-proteáz (type II transmembrane serine protease, TTSP) családot, amelyhez négy alcsalád tartozik: a HAT/DESC (human airway trypsin-like protease/differentially expressed in squamous cell carcinoma) alcsalád, a hepszin/TMPRSS (transmembrane protease/serine) alcsalád, a matriptáz alcsalád és a korin (40). Közös bennük, hogy egy N-terminális transzmembrán és egy C-terminális extracelluláris részből épülnek fel, és az N-terminális plazmamembránhoz kötött rész miatt a sejt felszínén helyezkednek el, így feladatuk a sejt és az extracelluláris környezet közötti jelátvitel közvetítése, ill. a különféle sejtválaszok szabályozása (38). A C-terminális szakasz magában foglalja a katalitikus hisztidin-aszparaginsav-szerin részt és a „stem”, azaz törzsrégiót, amely többféle fehérjét tartalmazhat. A matriptáz alcsaládhoz a matriptáz-1 (34), matriptáz-2 (14), matriptáz-3 (39) és poliszeráz-1 (5) tartozik. Habár számos gén kódolja a többféle TTSP enzimet, úgy tűnik, a különböző proteázokat kódoló régiók elég konzervatívak, és az eddig vizsgált összes gerincesben sikerült kimutatni a genomból (egér, humán: 37; matriptáz-1: csimpánz, kutya, patkány, baromfi, zebradánió: 17). Az összes TTSP inaktív, egyláncú proenzimként szintetizálódik, de a matriptáz-1, a matriptáz-2, a hepszin, a TMPRSS2, a TMPRSS3 és a TMPRSS4 *in vitro* képes autoaktivációra (3). Jelen összefoglalóban a matriptáz alcsalád két tagjával, a matriptáz-1 és matriptáz-2 enzimmel foglalkozunk részleteiben. Az egyes enzimek legfőbb élettani és patológiás hatásait a **Táblázat** foglalja össze.

A szerin-proteázok az egyik legősibb és legnagyobb proteázenzim-család

A MATRIPTÁZ-1 ÉLETTANI FOLYAMATOKBAN BETÖLTÖTT SZEREPE

A matriptáz-1 az összes hámeredetű sejtben megtalálható

A matriptáz-1 (más néven ST14, epithin) nagy mennyiségben megtalálható az egész szervezetben, szinte az összes szervben, de csak a hámeredetű sejtekben (25). A matriptáz-1-et kódoló gén kísérletes inaktiválása (ST14 -/-) esetén egerek hámszöveteiben számos működési zavart figyeltek meg. Jellemzően megnövekedett az epithelialis sejtrétegek átteresztőképessége a tight junction (TJ) fehérjék megváltozott elhelyezkedése következtében (19). LIST és mtsai által végzett kísérletben az ST14 -/- egerek 48 órán belül elpusztultak. Az egerek bőre száraz volt, ill. a szőrtüszők hypoplasiája és a thymocyták megnövekedett apoptózisa volt megfigyelhető (18). A vastagbélben fokozott nyálkatermelődést tapasztaltak vizenyős submucosával (19). További kísérletekben ST14 matriptáz-1-hypomorph egereken, ahol az bélbeli matriptáz mRNS-szint századrészt csökkent, a bél átteresztővé vált: csökkent a transepithelialis elektromos ellenállás (transepithelial resistance, TER), fokozódott az átteresztőképesség és a claudin-2, TJ-csatornát képző fehérje mennyisége is megnövekedett (4, 23). Ugyanezt tapasztalták humán colon-carcinoma (Caco-2) sejtvonalon 4-(2-aminoetil)-benzozsulfonil-fluorid (AEBSF) szerin-proteáz-inhibitor hatására (4). Crohn-betegség és ulceratív colitis esetén is szignifikánsan kisebb matriptáz-1 mRNS-szintet és megnövekedett claudin-2-expressziót találtak a gyulladással szövetekben (23). Az MI-432 sorszámú matriptáz-inhibitor használatakor a TER csökkenését és a TJ szorosságáért felelős occludin helyzetváltozását figyelték meg a kontroll sejtekhez képest IPEC-J2 sertésvékonybélhám-sejtvonalon (28). Kutyából származó, nem-tumoros jejunális hámszejtvonalon (SCBN) a sejttenyészethez apikálisan adagolt matriptáz-1

A matriptáz-1 a tight junction fehérjék szabályozása révén a hámszövetek homeosztázisának fenntartásában játszik szerepet

a TER növekedését vonta maga után. Kísérletesen létrehozott, occludint előállítani nem képes SCBN-sejtekhez matriptáz-1 enzimet adagolva viszont nem tapasztaltak TER-növekedést (32). Mindezek alapján valószínűsíthető, hogy a matriptáz-1 – a TJ-fehérjék szabályozása révén – szükséges a posztnatális túléléshez, az epithelialis szövetek homeosztázisának kialakításához és fenntartásához, így pl. a thymussejtek túléléséhez, fejlődéséhez, a szőrtüszők, a hámréteg fejlődéséhez, valamint a bélbarrier kialakításához. A matriptáz-1 mindezek mellett képes bontani az extracelluláris mátrixot is (34), ezért is különös fontos kifejeződésének szigorú szabályozása (Táblázat).

TÁBLÁZAT. Összefoglaló táblázat a matriptáz-1 és matriptáz-2 szerepéről. Zöld háttérrel az élettani, pirossal a patológiás esetben betöltött funkciók láthatóak

TABLE. Summary of the role of matriptase-1 and matriptase-2 in certain physiological (green) and pathological (red) processes

Enzim	Vizsgált szövet/sejt	Hatás
matriptáz-1	hámszövetek (pl. bőr, bélhám)	homeosztázis létrehozása barrier-funkció kialakítása, fenntartása
	hámeredetű tumorsejtek	extracelluláris mátrix bontása, proto-onkogének aktiválása → segíti a tumorsejtek túlélését, áttétképződést
	porcszövet	porcbontás
	vesehámsejt, légzőhámsejt	vírus-sejt fúzió
matriptáz-2	májsejt	hepcidin-transzkripció gátlása

Hámeredetű daganatokban a matriptáz-1 szerepet játszik az áttétképzésben

A MATRIPTÁZ-1 SZEREPE A DAGANATOK ÁTTÉTKÉPZÉSÉBEN

Számos hámeredetű daganattípusnál megnövekedett matriptáz-1-aktivitást, ill. csökkent hepatocytá növekedési faktor aktivátor inhibitor 1 (HAI-1) mennyiséget találtak. A HAI-1 szükséges a matriptáz-1 aktiválásakor az enzim sejten belüli szállításához, endogén hasításához és a sejt felszínre kerüléséhez, ill. a későbbi gátlásához is. Ha felborul az egyensúly a matriptáz-1-gátlás szabályozásakor, ez hatással lehet az e daganatoknál tapasztalt matriptáz-mediált proteolízisre (17). Számos esetben a megnövekedett matriptáz-1-aktivitás rosszabb kórjóslatot von maga után, pl. petefészek serosus adenocarcinómája (15), invazív ductalis emlőcarcinoma (24), méhnyakrák (33), prosztatata-adenocarcinoma (31) esetén. Colorectalis carcinoma vizsgálatok mérsekelt matriptáz-1-aktivitást tapasztaltak a normális szöveti szinthez képest, jelentősen csökkent HAI-1-mennyiséggel (43). Az aktivált matriptáz-1 egyrészt bontja az extracelluláris mátrixot, másrészt, hasítással képes aktiválni az urokináz plazminogén aktivátort (uPA), a hepatocytá növekedési faktort (HGF/SF) és a proteázaktivált receptor-2-t (PAR-2) (16, 41), amelyek fontos mediátor szerepet töltenek be a tumor növekedésében, a tumorsejtek túlélésében és inváziójában, ill. az extracelluláris mátrix bontásában (Táblázat).

MATRIPTÁZ-1-AKTIVITÁS OSTEOARTHRTIS ESETÉN

Osteoarthritis esetén emelkedett matriptáz-1-expresszió figyelhető meg a porcszövetben

Egészséges porcszövet esetén nem találkozunk kimutatható matriptáz-1-aktivitással (25), viszont osteoarthritis esetén emelkedett matriptáz-1-expresszió figyelhető meg. A matriptáz-1 közvetlen és közvetett módon is részt vesz a porcbontás szabályozásában (Táblázat). Egyrészt serkenti a mátrix metalloproteinázok

(MMP), pl. MMP-1, MMP-3 expresszióját, majd a későbbiekben aktiválja is az inaktív zimogéneket, ill. a számos porcbontásban résztvevő faktort, mint a PAR-2-t is, valamint részt vesz a kollagén bontásában is (20).

VÍRUS-SEJT FÚZIÓ LÉTREJÖTTE MATRIPTÁZ-1 SEGÍTSÉGÉVEL

Más vírusokhoz hasonlóan az influenzavírus replikációjának is előfeltétele a vírus sejtbe jutása. Ehhez szükség van a vírus egyik legfontosabb sejtfelszíni glikoproteinjére, a hemagglutininre (HA), amellyel kapcsolódni tud a célsejt membránjában levő szialsavtartalmú receptorokhoz. A HA prekursor formában szintetizálódik, hasítással történő aktiválására a TTSP-család számos tagja képes (10). Humán H1N1 (2) és H7N9 (44) influenzavírus esetén is megfigyelték, hogy a matriptáz-1 képes befolyásolni a HA-hasítás segítségével a vírus sejtbe jutását. H9N1 madár-influenzavírus esetén is bizonyítást nyert, hogy a matriptáz-1 képes ugyanígy elősegíteni a vírus penetrációt (1). Jelenleg is kutatások folynak a TMPRSS2 enzimrel kapcsolatban, ugyanis bizonyítást nyert, hogy az új koronavírus, a SARS-CoV-2 sejtbe jutását segíti a virion felszínén megtalálható S-fehérje hasításán át (13) (Táblázat).

Szerin-proteáz enzimek segítik influenzavírusok és a SARS-CoV-2 sejtbe jutását is a felszíni vírusfehérjék hasítása révén

A MATRIPTÁZ-2 VASANYAGCSERÉBEN BETÖLTÖTT SZEREPE

A matriptáz-2 legnagyobb mennyiségben a májban található, de jelentős koncentrációban van jelen egerekben a vese és a méh szöveteiben is. Kis mennyiségben kimutatható más szervekből is, pl. agyvelő, tüdő, szív, lép, izom, bél, thymus és hasnyálmirigy (14). Egérkísérletben a matriptáz-2 szerin-proteáz régiójának kémiai inaktivációját követően (Mask mutáns) (6), ill. matriptáz-2-t kódoló génihiányos (TMPRSS6 $-/-$) egereknél (8) is rendellenes szőrnövekedést, vashiányos anaemiát és a vérplazma extrém nagy hepcidin-koncentrációját tapasztalták (6,8). Humán vasrezisztens vashiányos anaemia (Iron-refractory iron deficiency anemia, IRIDA) esetén a TMPRSS6 génjének mutációja során sérül a szerin-proteáz domén, a betegekben mért jelentős hepcidinszintek miatt hypochrom, mikrocitaer anaemia alakul ki a vörösvérsejtek számának jelentős fogyásával és csekély transzferrin-telítettséggel, a nem megfelelő vasfelszívódás következtében (7). A matriptáz-2 ugyanis képes gátolni a hepcidin transzkripcióját a membránhoz kötött hemojuvelin (HJV) hasításával (35). A hepcidin, amely nagyrészt a májban termelődő peptidhormon (26), a vérárammal eljutva képes a ferroportin membrán vasexporter fehérjéhez kötődni, annak sejtbeli felvételét és lebomlását előidézni. Mivel a ferroportin az egyetlen ismert vasexporter fehérje, lebomlása megakadályozza a vas felszívódását a vékonybélből, ill. a vas felszabadulását a vasraktárból, így pl. a macrophagokból (22) (Ábra).

A matriptáz-2 legnagyobb mennyiségben a májban található meg

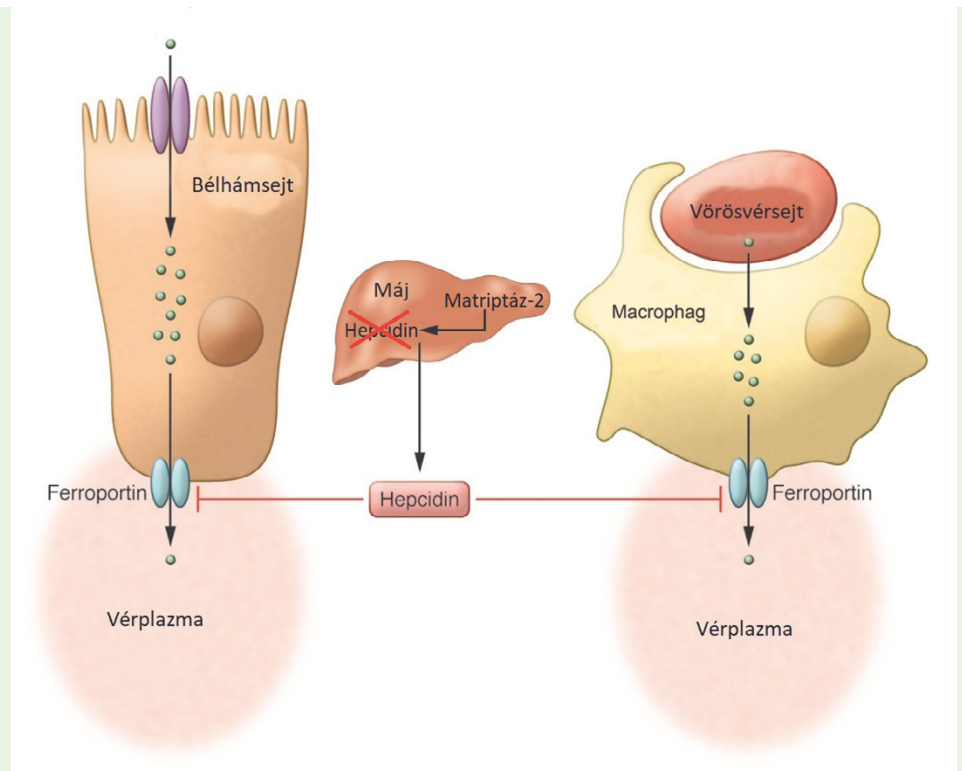
A matriptáz-2 gátolja a hepcidin transzkripcióját, így segítve a vas felszívódását és véráramba jutását

MATRIPTÁZ-INHIBITOROK HASZNÁLATÁNAK JÖVŐBELI LEHETŐSÉGEI

Számos kutatás foglalkozik a matriptáz enzimek szabályozásával, ill. gátlásával. Az egyik kutatott inhibitorcsoport a 3-amidino-fenilalanin (3-APhA) alapvázú vegyületek családja, amelyek közül több (eltérő hatékonysággal) képes gátolni a matriptáz-1 és matriptáz-2 enzimet *in vitro* és *in vivo* körülmények között is (12, 65, 37).

In vitro daganatos sejtvonalakon végeztek több kísérletet is 3-APhA inhibitorokkal. Vastagbél- (DLD-1) és prosztata- (PC-3) carcinoma-sejtvonalon vizsgáltak két 3-APhA-típusú inhibitorot 16 óra inkubációt követően. A kísérlet során mindkét inhibitor szignifikánsan csökkentette az extracelluláris mátrixban a sejtek szóródását 10 $\mu\text{mol/l}$ koncentrációban (9). Egy másik kísérletben 6 különböző 3-APhA alapvázú inhibitorot vizsgáltak humán hasnyálmirigy-adenocarcinoma eredetű

sejtvonalakon (AsPC-1, BxPC-3), 16 órán át inkubálva a sejteket. 10 $\mu\text{mol/l}$ koncentrációban az egyes gátló molekulákkal. Közülük két inhibitor a sejtszóródást csökkentette, és nem is volt citotoxikus (42).



ÁBRA. A matriptáz-2 szerepe a vasanyagcserében

A májban termelődő hepcidin a ferroportin csatornák gátlása révén képes megakadályozni a vas (ábrán zölddel jelölve) bélhámsejtekből és macrophagokból történő leadását. A matriptáz-2 a hepcidin-transzkripció megakadályozásával elősegíti a vas felszívódását és vérplazmába jutását. Kép forrása: (11)

FIGURE. Role of matriptase-2 in iron metabolism

Hepcidin, produced in the liver, is able to block the release of iron (shown with green) from enterocytes and macrophages via inhibiting ferroportin channels. Matriptase-2 can promote iron absorption and release by blocking hepcidin transcription. Image source: (11)

Matriptáz-inhibitorokkal sikerült gátolni hámeredetű daganatok növekedését és szóródását egérmodellekben

In vivo kutatások során egerekbe ültettek különböző daganatos sejtvonalakból származó sejteket. Sikerült két inhibitorot előállítani, amelyek egerekbe ültetett PC-3 prosztatacarcinoma-sejtvonal modellben gátolták a tumor növekedését és a tumorsejtek szóródását. Az inhibitorokat 5 mg/ttkg adagban 4 héten át kapták az állatok intraperitoneálisan. A tumor növekedését és a hasüregi áttétképződést is csökkentette a két inhibitor (37). Egy másik kutatás során AsPC-1 humán hasnyálmirigy-adenocarcinomasejteket ültettek egerekbe. A tumor és a képződő áttétek esetén is proteolitikusan aktív matriptázt-1 enzimet találtak. Intraperitoneálisan (5 mg/ttkg dózisban) a mérés előtt 24 órával adott mindhárom inhibitor gátolta a matriptáz-1 aktivitását (21).

Csirke eredetű embrionális vesehámsajt-tenyészetben és Madin-Darby kutyavesehámsajt-sejtvonalon (MDCKII) a H9N1 influenzavírus sejtbe jutását, így replikációját is sikerült csökkenteni két különböző, 3-APhA típusú inhibitor 48 órán át tartó 50 $\mu\text{mol/l}$ koncentrációban történő adagolása esetén (1).

Az Állatorvostudományi Egyetemen is folynak kísérletek 3-APhA típusú inhibitorokkal. Sertésből származó, nem-tumoros vékonybélhám-eredetű sejtvonalon (IPEC-J2) matriptázgátlás hatására TER-csökkenés, egy TJ-kapcsolófehérje, az occludin megoszlásának változása, valamint paracelluláris permeabilitás-növekedés volt tapasztalható (27, 28). Sertés primer hepatocytá monokultúráján (29) és hepatocytá–Kupffer-sejt kokultúráján (29, 30) vizsgáltak négy 3-APhA alapvázú inhibitor, hogy mennyire hatékonyak a matriptáz-2 gátlásában. A kísérletek során az inhibitorok nem bizonyultak citotoxikusnak és nem befolyásolták a vizsgált gyulladásos citokinek szintjét. Eltérő hatékonysággal, de volt olyan matriptázinhibitor, amelynek hatására megemelkedett a hepcidinszint a sejtek felülszójában (29, 30). Jelenleg is kutatások folynak a matriptáz-2-gátlás hepcidinszintre, ill. oxidatív stresszre és gyulladásos citokinek termelődésére gyakorolt hatásának feltérképezése céljából humán-, patkány- és csirkemáj-sejtvonalakon is.

A matriptáz-1 fontos prognosztikai marker lehet hámeredetű daganatokban, míg a matriptáz-2 gátlása a vasanyagcsere rendellenességeire lehet hatással

Az eddigi eredmények alapján a matriptáz-1 fontos diagnosztikai eszköz lehet hámeredetű daganatok esetén, segíthet a kórjósolat felállításában, ill. daganatellenes szerek fejlesztésének célpontja is lehet. A víruskutató területén a TTSP-család tagjainak gátlása az influenzavírus, valamint a SARS-CoV-2 fertőzőképességének csökkentésében jelentős szerepet játszhat. A matriptáz-2 gátlása a későbbiekben hasznos lehet, mint alternatív gyógyszer a hemochromatosis kezelésére a humán és állatorvosi gyakorlatban. Mindezek mellett a 3-APhA vegyületek bél- és májsejtekre kifejtett hatásának vizsgálata hozzájárulhat ahhoz, hogy mint gyógyszerjelölt vegyületek, alkalmasak lesznek-e az osteoarthritis, az influenzavírus-fertőzés vagy számos daganatos megbetegedés kezelésében.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani DR. MACKEI MÁTÉNAK az ábra szerkesztésében nyújtott segítségéért. A cikk a 2018-ban elnyert IK-PHD pályázati forrás felhasználásával készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap (ESZA) társfinanszírozásával valósul meg. A támogatási szerződés száma: EFOP-3.6.1-16-2016-00024 (projekt címe: Intelligens szakosodást szolgáló fejlesztések az Állatorvostudományi Egyetem és a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszer tudományi Karának együttműködésében), valamint az EFOP-3.6.2-16-2017-00012 (projekt címe: Funkcionális, egészséges és biztonságos élelmiszer termékpálya modell kidolgozása a szántóföldtől az asztalig elv alapján, tematikus kutatási hálózatban).

Továbbá, a kutatási témát a 115685 és a 124522 számú OTKA pályázat is támogatta. A munka a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj keretében készült.

IRODALOM

1. BARON, J. – TARNOW, C. et al.: Matriptase, HAT, and TMPRSS2 activate the hemagglutinin of H9N2 influenza A viruses. *J. Virol.*, 2013. 87. 1811–1820.
2. BEAULIEU, A. – GRAVEL, É. et al.: Matriptase proteolytically activates influenza virus and promotes multicycle replication in the human airway epithelium. *J. Virol.*, 2013. 87. 4237–4251.
3. BUGGE, T. H. – ANTALIS, T. M. – WU, Q.: Type II transmembrane serine proteases. *J. Biol. Chem.*, 2009. 284. 23177–23181.
4. BUZZA, M. S. – NETZEL-ARNETT, S. et al.: Membrane-anchored serine protease matriptase regulates epithelial barrier formation and permeability in the intestine. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.*, 2010. 107. 4200–4205.
5. CAL, S. – QUESADA, V. et al.: Polyserase-I, a human polyprotease with the ability to generate independent serine protease domains from a single translation product. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 2003. 100. 9185–9190.
6. DU, X. – SHE, E. et al.: The serine protease TMPRSS6 is required to sense iron deficiency. *Science*, 2008. 320. 1088–1092.
7. FINBERG, K. E. – HEENEY, M. M. et al.: Mutations in TMPRSS6 cause iron-refractory iron deficiency anemia (IRIDA). *Nat. Genet.*, 2008. 40. 569–571.
8. FOLGUERAS, A. R. – DE LARA, F. M. et al.: Membrane-bound serine protease matriptase-2 (Tmprss6) is an essential regulator of iron homeostasis. *Blood.*, 2008. 112. 2539–2545.
9. FÖRBS, D. – THIEL, S. et al.: In vitro inhibition of matriptase prevents invasive growth of cell lines of prostate and colon carcinoma. *Int. J. Oncol.*, 2005. 27. 1061–1070.
10. GARTEN, W. – KLENK, H.: Cleavage activation of the influenza virus hemagglutinin and its role in pathogenesis. *Avian Influenza Monogr. Virol. Basel. Karger.*, 2008. 27. 156–167.
11. GUO, S. – CASU, C. et al.: Reducing TMPRSS6 ameliorates hemochromatosis and β -thalassemia in mice. *J. Clin. Invest.*, 2013. 123. 1531–1541.
12. HAMMAMI, M. – RÜHMANN, E. et al.: New 3-amidinophenylalanine-derived inhibitors of matriptase. *Med. Chem. Comm.*, 2012. 3. 807–813.
13. HOFFMANN, M. – KLEINE-WEBER H. et al.: SARS-CoV-2 cell entry depends on ACE2 and TMPRSS2 and is blocked by a clinically proven protease inhibitor. *Cell*. 2020. 181. 271–280.
14. HOOPER, J. D. – CAMPAGNOLO, L. et al.: Mouse matriptase-2: identification, characterization and comparative mRNA expression analysis with mouse hepsin in adult and embryonic tissues. *Biochem. J.*, 2003. 373. 689–702.
15. JIN, J. S. – HSIEH, D. S. et al.: Increasing expression of serine protease matriptase in ovarian tumors: tissue microarray analysis of immunostaining score with clinicopathological parameters. *Mod. Pathol.*, 2006. 19. 447–452.
16. LEE, S. L. – DICKSON, R. B. – LIN, C. Y.: Activation of hepatocyte growth factor and urokinase/plasminogen activator by matriptase, an epithelial membrane serine protease. *J. Biol. Chem.*, 2000. 275. 36720–36725.
17. LIST, K. – BUGGE, T. H. – SZABO, R.: Matriptase: potent proteolysis on the cell surface. *Mol. Med.*, 2006. 12. 1–7.
18. LIST, K. – HAUDENSCHILD, C. C. et al.: Matriptase/MT-SP1 is required for postnatal survival, epidermal barrier function, hair follicle development, and thymic homeostasis. *Oncogene.*, 2002. 21. 3765–3779.
19. LIST, K. – KOSA, P. et al.: Epithelial integrity is maintained by a matriptase-dependent proteolytic pathway. *Am. J. Pathol.*, 2009. 175. 1453–1463.
20. MILNER, J. – M. PATEL, A. et al.: Matriptase is a novel initiator of cartilage matrix degradation in osteoarthritis. *Arthritis Rheum.*, 2010. 62. 1955–1966.
21. NAPP, J. – DULLIN, C. et al.: Time-domain in vivo near infrared fluorescence imaging for evaluation of matriptase as a potential target for the development of novel, inhibitor-based tumor therapies. *Int. J. Cancer.*, 2010. 127. 1958–1974.
22. NEMETH, E. – TUTTLE, M. S. et al.: Heparin regulates cellular iron efflux by binding to ferroportin and inducing its internalization. *Science*, 2004. 306. 2090–2093.
23. NETZEL-ARNETT, S. – BUZZA, M. S. et al.: Matriptase protects against experimental colitis and promotes intestinal barrier recovery. *Inflamm. Bowel. Dis.*, 2012. 18. 1303–1314.
24. OBERST, M. – ANDERS, J. et al.: Matriptase and HAI-1 are expressed by normal and malignant epithelial cells in vitro and in vivo. *Am. J. Pathol.*, 2001. 158. 1301–1311.
25. OBERST, M. D. – SINGH, B. et al.: Characterization of matriptase expression in normal human tissues. *J. Histochem. Cytochem.*, 2003. 51. 1017–1025.
26. PARK, C. H. – VALORE, E. V. et al.: Heparin, a urinary antimicrobial peptide synthesized in the liver. *J. Biol. Chem.*, 2001. 276. 7806–7810.
27. PÁSZTI-GERE, E. – BARNÁ, R. F. – UJHELYI, G. – STEINMETZER, T.: Interaction exists between matriptase inhibitors and intestinal epithelial cells. *J. Enzyme Inhib. Med. Chem.*, 2016. 5. 736–741.
28. PÁSZTI-GERE, E. – McMANUS, S. – MEGGYESHÁZI, N. – BALLA, P. – GÁLFI, P. – STEINMETZER, T.: Inhibition of Matriptase Activity Results in Decreased Intestinal Epithelial Monolayer Integrity *In Vitro*. *PLoS ONE*, 2015. 10. e0141077.
29. PÁSZTI-GERE, E. – SZOMBATH, G. – GÜTSCHOW, M. – STEINMETZER, T. – SZÉKÁCS, A.: 3-Amidinophenylalanine-derived matriptase inhibitors can modulate hepcidin production *in vitro*. *Naunyn. Schmiedeberg. Arch. Pharmacol.*, 2020. 393. 511–520.
30. POMOTHY, J. – SZOMBATH, G. – ROKONÁL, P. – MÁTIS, G. – NEOGRÁDY, Z. – STEINMETZER, T. – PÁSZTI-GERE, E.: The impact of acute matriptase inhibition in hepatic inflammatory models. *Biomed. Res. Int.*, 2016. 6306984.
31. RIDDICK, A. C. – SHUKLA, C. J. et al.: Identification of degradation components associated with prostate cancer progression by expression analysis of human prostatic tissues. *Br. J. Cancer.*, 2005. 92. 2171–2180.
32. RONAGHAN, N. J. – SHANG, J. et al.: The serine protease-mediated increase in intestinal epithelial barrier function is dependent on occludin and requires an intact tight junction. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.*, 2016. 311. 466–479.
33. SANTIN, A. D. – CANE, S. et al.: The novel serine protease tumor-associated differentially expressed gene-15 (matriptase/MT-SP1) is highly overexpressed in cervical carcinoma. *Cancer*, 2003. 98. 1898–1904.
34. SHI, Y. E. – TORRI, J. et al.: Identification and characterization of a novel matrix-degrading protease from hormone-dependent human breast cancer cells. *Cancer Res.*, 1993. 53. 1409–1415.
35. SILVESTRI, L. – PAGANI, A. et al.: The serine protease matriptase-2 (TMPRSS6) inhibits hepcidin activation by cleaving membrane hemojuvelin. *Cell. Metab.*, 2008. 8. 502–511.

36. SISAY, M. T. – STEINMETZER, T. et al.: Identification of the first low-molecular-weight inhibitors of matriptase-2. *J. Med. Chem.*, 2010. 53. 5523–5535.
37. STEINMETZER, T. – SCHWEINITZ, A. et al.: Secondary amides of sulfonylated 3-amidinophenylalanine. New potent and selective inhibitors of matriptase. *J. Med. Chem.*, 2006. 49. 4116–4126.
38. SZABO, R. – BUGGE, T. H.: Type II transmembrane serine proteases in development and disease. *Int. J. Biochem. Cell. Biol.*, 2008. 40. 1297–1316.
39. SZABO, R. – NETZEL-ARNETT, S. et al.: Matriptase-3 is a novel phylogenetically preserved membrane-anchored serine protease with broad serpin reactivity. *Biochem. J.*, 2005. 390. 231–242.
40. SZABO, R. – WU, Q. Y. et al.: Type II transmembrane serine proteases. *Thromb. Haemost.*, 2003. 90. 185–193.
41. TAKEUCHI, T. – HARRIS, J. L. et al.: Cellular localization of membrane-type serine protease 1 and identification of protease-activated receptor-2 and single-chain urokinase-type plasminogen activator as substrates. *J. Biol. Chem.*, 2000. 275. 26333–26342.
42. UHLAND, K. – SIPHOS, B. et al.: Use of IHC and newly designed matriptase inhibitors to elucidate the role of matriptase in pancreatic ductal adenocarcinoma. *Int. J. Oncol.*, 2009. 35. 347–357.
43. VOGEL, L. K. – SÆBØ, M. et al.: The ratio of Matriptase/HAI-1 mRNA is higher in colorectal cancer adenomas and carcinomas than corresponding tissue from control individuals. *BMC Cancer*, 2006. 6. 1–8.
44. WHITTAKER, G. R. – STRAUS, M. R.: Human matriptase/ST 14 proteolytically cleaves H7N9 hemagglutinin and facilitates the activation of influenza A/Shanghai/2/2013 virus in cell culture. *Influenza Other Respir. Viruses*, 2020. 14. 189–195.

Közlésre érkező: 2020. március. 23.

Examination of *Salmonella* contamination of retail chicken meat and *Salmonella* Enteritidis heat elimination during grilling

D. Pleva*
K. Szakmár
D. Tózsér
R. Sweeney
A. Domak
P. Laczay

Állatorvostudományi Egyetem
Élelmiszer-higiéniai Tanszék,
1078 Budapest, István utca 2.

*e-mail: pleva.daniel@univet.hu

Kiskereskedelmi forgalomban kapható csirkehúsok *Salmonella*-szennyezettségének és a *Salmonella* Enteritidis grillezés közbeni hőpusztulásának vizsgálata

Pleva Dániel*, Szakmár Katalin, Tózsér Dóra, Ronan Sweeney, Domak Adrienn, Laczay Péter

ÉLELMISZER-HIGIÉNIA

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők csirkemellminták *Salmonella*-kontaminációjának mértékét vizsgálták redoxpotenciál-méréssel. A vizsgált minták mindegyike tartalmazott *Salmonella*-t, az egyikben *S. Typhimurium*-ot is kimutattak PCR-módszerrel. Emellett mesterségesen *S. Enteritidis*-szel szennyezett csirkemellek kontaminációjának mértékét, és a mintákban a baktérium túlélését is vizsgálták grillezés során. Eredményeik alapján a *Salmonella* túlélése erősen függ a grillezés módjától és a bőr szigetelő hatásától. A bőr nélküli minták 10, de zárt sütés esetén már 5 perc után minden esetben *Salmonella*-mentesnek bizonyultak, míg a bőrös mintákban erőteljesebb hőkezelésre volt szükség.

SUMMARY

For our experiment retail chicken meat samples (filet and skin covered) were purchased from a local supermarket to detect their contamination level from salmonellae. Altogether eight samples were examined and all of them proved to be positive by redoxpotential measurement, the magnitude of their contamination rate varied between 10^1 and 10^5 cfu. We also examined these samples by real-time PCR system whether they contain any significant zoonotic serovariants (*S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* or *S. Infantis*). In one of the samples *S. Typhimurium* could be detected. Similar samples from the same origin were contaminated artificially with *S. Enteritidis* by a soaking method. The samples were cut into $4 \times 6 \times 1.6$ cm size bricks and the soaking period took 4 or 16 hours to notice if there is any difference in the samples' salmonella levels depending on the duration of the contamination period. No significant difference was observed ($10^{5.30}$ and $10^{5.35}$). It seemed that 4 hours were enough for the salmonella to reach the deeper layers of the meat samples. Slices of the same size and contamination level were then used for the grilling experiment. A DeLonghi electric grill was applied for the grilling that had two individual frying sheets. The parameters of the grilling included the time (5, 10, 15 minutes), sheet temperature (150, 190, 230°C), the presence or absence of the skin and the state of the two frying sheets (opened or closed). The reduction rate of *Salmonella* was influenced by the sheet temperature but the elimination curves did not exhibit the expected differences among the temperatures that can be explained by the slower change of core temperature. The skin seemed to have an insulating effect that could protect the bacteria from destruction. Closed grilling was more effective than the opened one, although the opened samples were treated for double time (to grill both sides).

Az ételek feldolgozásának egyik legrégebbi módszere a hőkezelés, amely elősegíti, hogy azok könnyebben emészthetők és biztonságosak legyenek a mikrobiológiai szennyeződésektől. Már 2000000 évvel ezelőttről is vannak jelek a tűz ételkészítéshez történő felhasználásáról (14), és a tudósok szerint az emberi agy a feldolgozott ételekben gazdag étkezés nélkül nem tudott volna ilyen gyorsan ekkora fejlődést mutatni (17). Az évszázadok során kialakultak a hőkezelés különféle módszerei, amelyek által az étel ízletesebbé vagy könnyebben emészthetővé válhatott. A XX. században az élelmiszer-kémia és a toxikológia elérte azt a fejlettséget, hogy képes volt felismerni és kimutatni az élelmiszerek molekuláris változásait a hőkezelés során, és felfedezni azok emberi szervezetre való hatását a fogyasztás után. A Maillard-reakció (10) leírja a hőkezelés ételek ízére, illatára és színére gyakorolt hatását, de később néhány keletkező molekula toxicitását is kimutatták. Pl. hús esetében rákkeltő heterociklusos aminok keletkezhetnek a kreatinin-, aminosav- és glükóztartalomából (3), vagy policiklusos aromás szénhidrogének képződhetnek lángolás vagy faszélen grillezés során (1).

Az ételek hőkezelése javítja emészthetőségüket és mikrobiológiai biztonságosságukat

A Salmonella az egyidejűleg több ember megbetegedését okozó leggyakoribb élelmiszer-eredetű kórokozó

Magyarországon a szalmonellás csoportos megbetegedések 59 %-áért a Salmonella Enteritidis felelős

A hőkezelés kockázatainak felismerése miatt manapság számos olyan nézet és mozgalom alakult, amelyek a főzés hátrányaira összpontosítottak. De a „nyers” étrend esetén a mikrobiológiai kockázat nagyobb, és még fejlett országokban is vannak súlyos, élelmiszer-eredetű járványok, amelyeket többek között *Escherichia coli* (2), *Listeria monocytogenes* (13) vagy *Salmonella enterica* (6) okoz.

A *Salmonella* mind a mai napig az egyidejűleg több ember megbetegedését okozó leggyakoribb élelmiszer-eredetű kórokozó (5). Mert bár a közvetlenül emberi patogén szerotípusok (*S. Typhi*, *S. Paratyphi*) már visszaszorultak a fejlett országokban, vannak olyan zoonotikus szerotípusok, amelyek haszonállatokban többnyire tünetmentes hordozás formájában fordulnak elő, de emberben számos betegséget okozhatnak (9). Ezért az Európai Unió még az elmúlt évtizedben *Salmonella*-gyérítési programot indított a közegészségügyi szempontból legfontosabb szerotípusok, mindenekelőtt a *S. Typhimurium* és *S. Enteritidis* (4) ellen.

A *Salmonella enterica* egyik legfontosabb zoonotikus szerotípusa a *Salmonella Enteritidis*, amely Magyarországon a szalmonellás csoportos megbetegedések 59 %-áért felel (12). Fertőző adagja 10^3 – 10^5 cfu/g nagyságrendben határozható meg (7). A tünetek általában gyomor- és bélrendszeri panaszok, hasmenés, hányás, de súlyos esetekben septicaemiát és halált okozhat (20). A leggyakoribb megbetegedést okozó élelmiszerek, a nyers vagy nem megfelelően főtt tojás, tojással készült ételek, hidegkonyhai termékek és a nem kellően hőkezelt baromfi (8).

SAJÁT VIZSGÁLAT

Kutatásunk során a következő vizsgálatokat végeztük:

- 1) a kiskereskedelmi forgalomból származó csirkemellminták *Salmonella*-fertőzöttsége
- 2) a mintákból a veszélyes, humán patogén szerotípusok meghatározása
- 3) a mesterségesen kontaminált minták *Salmonella*-szintje a kontaminációs művelet (áztatás) időtartamának függvényében
- 4) a grillezési paraméterek *Salmonella*-pusztulásra gyakorolt hatása:
 1. hőmérséklet
 2. idő
 3. bőr jelenléte
 4. nyitott / kontakt grillezés

ANYAG ÉS MÓDSZER

Filézett, ill. bőrös, csontos csirkemellet vizsgáltak

A húsminták Salmonella-szennyezettségét redoxpotenciál-méréssel vizsgálták

Valós idejű PCR-vizsgálatot is végeztek S. Enteritidis, S. Typhimurium és S. Infantis szerotípusok kimutatására

A S. Enteritidis hőpusztulásának vizsgálatához mesterségesen szennyezték húsmintákat

A hőkezeléseket kontakt grillsütőn végezték nyitott és zárt állásban

A hőkezelést maghőmérővel ellenőrizték

A minták alapjául szolgáló filézett és csontos, bőrös csirkemellet (filé; ill. csontos és bőrös) a VII. kerület egyik helyi szupermarketében szereztük be. A csirkemellből standard méretű mintákat készítettünk a következők szerint: 1,6 × 4 × 6 cm oldalhossz és 40–45 gramm tömeg. A nem filézett húsokat az Állatorvostudományi Egyetem Élelmiszer-higiéniái Tanszékének Élelmiszer-technológiai Laboratóriumában csontoztuk, de ebben az esetben a bőrt nem távolítottuk el a felszínről. A nyers, mesterségesen nem kontaminált húsból nyolc esetben 10 grammot vettünk az eredeti *Salmonella*-szennyezés szintjének kimutatására, amelyet redoxpotenciál-méréssel végeztünk a tanszék Élelmiszer-mikrobiológiai Laboratóriumában. A redoxpotenciál-mérés során a kiindulási mintában lévő élő szalmonellák számát határoztuk meg, amelyek metabolizmusuk révén csökkentik a táptalajuk redoxpotenciálját. A bekövetkező csökkenésnek a görbéjéből lehet következtetni az eredeti mikrobaszámra. A 10 grammos mintát 100 ml-re egészítettük ki Rappaport–Vassiliadis szójapepton tápközeggel (RVS). Ezután 10 ml-t használtunk fel egy Microtester redoxpotenciál-mérő berendezésben.

A nyers, mesterségesen nem szennyezett mintákból valós idejű PCR-vizsgálatot is végeztünk *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* és *S. Infantis* szerotípusok kimutatására. Ugyanazon mintákból, amelyeket a redoxpotenciál méréséhez használtunk, 1 ml RVS-t vettünk steril Eppendorf csövekbe. A DNS extrakcióját a Mericon TM DNA Bacteria Kit segítségével végeztük. A folyamat után (a gyártó útmutatásait követve) a felülúszó készen állt a PCR-készülékben való felhasználásra. Az összes *Salmonella enterica* szerotípus kimutatására a Mericon *Salmonella* spp. Kitet (Qiagen) használtunk, és a három megkülönböztetett szerotípushoz (*S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* és *S. Infantis*) egy DiaSalmR Kitet (a Diagon cégtől) alkalmaztunk. A mérést egy SLAN 20@ valós idejű PCR-rendszerrel (Hongshi) végeztük, fluoreszcens detektorral. A folyamat során pozitív és negatív kontrollt használtunk a minta mellett.

A *S. Enteritidis* hőpusztulásának vizsgálatához mesterségesen szennyezett, ismert kontaminációs szintű mintákra volt szükségünk. Ezt ismert *Salmonella*-koncentrációjú kontaminált tápoldatban való áztatással értük el. Egyidejűleg azt is vizsgálni kívántuk, hogy mennyi idő alatt diffundálhat a kórokozó a hússzeletek belsőbb rétegeibe. Az áztatási időnek a szalmonella eloszlására gyakorolt hatásának kimutatására 2 csoportot hoztunk létre 4–4 standard méretű mintával: az 1. csoportot 4 órán át, a 2.-at 16 órán át áztattuk 5 °C-on. Az áztatófolyadék peptonos tápoldat volt, 10⁵ nagyságrend cfu/ml *S. Enteritidis* kontaminációval, és 10 standard szeletet áztattunk 500 ml-ben, úgy, hogy a folyadék a hússzeleteket teljesen ellepje. A kontamináció mértékének meghatározásánál az általunk a mesterségesen nem szennyezett mintából kimutatott legmagasabb szalmonella értékeket, valamint a fertőző dózis mértékét is figyelembe vettük. A szalmonella kimutatását ugyancsak redoxpotenciál-méréssel hajtottuk végre, mint a nyers, nem szennyezett minták esetében.

A hőkezelést DeLonghi CGH 1012D elektromos kontakt grillsütőn végeztük, amelynek 2 sütőlapja van. Ezek külön is használhatóak (nyitott állás), de össze is csukhatóak (zárt állás, vagyis kontakt grillezés). A hőkezelés hőmérséklete és időtartama a grillsütő hőkapacitása és a fogyasztói szokások figyelembevételével történt (18), de a fogyasztásra ajánlott intervallumnál szélesebb skálát öleltünk fel, hogy a *Salmonella*-pusztulás részletesebben tanulmányozható legyen. A hőmérsékletek 150, 190 és 230 °C voltak; 5, 10 és 15 perc időtartammal kombinálva. A nyitott grillezés esetén az idő kétszeresen értendő, mivel a minta mindkét fele megkapta a fent említett hőkezelést. A hőkezelés során a minták maghőmérsékletét maghőmérővel monitoroztuk. A párhuzamos kísérletekben mesterségesen szennyezett, standard méretű mintákat használtunk, később ezekből vettünk 10 grammokat a feljebb leírtaknak megfelelő redoxpotenciál-méréshez.

**A hőkezelést
maghőmérővel
ellenőrizték**

EREDMÉNYEK

Eredményeink szerint a nyolc, mesterségesen nem szennyezett minta mindegyike tartalmazott szalmonellát. Az átlagos szennyeződés mértéke $2,78 \times 10^4$, a nagyságrendi eloszlás a következő volt: 10^0 : 1 minta; 10^2 : 4 minta; 10^4 : 2 minta; 10^5 : 1 minta. A PCR-vizsgálat az egyik mintában kimutatta a *S. Typhimurium*-ot, de a kiskereskedelemből vásárolt csirkében nem találtunk *S. Enteritidis* vagy *S. Infantis* szerotípusokat.

A két kontaminációs áztatási időtartam 4–4 mintájának *Salmonella*-szintje összehasonlításakor szignifikáns különbség nem volt kimutatható. A 4 órás áztatás után mért szalmonellaszám átlaga $2,01 \times 10^5$ cfu/10 g, 16 órás áztatás esetén pedig $2,26 \times 10^5$ cfu/10 g. A csoportok között ANOVA-számítást végeztünk (az átlagot is beleértve), és a *p*-értéke 0,7093-nak adódott (*p* < 0,05 eseté a különbség szignifikáns lenne) (1. táblázat).

Két párhuzamos grillezési kísérletet végeztünk a hőmérséklet, az idő, a bőr és a sütőlapállások befolyásoló hatásának összehasonlítására az előzetesen mesterségesen kontaminált minták felhasználásával. A két szalmonellapusztulási mérés átlaga az egyes bőr-sütőlap paraméterek szerint csoportosítva az 2. táblázatban, valamint az 1, 2, 3. és 4. ábrán látható. A kiindulási (0 perc) koncentrációk átlaga minden esetben $1,64\text{--}2,85 \times 10^5$ cfu/10 g között változott, majd az értékek minden hőkezelés során csökkentek. Az eliminációs sebesség különbsége a hőmérsékleti csoportgörbék között észlelhető volt: az átlagos hőmérséklet 150 °C -on $y = -1,3189x$, 190 °C -on $y = -1,4900x$ és 230 °C -on $y = -1,6011x$. A trendvonalak R^2 -értékei minden esetben 0,916 és 0,999 között voltak, tehát az *S. Enteritidis* hőeliminációja minden alkalommal logaritmus tendenciát követett.

	4 óra	16 óra
1.	5,42	4,50
2.	5,05	5,33
3.	5,42	5,42
4.	5,23	5,60
Átlag	5,30	5,35

1. TÁBLÁZAT. A különböző áztatási idők után mért *Salmonella*-kontamináció mértéke, tízes alapú logaritmus (cfu/10 g)

TABLE 1. The level of *Salmonella* contamination after soaking, logarithm based on ten (cfu/10 g)

Nyílt, bőrös			
Idő\Hőm.	150	190	230
0	5,17	5,17	5,17
5	4,86	4,67	3,94
10	4,42	3,75	0,00
15	3,74	2,74	0,00

Nyílt, bőr nélküli			
Idő\Hőm.	150	190	230
0	5,21	5,21	5,21
5	3,50	2,73	3,74
10	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00

2. TÁBLÁZAT. A különböző kombinációk szerint hőkezelt mintákban mért *S. Enteritidis* mennyiségek (Idő: perc; Hőmérséklet: °C; *Salmonella*-szám: log cfu/10 g)

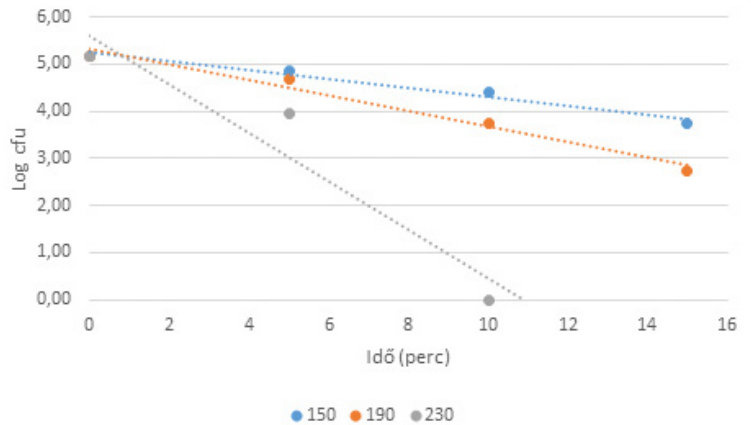
TABLE 2. The amount of *S. Enteritidis* in samples treated by different combinations of grilling parameters (Time: minute; Temperature: °C; *Salmonella*: log cfu/10 g)

Zárt, bőrös			
Idő\Hőm.	150	190	230
0	5,42	5,42	5,42
5	5,02	3,10	3,10
10	3,56	2,36	2,55
15	1,72	0,00	0,00

Zárt, bőr nélküli			
Idő\Hőm.	150	190	230
0	5,45	5,45	5,45
5	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00

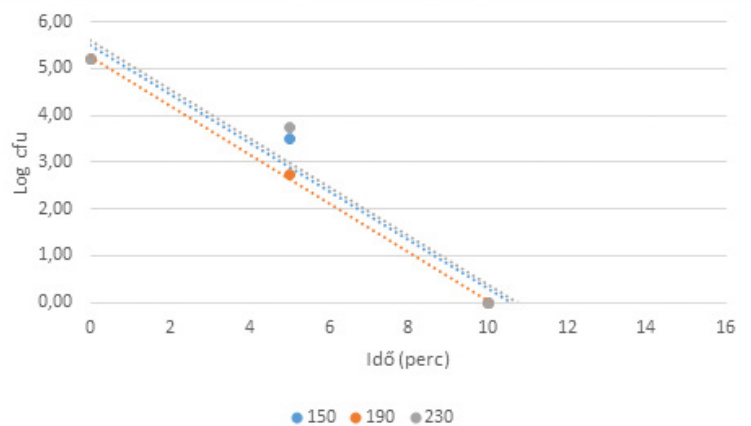
1. ÁBRA. A *S. Enteritidis* mennyisége (cfu/10 g) nyíltan grillezett bőrös csirkemell esetén, különböző hőmérsékleteken (°C)

FIGURE 1. The amount of *S. Enteritidis* (cfu/10 g) of chicken breast samples with skin in the case of opened grilling at different temperatures (°C)



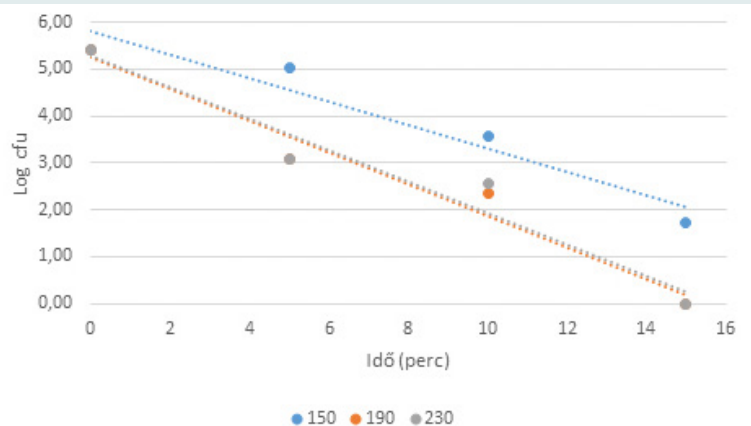
2. ÁBRA. A *S. Enteritidis* mennyisége (cfu/10 g) nyíltan grillezett bőr nélküli csirkemell esetén, különböző hőmérsékleteken (°C)

FIGURE 2. The amount of *S. Enteritidis* (cfu/10 g) of chicken breast samples without skin in the case of opened grilling at different temperatures (°C)



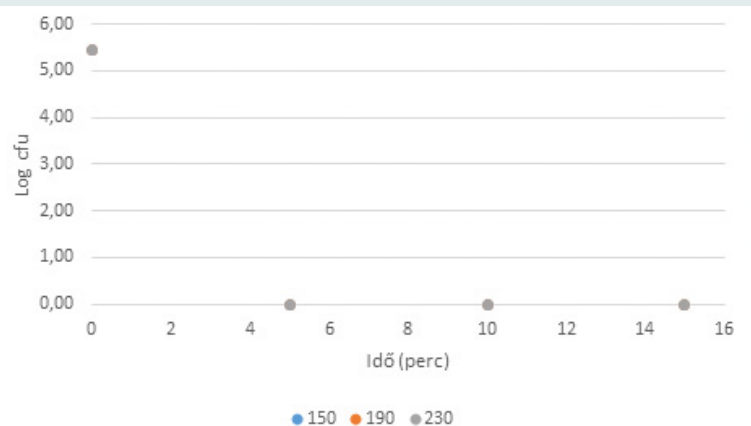
3. ÁBRA. A *S. Enteritidis* mennyisége (cfu/10 g) zártan grillezett bőrös csirkemell esetén, különböző hőmérsékleteken (°C)

FIGURE 3. The amount of *S. Enteritidis* (cfu/10g) of chicken breast samples with skin in the case of closed grilling at different temperatures (°C)



4. ÁBRA. A *S. Enteritidis* mennyisége (cfu/10 g) zártan grillezett bőr nélküli csirkemell esetén, különböző hőmérsékleteken (°C)

FIGURE 4. The amount of *S. Enteritidis* (cfu/10 g) of chicken breast samples without skin in the case of closed grilling at different temperatures (°C)



**Nyílt, bőrs sütés
esetén 230 °C-on
10 perc alatt pusztultak
el a kórokozók**

**A nyílt, bőr nélküli
sütés gyorsabban
vezet eredményre**

**A zárt sütések sokkal
hatékonyabb pusztító
hatást eredményeztek**

A nyílt, bőrs sütés esetén (1. ábra) 150 és 190 °C-on is még a kétoldali 15 perces sütés után is maradtak kórokozók, 230 °C-on viszont már 10 perc alatt teljes mértékben eliminálódtak. A maghőmérsékletek átlagai hasonlóan alakultak a különböző hőmérsékleteken, 5 perc után még mindhárom esetben a szalmonella számára kritikus 49 °C alatt maradtak, és a 15 perces sütés után sem emelkedtek 80 °C fölé (76,3; 76,0; 78,3 °C – 150; 190 és 230 °C-os laphőnél).

Ezzel szemben a nyílt, bőr nélküli sütés (2. ábra) mindhárom hőmérsékleten már 10 perc után teljes *Salmonella*-mentességet eredményezett, és már 5 perc után jelentősebb pusztulás volt kimutatható, mint a nyílt bőrs grillezés esetén. A maghőmérsékletek mindvégig együtt mozogtak, és már 5 percnél 50 °C felett voltak mindegyik esetben, 10 percnél pedig már 67,0; 69,0 és 69,7 °C volt az átlagos maghőmérséklet az egyes laphőmérsékletek esetén. Ezután viszont sokkal több hőt látszólag már nem vett át a minták belseje, a legnagyobb mért érték 70,0 °C volt 230 °C laphőmérsékletnél.

A zárt sütések sokkal hatékonyabb pusztító hatást eredményeztek. A zárt, bőrs sütés (3. ábra) során 150 °C esetén még 15 perc után is mérhető mennyiségű élő mikroba volt a húspan (jóllehet a maghőmérséklet eddigre itt is elérte a 100 °C-ot). Ugyanakkor 190 és 230 °C sütésnél már 15 perc elegendő volt a teljes pusztuláshoz. A 190 és a 230 °C laphőmérsékleteknél a maghőmérsékletek teljesen együtt változtak; 5 perc után már 80 °C, 10 perc után pedig 100 °C feletti hőmérsékletet mértünk. Viszont 103 °C fölé nem emelkedett a hőmérséklet egyetlen méréskor sem.

A zárt, bőr nélküli sütés (4. ábra) minden hőmérsékleten már 5 perc után a szalmonellák teljes pusztulását idézte elő. A maghőmérsékletek a bőrs méréshez képest a rövidebb sütési idők esetén magasabbak voltak, de hosszabb sütési idők esetén ez a különbség fokozatosan csökkent.

MEGVITATÁS

Kutatásunk megerősítette azokat a publikált adatokat (19), amelyek leírták a *Salmonella*-szerotípusok jelenlétét a kiskereskedelmi forgalomból származó csirkehúsokban. Eredményeink arra utalnak, hogy a gyérítési program tárgyát képező jelentősebb szerotípusok (pl. *S. Typhimurium*) is potenciálisan megjelenhetnek a baromfihúsban. Ugyanakkor a friss húspan a *Salmonella*-kontamináció mértéke többnyire kisebb volt, mint a potenciálisan fertőző adag. Azonban, ha a húst nem tárolják és nem kezelik megfelelően a háztartásokban, akkor elszaporodhatnak és megbetegedést okozhatnak.

A húsminta áztatási ideje (4 és 16 óra) a kontaminált tápoldatban nem okozott szignifikáns különbséget a *Salmonella*-kontamináció mértékében. Eredményeink alapján a baktériumok már 4 óra alatt diffundálni képesek a mélyebb szövetekbe is. Ez a rendszer olyan pácot modellezhet, amelyben csak egy összetevő szennyezett szalmonellával, de az eszerint gyorsan elterjedhet és elérheti a hús belsejét is.

Vizsgálataink eredményei szerint a grillezés hatékony hőkezelési módszer a *S. Enteritidis* elpusztítására. Ugyanakkor fontos a megfelelő hőmérséklet/idő kombináció megválasztása, mivel ahogy az várható volt, a magasabb hőmérséklet és a hosszabb időtartamú hőkezelés több baktériumot pusztít el.

A zárt, kontakt grillezés, feltehetően a jobb hőtartás miatt, a baktériumok gyorsabb pusztulását idézte elő. A bőr ugyanakkor hőszigetelő réteget képezhet, amely hosszabb ideig tartja a hőmérsékletet alacsonyabban, és ezáltal elősegítheti a szalmonellák túlélését a húspan. A bőr nélküli zárt grillezés esetén az összes baktérium már a legkisebb hőmérsékleti/idő kombinációban elpusztult.

Ugyanakkor a többi esetben, ahol az elimináció sebessége kiszámítható volt, a görbék meredeksége közötti különbség nem tükrözte teljes mértékben a szakirodalom alapján várt pusztulási időt (11). Ez abból is adódhat, hogy a sütőlemez

**A grillezés hatékony
hőkezelési módszer
a *S. Enteritidis*
elpusztítására**

**A bőr nélküli zárt
grillezés során pusztult
el leghamarabb
a kórokozó**

A túlzott hőkezelés során rákkeltő vegyületek keletkeznek

hőmérséklete nem felel meg a maghőmérsékletnek, mert a hússzeletek nem egyenletesen veszik fel a sütőlap hőmérsékletét. A maghőmérséklet csúcsa nem ér el sokkal magasabb hőmérsékletet, mint a víz forráspontja (az abszolút maximális maghőmérséklet 103 °C volt). Észlelhető volt egy plató-effektus magas hőmérsékleten és/vagy hosszabb időtartamokon, amikor a maghőmérsékleti görbe elérte a „telítettséget”, a *Salmonella*-pusztulás sebességében nem voltak megfigyelhetők jelentős különbségek. A bőr jelenléte hőszigetelő hatást fejtett ki: zárt grillezésnél a bőr nélküli és a bőrrel borított minták közötti átlagos maghőmérsékleti különbség 2,5 és 5 percnyi grillezés után 7,2 °C felett volt. A plató eléréséhez közeledve a különbségek csökkentek, 7,5 perc után a különbség 3,7 °C volt, és a szignifikáns differencia eltűnt 10 perc után 190 °C és 230 °C hőmérsékleten.

A mikrobiológiai élelmiszer-biztonság szempontjából a magasabb hőmérséklet/idő kombinációval végzett hőkezelés előnyösebb. Ugyanakkor magasabb hőmérsékleten és hosszabb időn keresztül végzett hőkezelés során megnő a keletkező rákkeltő hatású heterociklikus aminok mennyisége. Saját vizsgálataink során hasonló elkészítési módokat alkalmazva jelentős, egészségre aggályos mennyiségű károsanyag-szinteket találtunk, különös tekintettel a húsok felületi, kérgei részére (15, 16). Éppen ezért kiemelten fontos a hőkezelés paramétereinek megfelelő megválasztása. Egy nem megfelelő hőmérséklet/idő kombináció egyidejűleg jelenthet kémiai és mikrobiológiai kockázatot az égett kéreg és a nem kellően átsült belső részek miatt. Az előbbieket mellett figyelemmel kell lennünk a grillezett hús érzékszervi tulajdonságait is. Korábbi vizsgálataink során ugyanis azt tapasztaltuk, hogy a hús színe mind gépi, mind érzékszervi vizsgálat alapján összefüggésbe hozható a heterociklikusamin-tartalommal, így megfelelő tájékoztatással a lakosság körében csökkenthető lehet ezen karcinogének felvétele (15).

Mindezek alapján a grillezés során a megfelelő hőmérséklet/idő kombináció meghatározása a mikrobiológiai és a kémiai-toxikológiai szempontok, valamint az érzékszervi jellemzők figyelembevételével kell, hogy történjen.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm a segítséget az Állatorvostudományi Egyetem Élelmiszer-higiéniai Tanszék munkatásainak, akik segítettek a kutatás lebonyolításában.

IRODALOM

1. AASLYNG, M. D. – DUEDAHL-OLESEN, L. et al.: Content of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in pork, beef and chicken barbecued at home by Danish consumers. *Meat Sci.*, 2013. 93. 85–91.
2. BUCHHOLZ, U. – BERNARD, H. et al.: German Outbreak of *Escherichia coli* O104:H4 Associated with Sprouts. *New Engl. J. Med.*, 2011. 365. 1763–1770.
3. BUŁA, M. – PRZYBYLSKI, W. et al.: Formation of heterocyclic aromatic amines in relation to pork quality and heat treatment parameters. *Food Chem.*, 2019. 276. 511–519.
4. EUR-LEX - 32006R1177. URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32006R1177> (2006)
5. EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. URL <https://www.efsa.europa.eu/en/news/salmonella-most-common-cause-foodborne-outbreaks-european-union> (2019)
6. FOOD SAFETY NEWS. URL <https://www.foodsafetynews.com/2019/03/more-than-130-deaths-in-europe-linked-to-salmonella-in-2016/> (2019)
7. KOTHARY, M. H. – BABU, U. S.: Infective Dose of Foodborne Pathogens in Volunteers: A Review. *J. Food Safety*, 2001. 21. 49–68.
8. LACZAY, P.: *Food Hygiene, Food Chain Safety. Textbook*; A/3 Printing and Publishing Ltd.: Budapest, Hungary, 2015. p. 663.
9. LOCHT, H. – MØLBAK, K. – KROGFELT, K. A.: High frequency of reactive joint symptoms after an outbreak of *Salmonella enteritidis*. *J. Rheumatol.*, 2002. 29. 767–771.
10. MARTINS, S. I. F. S. – JONGEN, W. M. F. – VAN BOEKEL, M. A. J. S.: A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends Food Sci. Technol.*, 2000. 11. 364–373.

11. MYHRVOLD, N. – CHRIS, Y.: Extended and Simplified 6.5D Salmonella Reduction Table. *Modernist Cuisine: The Art and Science of Cooking*, 2011. 193. 1st ed. Vol. 1.
12. NÉBIH. URL <https://portal.nebih.gov.hu/-/a-salmonella-esetek-szama-mar-nem-csokken-tovabb-az-eu-ban> (2018)
13. NÉBIH. URL <https://portal.nebih.gov.hu/-/gyorsfagyasztott-zold-segeket-hiv-vissza-a-nebih> (2018)
14. ORGAN, C. – NUNN, C. L. et al.: Phylogenetic rate shifts in feeding time during the evolution of Homo. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2011. 108. 14555–14559.
15. PLEVA, D. – LÁNYI, K. – DARNAY, L. – LACZAY, P.: Predictive Correlation between Apparent Sensory Properties and the Formation of Heterocyclic Amines in Chicken Breast as a Function of Grilling Temperature and Time. *Foods*, 2020. 9. 412.
16. PLEVA, D. – LÁNYI, K. – MONORI, K. D. – LACZAY, P.: Heterocyclic Amine Formation in Grilled Chicken Depending on Body Parts and Treatment Conditions. *Molecules*, 2020. 25. 1547.
17. ROSATI, A.: Food for Thought: Was Cooking a Pivotal Step in Human Evolution? *Scientific American*. URL <https://www.scientificamerican.com/article/food-for-thought-was-cooking-a-pivotal-step-in-human-evolution/> (2018)
18. THERMOWORKS. URL <https://blog.thermoworks.com/thermometer/grilling-bbqwhats-difference/> (2016)
19. UYTENDAELE, M. – DE TROY, P. – DEBEVERE, J.: Incidence of Salmonella, Campylobacter jejuni, Campylobacter coli, and Listeria monocytogenes in Poultry Carcasses and Different Types of Poultry Products for Sale on the Belgian Retail Market. *J. Food. Prot.*, 1999. 62. 735–740.
20. WRIGHT, J. – THOMAS, P. – SERJEANT, G. R.: Septicemia caused by salmonella infection: An overlooked complication of sickle cell disease. *J. Pediatr.*, 1997. 130. 394–399.

Közlésre érk.: 2020. jún. 2.

Monitoring of multi-mycotoxin contamination of pig feeds and comparison of results in years 2016, 2017 and 2018

J. Szabó-Fodor^{1*}

B. Bóta¹

G. Mihucz²

M. Sulyok³

J. Tenke⁴

M. Kovács^{1,2}

1. MTA KE Mikotoxinok az Élelmiszerláncban Kutatócsoport, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

*e-mail: fodor.judit@ke.hu

2. SZIE Kaposvári Campus AKK Mikotoxinok az Élelmiszerláncban Kutatócsoport, Kaposvár

3. Department IFA-Tulln, BOKU Vienna, Tulln

4. Bólyi Mezőgazdasági Termelő és Kereskedelmi Zrt., Bóly

TAKARMÁNYOZÁSTAN

Hazai sertéstakarmányok multi-mikotoxin szennyezettségének vizsgálata és az eredmények összehasonlítása 2016, 2017 és 2018-ban

Szabó-Fodor Judit^{1*}, Bóta Brigitta¹, Mihucz Gábor², Michael Sulyok³, Tenke János⁴ és Kovács Melinda^{1,2}

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők jelen vizsgálatukban bemutatják sertéstakarmány-minták több száz mikotoxin, ill. mikotoxin-származék koncentrációjának meghatározását. A mintákban a legtöbb mikotoxin esetében kimutathatósági szint feletti koncentrációt mértek, azonban nem találtak határértéket vagy ajánlati értéket meghaladó koncentrációt. 2018-ban mg/kg nagyságrendben volt mérhető a fitoösztrogének és az emerging („újjonnan megjelenő”) toxinok koncentrációja. A 2016-os extrém meleg és csapadékos nyár kedvező volt a deoxinivalenol és a fumonizinek termelődéséhez, míg az alacsonyabb hőmérséklet és szárazabb időszak a zearalenon termelődéséhez járult hozzá 2018-ban.

SUMMARY

Background: Multi-mycotoxin exposure is frequent, since farm animals' feed is made of mixed cereals, which may contain different mycotoxins.

International surveys show that 2 or more mycotoxins are present in feed materials at the same time. Multi-mycotoxin studies have received more attention in the last 15-20 years.

Objectives: The aim of the study was the multi-mycotoxin monitoring survey of Hungarian pig feed samples, based on raw materials harvested in year 2018 and the comparison of results to those in years 2016 and 2017.

Materials and Methods: In the frame of the study, concentrations of more than 800 mycotoxins and mycotoxin metabolites were determined from swine complete feed samples (representing feed for gilts, fattening pigs, pregnant and lactating sows). The analysis was performed with a validated LC-MS/MS method.

Results and Discussion: For 31 metabolites detectable concentration values were attained, while the regulation limits or recommended values (2006/576/EC; 574/2011/EU; 2013/165/EU) were not exceeded in any of the cases. In general, it can be established that samples from the year 2016 showed significantly higher Fusarium toxin contamination, as compared to the samples collected in years 2017 or 2018. The higher mycotoxin level might be attributable to the extreme weather typical for 2016, as compared to 2017 and 2018, based on the data of Hungarian Meteorological Service.

In 2018, the concentrations of phytoestrogens and emerging toxins were measurable in the order of mg / kg. A similar trend to our own results can be observed in the European-level annual surveys, which showed a high percentage of DON and fumonisins in 2016, while their rates were much lower in 2017 and 2018.

Such a detailed monitoring study, taking more than 30 mycotoxins into consideration in case of the feed of most important meat-producing animal species has not yet been conducted in Hungary. Data have been compared to those published internationally.

A mikotoxinok a toxintermelő penészgombák kis molekulatömegű, másodlagos anyagcseretermékei, amelyek gyakran szennyezik az állati takarmányokat és a humán élelmiszer-alapanyagokat.

A mikotoxinok a toxintermelő penészgombák kis molekulatömegű, másodlagos anyagcseretermékei

Takarmányok mikotoxin-szennyezettségére az EU ajánlati értékeket, az aflatoxinokra kötelező határértéket határozott meg

A fontosabb mikotoxinok, amelyek az állatok és az ember egészsége szempontjából különös aggodalomra adnak okot az aflatoxinok (AFs), amelyeket az *Aspergillus* fajok termelnek, az *Aspergillus* és *Penicillium* penészek által termelt ochratoxin A (OTA) és a *Fusarium* fajok által termelt fumonizinek (FBs), továbbá a trichotecén toxinok (deoxinivalenol - DON; T-2-toxin) és a zearalenon (ZEN) (11).

Takarmányokra vonatkozóan az Európai Unió Bizottsága számos mikotoxin esetében ajánlati értékeket határozott meg (2006/576/EK; 2013/165/EU), az aflatoxinokra vonatkozóan viszont kötelező határérték van érvényben (574/2011/EU). A leggyakrabban előforduló mikotoxinok a *Fusarium* toxinok, ezek közül is a FB₁, DON és ZEN együttes előfordulása a leggyakoribb (4, 5, 6, 7, 15, 22, 23).

Egy Európában végzett (25), 2004 és 2012 közötti monitoring vizsgálatban leggyakrabban 28 mikotoxin egyidejű előfordulását mutatták ki takarmányokban és takarmány-alapanyagokban. Európában évek óta a BIOMIN cég végez világméretű felmérést. A monitoring vizsgálat során 2017-ben azt állapították meg, hogy a Közép-Európából származó takarmány-alapanyagok 75%-ban két vagy több mikotoxin van jelen (6). A begyűjtött mintákban 53, 68 és 69%-os gyakorisággal fordult elő a ZEN, a FB₁ és a DON toxin.

2018-ban szintén egy BIOMIN monitoring szerint (81 936 minta elemzése alapján, amelyek 79 országból származtak), a keresztszennyezettségek (egyidejűleg több mikotoxin jelenléte) gyakoriak voltak. A minták 70%-a több mint egy mikotoxinnal volt szennyezett. 2018-ban Európában 4392 mintát vizsgáltak. Európában a leggyakrabban előforduló mikotoxin a DON volt. A vizsgált takarmányok 78%-a volt szennyezett fumonizinekkal, 71%-a DON-nal, 77%-a ZEN-nel, 12%-a aflatoxinnal. A kukoricaminták 74%-a volt pozitív fumonizinekre, 65%-a DON-ra, 51%-a ZEN-re, míg a gabonák 59%-a DON-nal volt szennyezett és csak 25%-a fumonizinekkal (7).

Dél- és Közép-Amerikában a fumonizinek és a DON előfordulása volt a leggyakoribb. Afrikában szintén a DON-t találták a leggyakrabban előforduló toxinnak. A Közel-Keletről származó kukoricaminták 100%-ban voltak fumonizinnel szennyezettek, átlagos koncentrációjuk 3101 ppb (µg/kg) volt (7).

2019-ben a BIOMIN felmérés szerint, amely során 44 727 vizsgálatot végeztek, a minták 75%-a több mint egy mikotoxint tartalmazott. A leggyakrabban előforduló mikotoxinok a DON és a ZEN voltak, amelyek a minták 64 és 62%-ában fordultak elő (8).

A takarmányok döntő többsége egyszerre több mikotoxint tartalmaz

A mikotoxinok szabályozása már a világ számos pontján előtérbe került, de a szabályozás alapját adó kockázatbecslések a mikotoxinok önálló hatásának vizsgálata alapján történnek. Csupán az utóbbi évtizedben változott meg ez az irányvonal, nevezetesen az együttesen előforduló mikotoxinok és azok kölcsönhatása került a kutatások középpontjába. A mikotoxinok együttes előfordulását számos tanulmány alátámasztja. Európában a FB₁, a DON és a ZEN a leggyakrabban előforduló mikotoxinok. Ennek ellenére a FB₁, a DON és a ZEN együttes hatásáról ismereteink nem olyan széleskörűek, mint az AFB₁ vagy az OTA esetében.

A sertés olyan állatfaj, amely alkalmas a mikotoxinok kutatásokra, mivel pl. a *Fusarium* mikotoxinokkal szembeni érzékenysége tudományosan megalapozott (21).

Az első, sertésekkel kapcsolatos multimikotoxin-tanulmányt fiatal ártányokkal végezték el (16). Az ártányok a takarmánnyal 56 mg/kg FB₁-et és 3,6 mg/kg DON-t fogyasztottak 28 napon keresztül. A mikotoxinok kölcsönhatása additív és nagyobb,

Egyes mikotoxinok bizonyítottan képesek egymás káros hatásait felerősíteni

mint additív volt a legtöbb vizsgálati paraméterre vonatkozóan. DON (3,1 mg/kg) és fumonizinek (6,5 mg/kg FB₁ és 2,0 mg/kg FB₂) együttes hatása 5 napon keresztül sertésben súlyosabb kórszövettani elváltozásokat és nagyobb immunszuppresszív hatást eredményezett, mint a toxinok önállóan (14). Ez utóbbi munkacsoport egy hasonló tanulmányban (azonos toxinkoncentrációt használva) szintén interakciókat írt le, amelyek a szinergistától az antagonistáig terjedt, attól függően, hogy mi volt a vizsgált paraméter (9). A szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy a mikotoxinok kis dózisé, hosszan tartó felvétele hajlamosíthatja a haszonállatokat a bélben bekövetkező változások miatt a kórokozók által okozott fertőzésekre.

Saját vizsgálatunk során sertések teljes értékű keveréktakarmányának multi-mikotoxin szennyezettségét határoztuk meg, amelyet összehasonlítottunk a már 2018-ban közölt, 2016-os és 2017-es eredményeinkkel (26). Ilyen jellegű monitoring vizsgálat hazai takarmány mintákból ismereteink szerint eddig még nem történt.

SAJÁT VIZSGÁLAT ANYAG ÉS MÓDSZER

MINTÁK SZÁRMAZÁSA, MINTAVÉTEL

A vizsgálat előzménye 2018-ban jelent meg (26). Röviden a közleményben bemutatott minták eredetéről:

A mintákat két különböző mintavételi időpontban gyűjtöttük. Az első mintavételezés a 2016-ban betakarított gabonákból készült takarmányokat, míg a második mintavételezés a 2017-ből származó alapanyagokból gyártott takarmányokat reprezentálja. Ezeket a vizsgálatokat egészítettük ki a 2018-ban ugyanolyan módon végzett mintavételezéssel.

A következő takarmánytípusok mintázását végeztük el: süldő, hízó (65 kg alatt), hízó (65–90 kg), vemhes koca és szoptató koca teljes értékű keveréktakarmányok. Az egyes mintavételi időpontokban csoportonként 4–4 vályúmintát (1 kg/minta) gyűjtöttünk. A minták a Bóly Zrt. majs-ormánypusztai, valamint sátorhely-török-dombi sertéstelepeiről származtak.

MINTAELŐKÉSZÍTÉS, LC-MS/MS PARAMÉTEREK

A mikotoxinok mennyiségi meghatározását LC-MS/MS módszerrel végeztük el. A 2018-as minták előkészítési módja és műszeres vizsgálata hasonló volt, mint a 2016-os és 2017-es minták esetében, amelyet már közöltünk a SZABÓ-FODOR és MTSAI 2018-as közleményében (26), az attól való eltérések a következők:

- A retenciós idő megengedett hibája 0,1 min helyett 0,03 min.
- A retenciós ablak szélessége pozitív módban 27 s helyett 40 s, negatív módban pedig 48 s helyett 52 s.

A validált módszerrel egyidejűleg 800 mikotoxin, ill. metabolitjaik meghatározását végeztük el, azonban a nagyrészt kimutatási határ (LOD; limit of detection) értékek alatti származékok bemutatását mellőzzük, így összesen 31 mikotoxin és származék statisztikai értékelését végeztük el.

STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉS

Az eredmények matematikai statisztikai kiértékelését SPSS 20.0 (2012) szoftverrel végeztük. Az alapstatisztikai számításokat a „Descriptive Statistics” modullal, míg a varianciaanalízist a „Compare Means/ Oneway ANOVA” opcióval hajtottuk végre.

A LOD alatti értékek esetében LOD/2 értékkel számoltunk. A fő mikotoxinok LOD és a meghatározási határ (*limit of quantification*, LOQ) értékeit az 1. táblázat tartalmazza.

A szerzők süldő, kétféle hízó, vemhes és szoptató koca takarmányokat vizsgáltak

A mikotoxinok mennyiségét LC-MS/MS módszerrel végezték el

1. TÁBLÁZAT. A fő mikotoxinok LOD és LOQ értékei**TABLE 1.** LOD and LOQ values of the main mycotoxins

Fő mikotoxinok (µg/kg)	LOD*	LOQ**
Aflatoxin B1	0,30	1,00
Ochratoxin A	0,40	1,33
Zearalenon	0,12	0,40
Fumonizin B1	3,20	10,67
Fumonizin B2	2,40	8,00
Fumonizin B3	2,40	8,00
Fumonizin B4	2,40	8,00
Deoxinivalenol	1,20	4,00
DON-3-glükózid	0,80	2,67
Nivalenol	1,20	4,00
T-2 toxin	0,80	2,67

*limit of detection: kimutatási határ

**limit of quantification: meghatározási határ

EREDMÉNYEK

A takarmánymintákból mintegy 800 mikotoxin, ill. mikotoxin-származék analitikai vizsgálata történt meg

FŐ ÉS EGYÉB MIKOTOXINOK KONCENTRÁCIÓJA A 2018-BAN GYÚJTOTT TAKARMÁNYSZÁRMAZÉKOKBAN

A takarmánymintákból mintegy 800 mikotoxin, ill. mikotoxin-származék analitikai vizsgálata történt meg. Ezek közül azok kerülnek bemutatásra, amelyek LOD feletti koncentrációban tartalmazták az adott mikotoxint (2. és 3. táblázat).

2. TÁBLÁZAT. A fő mikotoxinok (main mycotoxins) koncentrációja az egyes takarmány-típusokban 2018-ban (Átlag ± S.D.)**TABLE 2.** Concentration of the main mycotoxins in the different feed types in 2018 (Mean ± S.D.)

Fő mikotoxinok (µg/kg)	Süldő	Hízó <65 kg	Hízó 65-90 kg	Vemhes koca	Szoptató koca
Zearalenon	6,07 ± 0,75	6,39 ± 0,72	2,47 ± 0,53	16,06 ± 15,70	16,30 ± 16,38
Fumonizin B1	142,81 ± 13,14	194,90 ± 5,08	224,13 ± 28,22	138,13 ± 70,38	262,27 ± 77,64
Fumonizin B2	42,64 ± 6,62	53,68 ± 3,35	56,82 ± 4,40	37,77 ± 13,97	68,39 ± 19,25
FB1+FB2	185,45 ± 15,25	248,58 ± 7,41	280,95 ± 28,44	175,91 ± 84,21	330,66 ± 95,22
Fumonizin B3	23,03 ± 2,91	32,28 ± 1,83	38,53 ± 4,08	24,02 ± 8,84	34,07 ± 9,43
Fumonizin B4	13,80 ± 2,20	21,26 ± 4,04	21,84 ± 2,28	12,83 ± 7,63	24,30 ± 7,42
Deoxinivalenol	30,62 ± 5,41	37,26 ± 1,66	36,88 ± 3,64	25,50 ± 17,18	31,22 ± 12,23
DON-3-glükózid	0,40 ± 0,00	0,40 ± 0,00	0,40 ± 0,00	0,40 ± 0,00	2,16 ± 2,21
Nivalenol	13,90 ± 1,84	17,83 ± 3,50	20,74 ± 5,60	18,14 ± 3,10	14,91 ± 0,55
T-2 toxin	0,40 ± 0,00	0,87 ± 0,54	0,40 ± 0,00	0,40 ± 0,00	0,40 ± 0,00

3. TÁBLÁZAT. Az egyéb mikotoxinok (other mycotoxins) koncentrációja az egyes takarmány-típusokban 2018-ban (Átlag ± S.D.)

TABLE 3. Concentration of the other mycotoxins in the different feed types in 2018 (Mean ± S.D.)

Fő mikotoxinok (µg/kg)		Süldő	Hízó <65 kg	Hízó 65–90 kg	Vemhes koca	Szoptató koca
Fusarium metabolitok	Moniliformin	79,89 ± 1,70	78,02 ± 1,48	86,30 ± 1,91	70,34 ± 38,27	124,81 ± 31,44
	Beauvericin	10,10 ± 0,57	11,06 ± 0,30	11,31 ± 1,23	10,60 ± 4,84	15,06 ± 6,71
	Enniatin A	0,10 ± 0,01	0,19 ± 0,09	0,08 ± 0,01	0,34 ± 0,13	0,31 ± 0,16
	Enniatin A1	1,99 ± 0,32	3,28 ± 0,23	2,75 ± 0,18	7,16 ± 0,89	6,97 ± 2,94
	Enniatin B	3,73 ± 0,20	5,78 ± 1,13	5,79 ± 0,39	7,35 ± 0,43	8,35 ± 2,93
	Enniatin B1	4,97 ± 0,44	7,21 ± 0,71	7,25 ± 0,74	14,79 ± 1,46	14,38 ± 5,48
	Epiequisetin	6,28 ± 0,50	8,45 ± 0,19	3,61 ± 0,25	14,22 ± 10,82	14,72 ± 11,07
	Equisetin	13,86 ± 1,29	12,33 ± 1,20	4,70 ± 0,27	59,30 ± 43,00	60,93 ± 50,12
	Culmorin	85,86 ± 8,01	93,42 ± 3,04	19,04 ± 11,41	349,68 ± 341,51	247,18 ± 191,99
	15-Hidroxiculmorin	25,08 ± 3,21	24,54 ± 2,63	19,05 ± 10,28	34,77 ± 21,20	29,15 ± 11,58
	Apicidin	0,06 ± 0,00	1,92 ± 1,25	1,51 ± 1,00	5,21 ± 1,44	8,79 ± 13,19
Alternaria metabolitok	Tenuazon sav	428,86 ± 36,91	561,90 ± 45,41	681,02 ± 26,29	446,36 ± 20,04	473,14 ± 123,06
	Alternariol	2,09 ± 0,24	3,22 ± 0,70	5,01 ± 1,98	3,89 ± 0,21	3,96 ± 1,84
	Alternariolmetiléter	2,51 ± 0,30	3,25 ± 0,64	4,66 ± 2,19	2,51 ± 0,69	2,70 ± 0,90
	Altersetin	5,67 ± 1,31	15,57 ± 0,79	19,96 ± 2,17	41,13 ± 17,32	39,21 ± 6,95
	Infectopyron	116,56 ± 11,96	241,42 ± 13,97	360,18 ± 28,30	500,91 ± 179,55	433,80 ± 62,34
Penicillium metabolitok	Andrastin A	0,08 ± 0,00	0,08 ± 0,00	0,08 ± 0,00	1,44 ± 1,57	0,98 ± 1,17
	Oxaline	1,14 ± 0,55	3,06 ± 0,34	3,42 ± 0,19	0,95 ± 0,55	0,79 ± 0,60
	Flavoglaucin	2,76 ± 0,14	2,12 ± 0,12	1,97 ± 0,13	2,27 ± 0,91	7,53 ± 8,22
Aspergillus metabolit	Kojin sav	43,20 ± 19,15	33,44 ± 13,54	33,74 ± 14,14	72,16 ± 58,20	92,55 ± 52,39

Az aflatoxin és az ochratoxin A koncentrációja minden vizsgált mintában kimutatható szint alatt volt

Az aflatoxin és az ochratoxin A koncentrációja minden vizsgált mintában LOD alatt volt.

A mintákban számos (~50) metabolit esetében detektálható koncentrációt mértünk 2018-ban is, de egyetlen esetben sem találtunk határérték vagy ajánlati érték (2006/576/EK; 574/2011/EU; 2013/165/EU) feletti szennyezettséget.

FŐ MIKOTOXINOK KONCENTRÁCIÓJA A HÁROM ÉV ÖSSZEHASONLÍTÁSÁBAN
Az aflatoxin és az ochratoxin minden takarmánytípusnál LOD alatti értékben volt jelen.

FŐ FUSARIUM MIKOTOXINOK KONCENTRÁCIÓJA A 2016-BAN, 2017-BEN ÉS 2018-BAN BEGYŰJTÖTT MINTÁKBAN, A HÁROM ÉV EREDMÉNYEINEK ÖSSZEHAJONLÍTÁSA

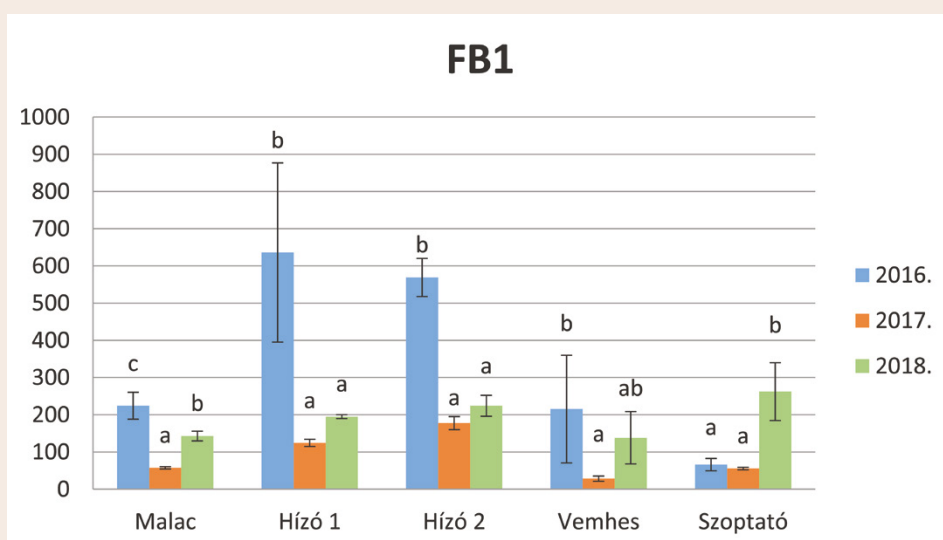
FUMONIZINEK

Az ábrák alapján jól látszik, hogy az FB1- és FB3-toxinok esetében hízó I. (<65 kg), hízó II. (65–90 kg), vemhes koca és malactakarmány esetében a toxinok koncentrációja 2016-ban gyűjtött mintákban szignifikánsan nagyobb, míg a szoptatókocákban a 2018-as évben volt a legnagyobb a toxinok koncentrációja. Az FB2- és FB4-toxinok esetében a hízó I. és II. takarmányokban volt szignifikánsan nagyobb toxinkoncentráció mérhető a 2016-ból származó mintákban, míg a szoptatókocák esetében a 2018-ban gyűjtött minták toxinszennyezettsége volt a legnagyobb (1-4. ábra).

A Fusarium toxinok mennyisége évenként eltérő volt a különböző takarmánytípusokban

1. ÁBRA. A takarmánytípusok Fumonizin B1 koncentrációja ($\mu\text{g}/\text{kg}$) az adott években (átlag \pm SD)

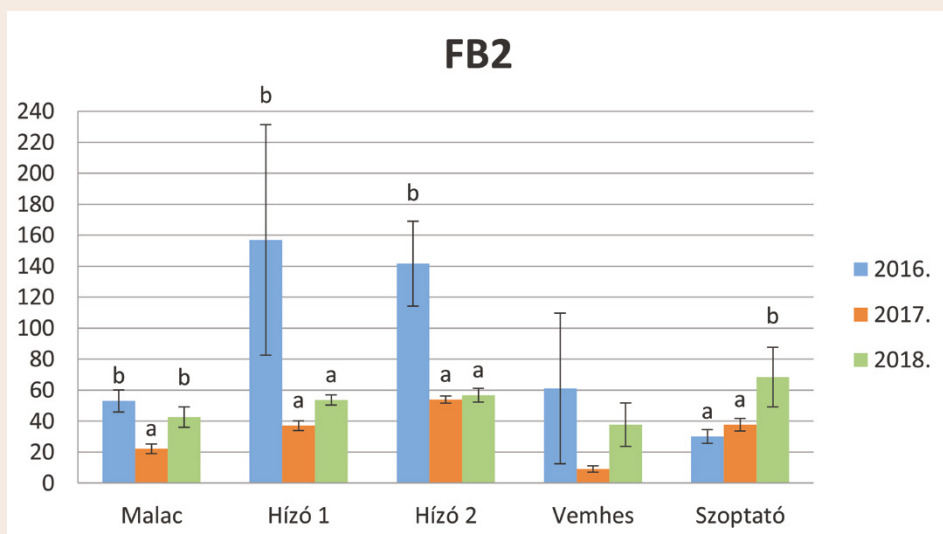
FIGURE 1. Concentration of Fumonisin B1 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in the different feed types in the given years (mean \pm SD)



a, b, c: szignifikáns különbség az adott takarmánytípusban az egyes években mért értékek között ($p \leq 0,05$)

2. ÁBRA. A takarmánytípusok Fumonizin B2 koncentrációja ($\mu\text{g}/\text{kg}$) az adott években (átlag \pm SD)

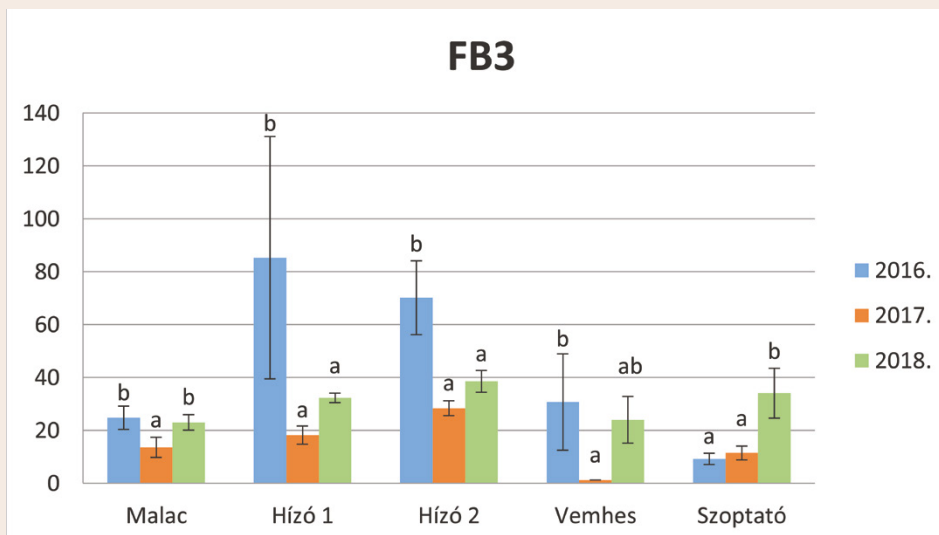
FIGURE 2. Concentration of Fumonisin B2 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in the different feed types in the given years (mean \pm SD)



a, b: szignifikáns különbség az adott takarmánytípusban az egyes években mért értékek között ($p \leq 0,05$)

3. ÁBRA. A takarmány-típusok Fumonizin B3 koncentrációja ($\mu\text{g}/\text{kg}$) az adott években (átlag \pm SD)

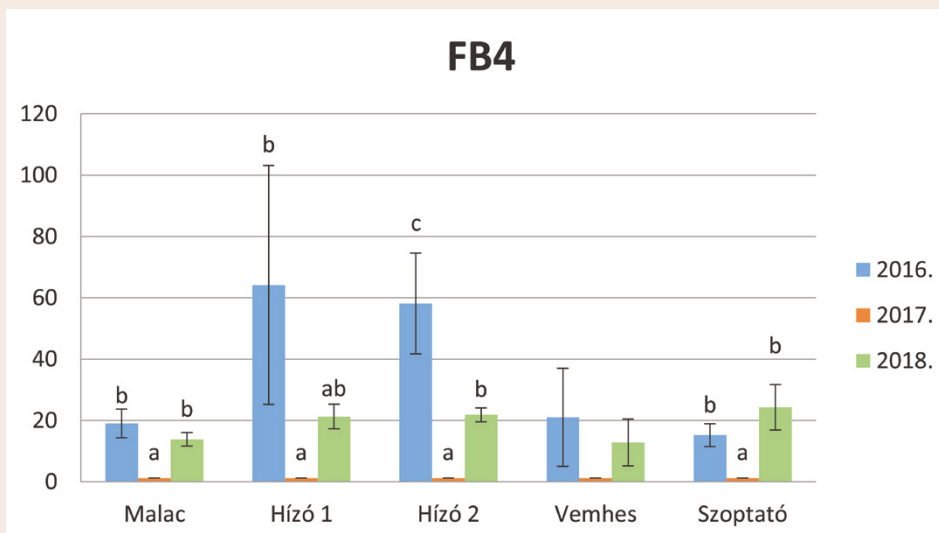
FIGURE 3. Concentration of Fumonisin B3 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in the different feed types in the given years (mean \pm SD)



a,b: szignifikáns különbség az adott takarmánytípusban az egyes években mért értékek között ($p \leq 0,05$)

4. ÁBRA. A takarmány-típusok Fumonizin B4 koncentrációja ($\mu\text{g}/\text{kg}$) az adott években (átlag \pm SD)

FIGURE 4. Concentration of Fumonisin B4 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in the different feed types in the given years (mean \pm SD)



a,b,c: szignifikáns különbség az adott takarmánytípusban az egyes években mért értékek között ($p \leq 0,05$)

A DON-szennyezettség 2016-ban volt a legnagyobb

A zearalenon-toxin értékei nagy szórást mutattak

T-2-toxin esetében a legszennyezettebb minták 2016-ból kerültek ki

DEOXINIVALENOL

Deoxinivalenol esetében minden takarmánytípusnál a 2016-ban gyűjtött minták toxinszennyezettsége volt szignifikánsan a legnagyobb és a 2018-as évben a legkisebb (5. ábra).

ZEARALENON

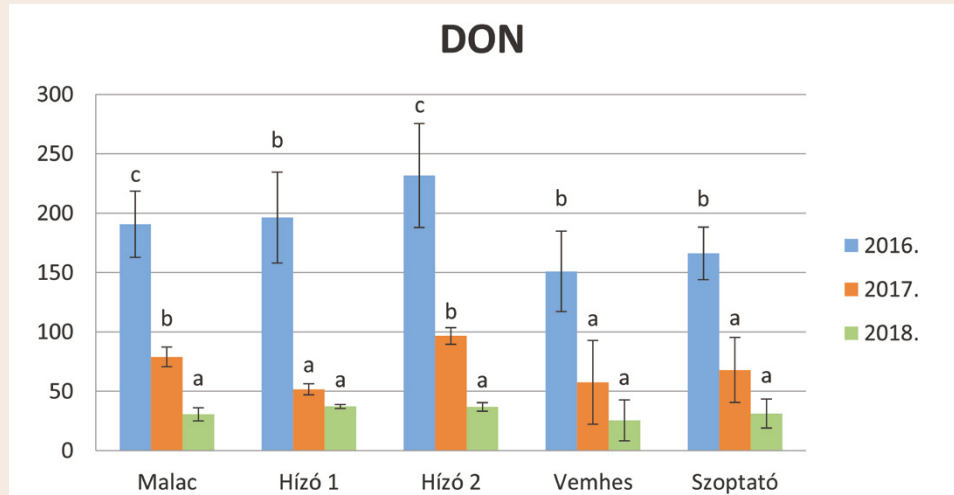
A zearalenon-toxinra jellemző volt, hogy értéke nagy szórást mutatott a vemheskoca- és a szoptatókocacatáp esetében is. A hízó II-es táp esetében a toxin koncentrációja a 2016-os évben, míg a malactáp esetében a 2018-as évben volt szignifikánsan a legnagyobb (6. ábra).

T-2-TOXIN

T-2-toxin esetében – bár statisztikailag ez nem minden takarmánytípusban volt igazolható –, de a legszennyezettebb minták 2016-ból kerültek ki (7. ábra).

5. ÁBRA. A takarmány-típusok deoxinivalenol koncentrációja ($\mu\text{g}/\text{kg}$) az adott években (átlag \pm SD)

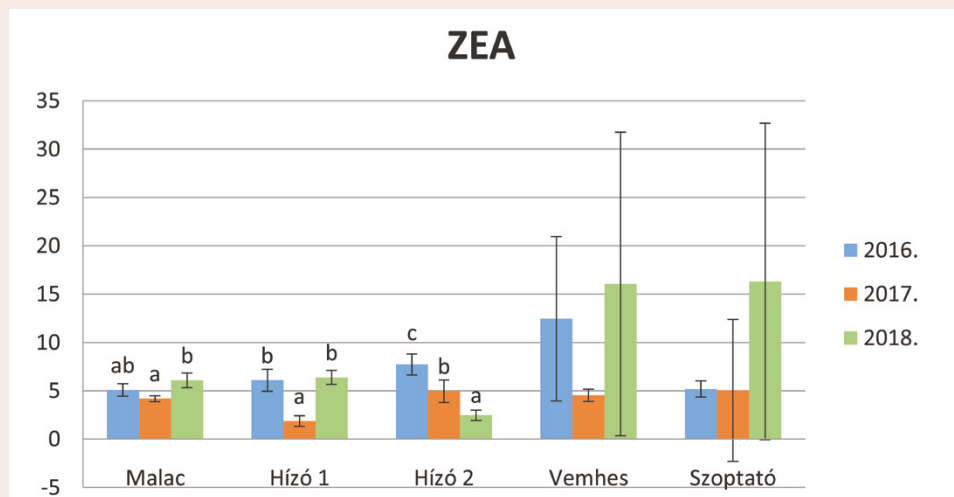
FIGURE 5. Concentration of Deoxynivalenol ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in the different feed types in the given years (mean \pm SD)



a,b,c: szignifikáns különbség az adott takarmánytípusban az egyes években mért értékek között ($p \leq 0,05$)

6. ÁBRA. A takarmány-típusok zearalenon koncentrációja ($\mu\text{g}/\text{kg}$) az adott években (átlag \pm SD)

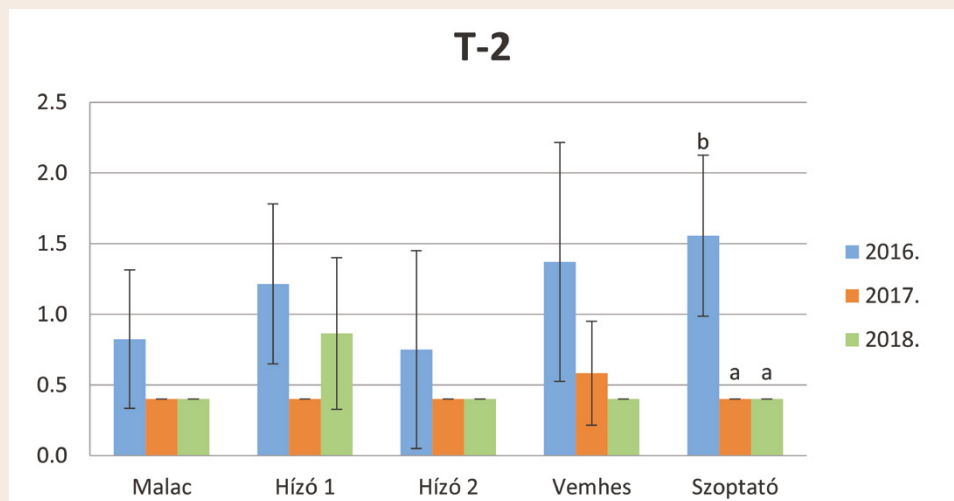
FIGURE 6. Concentration of Zearalenone ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in the different feed types in the given years (mean \pm SD)



a,b,c: szignifikáns különbség az adott takarmánytípusban az egyes években mért értékek között ($p \leq 0,05$)

7. ÁBRA. A takarmány-típusok T-2 toxin koncentrációja ($\mu\text{g}/\text{kg}$) az adott években (átlag \pm SD)

FIGURE 7. Concentration of T-2 toxin ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in the different feed types in the given years (mean \pm SD)



a,b: szignifikáns különbség az adott takarmánytípusban az egyes években mért értékek között ($p \leq 0,05$)

Az egyéb mikotoxinok esetében is a legnagyobb értékeket a 2016-ban begyűjtött minták mutatták

A fitoösztrogének mennyisége 2018-ban volt a legnagyobb

EGYÉB MIKOTOXINOK

Az egyéb mikotoxinok (*Fusarium*-, *Alternaria*-, *Penicillium*-, *Aspergillus*-metabolitok) esetében is a legnagyobb értékeket a 2016-ban begyűjtött minták mutatták. 2016-ban a siccanol, 2018-ban pedig a fitoösztrogének (phytoestrogens) koncentrációja volt kimagaslóan nagy (mg/kg tartományban volt mérhető). Mindegyik takarmánytípusban a tenuazonsav és az infectopyron koncentrációja (*Alternaria*-metabolitok) volt kiemelkedően nagy a 2018-as mintákban. A hízó I. és II. takarmányokban pedig a moniliformin koncentrációja (*Fusarium*-származék, emerging toxin) volt nagyobb a 2016-os évben.

A fitoösztrogének közül 7 féle toxin (daidzein, daidzin, genistein, genistin, glycitein, glycerin, biochanin) meghatározása történt meg. A fitoösztrogének csoportjába tartozó származékokat szinte mindegyik takarmány esetében mg/kg nagyságrendben mértük. A legtöbb fitoösztrogén a flavonoidok osztályába tartozik, amelyeket szerkezetileg C6C3C6 szénváz jellemez.

A fitoösztrogének meglehetősen nagy koncentrációja található sok étrendben, különösen Ázsiában, ahol az étrend nagy mennyiségben tartalmaz szóját. Más fitoösztrogének megtalálhatók a gyümölcsökben, bogyókban és zöldségekben. Feltételezték, hogy az étrendi fitoösztrogének szerepet játszhatnak az ösztrogénnel kapcsolatos daganatos elváltozások, mint pl. mellrák, prosztaták, és kisebb mértékben endometrium- és hererák megelőzésében. A lehetséges káros hatásokat azonban alig értékelték (24).

A szója-izoflavon-expozíció bejelentett biológiai hatásai között szerepelnek a potenciális jótékony egészségügyi hatások (pl. a menopauza tüneteinek enyhülése, az osteoporosis enyhítése), valamint az emlőcarcinogenezist befolyásoló szintetikus ösztrogénekhez hasonló potenciális káros hatások (13).

A *Fusarium*-metabolitok közül az ún. emerging mikotoxinok (moniliformin, beauvericin, enniatin és fuzarinsav) koncentrációja is 0,1–0,2 mg/kg nagyságrendben volt mérhető. A toxikológiai adatok hiányosak az emerging toxinokkal kapcsolatban, ami megnehezíti az emberek és állatok potenciális egészségügyi kockázatoktól való védelmére szolgáló rendeletek és maximális tolerálható határértékek meghatározását.

Az „emerging” mikotoxinok fogalmát gyakran használják manapság bizonyos gombametabolitokra, habár nem pontosan tisztázott ez a kategória. Az első ezzel kapcsolatos közleményben (2008) *Fusarium*-metabolitokként említették a fusaproliferint, beauvericint, enniatinokat és a moniliformint (17). Később már olyan mikotoxinokként definiálták ezeket a vegyületeket, „amelyeket nem rutinszerűen határoznak meg és törvényileg sem szabályozzák a megengedhető koncentrációjukat takarmányokban vagy élelmiszerekben; előfordulásuknak bizonyítéka azonban gyorsan növekszik.”(27). E meghatározás szerint sokkal több ismert (vagy legalábbis feltételezett) toxicitással rendelkező gombametabolit tartozik az emerging mikotoxinok kategóriájába. Számos tanulmány eredménye szerint az enniatinok *in vivo* toxicitása kicsi (17).

A beauvericin toxicitását és farmakológiai hatását egérben és baromfiban vizsgálták. A napi 5 mg/ttkg i.p. (intraperitoneális, hasüregben keresztüli) adagolás 9 napon keresztül nem befolyásolta a testtömeget, takarmányfelvételt és az egerek viselkedését (18). Amikor a beauvericin eloszlását vizsgálták meg a különféle szövetekben, a legnagyobb koncentrációt a májban és a zsírszövetben detektálták, ami arra utal, hogy a vegyület lipofil tulajdonságai miatt felhalmozódik a zsírtartalmú szövetekben. Átjut továbbá a vér-agy gáton is egerekben (18).

A moniliforminra legérzékenyebb állatok a baromfi fajok közé tartoznak és minden vizsgált állatban a célszerv a szív volt (10).

Számos tanulmány kimutatta a fuzarinsav neurokémiai hatását. Bizonyították a fuzarinsav hipotenzív hatását embereken, nyulakban, patkányokban,

macskákban és kutyákban, amely a dopamin- β -hidroxiláz gátlásán alapult. Azt is kimutatták, hogy a fusarinsav megváltoztatja az agyi és gerjesztő neurotranszmittereket patkányokban. Az orális adagolás (200 mg/ttkg) sertésekben neurokémiai változásokat és hányást okozott (10).

A TOXINSZENNYEZETTSÉG ÉS AZ ADOTT ÉV IDŐJÁRÁSÁNAK ÖSSZEFÜGGÉSEI

A 2016-ból származó minták toxinszennyezettsége általában nagyobb volt, mint a 2017-ben és 2018-ban gyűjtött mintáké

2016 nyara igen csapadékos volt, különösen a július hónap

A 2016-ból származó minták toxinszennyezettsége általában nagyobb volt, mint a 2017-ben és 2018-ban gyűjtött mintáké. Ez a jelenség nagy valószínűséggel az adott évre (2016) jellemző szélsőséges időjárásra vezethető vissza.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat adatai alapján (28) 2016 nyarának hőmérséklete 0,5 °C-kal meghaladta az 1981–2010-es átlagot. Összességében 2016 nyara igen csapadékos volt, különösen a július hónap. A 2016-os ősz is melegebb volt a szokásosnál. Az évszak emellett csapadékosabbnak is bizonyult a sokéves átlagnál.

2017-ben a nyár melegebb és szárazabb volt a sokéves átlagnál. Az évszak középhőmérséklete országos átlagban 22 °C volt, amely 1,7 fokkal haladta meg a 1981–2010 közötti időszak sokéves átlagértékét.

2018-ban a nyári hónapok átlagában az ország legnagyobb részén 21–23 °C között alakult a középhőmérséklet. Országos átlagban az évszak középhőmérséklete 21,8 °C, amely 1,6 °C-kal meghaladja az 1981–2010-es évek értékeinek átlagát. Mindegyik nyári hónap jelentősen melegebbnek bizonyult a sokévi átlagnál. Míg június 1,4 °C-kal, az augusztus az 1981–2010-es sokévi átlagnál több mint két fokkal (2,6 °C) volt melegebb, míg júliusban a pozitív anomália 1 °C alatt maradt (0,7 °C). Összességében 2018 nyarán átlagos mennyiségű csapadék hullott. A nyári hónapok csapadékösszege 201,6 mm volt, ami a sokévi átlag 102%-a.

Országos átlagban 2018-ban az ősz középhőmérséklete 12,3 °C volt. A 2018-as ősz középhőmérséklete az 1981–2010-es átlag felett alakult. A 2018-as ősz országos viszonylatban szárazabb volt az átlagosnál. A legtöbb csapadék a Keszthelyi-hegység tágabb környezetében hullott, 210 mm-t meghaladó összeggel. Ezen kívül a Dunántúli-középhegység és az Alpokalja területén jelentkezett még nagyobb érték (180–210 mm). A síkvidéki területeken jellemzően 90–150 mm-t mértek (28). A vizsgált minták Majs-Ormánypusztáról, ill. Sátorhely-Törökdombról származnak, amelyek a déli határ közelében a Duna-Dráva Nemzeti Park melletti síkvidéki területen található.

2018-ban a 2017-hez hasonló, kevésbé eltérő időjárási viszonyok a 2017-hez hasonló szennyezettséget eredményeztek, kivéve a FB1-, a FB2- és a FB3-toxinokat, ill. a zearalenon koncentrációját, ahol a szoptató koca tápban 2018-ban lényegesen nagyobb volt a koncentrációjuk. 2017-ben a receptúrák átlagosan 60% kalászos gabonát, 12% kukoricát és 18% ipari mellékterméket tartalmaztak. 2018-ban ezzel szemben a kalászos gabona hányada 26%, a kukorica 42%, a melléktermékhányad pedig 24% volt. Ezek alapján egyértelmű, hogy a receptúrák között lényeges eltérések voltak 2017-es és 2018-as években, amelyek a kapott eredményre is hatással lehettek.

A szántóföldi penészgombák szaporodásához a főbb környezeti feltételek (20–25 °C és 30–32% nedvességtartalom) a mérsékelt éghajlati övbe tartozó országokban, így Magyarországon is adóttak a betakarítás előtti időszakban. A mennyiségi élelmiszer-előállítás globális problémájával, a termőföld folyamatos csökkenésével a fusariotoxikózis kockázata is megnövekedett. A mikotoxinok termelődését számos tényező befolyásolja, többek között a növény genetikai adottságai, a gombaspóra-szennyezettségnek való kitettség, az időjárási viszonyok és klimatikus körülmények, a növénytermesztési módszerek, a kártevők jelenléte, a növényápolás, a betakarítási módszerek és a fungicid szerek használata (22).

A 2016-os extrém meleg és csapadékos nyár a DON és fumonizinek, míg az alacsonyabb hőmérséklet és szárazabb időszak a ZEN termelődéséhez járult hozzá 2018-ban

Kutatócsoportunk szakmai tapasztalata alapján a klimatikus eltérés nem egyformán hat az egyes *Fusarium*-toxinek termelődésére. Jól reprezentálja ezt, hogy laboratóriumi körülmények között is a magas páratartalom mellett a hőmérsékletnek van a legnagyobb szerepe a termelődésben. Toxintermelő *Fusarium graminearum* törzsek képesek DON-t és ZEN-t is termelni, azonban míg a DON 28 °C-os, a ZEN 15 °C-os inkubációs hőmérsékleten termelődik. A fumonizinek termelődéséhez az optimális hőmérséklet 25 °C, azonban a *Fusarium sporotrichoides* gombafajok a T-2-toxint 10 °C-on termelik. A 2016-os extrém meleg és csapadékos nyár kedvező volt a DON és fumonizinek termelődéséhez, míg az alacsonyabb hőmérséklet és szárazabb időszak a ZEN termelődéséhez járult hozzá 2018-ban.

MEGVITATÁS

A 2016-ból, 2017-ből és 2018-ból származó sertéstakarmány-mintákból több száz mikotoxin, ill. mikotoxin-származék koncentrációjának meghatározása történt meg a felmérés során.

Egyetlen esetben sem találtak határérték vagy ajánlati érték feletti koncentrációt

A mintákban a legtöbb mikotoxin-metabolit esetében kimutathatósági határ feletti koncentrációt határoztunk meg, bár egyetlen esetben sem találtunk határérték vagy ajánlati érték (2006/576/EK; 574/2011/EU; 2013/165/EU) feletti koncentrációt.

Összességében megállapítható volt, hogy 2016 nyara volt a legmelegebb és a legcsapadékosabb a három év közül, amely kedvező volt a toxintermelő penészgombák számára, így az ebből az évből származó takarmányminták voltak a legszennyezettebbek.

A fő mikotoxinok (main mycotoxins) vonatkozásában az egyik releváns adatforrás a GUBER-DORNINGER és mtsai 2019-ben készült világméretű felmérése (12) alapján készült közlemény.

A munkacsoport takarmányok és takarmány alapanyagok aflatoxin B1, zearalenon, fumonizin, ochratoxin A, deoxynivalenol és T-2 toxin koncentrációját vizsgálta 74 821 minta alapján, amelyek 100 különböző országból származtak 2008 és 2017 közötti időszakban.

Összességében a minták 88%-a legalább egy mikotoxinnal szennyezett volt.

Az Európai Unió országaiban a minták legnagyobb részéről elmondható, hogy nem lépték túl a takarmányokra vonatkozó ajánlati értékek maximális szintjét és a határértéket. Viszont a Dél-Ázsiából származó minták 41,1%-a, az Afrikából származó minták 38,5%-a, a Nyugat-Ázsiából származó minták 20,9%-a meghaladta az aflatoxin B1 maximális szintjét (20 µg/kg).

A minták 64%-a több, mint két mikotoxinnal volt szennyezett. A leggyakrabban együttesen előforduló mikotoxin kombinációk a DON-ZEN-FBs, ill. a FBs-AFB1 voltak.

Közép-Európában a minták 2,6%-a határérték (5 µg/kg) felett tartalmazott AFB1-toxint, 1,3%-a lépte túl a határértéket FB1-re vonatkozóan (5000 µg/kg), 13%-a a ZEN-határértéket (100 µg/kg) lépte túl, 20,4%-a a DON-határértéket (900 µg/kg), míg csak 0,3%-a a mintáknak határérték felett volt szennyezett OTA-val. Ebben a régióban a vizsgált alapanyagok 69,8%-a DON-toxinnal, 30,7%-a T-2-toxinnal, 45%-a ZEN-nel, 43,2%-a FB1-el volt szennyezett.

A saját eredményeinkhez hasonló tendenciát lehet felfedezni a BIOMIN felmérések esetében is. Sertéstakarmány-alapanyagokban (kukorica, búza, árpa, szója) 68-77%-ban fordult elő DON, kukorica alapanyagban 73%-ban jelentek meg a fumonizinek 2016-ban Európában (5). Ettől eltérő módon Közép-Európában 2017-ben és 2018-ban csak a minták kb. 60%-a volt szennyezett DON-nal és csak 39%-a tartalmazott fumonizineket (6, 7).

Magyarországon ilyen jellegű, átfogó, 3 évet felölelő, több száz mikotoxinra kiterjedő és a legfontosabb hústermelő gazdasági állatfaj, a sertés takarmányát érintő monitoring vizsgálat ismereteink szerint eddig még nem történt.

A vizsgálat folytatásában a szerzők tervezik felmérő vizsgálataikat 2019-ből származó mintákon is elvégezni.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást a Magyar Tudományos Akadémia Támogatott Kutatócsoportok Irodája (MTA KE SZIE „Mikotoxinok az Élelmiszerláncban” Kutatócsoport), a GINOP-2.2.1-16-2015-00021 és az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005 projekt támogatta. A takarmány mintákat a Bólyi Mezőgazdasági Termelő és Kereskedelmi Zrt. szolgáltatta.

IRODALOM

1. A Bizottság Ajánlása (2006. augusztus 17.) a deoxinivalenol, a zearalenon, az ochratoxin-A, a T-2, a HT-2 és a fumonizinek állati takarmányozásra szánt termékekben való előfordulásáról (2006/576/EK). Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 229/7, 2006.8.23.
2. A Bizottság 574/2011/EU rendelete (2011. június 16.) a 2002/32/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv I. mellékletének a nitrit, a melamin és az *Ambrosia* spp. maximális szintjének, valamint bizonyos kokcidiosztatikumok és hisztomonosztatikumok átvitelének tekintetében történő módosításáról, továbbá az irányelv I. és II. mellékletének egységes szerkezetbe foglalásáról. Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 159/7, 2011.6.17.
3. A Bizottság Ajánlása (2013. március 27.) a T-2 és a HT-2 toxin gabonafélékben és gabonatermékekben való jelenlétéről (2013/165/EU). Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 91/12, 2013.4.3.
4. BIOMIN Mycotoxin Survey, (2015): BIOMIN Holding GmbH, Getzersdorf, Austria. Internet document, URL: [http://info.biomin.net/acton/attachment/14109/f-018d/1/-/-/1-0009/1-0009/MTX_Report2015_4S_EN_0316_SMS.pdf].
5. BIOMIN Mycotoxin Survey, (2016): BIOMIN Holding GmbH, Getzersdorf, Austria. Internet document, URL: [https://info.biomin.net/acton/attachment/14109/f-0463/1/-/-/1-0009/1-0009/MAG_MTX-surveyReport_2016_EN_0117_PKO.pdf].
6. BIOMIN Mycotoxin Survey, (2017): BIOMIN Holding GmbH, Getzersdorf, Austria. Internet document, URL: https://info.biomin.net/acton/attachment/14109/f-0664/1/-/-/1-0009/1-0009:6993/REP_MTXsurvey_Quater1-3_2017_EN_1017.pdf.
7. BIOMIN Mycotoxin Survey, (2018): BIOMIN Holding GmbH, Getzersdorf, Austria. Internet document, https://www.biomin.net/solutions/mycotoxin-survey/
8. BIOMIN Mycotoxin Survey, (2019): BIOMIN Holding GmbH, Getzersdorf, Austria. Internet document, https://www2.biomin.net/hu/cikkek/biomin-mycotoxin-survey-h1-2019-results/
9. BRACARENSE, A. P. F. L. – LUCIOLI, J. et al.: Chronic ingestion of deoxynivalenol and fumonisin, alone or in interaction, induces morphological and immunological changes in the intestine of piglets. *Brit. J. Nutr.* 2012. 107. 1776–1786.
10. BRAUN, D. – EZEKIEL, C. N. et al.: Monitoring Early Life Mycotoxin Exposures via LC-MS/MS Breast Milk Analysis. *Anal. Chem.*, 2018. 90. 14569–14577.
11. CAST, 2003. Council for Agricultural Science and Technology (CAST), 2003. Mycotoxins, Risks in Plant, Animal, and Human Systems, Ames, IA.
12. DORNINGER, C. – JENKINS, T. – SCHATZMAYR, G.: Global Mycotoxin Occurrence in Feed: A Ten-Year Survey. *Toxins (Basel)*. 2019. 11. 375.
13. EFSA 2015 Risk assessment for peri- and post-menopausal women taking food supplements containing isolated isoflavones *EFSA J.*, 2015. 13. 1–342.
14. GRENIER, B. – OSWALD, I. P.: Mycotoxin co-contamination of food and feed: meta-analysis of publications describing toxicological interactions. *World Mycotoxin J.*, 2011. 4. 285–313.
15. GRIESSLER, K. – RODRIGUES, I. et al.: Occurrence of mycotoxins in Southern Europe. *World Mycotoxin J.*, 2010. 3. 301–309.
16. HARVEY, R. B. – EDRINGTON, T. S. et al.: Effects of dietary fumonisin B₁-containing culture material, deoxynivalenol-contaminated wheat, or their combination on growing barrows. *Am. J. Vet. Res.*, 1996. 57. 1790–1794.
17. JESTOI, M.: Emerging Fusarium-mycotoxins fusaproliferin, beauvericin, enniatins, and moniliformin – A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2008. 48. 21–49.

18. KRŠKA, R. – SCHUBERT-ULLRICH, P. et al.: Mycotoxin analysis: An update. *Food Addit. Contam. Part A.*, 2008. 25. 152–163.
19. MALACHOVÁ, A. – SÜLYÖK, M. et al.: Optimization and validation of a quantitative liquid chromatography–tandem mass spectrometric method covering 295 bacterial and fungal metabolites including all regulated mycotoxins in four model food matrices. *Journal of Chromatography A.*, 2014. 1362. 145–156.
20. MONBALIU, S. –VAN POUCKE, C. et al.: Occurrence of Mycotoxins in Feed as Analyzed by a Multi-Mycotoxin LC-MS/MS Method. *J. Agric. Food Chem.*, 2010. 58. 66–71.
21. PIERRON, A. – ALASSANE-KPEMBI, I. – OSWALD, I. P.: Impact of two mycotoxins deoxynivalenol and fumonisin on pig intestinal health. *Porc. Health Manag.*, 2016. 2. 21.
22. RODRIGUES, I. – NAEHRER, K.: A Three-Year Survey on the Worldwide Occurrence of Mycotoxins in Feedstuffs and Feed. *Toxins*, 2012. 4. 663–675.
23. SMITH, M. C. – MADEC, S. et al.: Natural Co-occurrence of Mycotoxins in Foods and Feeds and Their *in vitro* Combined Toxicological effects. *Toxins*. 2016. 8. 94.
24. STOPPER, H. – SCHMITT, E. – KOBRAS, K.: Genotoxicity of phytoestrogens. *Mutation Research*, 2005. 574. 139–155.
25. STREIT, E. – SCHWAB, C. et al.: Multi-mycotoxin screening reveals the occurrence of 139 different secondary metabolites in feed and feed ingredients. *Toxins*. 2013. 5. 504–523.
26. SZABÓ-FODOR J. – BÓTA B. – MIHUCZ G. – SÜLYÖK M. – TENKE J. – KOVÁCS M.: Hazai sertéstakarmányok multi-mikotoxin szennyezettségének felmérése. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 2018. 140. 349–360.
27. VACLAVIKOVA, M. – MALACHOVA, A. et al.: ‘Emerging’ mycotoxins in cereals processing chains: changes of enniatins during beer and bread making. *Food Chem.*, 2013. 136. 750–757.
28. http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evszakok_idojarasa/

Közlésre érk.: 2020. szept. 1.

Élelmiszer-higiéncia, Állategészségügyi igazgatás

A szekció ülését 2020. január 20-án délelőtt tartotta az Állatorvostudományi Egyetem Marek József előadótermében. Az idei évben a szerzők 10 előadást mutattak be. A szekció társelnökei LACZAY PÉTER és ÓZSVÁRI LÁSZLÓ voltak.

BUZÁS ANNA és LÁNYI KATALIN a citrusfélék gomba elleni védelmének élelmiszer-biztonsági vonatkozásairól tartott előadást. Ebben felvetették, hogy bár a gombaölőszerek hatékony védelmet biztosíthatnak a citrusfélék penészesedése és a képződő mikotoxinok ellen, de önmagukban is kockázatot jelenthetnek a fogyasztókra, amennyiben a konyhában e déli gyümölcsök felületkezelt héját is felhasználják. A téma fontosságát az is jelzi, hogy kérdőíves felmérésük alapján kiderült, a fogyasztók nagyrésze süteményekbe, ill. hideg vagy meleg italokba és salátákba is tesz citromhéjat és bár 95,5%-ban hallottak a növényvédőszerrekről, de 40% nem figyel vásárláskor arra, hogy felületkezelt-e a termék, amit megvásárolt? A kérdőívek kiértékelését követően LC-MS/MS módszerrel vizsgálták, hogy a különböző mosási eljárások mennyire lehetnek hatékonyak a citrom, a narancs és a mandarin felületén leggyakrabban alkalmazott fungicid szerek (imazalil, tiabendazol, prokloráz) eltávolítására. Kísérleteik során megállapították, hogy a mosási eljárások hatékonysága eltér az adott citrusféléltől és az alkalmazott gombaölőszertől függően. A citrom felületén lévő imazalil és prokloráz koncentrációja szignifikánsan csökkent 10 másodperces mosogatószeres mosás és szivaccsal dörzsölés után, mandarin esetén a hideg vizes áztatás is hatékonyan bizonyult az imazalil és a tiabendazol eltávolítására, de e gombaölő szereket egyik mosási eljárással sem lehetett teljesen eltávolítani. A kutatásban bio minősítésű citromot és narancsot is vizsgáltak, amelyek felületén ugyan a megengedett legmagasabb szermaradványszint (maximum residue level, MRL) alatti koncentrációban, de mérhető volt az imazalil, ami további kérdéseket vet fel.

A következő előadásban DARNAY LÍVIA, PLEVA DÁNIEL, LÁNYI KATALIN, PALOTÁS PÉTER, FRIEDRICH LÁSZLÓ és LACZAY PÉTER az ÁTE Élelmiszer-higiénciai Tanszékének és a SZIE ÉTK Hűtő és Állatitermék Technológiai Tanszékének közös kutatását mutatta be, amely a vöröshúsú tonhal grillezésének optimalizálását célozta élelmiszer-biztonsági és élelmiszer-minőségi szempontok alapján.

A grillezéshez sárga uszonyú vöröshúsú tonhalat választottak, amelyből 2 cm vastagságú fillét grilleztek különböző hőmérséklet (150 °C, 190 °C, 230 °C) és idő (1,25 perc; 2,5 perc; 5 perc) kombinációkban. A sütést követően LC-MS/MS módszerrel mérték a grillezés során esetlegesen képződő heterociklusos aminos (harman, norharman, MeIQx; 4,8-DiMeIQx; PhIP) mennyiségét, valamint végeztek színmérést, állománymérést és érzékszervi bírálatot is. Az élelmiszerminőséget mutató objektív és szubjektív szín és állományvizsgálattal megállapították, hogy 230 °C-on 1,25 percig végzett hőkezelést javasolható leginkább vöröshúsú tonhal grillezéséhez, mert a halhús megfelelően porhanyós és szaftos marad és az érzékszervi bírálok szerint színében, illatában és ízében is ekkor a legkedvezőbb. Eredményeik alapján a 230 °C-on 5 percig végzett grillezés jelenthet csupán élelmiszerbiztonsági kockázatot (harman: 49,87 ng/g hal; 4,8-DiMeIQx: 36,50 ng/g hal).

IVANYOS DOROTTYA és ÓZSVÁRI LÁSZLÓ a hazai tejelő tehenészetek országos tőgyegészségügyi felméréséről számolt be, amelyet a korábban tapasztalt magas átlagos szomatikus sejtszám (405,00 SCC/ml) eredmények indokoltak. A felmérés célja a fejéssel kapcsolatos, tőgyegészségügyet befolyásoló tényezők felmérése, az erős és a gyenge pontok feltárása volt, amelyhez 18 hazai tehenészet adatait dolgozták fel. Ezek a telepeken az átlag állatállomány 1137±690 tehénből állt, az átlagos szomatikus sejtszám pedig 419,611±154,034 SCC/ml volt. Megállapították, hogy bár a vizsgált telepek 94,44%-a használt a fejés után tőgybimbó-fertőtlenítőt, a fejés előtt csak a telepek 83,34%-a. A dolgozók 77,78%-ban viseltek gumikesztyűt a fejés során, de csak 72,22%-uk használt papírtörülőt a tőgy tisztítására (27,78% esetén textil ruhával dolgoztak) és a telepeknek csak 66,67%-ban húzták ki az első tejsugarakat a fejés megkezdése előtt.

KALKULA CSENGE, TÓZSÉR DÓRA és SZAKMÁR KATALIN a redoxpotenciál-mérés alkalmazásának lehetőségét vizsgálta a hazai kiskereskedésekben kapható baromfi-húsból izolált *E. coli* enrofloxacinnal szembeni érzékenységeinek vizsgálatára. Az *E. coli* fakultatív patogén, amely gyakran előfordul a baromfi és az ember bélcsatornájában és képes a humán gyógyászatban is alkalmazott antibiotikumok, így pl. az enrofloxacinra rezisztens gének horizontális átvitelére. A kereskedelmi forgalomból származó csirkehúsok mikrobiológiai vizsgálata során megállapították, hogy az enrofloxacinnal szemben az *E. coli* törzsek 9,3%-a rezisztens volt 1000-szeres MIC-értéknél (50 µg/ml). A rezisztenciát mutató törzseket tovább vizsgálták amoxicillin és a doxiciklin érzékenységre és több is multirezisztenciát mutatott. Az *E. coli* a szokásos konyhatechnológiai műveletek során

elpusztul, így a fogyasztó szervezetébe csak ezek hiányában, kenődéses szennyeződéssel kerülhet.

LÁNYI KATALIN, BALOGH ESZTER, LEHET JÓZSEF és LACZAY PÉTER a növényvédőszer átvitelének lehetőségét mutatta be üvegházi termesztésű paradicsomról szárított paradicsomra. A kutatásban azt vizsgálták, hogy az üvegházban termesztett paradicsomoknál egyidőben alkalmazott két növényvédőszer-hatóanyag (spirotetramát /rovarölőszert/ és metalaxil-M /gombaölőszert/) együttes jelenléte, hogyan befolyásolja a kiürülési folyamatot, ill. kimutatható-e aszalást követően a szárított paradicsomban? Megállapították, hogy a spirotetramát kiürülése felgyorsult kombinált alkalmazás esetén, valamint, hogy az aszalásnál alkalmazott hőmérséklet-idő kombináció (65 °C, 6 óra) egyik vegyületnél sem okozott hőbomlást. Ezek alapján felhívták a figyelmet arra, hogy az MRL-érték alatti peszticid-koncentráció nem feltétlenül elegendő, hiszen az aszalás során fellépő vízvesztésből adódóan a növényvédőszer koncentráció a szárított paradicsom esetén akár határérték fölé is válhat.

McCONVILLE JAMES és LÁNYI KATALIN a szennyezett levegőjű területeken árusított gyümölcsök policiklusos aromás szénhidrogén (PAH) szennyezettségét mutatta be forgalmas budapesti, ill. kecskeméti helyszíneken sárgabarack- és nektarinminták vizsgálata alapján. A kísérletek eredményei láttán bebizonyosodott, hogy a sárgabarackokon mindig kevesebb PAH szennyezés volt mérhető, mint a nektarinokon, de a legszennyezettebb minták a Keleti pályaudvaron vásárolt gyümölcsök voltak. Megállapították továbbá, hogy a PAH-szennyezettség a mosással csökkenthető, de ennek hatékonysága még nem előrejelezhető.

PLEVA DÁNIEL, LÁNYI KATALIN és LACZAY PÉTER a heterociklusos aminos képződéséről tartott előadást grillezett csirkehús esetén a testtájék és a hőkezelési körülmények függvényében. A heterociklusos aminos (HCA-k) komoly egészségügyi kockázatot jelentenek, hiszen közülük több is 2A (valószínűleg humán karcinogén) vagy 2B (feltehetőleg humán karcinogén) besorolású. Keletkezésük elsősorban húsételek hőkezelésekor várható, koncentrációjukat a hús aminosav-profilja, glükóz, és kreatin/kreatinin tartalma, valamint az alkalmazott hőkezelés időtartama és hőmérséklete is befolyásolhatja, de kialakulásuk folyamata pontosan nem tisztázott, így a HCA-k mennyiségére hivatalos határértéket sem állapítottak meg. E kutatásban a csirkehús különböző testtájakait (mell, comb, szárny) bőrrel és/vagy bőr nélkül grillezték különböző hőmérsékleti (150 °C, 180 °C, 210 °C) és idő (2,5 perc; 5 perc; 10 perc) kombinációkat alkalmazva. Eredményeikben a korábbi kutatókkal összhangban a harman, a norharman, a MeIQx, a 4,8-DiMeIQx és a PhIP heterociklusos

aminokat mutatták ki, amelyek koncentrációja a hőkezelési hőmérséklet és idő növelésével emelkedett. Újdonságnak számít az a megállapításuk, miszerint azonos elkészítés esetén a csirkecomb grillezésekor kevesebb heterociklusos amin képződött, mint a csirkemell esetén, ill., hogy a bőr jelenléte csak a rövid idejű sütés esetén gátolja a HCA-k keletkezését.

SZABÓ ERIKA, KASZA GYULA, SZAKOS DÁVID és ÓZSVÁRI LÁSZLÓ a laktózérzékeny vásárlók étel-miszer-fogyasztási szokásaiba nyújtott betekintést. A laktózmentes termékek fogyasztási gyakoriságának felméréséhez nagy elemszámú, személyes, kérdőíves vizsgálatot végeztek. A felmérés életkor és lakóhely tekintetében reprezentatív volt, de a nemek eloszlásában eltért a hazai átlagtól a nők javára. Kiderült, hogy a vizsgált fogyasztói csoport 20%-a szinte soha nem fogyaszt laktózmentes terméket, de a „mindig fogyasztók” aránya is 50% alatti volt, utóbbiak nagyrészt orvosilag igazoltan laktózérzékenyek. Összességében megállapították, hogy a laktózmentes termékek fogyasztását befolyásolja az orvosi diagnózis megléte, a betegséggel szembeni aggodalom, a fizetési hajlandóság, valamint az is, hogy a nőknél gyakoribb a laktózérzékenység és ők ehhez mérten többször választanak ilyen terméket, mint a férfiak.

VÖRÖSKŐI PETRA, LÁNYI KATALIN, LACZAY PÉTER, SZABÓ CSABA, PALKOVICS ANDRÁS és LEHEL JÓZSEF az inszekticid és fungicid szerek együttes alkalmazásának étel-miszer-biztonsági vonatkozásairól számolt be. A kutatás fontosságát azzal indokolták, hogy a peszticidok előírtnál nagyobb mennyiségben alkalmazva, vagy rossz permetezési-technika, ill. az élelmezés-egészségügyi várakozási idő be nem tartása esetén, a zöldségeken keresztül bejuthatnak az étel-miszerláncba, és így potenciális veszélyt jelenthetnek a fogyasztók egészségére. Kísérleteikben rovarölőszert (spirotetramát) és gombaölőszert (azoxistrobin, difenokonazol)

alkalmaztak hatóságilag engedélyezett koncentrációban és mennyiségben egyedileg és kombinációban, zárt növényházban, hidrokultúrás termesztésű paradicsomon. Ezentúl a peszticidok kiürülését vizsgálták a paradicsomokból készült paradicsomleveleken is, különös tekintettel a hőkezelés hatására. A kapott eredmények azt mutatták, hogy a gombaölő szerek koncentrációja szignifikánsan nagyobb volt kombinációban kezelt paradicsomoknál, mint az egyedileg kezelt esetén, de a peszticidok koncentrációja a hatóságilag előírt maximális érték (MRL) alatt volt az élelmezés-egészségügyi várakozási idő leteltét követően. A nyers paradicsomlevelek esetén az alkalmazott gombaölőszerek (azoxistrobin, difenokonazol) nyomokban detektálhatóak voltak, de a hőkezelést követően koncentrációjuk a kimutatási határ alatt volt. A vizsgált paradicsom- és paradicsomlé-mintákban lévő peszticid vegyületek kiürülése tehát lassabb volt együttes alkalmazás esetén, de koncentrációjuk az egészségügyi várakozási idő letelte után minden esetben a hatóságilag előírt érték alatt maradt.

BATTAY MÁRTON, NÓGRÁDI ANNA, ILLÉS B. CSABA és MAROSÁN MIKLÓS az afrikai sertéspestis helyzetét mutatta be a mezőgazdasági vadkár szempontjából. Az előadásban az afrikai sertéspestis (ASP) által érintett területeken keletkezett mezőgazdasági vadkár állami kompenzációjának kérdéskörét vizsgálták a 2019 tavaszán szerzett pásztói vadkár-felmérés igazságügyi szakértői munkatapasztalataikra alapozva. Arra a megállapításra jutottak, hogy a járványvédelmi eljárások miatt átalakult közegben a vadkárelhárítás és megtérítési kötelezettségek jelentősen befolyásolhatják a vadászatra jogosultak gazdálkodását és a helyzet enyhíthető lenne, ha a jogalkotó elkészítené a „miniszter által rendeletben megállapított egyszerűsített vadkárbebecslési szabályozás”-t.

Dr. Darnay Lívía



Hirdetési felületek már 60 000 Ft-tól

Többszöri megjelenés esetén további engedményeket biztosítunk

Hirdessen Ön is a Magyar Állatorvosok Lapja c. tudományos-szakmai folyóiratban!

Most kedvező áron tesszük közzé hirdetését!

Felület	Méret (mm)	Nettó ár (Ft)					
1/1	200 X 285	130 000					
1/2	200 X 142	110 000					
1/3	200 X 95	75 000					
1/4	200 X 70	60 000					
B2, B3, B4	200 X 285	155 000					
PR	-	100 000					

1/1 tükör méret 1/1 kifutó tükör 1/2 méret 1/3 méret 1/4 méret



Bővebb információért keresse kollégáinkat a lenti elérhetőségek bármelyikén:
 Postacím: Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
 1223 Budapest, Park u. 2.
 Telefon: 06-1/362-8100
 E-mail: info@agrarlapok.hu

NE HAGYJA, HOGY A LAWSONIA ÁTVEGYE AZ URALMAT!

A *Lawsonia intracellularis* fertőzés jelentős károsodást okoz a bélrendszer mikrobiomjában és a bélnyálkahártyán.

A szájon át adandó, élő kórokozót tartalmazó Enterisol® Ileitis a természetes fertőzést utánozza, ezért hatékony védelmet nyújt ott, ahol a fertőzés zajlik: a bélben.

ENTERISOL® Ileitis

Szájon át adandó, élő kórokozót tartalmazó vakcina ileitis ellen.



Enterisol Ileitis vakcina A.U.V., Liofilizátum és oldószer sertések részére készült belsőleges szuszpenzióhoz; Hatóanyag (liofilizátum): Attenuált élő *Lawsonia intracellularis* (MS B3903): 104,9-106,1 TCID50 (Tissue Culture Infective Dose 50%); **Javallatok:** Háromhetesnél idősebb választott malacok aktív immunizálására, a *Lawsonia intracellularis* fertőzés okozta bélbeli elváltozások mérséklése, valamint a betegséghez társuló szétnövés és csökkent testtömeg-gyarapodás enyhítése céljából. Üzemi körülmények között a vakcinázott malacok átlagos testtömeg-gyarapodása a kezeletlen csoport értékeit akár napi 30 g-mal is meghaladta. A védettség a vakcinázás után legkorábban 3 héttel alakul ki és legalább 17 hétig tart. **Ellenjavallatok:** Nincs. **Adagolás:** Sertéseknek (háromhetes kortól) testtömegtől függetlenül egyszeri 2 ml-es dózis adandó szájon át. **É.e.ü.v.i:** Nulla nap. Hűtve (2°C – 8 °C) tárolandó és szállítandó. Fagyástól óvni kell. Fénytől védve tartandó.

Engedélyes: Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH, 55216 Ingelheim/Rhein, Németország. Vényköteles. Kérjen állatorvosától vagy gyógyszerészétől további felvilágosítást! Alkalmazás előtt, illetve további információért olvassa el a használati utasítást, vagy kérdezze a Boehringer Ingelheim képviselőjét: Boehringer Ingelheim RCV GmbH & CoKG Magyarországi Fióktelepe, 1095 Budapest, Lechner Ödön fasor 6., Tel.: 06 1 299-8900 • Fax: 06 1 299-8901, ah.hu@boehringer-ingelheim.com. Tk.sz.: 2443/2/08 MgSzH ÁTI (50 adag). Reklámanyag lezárási dátuma: 2020.03.