

## SZABADGYÖK-KUTATÁS ÉVTIZEDEI

### Az oxidatív stressz és a védelmi rendszer vizsgálatának veteriner aspektusai, történeti áttekintés a 80-as évektől napjainkig

### Veterinary aspects of investigation of oxidative stress and antioxidant defence system, retrospective overview from the 80s to the present day

Fébel Hedvig<sup>1</sup>, egyetemi magántanár, CSc/PhD

Gaál Tibor<sup>2</sup>, egyetemi tanár, CSc/PhD

Vajdovich Péter<sup>2</sup>, egyetemi docens, PhD

<sup>1</sup>Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet, Herceghalom

<sup>2</sup>Állatorvostudományi Egyetem, Budapest

[febel.hedvig@athk.naik.hu](mailto:febel.hedvig@athk.naik.hu)

*Initially submitted September 5, 2018; accepted for publication October 18, 2018*

Veterinarian free radical research began in the last century, in the eighties. Prof. Tibor Gaál from the University of Veterinary Science (Department of Inner medicine) played a pioneering role in this. His work was continued by his disciple, Péter Vajdovich. Today, the results of the research team from the Department of Pharmacology, led by prof. Péter Gálfí are decisive in this matter. Prof. Hedvig Fébel is engaged in free radical research in border area of veterinary medicine and nutrition from 2004 in Herceghalom. In the past four decades veterinarians carried out testing the antioxidant system in close collaboration with outstanding researchers from the medical, agricultural engineering, and chemical sciences. Results of the veterinarian free radical research were achieved with their outstanding help.

**Kulcsszavak:** állatorvos-tudomány, szabadgyök-kutatás

**Keywords:** veterinary science, free radical research

Magyarországon a szabad gyökök biológiai szerepével kapcsolatos kutatások az állatorvos-tudományban viszonylag későn kezdődtek el. Az első, állatorvosok által írott irodalmi összefoglaló (1) 1989-ben jelent meg a Magyar Állatorvosok Lapjában Sárközy Péter és Gaál Tibor tollából (A szabadgyök-reakciók szerepe és jelentősége az élettani és a kóros folyamatokban). Ebben utalás történt a korábban a skóciai Rowett Intézetben dolgozó Sárközy Péter, valamint munkatársai 1984-es beszámolójára (A lipidperoxidáció, mint a toxikus hatások következtében kialakuló sejtkárosodás közvetlen előidézője), amely a II. Állatorvosi Toxikológiai Vándorgyűlésen hangzott el. Lényegében ez tekinthető az első antioxidáns rendszerrel kapcsolatos munkának veteriner vonalon. A tanulmány ugyanakkor egy általános, a lipidperoxidációval kapcsolatos korábbi, nem kifejezetten állatorvosi vonalon folytatott kísérletek összefoglalása volt.

A hazai állatorvosi szabadgyök-kutatások ténylegesen 1990-től az Állatorvostudományi Egyetem Belgyógyászati Tanszékének kórélettani csoportjában indultak meg Gaál Tibor vezetésével, és Karsai Ferenc tanszékvezető támogatásával. A kutatások kezdetén nagy segítséget kaptak néhai Fehér János és Matkovics Béla professzoroktól, valamint Mézes Miklóstól, Szöllősi Ilonától, Blázovics Annától. Az

állatorvosi kutatásokhoz csatlakozott Ribiczey Péterné, mint vegyész-mérnök, majd Vajdovich Péter és Balogh Nándor is. A kutatómunkát nagyban segítette, amikor ESR (elektrospin rezonancia) vizsgálatokra is lehetőség nyílt Jakus Judit MTA kutatóintézeti csoportjánál.



1. ábra Régi munkatársak az MSzKT 2017-es rendezvényén

A kutatócsoport tagjai rövidesen részt vettek a Fehér professzor által létrehozott Szabadgyök Kutató Társaság munkájában is. A belgyógyászati tanszéki kutatómunka dandárja az 1990-es évekre és a harmadik évezred első évtizedére koncentrált. A vizsgálatokban különböző állatfajokban (szarvasmarha, sertés, ló, nyúl, kutya, házityúk) élettani és egyes kóros folyamatokkal kapcsolatban vizsgálták a szabad gyökök szerepét.

Az állatorvosi vonalon a lipidperoxidáció szerepének tisztázásában az előbbieken említett Gaál Tibor professzornak meghatározó szerepe volt.

A kutatás során az állati szervezetekben vizsgálta a redox-rendszert befolyásoló tényezőket, elsősorban vérvizsgálatokkal, agy- és májszövet analízissel. Egyes biológiai-, élettani- és kórélettani folyamatok (életkorváltozás, ellés, éhezés, hideg és meleg környezet, izomterhelés) hatását tanulmányozta állatfajokban (2,3,4). Különböző állatfajok (szarvasmarha, ló, sertés, nyúl, házityúk) vérvizsgálatával az újszülöttek antioxidáns rendszerét az anyaállatokéval hasonlította össze (5).

Minden fajban azt tapasztalták, hogy az újszülöttek vérében az antioxidáns rendszer enzimatis és nem enzimatis védelme jobb az anyaállatokénál, és ez csak néhány hét múlva változik (2). A vérplazma antioxidáns védelme (FRAP értéke /Ferric Reducing Ability of Plasma/) az újszülött utódokban általában jobb, mint az anyaállatokban. Három hetes korra borjakban, csirkében, sertésben és lóban szignifikánsan csökkent, juhokban nem változott a FRAP értéke.

Eredményei szerint egynapos borjakban az atmoszférikus oxigén bejutása, a tehenekhez képest, szignifikánsan fokozott szabadgyök-képződést generál, ami a hatékony antioxidáns rendszer hatására egy hétig csökkent, majd három hetes korra mintegy 80%-kal ismételten emelkedett (5).

Gaál Tibor 1994-ben a skóciai Ayr-ben egy évig vett részt csirkeembriókon végzett kutatásokban Noble és Speake professzorokkal, később az ugyancsak ott dolgozó Surai professzorral, illetve egy hónapig Mézes Miklós professzorral. Az ott végzett vizsgálatokkal igazolták, hogy a TAS értéke (Total antioxidant status) 18 napos csirkeembriókban 5x akkora, az egynapos csirkében másfélszer akkora, mint felnőtt tyúkokban és emlős állatokban, ami a kikelésre fejlett antioxidáns védelmet jelez. Megállapították, hogy a kikelés után az első napokban a tojássárgájából felszívódó E-vitamin hatására mintegy kétszerese a máj E-vitamin-tartalma mint a további hetekben. A 4. hétre ugyanakkor a májszövetben szignifikánsan kisebb E-vitamin-koncentrációt mértek, mint egynapos korban. Az agyvelő legfontosabb antioxidánsa, a C-vitamin koncentrációja a 4. hétre tendenciaszerűen csökkent. Az antioxidáns vegyületek előbbiekben leírt változása miatt 28 napos korra szignifikánsan nagyobb az agyvelő MDA-tartalma, mint az első 10 nap során. Ez áll a csirkékben ismert kórkép, az encephalomalacia előfordulásának hátterében, amit ebben az életkorban gyakran megfigyelhetünk ezekben a szárnyasokban (6,7,8,9).

Tejelő tehenek vérvizsgálatával igazolták, hogy az ellés oxidatív stresszhelyzetet teremt az anyaállatban. Ugyancsak megállapították, hogy a zsírmáj-szindrómás tehenekben romlanak az antioxidáns védelem mutatói. Ezekben a munkákban az agrárszférából Husvéth Ferenc professzor keszthelyi munkacsoportja nyújtott felbecsülhetetlen segítséget. Husvéth Ferencsel együtt témavezetői voltak Németh Katalin doktori munkájának. A kísérletekben a takarmányozás és a környezeti hőmérséklet hatását vizsgálták brojlercsirkék lipidperoxidációs folyamataira. Az eredmények alapján a konform környezeti hőmérséklet mérsékelt megváltozásakor, a technológiai ajánlás szerinti táplálóanyag-ellátás esetén a brojlercsirkék szervezetének antioxidáns rendszere megfelelő védelmet biztosít a kontrollálatlan lipidperoxidációs folyamatokkal szemben. A többszörösen telítetlen zsírsavakban gazdag zsírokat tartalmazó takarmányok etetése során az 50 mg/kg E-vitamin-kiegészítés nem elegendő a csirkékben a komplex antioxidáns védelem biztosításához. További fontos megállapításuk, hogy a takarmányok zsírkiegészítése mellett alkalmazott, a brojlercsirke növekedésének/fejlődésének szükségletét meghaladó mennyiségű metionin-kiegészítés az élet első három hetében fokozza a májszövetben az antioxidáns hatású glutation szintézisét (10,11).

Gaál Tibor professzor legfontosabb munkatársai a 90-es évek végétől tanszéki utóda Vajdovich Péter docens valamint Balogh Nándor PhD voltak. Mindkét állatorvos kolléga értekezésében a szabadgyök-kutatások központi szerepet kaptak. Vajdovich Péter PhD disszertációját „Belső és külső tényezők hatása a vörösvérsejtek lipidperoxidációs és antioxidáns folyamataira” címmel írta, Mézes Miklós témavezetésével. Balogh Nándor 2003-ban védte meg „Az antioxidáns rendszer vizsgálata élettani és kóros viszonyok között egyes állatfajokban” című disszertációját (12,13).

Vajdovich Péter kutatásai döntően kutyák különböző kórképeiben az antioxidáns rendszer és a lipidperoxidáció összefüggéseire fókuszáltak (14,15).



**2. ábra Dr. Vajdovich Péter**

Vizsgálataival igazolta, hogy multicentrikus lymphomában szenvedő kutyákban oxidatív stressz alakul ki. Megállapította, hogy vesebeteg kutyában a vér stationer szabadgyök-mennyisége szignifikánsan nagyobb, mint az egészségesekben. A malondialdehid-tartalom a hidroxinonenal koncentrációval kiegészítve a lipidperoxidáció fokozódását jelzi. A protein-karboniláció, a szuperoxid-dizmutáz aktivitása és a plazma antioxidáns-kapacitása nagyobb a vesebeteg kutyák vérplazmájában. A vesebeteg kutyák vérmintáiban ennek alapján kimutatható az oxidatív stressz jelenléte.

Állatorvosi vonalon teljesen újnak tekinthető a központi idegrendszeri, gerincsatornán belüli elváltozást mutató kutyák liquorjában lejátszódó szabadgyökös folyamatok tanulmányozása. Feltételezésük szerint a gyakran bekövetkező nyomásfokozódás a kompresszió következtében kialakuló hypoxia-reperfusio és a gyulladáshoz vezető reakciók miatt felszaporodhatnak a szabad gyökök, illetve károsodhat az antioxidáns védekezés. Megfigyeléseik szerint meglepő módon nem a heveny, hanem az idült kórkép esetében emelkedett a liquorban az MDA-koncentráció a negatív csoporthoz képest. Ennek oka lehet, hogy az idült kórképekben szenvedők esetében a lipidperoxidáció biokémiai lépései folyamatosan és gyakran kiújulóan jelentkezhetnek. Ehhez hozzájárulhat a korábbi hosszantartó glükokortikoid adagolás is, amely a szabadgyök-képződést fokozza.

Vajdovich Péter PhD hallgatója, Szentirmai Csaba, a szabadgyök-reakciók és az antioxidáns védekezés elemeit vizsgálata lymphomás kutyák citosztatikus kezelése során. Fontos megállapításuk, hogy a lymphomás betegek az alkalmazott kezelés (COPA protokoll) során az ötödik hétig az antioxidáns védekezés szempontjából jelentősen inkriminált állapotba kerültek. Emiatt, az állatok ellenálló-képessége és a fertőzésekkel szembeni védekezőképessége jelentősen csökkent. Ez hajlamosító tényező a fertőzések kialakulására. Emiatt célszerű a betegek kezelését kiegészíteni a kritikus időszakában, az immunrendszert és az antioxidáns védekező rendszert támogató szerekkel.

Az 1990-es évek közepén az Állatorvostudományi Egyetem Takarmányozási tanszéke (Bersényi András, Fekete Sándor, Hullár István) az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézetével (Kádár Imre) közösen

nagy mennyiségű Cd-, Pb-, Hg- és Se-hatóanyagú készítménnyel trágyázott területeken termesztett gazdasági növényekkel (sárgarépa, burgonya és cékla) végeztek etetési kísérleteket házinyulakkal. Az antioxidáns rendszerben szerepet játszó enzimek (GSH-Px, kreatin-kináz) illetve a lipidperoxidációt mutató MDA szintjének változása egyértelműen jelezte a mikroelem-terhelések oxidatív stresszt indukáló hatását (16).



3. ábra Bersényi András PhD a 2011-ben Gödöllőn rendezett VI. MSZKT Kongresszus vezetői körében

Az Állatorvostudományi Egyetemen napjainkban Gálfi Péter tanszékvezető, egyetemi tanár vezetésével a Gyógyszertani tanszéken foglalkoznak az antioxidáns rendszer a szervezetben képződött reaktív oxigén speciek káros hatásainak eliminálásában betöltött szerepével.



4. ábra Prof. Gálfi Péter, ÁOTE Gyógyszertani tanszék vezetője

A vizsgálatok a bélhámsejtekben lejátszódó folyamatokra koncentrálnak. Arra keresik a választ, hogy a bélrendszer gyulladós megbetegedéseiben, a fertőzések megelőzésében és kezelésében, valamint a

gyulladáscsökkentő hatás hátterében milyen mechanizmusok húzódnak meg. Tanulmányozták, hogy a probiotikumok sejtmentes felülúszója hogyan befolyásolja a bélhámsejtek oxidatív stresszre adott válaszát, és képes-e megvédeni azokat a károsodásoktól. A probiotikus törzsek közül a *Lactobacillus plantarum* 2142 védőhatása bizonyult legjelentősebbnek. Ezen túlmenően különböző antioxidáns vegyületek (kvercetin és metoxi származékai) hatását is vizsgálták oxidatív stresszre (lipopoliszacharid és H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> által indukált) nem daganatos, sertés eredetű bélhámsejteken (IPEC-J2). Eredményeik szerint a kvercetin metoxi-származékai alkalmasak lehetnek az oxidatív stressz káros hatásának kivédésére. A hatás koncentrációfüggése miatt ugyanakkor a kvercetin és származékainak használata fokozott óvatosságot igényel (17,18).

A kutatócsoportban meghatározó szerepet játszik Pásztiné Dr. Gere Erzsébet, akinek témavezetője Gálfi professzor volt és 2013-ban védte meg PhD értekezését „Oxidatív stressz okozta sejtkárosodás megelőzésének lehetőségei *in vitro* sejtmodellen” címmel. Eredményei közül kiemelendő, hogy az IPEC-J2 sejteken alapuló 3D rendszer megalkotása, mely alkalmasnak bizonyult sertés specifikus, akut oxidatív stressz által előidézett gyulladásos folyamatok különösen a citokin-hálózatban bekövetkező transzkripciós és translációs változások nyomon követésére.

A 2000 évek elejétől indultak meg egy másik műhelyben (Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet, Élettani osztály) Fébel Hedvig tudományos tanácsadó vezetésével olyan takarmányozás-élettani kutatások, melyben különböző gazdasági haszonállatokban a takarmányozás és az antioxidáns rendszer kapcsolatát tanulmányozták (19,20,21,22,23). A kutatócsoport munkájában más intézményekből, több, kiemelkedő kutató is részt vett, így Blázovics Anna, Lugasi Andrea, valamint Mézes Miklós. A kutatómunkát egy elnyert GVOP pályázat indította el, melyben új diagnosztikai eszközök kifejlesztését célozták meg az oxidatív állapotváltozással együtt járó betegségek szűrésére és megelőzésére.



5. ábra A zsírok és az állatok antioxidáns rendszere témában Fébel Hedvig előadást tart Blázovics Anna felkérésére a Semmelweis Egyetem Farmakognóziai Intézetében

A pályázatban az oxidatív stressz által a vérparaméterekben előidézett változás nyomon követésére, illetve a takarmány-alapanyagok és keverékek, valamint az állati termékek, mint élelmiszerforrások antioxidáns jellemzőinek meghatározására luminometriás, illetve fotometriás módszeren alapuló két új diagnosztikai kítet fejlesztettek ki. Az oxidatív stresszt különböző zsírtartalmú, illetve eltérő zsírsav-összetételű takarmányok etetésével indukálták hizómarhában, sertésben, brojlercsirkében, tojótyúkban és nyúlban. Az állatok antioxidáns paramétereiben megfigyelt változások azt jelzik, hogy a többszörösen telítetlen zsírsavak ellentétes hatást gyakorolnak a szervezetre, illetve más védekező folyamatokat indukálnak az általuk előidézett oxidatív stresszhelyzetben.

Az utóbbi években a sertésekben a légutakra ható fertőzés, valamint a mikotoxin felvétel mint exogén oxidatív stresszt előidéző faktor hatását tanulmányozták. Növendék sertésekben a toxikus, illetve atoxikus *P. multocida* törzsszel történő fertőzés illetve a Fumonizin B1 mikotoxin antioxidáns rendszerre gyakorolt hatását vizsgálták. Az eredmények azt jelzik, hogy a *P. multocida* jelenléte és a mikotoxin expozíció önmagában nem idéz elő lényeges változást az antioxidáns rendszerben. A fertőzés és a mikotoxin-felvétel együttesen ugyanakkor markáns változást indukált a növendék sertések redoxrendszerének vizsgált paramétereiben. E kutatásokban két PhD hallgató, Egresi Anna és Süle Krisztina is részt vesz a Semmelweis Egyetemmel való közös kutatások keretében a szerző vezetésével.

**IRODALOM**

1. SÁRKÖZY, P., GAÁL, T. (1989): A szabadgyök-reakciók szerepe és jelentősége az élettani és a kóros folyamatokban. (Significance of free-radical-mediated reactions in physiological and pathological conditions) Magyar Állatorvosok Lapja, 44. 91-94.
2. GAÁL, T., VAJDOVICH, P., SPEAKE, B.K., NOBLE, R.C., SURAI, P.F., MÉZES, M. (1996): Lipidperoxidáció az életkor függvényében. (Lipid peroxidation and ageing) Magyar Állatorvosok Lapja, 51. 165-169.
3. GAÁL, T., MÉZES, M., MISKUCZA, O., RIBICZEY-SZABÓ, P. (1993): Effect of fasting on blood lipid peroxidative parameters in sheep. Res. Vet. Sci., 35. 104-107. [https://doi.org/10.1016/0034-5288\(93\)90042-E](https://doi.org/10.1016/0034-5288(93)90042-E)
4. GAÁL, T., SPEAKE, B.K., MÉZES, M., NOBLE, R.C., SURAI, P.F. VAJDOVICH, P. (1996): Antioxidant parameters and ageing in some animal species. Comp. Haematol. Int. 6. 1-6. <https://doi.org/10.1007/BF00378112>
5. GAÁL, T., RIBICZEYNÉ-SZABÓ, P., STADLER, K., JAKUS, J., REICZIGEL, J., KÖVÉR, P., MÉZES, M., SÜMEGHY, L. (2006): Free radicals, lipid peroxidation and the antioxidant system in the blood of cows and newborn calves around calving. Comp. Biochem. Physiol. Part B. 143. 391-396. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2005.12.014>
6. GAÁL, T., MÉZES, M., NOBLE, R.C., DIXON, J., SPEAKE, B.K., (1995): Development of antioxidant capacity in tissues of the chick embryo. Comp. Biochem. Physiol., 112B. 711-716. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(95\)00125-5](https://doi.org/10.1016/0305-0491(95)00125-5)
7. SPEAKE, B.K., SURAI, P.F., GAAL, T., MÉZES, M., NOBLE, R.C. (1996): Tissue-specific development of antioxidant systems in the chick embryo. Biochem. Soc. Trans., 24. 182S. <https://doi.org/10.1042/bst024182s>
8. SURAI, P.F., GAÁL, T., NOBLE, R.C., SPEAKE, K. B. (1997): The relationship between the alpha-tocopherol content of the yolk and its accumulation in the tissues of the newly-hatched chick. J. Sci Food Agr., 75. 212-216. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199710\)75:2%3C212::AID-JSFA866%3E3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199710)75:2%3C212::AID-JSFA866%3E3.0.CO;2-W)
9. MÉZES, M., SURAI, P., SÁLYI, G., SPEAKE, B.K., GAÁL, T. and MALDIJAN, A. (1997): Nutritional metabolic diseases of poultry and disorders of the biological antioxidant defence system. Acta Vet. Hung., 45. 349-360.
10. HUSVÉTH, F., MANILLA, H.A., GAÁL, T., VAJDOVICH, P., BALOGH, N., WÁGNER, L., NÉMETH, K. (2000): Effects of saturated and unsaturated fats with Vitamin E supplementation on the antioxidant status of broiler chicken tissues. Acta Vet. Hung., 48. 69-79. <https://doi.org/10.1556/AVet.48.2000.1.8>



11. NÉMETH, K., MÉZES, M., GAÁL, T., BARTOS, Á., BALOGH, K., HUSVÉTH, F. (2004): Effect of supplementation with methionine and different fat sources on the glutathione redox system of growing chickens. *Acta Vet. Hung.*, 52. 369-368. <https://doi.org/10.1556/AVet.52.2004.3.12>
12. BALOGH, N., GAÁL, Tibor, HUSVÉTH, F., VAJDOVICH P. (2001): Rate of lipid peroxidation in brain and liver tissues and the total antioxidant status of blood plasma in developing chicks. *Acta Vet. Hung.*, 49. 197-202. <https://doi.org/10.1556/004.49.2001.2.9>
13. BALOGH, N., GAÁL, T., RIBICZEYNÉ Sz., P., PETRI, Á. (2001): Biochemical and antioxidant changes in plasma and erythrocytes of pentathlon horses before and after exercise. *Vet. Clin. Path.*, 30. 214-218. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2001.tb00434.x>
14. VAJDOVICH, P., KRISKA, T., MÉZES, M., RIBICZEY SZABÓ, P., BALOGH, N., BÁNFI, A., ARANY-TÓTH, A., GAÁL, T., JAKUS, J. (2005): Redox status of dogs with non-Hodgkin lymphomas. An ESR Study. *Cancer Letters*, 224. 339-346. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2004.11.037>
15. VAJDOVICH, P. (2008): Free radicals and antioxidants in inflammatory processes and ischemia-reperfusion injury. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, 38. 31-123. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2007.11.008>
16. BERSÉNYI, A., KÁDÁR, I., BERTA, E., GLÁVITS, R., MÉZES, M., SZILÁGYI, M., FEKETE, S.Gy. (2004): Effect of molybdenum load on the growth and biochemistry of rabbits. *Proceedings of 8th Meeting European Society of Veterinary and Comparative Nutrition, Budapest*, 174-182.
17. PÁSZTI-GERE, E, CSIBRIK-NÉMETH, E, SZEKÉR, K, CSIZINSZKY, R, JAKAB, Cs., GÁLFI, P. (2012): Acute oxidative stress affects IL-8 and TNF- $\alpha$  expression in IPEC-J2 porcine epithelial cells, *Inflammation*, 35. 994-1004. <https://doi.org/10.1007/s10753-011-9403-8>
18. FARKAS, O., MÁTIS, G., PÁSZTI-GERE, E. PALÓCZ, O., KULCSÁR, A., PETRILLA, J., CSIKÓ, Gy., NEOGRÁDY, Zs., GÁLFI, P. (2014): Effects of *Lactobacillus plantarum* 2142 and sodium n-butyrate in LPS-triggered inflammation: comparison of IPEC-J2 and primary hepatocyte mono-cultures with a porcine enterohepatic co-culture system, *J. Anim. Sci.*, 92. 3835-3845. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7453>
19. FÉBEL, H., MÉZES, M., LEHEL, L., HAJDA, Z., MIKLÓS, Sz., BLÁZOVICS, A. (2005): Influence of ruminal-escape lipid on antioxidant status, fatty acid composition of different tissues and some blood parameters in beef cattle. *Proceedings VI. Middle-European Buitratics Congress, Cracow*, 244-250.
20. ELBARAASI, H., MÉZES, M., BALOGH, K., HORVÁTH, L., CSENGERI, I., FÉBEL, H. (2005): Effect of different dietary fat sources on production traits, lipid peroxide status and on the glutathione redox system in African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) fingerlings. *Acta Biologia Hungarica*, 56. 165-168. <https://doi.org/10.1556/ABiol.56.2005.1-2.16>
21. TÓTH, F., GÁBOR, Gy., FÉBEL, H., HUSZÁR, Sz., MÉZES, M. (2007): Egyes metabolikus vérparaméterek eltéréseinek vizsgálata vemhes és üres tejelő tehénekben. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 129. 157-164.

22. FÉBEL, H., MÉZES, M., PÁLFY, T., HERMÁN, A., GUNDEL, J., LUGASI, A., BALOGH, K., KOCSIS, I., BLÁZOVICS, A. (2008): Effect of dietary fatty acid pattern on growth, body fat composition and antioxidant parameters in broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92. 369-376.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2008.00803.x>

23. MÉZES, M., BALOGH, K., FÉBEL, H., MATICS, Zs., FRICSKA, M., SZABÓ, A., SZENDRŐ, Zs. (2009): Effects of divergent selection for hind leg muscle volume on its lipid peroxide and glutathione redox status, and fatty acid composition in growing rabbits. *World Rabbit Sci.*, 17. 15–19.