

## **Doktori (PhD) értekezés tézisei**

# **REDOX-HOMEOSZTÁZIS JELLEMZÉSÉRE ALKALMAS DIAGNOSZTIKUS JELENTŐSÉGŰ BIOMARKEREK VIZSGÁLATA**

**Pesti-Asbóth Georgina**  
doktorjelölt

Témavezető:  
Gálné Dr. Remenyik Judit Ph.D.  
egyetemi tanár



**DEBRECENI EGYETEM**  
**Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola**

Debrecen, 2026.

## 1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI

Ma már a klímaváltozást nem tudjuk figyelmen kívül hagyni. A megváltozott feltételek hatással vannak a termesztési időszakra és a növények fejlődési ciklusára (FAO, 2021). Így a kultúrnövények hozama csökkenhet a hőség, az aszály és a vízhiány miatt. Ezek a szélsőséges időjárási események, mint az árvizek vagy a szárazság, komoly károkat okozhatnak a termésben (PÖRTNER és mtsai., 2022). Ezzel együtt a talaj minősége romlik a gyakori erózió és elsivatagosodás miatt. Mindezek mellett új kártevők és betegségek megjelenése is fenyegeti a növényeket a változó klíma miatt (FAO, 2021).

A klímaváltozás befolyásolja az állattenyésztést is, hiszen a hőstressz csökkenti az állatok termelékenységét és szaporodási képességét (WORLD BANK, 2021). A takarmánynövények hozamcsökkenése pedig veszélyezteti az állatok takarmány ellátását. A vízhiány miatt az állatok vízellátása és a legelőterületek kimerülése súlyos problémákat okozhat. Az abiotikus stressz hatására az állatok megbetegedésének kockázata is nő (PÖRTNER és mtsai., 2022).

A stressz hatására az élő szervezet fogékonyabb a betegségekre, ennek biokémiai hátterében a redox-homeosztázis eltolódása, felborulása áll. A redox-homeosztázis felborulása mind a növénytermesztésben, mind az állattenyésztésben oxidatív stresszhez vezet, amely jelentős gazdasági károkat okozhat. A stressz során reaktív oxigénfajták (ROS) és nitrogénfajták (RNS) halmozódnak fel a sejtekben, amelyek károsítják a lipideket, fehérjéket és nukleinsavakat, ezáltal rontva a sejtek működését és életképességét. Az oxidatív, vagy bármilyen stresszhatás az élő szervezetben olyan mértékű válaszreakció csökkenéséhez vezet, amely a teljes szervezet védelmi stratégiáját negatívan befolyásolja.

A redox egyensúly zavara egyszerre ok és következmény. Mint „*cicrulus vitiosus*” a reaktív gyökök a szervezetben gyulladást indukálnak, de a gyulladáshoz vezető válaszok is szabad gyököket generálnak. Nem lehet eltekinteni attól a tényről, hogy a szervezet központi anyagcsere folyamatait határozza meg, ezáltal befolyásolja az élő szervezet működését. Ezért folyamatos kutatómunkára van szükség ahhoz, hogy megértsük és tudjuk, hogy a stressz fiziológia ismerete nyújtotta lehetőséget kiaknázva növeljük a termelékenységet.

Összességében a redox-homeosztázis felborulása és az ebből eredő oxidatív stressz jelentős negatív hatással van a növénytermesztésre és az állattenyésztésre, csökkenti a terméshozamot és a termés minőségét, rontja az állatok egészségi állapotát és termelési mutatóit, ami gazdasági veszteségekhez vezet. A stressztűrő képesség növelése és a megfelelő védekezési stratégiák alkalmazása kulcsfontosságú a mezőgazdasági termelés fenntarthatóságának biztosításában.

Kutatásunk fő célja a vizsgálataink során megtalálni és meghatározni azokat az időpontokat és mérési paramétereket, amelyekkel lehetőség van a nagyüzemi állattartásban, illetve növénytermesztésben felkészíteni az élő szervezetet a stresszhatásokra adott válaszok mérséklésére.

A kutatási célkitűzések *in vitro* és *in vivo* modelleken:

- *in vitro* ultrahanggal kezelt burgonya modellen vizsgáltuk a morfológiai paramétereket továbbá a redox-homeosztázis jellemzésére szolgáló enzimeket és kis molekulájú antioxidánsokat, valamint növényi hormonokat.
- Brojler ROSS 308 redox-homeosztázisának és szénhidrát-anyagcseréjének vizsgálata.
- szénhidrát-anyagcsere vizsgálata szopós malacok esetén.
- patkány inzulinrezisztencia modell vizsgálata.

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A dolgozat tárgykörébe burgonya, baromfi, sertés és patkány kísérletekből származó minták vizsgálata tartozik. A burgonya stresszre adott válaszána feltérképezésére két kísérletet állítottunk be.

### 2.1. Burgonya redox-homeosztázisának vizsgálata

Burgonya antioxidáns védelmirendszerének feltérképezéséhez két kísérleti sort állítottunk be. A két kísérleti sor között az UH kezelés módja és idejének hossza között volt különbség. Mind a két kísérlet során 4 hetes *in vitro* burgonya (*Solanum tuberosum L. cv. Désirée*) hajtások csomószegeimenseit (kb. 1 cm hosszúak) használtuk. A hajtásokat MS táptalajon (Murashige and Skoog, 1962) tenyésztettük. Harminc darab egyetlen levéllel rendelkező csomószegeimens került minden egyes Magenta™ edénybe (77 × 77 × 97 mm, Sigma-Aldrich®, Budapest, Magyarország). Az ultrahangos kezelést az explantátumok a táptalajra helyezését követően azonnal elvégeztük. Az ultrahangos kezelés után a kultúrákat 16 órás fotoperiódus mellett 63,5  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  fényssűrűség mellett, és  $22 \pm 2$  °C hőmérsékleten 4 hétig neveltük. A kultúrákat különböző növekedési időszakokban mintavételeztük.

Elvégeztük a morfológiai paraméterek vizsgálatát: hajtások hossza, nóduszok száma/hajtás, hajtások friss tömege, gyökérhossz, gyökér friss tömege, klorofill a (chl a), klorofill b (chl b), chl a + chl b, chl a/ chl b, Továbbá a redox-homeosztázis jellemzésére alkalmas paraméterek vizsgálatát: vízdoldható antioxidáns kapacitás (ACW), zsírdoldható antioxidáns kapacitás (ACL), Szuperoxid-ditmutáz (SOD) PhotoChem készülékkel.

Az oxidált glutation (GSSG), redukált glutation (GSH), C-vitamin (AA), E-vitamin, kataláz (KAT), glutation-s-transzferáz, (GST), glutation-szintetáz (GSS), glutation-reduktáz (GR), glutation-peroxidáz (GPx), aszkorbát-peroxidáz (APX) méréseket kereskedelmi forgalomban kapható kolorimetriás kit segítségével végeztük el. Az indol-3-ecetsav (IAA), melatonin (MT) vizsgálata pedig ELISA kit használatával került meghatározásra.

### 2.2. Baromfi redox-homeosztázis és szénhidrát-anyagcserejének vizsgálata

A baromfi vizsgálatot, a Debreceni Egyetem Munkahelyi Állatjóléti Bizottság (DE MÁB) jóváhagyásával végeztük (DEMAB/12-7/2015). A vizsgálatok összhangban voltak a kísérleti állatok kezelésére vonatkozó nemzetközi ajánlásokkal.

A kísérletet a Debreceni Egyetem Kismacsi Állattenyésztési Kísérleti Telepén végeztük el. A kísérletben 180 db ROSS 308 típusú fajtahibridet telepítettünk be és 0 napos kortól a 42. napos korig neveltük.

Az 1 napos csirkéket véletlenszerűen 3 fülkében (60 madár/fülke) helyeztük el. A kísérlet a madarak 1 napos korában kezdődött és 42 napos korukig tartott. A brojlereket antibiotikummentes, kereskedelmi forgalomban kapható kukorica-szója alapú alaptakarmánnyal (BD) etettük négy takarmányozási fázis szerint: prestarter (1-9. nap), indító (10-21. nap), nevelő (22-31. nap) és befejező (32-42. nap). A takarmány és a víz a kísérlet teljes időtartama alatt *ad libitum* állt rendelkezésre.

A kísérlet során a takarmányozási fázisoknak megfelelően vérminta gyűjtése történt és az alábbi paramétereket határoztuk meg:

GSH, GSSG, GR, GPx, szuperoxid-dizmutáz inhibíciós ráta, aszpartát-aminotranszferáz (AST), maldondialdehid (MDA), albumin (kolorimetriás módszerrel) cisztein (Cys), homocisztein (Hcy), ciszteiril-glicin ( Cys-Gly),  $\gamma$ -glutamilciszteint ( $\gamma$ -GC), cisztin (Cyss), GSH, n-acetilcisztein (NAC) (LC-MS módszerrel), interleukin-2 (IL-2), interleukin-6 (IL-6), interleukin-8 (IL-8), tumor nekrozis faktor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), glükóz, inzulin (INS), inzulinszerű növekedési faktor-1 (IGF-1), növekedési hormon releasing hormonja (GHRH), ghrelin, leptin (kolorimetriás kit és ELISA kit segítségével)

### **2.3. Sertés kísérlet**

A sertés vérmintákat a Hajdúböszörményi Mezőgazdasági Zrt. sertéstelepeiről kaptuk. A malacok súlyát választásig 3 alkalommal mérték, születéskor, 14 napos korukban és 28 naposan. Két csoportot alakítottak ki, a kontroll csoport (n=319 malac) a malacok 10 napos korukig csak szoptak, majd prestarter száraz tápot kaptak. A kísérleti csoportban (n=330) a szoptatás mellett folyékony tejpótlóval (16,6% oldatban, SanAmmat F, Sano GmbH, Germany) is ellátták az állatokat. A tejpótlót előre bekevert oldatban töltötték 100 l térfogatú tartályba.

A malacoktól - csoportonként 22-22 – választáskor (28nap) – az elülső torkolati vénából (*anterior vena cava clavalis*) 2 ml vért vettek. A vérből a malacok szénhidrát-anyagcsere profilját határoztuk meg. A vérmintákból a glükóz, inzulin, GHRH, IGF-1 koncentrációk kerültek meghatározásra kolorimetriás módszerrel.

#### 2.4. Wistar patkányok szénhidrát-anyagcseréjének vizsgálata

A vizsgálatot patkányok esetében a Debreceni Egyetem Munkahelyi Állatjóléti Bizottság (DE MÁB) jóváhagyásával végeztük (25/2013/DEMAB). A vizsgálatok összhangban voltak a kísérleti állatok kezelésére vonatkozó nemzetközi ajánlásokkal. A vizsgálat során hím Wistar patkányokat (n=42) használtunk. A patkányokat ellenőrzött környezetben tartottuk (22-24° C, 12-12 órás világos/sötét ciklus). Ezt követően a patkányokat véletlenszerűen hat kísérleti csoportba osztottuk: egészséges kontroll (K), magas zsírtartalmú diéta kontroll (HF), magas zsírtartalmú diéta + 1 mg/kg diosgenin (1D), magas zsírtartalmú étrend + 10 mg/kg diosgenin (10D), magas zsírtartalmú étrend + 50 mg/kg diosgenin (50D) és magas zsírtartalmú étrend + 0,2 mg/kg görögszénamag (FG). Az egészséges kontroll patkányok standard laboratóriumi takarmányt (S8106-S011 SM R/MZ+H, ssniff Spezialdiäten GmbH, Németország) és friss csapvizet kaptak *ad libitum*. Az öt másik csoport állatai *ad libitum* kaptak magas nyerszsír- és szénhidrát-tartalmú, magas zsírtartalmú étrendként (HFD) definiált étrendet és 5% szacharózt az ivóvízben. A speciális rágcsálótakarmányt (RM AFE45%FAT 20%CP 35%CHO (P)) a "Special Diets Services" (Egyesült Királyság) ajánlása szerint alkalmaztuk. A kísérlet végpontjaként a kezelési időszak hetedik hetét határoztuk meg.

A mintavételek után a glükóz, inzulin, GHRH, IGF-1, trijód-tironin (T<sub>3</sub>), tiroxin (T<sub>4</sub>) koncentrációkat határoztuk meg a vizsgált csoportokban.

### **3. EREDMÉNYEK**

#### **3.1. Antioxidáns védelmi rendszer válasza ultrahangos kezelésre 1. kísérlet**

A vízdoldékony antioxidáns kapacitás (ACW) eredményei alapján megállapítható, hogy a zsírdoldékony antioxidáns kapacitáshoz (ACL) viszonyítva alacsonyabb értékeket mértünk minden mintavételi időpontban. Ennek magyarázata, hogy a növény által szintetizált másodlagos metabolitok alkoholos oldékonyságúak. A zsírdoldékony antioxidánskapacitás (ACL) érték hasonló volt mind az UH-kezelt, mind a kontroll növényekben. Az vízdoldható antioxidáns kapacitás nem mutatott változást, kivéve a 0. órában mért értékek estében, ahol az ultrahangos kezelés következtében szignifikáns csökkenést tapasztaltunk.

Következő lépésben a kismolekulájú antioxidánsok koncentrációját határoztuk meg. A kezelést követő 24. órában az E-vitamin kivételével megemelkedik a koncentrációjuk. A C-vitamin, 1 héttel a kezelést követően lecsökkent, majd a 4. hétre újra emelkedést tapasztaltunk. Az utolsó mintavételi időpontban nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget a kezelt és kontroll növények C-vitamin koncentrációja között.

A GSH koncentráció 24 órán belül emelkedett, az UH-kezelés hatására kismértékű emelkedést figyeltünk meg. A 4 hetes UH-kezelt növények esetében háromszor magasabb redukált-glutation koncentráció figyelhető meg a kontroll növények eredményével összehasonlítva.

Hasonlóképpen, a GSSG koncentrációja is magasabb volt az ultrahangos kezelést követő 24 órás minták esetében, és az intenzív növekedési fázisban, azaz az egyhetes mintákban tapasztaltuk a legalacsonyabb értéket. A 4. hét végére az oxidált-glutation koncentráció szignifikánsan magasabb volt a kontroll, és az ultrahanggal kezelt növényekben egyaránt. Az UH-kezelés utóhatásaként értékeltük a GSSG szignifikánsan magasabb szintjét a kontroll növényekhez viszonyítva.

Az E-vitamin koncentrációja nem változott szignifikánsan a növekedés és fejlődés első három fázisa során, de a tenyésztés 4. hetére megduplázódott a kontroll mintákban (4. fázis). Az UH-kezelés azonban csak közvetlenül a kezelés után (0 órás mintavétel) eredményezett növekedést az E-vitamin koncentrációjában, de a későbbi mintavételi időpontokban (2-4. fázis) nem tapasztaltunk szignifikáns változást, a kontrollnövények eredményeihez viszonyítva. Szembetűnő, hogy 24 órával, illetve 1 héttel az UH-kezelés után az E-vitamin mennyisége szignifikánsan alacsonyabb volt, mint közvetlenül az ultrahangos kezelés után (0 órás mintavétel). A 0 órás és 4 hetes növények E-vitamin koncentrációit összehasonlítva nem találtunk szignifikáns eltérést.

A SOD, GR és APX aktivitása közvetlenül a kezelést követően (0 óra), majd 24 órával az ultrahangos kezelést követően változott.

A SOD aktivitás jelentősen megnőtt (3,96  $\mu\text{M}$ -ról 131,24  $\mu\text{M}$ -re) 24 órával a szubkultúrák létrehozását követően a nem kezelt explantátumokban. Az ultrahangos kezelés következtében a SOD aktivitás növekedést (9,16  $\mu\text{M}$ -ról 218,33  $\mu\text{M}$ -re) mutatott. Az ultrahangos kezelés 24 óra elteltével a SOD aktivitás jelentős növekedését eredményezte, a kontroll mintákhoz viszonyítva 1,66-szorosát. Az aktivitás további növekedését tapasztaltuk az 1 hetes növényeket vizsgálva (337,03 és 331,22  $\mu\text{M}$  a kontroll és az UH kezelt növényekben), ami feltehetőleg nincs összefüggésben az UH-kezeléssel. A 4 hét után a SOD-aktivitás csökkent.

A GR-aktivitás 24 órával az UH-kezelést követően jelentősen megnőtt, és a 4. hét végéig 2- vagy 3-szor magasabb maradt a kontroll mintákhoz képest. A GST aktivitás 24 óra után, és az egyhetes mintákban csökkent, a magasabb a SOD és/vagy APX aktivitás következtében. A GST megnövekedett aktivitása volt megfigyelhető a 4 hetes növényekből származó mintákban a kontroll esetében, bár ez a növekedés nem volt szignifikáns az ultrahangos kezelés hatására. Megnövekedett APX aktivitást és csökkent AA koncentrációt figyeltünk meg közvetlenül az ultrahangos kezelés után (0 óra).

A KAT-aktivitásban nem észleltünk jelentős változást. A GPx aktivitás minden mintavételi időpontban nulla volt mind az UH-kezelt, mind a kontroll növények esetében.

### **3.2. Ultrahangos kezelés hatása a melatoninra, auxinra és az antioxidáns védelmi rendszerre**

Hasonlóan az előző kísérletünkhöz, vizsgáltuk hogyan változik a kontroll, illetve az ultrahanggal kezelt növények vízdékony antioxidáns kapacitása (ACW), amelyet az. Nem mértünk szignifikáns különbséget a különböző csoportok között, sem pedig a csoportokon belül a különböző mintavételi időpontokat összehasonlítva. Az előző kísérletünkhöz hasonló eredményeket kaptunk (**1. kísérlet: K 0h:** 1,01  $\mu\text{g}/\text{mg} \pm 0,05$ , **K 24h:** 0,88  $\mu\text{g}/\text{mg} \pm 0,07$ , **K 4. hét:** 1,16  $\mu\text{g}/\text{mg} \pm 0,01$ ; **2. kísérlet: K 0h:** 0,99  $\mu\text{g}/\text{mg} \pm 0,03$ , **K 24h:** 0,83  $\mu\text{g}/\text{mg} \pm 0,02$ , **K 4. hét:** 1,33  $\mu\text{g}/\text{mg} \pm 0,018$ ).

A zsírdékony antioxidáns kapacitásra vonatkozó (ACL) mérési eredményeink szerint szignifikáns különbségeket csak az ACL értékekben tapasztaltunk (DOBRÁNSZKI és mtsai., 2017a). Az intenzív növekedési fázisban, a 24 órás (K 24h: 3,310  $\mu\text{g}/\text{mg} \pm 0,24$ ) és az egyhetes növényekben (K0 1. hét: 2,98  $\mu\text{g}/\text{mg} \pm 0,04$ ) a növekedés és fejlődés által kiváltott metabolikus stressz olyan jelentős volt, hogy az ACL értékek nagymértékben csökkentek. A 20 és 30 perces

UH-kezelések nem befolyásolták ezt a tendenciát. Az ACW és ACL összehasonlításával a kontrollnövényeknél az ACL az ACW többszöröse.

A kontrollnövény GSH koncentrációja bizonyos növekedési fázisokban fokozatosan emelkedett (K 0h: 2,56  $\mu\text{g/ml} \pm 0,026$ ; K 24h: 2,81  $\mu\text{g/ml} \pm 0,015$ ; K 48h: 2,90  $\mu\text{g/ml} \pm 0,010$ ), majd az egyhetes növényben jelentősen csökkent (K 1hét: 1,92  $\mu\text{g/ml} \pm 0,015$ ). Az UH-kezelések hatására 24 óra elteltével megemelkedett a koncentrációja (UH20 0h: 2,53  $\mu\text{g/ml} \pm 0,02$ ; UH20 24h: 3,88  $\mu\text{g/ml} \pm 0,025$ ; UH30 0h: 2,667  $\mu\text{g/ml} \pm 0,032$ ; UH30 24h: 3,74  $\mu\text{g/ml} \pm 0,015$ ). A 20 perces kezelést követően a 4. hét végéig csökkenés figyelhető meg (UH20 48h: 3,19  $\mu\text{g/ml} \pm 0,015$ ; UH20 1.hét: 2,64  $\mu\text{g/ml} \pm 0,010$ ; UH20 4. hét: 1,443  $\mu\text{g/ml} \pm 0,015$ ). A 30 perces UH kezelés alkalmazása után azt tapasztaltuk, hogy 1 hét elteltével hasonló koncentráció érték volt jellemző (UH30 1hét: 2,72  $\mu\text{g/ml} \pm 0,015$ ) mint a 0h mintáknál (UH30 0h: 2,66  $\mu\text{g/ml} \pm 0,032$ ), majd nem szignifikáns kis mértékű koncentrációemelkedés figyelhető meg (UH30 4. hét: 2,85  $\mu\text{g/ml} \pm 0,026$ ).

A glutation mellett az aszkorbinsav (AA) is fontos szerepet játszik a redox-homeosztázis fenntartásában mind a méregtelenítési, mind a regenerációs fázisban. A C-vitamin esetében eredményeink alapján a kontrollcsoportban 24 óra elteltével megnőtt koncentrációt (K 0h: 14,69  $\text{ng/ml} \pm 1,056$ ; K 24h: 20,53  $\text{ng/ml} \pm 0,95$ ) tapasztaltunk. Ezt követően a következő növekedési fázisokban fokozatos csökkenés figyelhető meg (K 48h: 10,97  $\text{ng/ml} \pm 0,26$ ; K 1. hét: 4,21  $\text{ng/ml} \pm 0,61$ ; K 4. hét: 6,13  $\text{ng/ml} \pm 0,63$ ). Látható, hogy a növekedés és fejlődés okozta metabolikus stressz mellett az alkalmazott abiotikus stressz, azaz az ultrahangos kezelés nem változtatta meg jelentősen a C-vitamin koncentrációját a növényekben, hasonlóan alakultak az értékek, mint a kontrollcsoportban (K 24h: 20,53  $\text{ng/ml} \pm 0,95$ ; UH20 24h 16,49  $\text{ng/ml} \pm 0,74$ ; UH30 24h: 18,04  $\text{ng/ml} \pm 0,76$ ; K 48h: 10,97  $\text{ng/ml} \pm 0,26$ ; UH20 48h: 11,83  $\text{ng/ml} \pm 1,03$ ; UH30 48h: 10,96  $\text{ng/ml} \pm 0,38$ ; K 1. hét: 4,21  $\text{ng/ml} \pm 0,61$ ; UH20 1. hét 4,18  $\text{ng/ml} \pm 0,20$ ; UH30 1. hét: 5,75  $\text{ng/ml} \pm 0,47$ ).

A glutation-szintetáz enzim (GSS) aktivitásának változása a GSH koncentráció inverze. Mindhárom csoport esetén az 1 hetes növényeknél a legaktívabb az enzim (K 1. hét: 25,53  $\text{ng/ml} \pm 0,43$ ; UH20 1. hét: 20,39  $\text{ng/ml} \pm 0,78$ ; UH30 1. hét: 24,30  $\text{ng/ml} \pm 1,25$ ). A kontrollcsoportnál szignifikánsan magasabb értéket mértünk a 48 óra és 1 hét után begyűjtött mintáknál (K 0h: 13,35  $\text{ng/ml} \pm 0,89$ ; K 48h: 16,40  $\text{ng/ml} \pm 1,19$ ; K 1. hét: 25,53  $\text{ng/ml} \pm 0,43$ ). Az ultrahanggal kezelt csoportok esetében is ebben a két időpillanatban tapasztaltunk szignifikáns eltérést (UH20 0h: 13,76  $\text{ng/ml} \pm 1,22$ ; UH20 48h: 20,46  $\text{ng/ml} \pm 1,37$ ; UH20 1. hét: 20,39  $\text{ng/ml} \pm 0,78$ ; UH30 0h: 12,96  $\text{ng/ml} \pm 0,76$ ; UH30 48h: 21,72  $\text{ng/ml} \pm 1,89$ ; UH30 1. hét: 24,30  $\text{ng/ml} \pm 1,25$ ).

Vizsgáltuk a glutation-reduktáz (GR) enzim változását. A glutation-reduktáz követi a GSH koncentráció változását a kontrollcsoportban. A 20 perces UH-kezelés nem befolyásolta a mennyiségi változások irányát, hasonló tendenciát mutat. A kontrollnövények esetében kapott eredményekkel összehasonlítva, azonban GR aktivitása jelentősen csökkent. A 30 perces UH-kezelés, ami erős abiotikus stressznek számított, 48 órával az ultrahangos kezelés után növelte a GR-aktivitást (UH30 48h: 18,84 mU/ml  $\pm$  0,15), de a következő növekedési fázisokban már nem tudta növelni.

Az aszkorbát-peroxidáz (Apx) koncentrációjának változását megvizsgálva szembetűnő, hogy mind a három csoport esetében szignifikánsan megemelkedik az egy hetes növények Apx koncentrációja (K 0h: 36,71 ng/ml  $\pm$  0,47; K 1. hét: 67,06 ng/ml  $\pm$  0,62; UH20 0h: 34,44 ng/ml  $\pm$  0,76; UH 1. hét: 71,82 ng/ml  $\pm$  0,44; UH30 0h: 37,63 ng/ml  $\pm$  0,58; UH30 1. hét: 67,52 ng/ml  $\pm$  0,68). Az aszkorbát-peroxidáz esetében is megfigyelhető ugyanaz a minta, mint a glutation-szintetáz és glutation esetében, inverz módon követi az aszkorbinsav koncentráció értékeit. Míg az 1 hetes növényeknél az aszkorbinsav koncentráció szignifikáns csökkenést mutat, addig a glutation-szintetáz koncentrációja jelentősen megemelkedik a többi mintavételi időpontban mért értékekhez képest mindhárom csoport esetében.

A szuperoxid-dizmutáz enzim aktivitás változásának eredményei alapján megállapítható, hogy a kontrollcsoport esetében 24 és 48 órát (K 24h: 183 U/ml  $\pm$  4,57; K 48h: 403,8 U/ml  $\pm$  3,93) követően jelentősen megnőtt az aktivitása a 0 órához (K 0h: 114,6 U/ml  $\pm$  5,28) képest. Az 1 hetes növényben a SOD aktivitás csökkent (K 1. hét: 233,7 U/ml  $\pm$  5,04), majd további csökkenés volt megfigyelhető a 4 hetes minták esetében (K 4. hét: 135,5 U/ml  $\pm$  2,27). Ez a tendencia nem változott jelentősen, ha a növényeket 20 perces ultrahangos kezelésnek vetettük alá. A SOD aktivitás jelentős növekedése volt kimutatható az 1 hetes növények esetében mind a kontroll (K 1. hét: 233,7 U/ml  $\pm$  5,04), mind a 20 (UH20 1hét: 309,9 U/ml  $\pm$  1,95) és 30 perces (UH30 1. hét: 326,3 U/ml  $\pm$  3,49) UH kezelés eredményeit megfigyelve. A 4 hetes mintáknál a 0 óras értékekhez hasonló SOD aktivitás volt jellemző (K 0h: 114,6 U/ml  $\pm$  5,28; K 4. hét: 135,5 U/ml  $\pm$  2,27; UH20 0h: 138,9 U/ml  $\pm$  3,35; UH20 4. hét: 110,9 U/ml  $\pm$  3,63; UH30 0h: 105,6 U/ml  $\pm$  6,52; UH 4. hét: 112,9 U/ml  $\pm$  3,98).

Megmértük az indol-3-ecetsav (IAA) koncentrációjának változását. A kontrollnövényeket vizsgálva IAA-koncentráció az első 24 órában nem változott (K 0h: 65,41 ng/ml  $\pm$  1,53; K 24h: 66,76 ng/ml  $\pm$  3,46) de a többi növekedési fázisban csökkent a koncentrációja (K 48h: 52,75 ng/ml  $\pm$  1,12; K 1. hét: 54,32 ng/ml  $\pm$  1,39; K 4. hét: 50,78 ng/ml  $\pm$  4,70). Az 1 hetes mintákban nem volt változás a kezdeti szakaszhoz képest. A 20 perces UH-kezelés azonban

moduláló hatást fejtett ki, jelentősen növelte a koncentrációt a 4 hetes növényekben (UH20 0h: 56,39 ng/ml  $\pm$  3,53; UH20 4. hét: 83,32 ng/ml  $\pm$  4,28). A 30 percig tartó ultrahangos kezelés nem okozott koncentráció növekedést az 1 hetes növényekben, de az összes többi fázisban szignifikáns növekedést okozott (UH30 0h: 58,58 ng/ml  $\pm$  3,21; UH30 24h: 77,64 ng/ml  $\pm$  1,62; UH30 48h: 76,65 ng/ml  $\pm$  1,19; UH30 4. hét: 80,53 ng/ml  $\pm$  1,11).

A kontrollcsoport melatonin koncentrációja minden növekedési fázisban szignifikánsan különbözik a 0h mintához viszonyítva (K 0h: 5,88 ng/g  $\pm$  0,01; K 24h: 8,62 ng/g  $\pm$  0,02; K 48h: 5,18 ng/g  $\pm$  0,06; K 1. hét: 5,47 ng/g  $\pm$  0,03; K 4. hét: 6,52 ng/g  $\pm$  0,05). A melatonin koncentrációja 24 órás növényekben nőtt, majd csökkent a 48 órás és az egyhetes mintákban a 0 órás mintákhoz képest. A 20 perces ultrahangos kezelés után a 24 órás mintákban (UH20 24h: 4,42 ng/g  $\pm$  0,02) a 0 órás mintákhoz (UH20 0h: 4,14 ng/g  $\pm$  0,01) képest nőtt a melatonin szintje. Mind a 20, mind a 30 perces UH-kezelés csökkentette a melatonin koncentrációt a későbbi növekedési fázisokban (48 óra és 1. hét; UH20 48h: 3,47 ng/g  $\pm$  0,03; UH20 1. hét: 3,54 ng/g  $\pm$  0,05; UH30 48h: 3,44 ng/g  $\pm$  0,01; UH30 1. hét: 3,89 ng/g  $\pm$  0,03), majd a 4 hetes növényekben megemelte azt (UH 20 4. hét: 4,40 ng/g  $\pm$  0,01; UH30 4. hét: 5,92 ng/g  $\pm$  0,03).

Az általunk kapott eredmények összhangban állnak az általános stressz-válasz modellekkel, amelyek az abiotikus stressz közös eredményeként a koordinált enzimatikus és nem enzimatikus védekezést írják le (KHAN ÉS MTSAI., 2020; REHAMAN és mtsai., 2021).

A melatonin és auxin szint közötti interakció összhangban van a stresszhez való alkalmazkodás során fellépő hormonális kölcsönhatások szélesebb körű modelljeivel (ZHANG és mtsai., 2022).

### **3.3. Baromfi antioxidáns védelmi rendszere és szénhidrát-anyagcseréje**

A brojlercsirkék genetikai szelekciója elősegíti az állatok fogékonyságát a biotikus és abiotikus stresszfaktorokkal szemben.

Az oxidatív stressz élettani funkciókra gyakorolt hatása évtizedek óta számos kutatás központi témája. Jellemző paraméterei, nevezetesen (i) az enzimek (SOD, KAT, GTS és GPx), (ii) a kis molekulájú antioxidánsok (E- és C-vitamin és glutation), valamint (iii) a hősokkfehérjék, amelyek lehetővé teszik, hogy egy adott anyag vagy környezeti tényező szerepét vizsgáljuk a redox-homeosztázis fenntartásában (Babinszky et al., 2019; Rahman, 2007). Figyelembe kell azonban venni a redox-homeosztázis dinamikus jellemzőit, ami azt jelenti, hogy egyetlen időpontban végzett mérésekből nem lehet pontos következtetéseket levonni az oxidáns/pro-oxidáns egyensúlyra és a kóros állapotokra vonatkozóan. A redox-homeosztázis állapotát a

teljes életciklus alatt kell követni, ami lehetővé teszi a különböző fejlődési szakaszok összehasonlítását. Brojler esetében a víz- és zsírolékony antioxidánskapacitás meghatározása plazmából az előzőekben leírt módszerrel nem lehetséges, mivel nem képződnek olyan másodlagos metabolitok, amelyek az állat antioxidáns védelmi rendszerét támogatják. Baromfi esetén erre a célra az MDA, tiolok és az albumin, valamint az albumin telítettségi fokának vizsgálata alkalmas.

Az első időpontban vett mintákban a plazma malondialdehid (MDA) koncentrációja  $187 \text{ nmol/ml} \pm 1,57$  volt. A 8 ( $162,6 \text{ nmol/ml} \pm 0,10$ ) és 21 napos ( $144,5 \text{ nmol/ml} \pm 0,26$ ) állatok plazmájában ez az érték csökkent, majd a 32. napra ( $229,3 \text{ nmol/ml} \pm 0,23$ ) jelentősen megemelkedett.

Ezzel szemben a vérplazma E-vitamin koncentrációja a 21. napon volt a legmagasabb ( $26,6 \text{ ng/ml} \pm 0,16$ ), de a kísérlet végére (42. nap:  $24,20 \text{ ng/ml} \pm 0,15$ ) csökkent. A 21. napon MDA-koncentráció növekedésével az  $\alpha$ -tokoferol mennyisége csökkent, habár ez szignifikánsan nem volt kimutatható.

A GSH-koncentráció a kísérlet során folyamatos, szignifikáns csökkenést mutatott. A 3. napon  $10,45 \text{ } \mu\text{M} \pm 0,36$  volt, a 21. napra ( $4,49 \text{ } \mu\text{M} \pm 0,15$ ) a felére csökkent, majd a nevelési időszak végére további csökkenést mutatott ( $3,15 \text{ } \mu\text{M} \pm 0,13$ ). A hidrogén-peroxidot a GPx a GSH segítségével eliminálta. A glutation koncentrációja 21 napos madaraknál még intenzív glutation-reduktáz aktivitás mellett is csaknem a felére csökkent, ami jelentős oxidatív stresszre utal.

Az MDA-hoz hasonlóan a vérplazma C-vitamin koncentrációja a 21. napon ( $9,57 \text{ nmol/ml} \pm 0,28$ ) volt a legalacsonyabb, majd a kísérlet végére szignifikánsan emelkedett ( $28,34 \text{ nmol/ml} \pm 0,44$ ).

A SOD [EC 1.15.1.1] inhibíciós aránya a 21. napra ( $49,26 \% \pm 0,26$ ) szignifikánsan csökkent, a 32. napra ( $55,55 \% \pm 0,31$ ) pedig enyhén emelkedett, és újabb csökkenés volt megfigyelhető a kísérleti időszak végén.

A DTNB-Tiol koncentrációt vizsgálva a 21. és 32. napra (21. nap:  $2188 \text{ } \mu\text{M} \pm 88,36$ ; 32. nap:  $1555 \text{ } \mu\text{M} \pm 43,49$ ) szignifikánsan csökkent a plazmában, majd a 42. napra ( $2353 \text{ } \mu\text{M} \pm 34,40$ ) kis mértékben emelkedett, és a 21. napon mért értékhez hasonló értéket mértünk.

Az albuminkoncentrációt értékelve folyamatos szignifikáns növekedést tapasztaltunk a kísérleti időszakban. Kivéve a 21. napot, ahol kis mértékű csökkenés volt kimutatható (3. nap:  $12,25 \text{ g/l} \pm 0,08$ ; 8. nap:  $15,56 \text{ g/l} \pm 0,13$ ; 21. nap:  $14,43 \text{ g/l} \pm 0,24$ , 32. nap:  $15,29 \text{ g/l} \pm 0,87$ ; 42. nap:  $15,92 \text{ g/l} \pm 0,09$ ).

A glutation-peroxidáz (GPx) aktivitás csökkenése kedvezőtlenül hatott a regenerációs és méregtelenítési útvonalakra, ami a vérplazmában mérhető E-vitamin koncentrációjának növekedését vonta maga után.

A GPx aktivitása a 21. napra ( $40,28 \text{ mU/ml} \pm 0,21$ ) csökkent, majd a kísérlet végéig (42. nap:  $59,03 \text{ mU/ml} \pm 0,11$ ) szignifikánsan nőtt.

A glutation-reduktáz (GR) aktivitás a 8. napon ( $54,56 \text{ mU/ml} \pm 0,11$ ) és a 21. napon ( $53,25 \text{ mU/ml} \pm 0,13$ ) mért hasonló értéket mutatott. Később emelkedést figyeltünk meg, a 32. napon ( $79,44 \text{ mU/ml} \pm 0,33$ ). A nevelési időszak végéig ( $79,30 \text{ mU/ml} \pm 0,09$ ) fennmaradt az előző időpontban mért aktivitás. A GSH-szint csökkent, bár a konjugált glutationt hasító GR aktivitása a 42 nap alatt folyamatosan szignifikánsan emelkedett.

Megmértük a plazma ösztriolok és diszulfidok (TTD) koncentrációját. Minden időpontban megvizsgáltuk a cisztein (Cys) homeosztázis és a transzszulfurációs útvonal (TSP) résztvevőit. A TTD-mérések során a Cys homeosztázis és a TSP résztvevőire fektettük a hangsúlyt.

A GSH-szint legmarkánsabb csökkenését a 21. napon ( $4930 \text{ ng/ml} \pm 0,13$ ) tapasztaltuk, amely a kísérleti időszak végéig tovább csökkent (42. nap:  $3786 \text{ ng/ml} \pm 0,20$ ). Ez ellentétben állt a  $\gamma$ -glutamilcisztein ( $\gamma$ -GC) koncentrációval, amely a glutation prekuzora (BRAIDY és mtsai., 2019). A  $\gamma$ -GC koncentrációja a 8. napra ( $9072 \text{ ng/ml} \pm 0,18$ ) megnőtt, és ezt követően szinte változatlan maradt.

Méréseink a cisztein (Cys) szint jelentős emelkedését mutatták gyorsan növekvő brojlercsirkéknél a 8. napon ( $9740 \text{ ng/ml} \pm 0,2$ ), és a Cys-szint a madarak teljes életciklusa alatt magas maradt.

A GSH és a cisztin (Cyss) koncentrációjának jelentős változása (NTE és GUNN, 2021) összhangban volt a ciszteinil-glicin (Cys-Gly) diszulfid szintjének változásával. A cisztin (Cyss) koncentrációja a redukált-glutationhoz hasonlóan a 8. napra ( $136 \text{ ng/ml} \pm 0,16$ ) megemelkedett, majd a nevelési időszak végéig (21. nap:  $120 \text{ ng/ml} \pm 0,12$ ; 32. nap:  $112 \text{ ng/ml} \pm 0,20$ ; 42. nap:  $96 \text{ ng/ml} \pm 0,14$ ) csökkent, míg a Cys-Gly mennyisége először csökkent, majd nőtt.

A homocisztein Hcy-szint a 8. napon (3. nap:  $5866 \text{ ng/ml} \pm 0,15$ ; 8. nap:  $13866 \text{ ng/ml} \pm 0,13$ ) több mint kétszeresére emelkedett, és a 42. napig ( $9876 \text{ ng/ml} \pm 0,17$ ) magas maradt a 3. naphoz képest.

A N-acetilcisztein (NAC) koncentrációja bizonyos növekedési időszakokban jelentősen változik, a 42 nap ( $188 \text{ ng/ml} \pm 0,20$ ) alatt folyamatos csökkenés volt megfigyelhető a 3. naphoz ( $396 \text{ ng/ml} \pm 0,19$ ) képest.

A szabad és kötött tiolok döntő szerepét már humán vizsgálatokkal is bizonyították, de még nincs megfelelő módszer a mérésükre. A FU és munkatársai (2019) által közzétett új módszer megbízható és reprodukálható eljárást biztosít minden típusú tiolvegyület vizsgálatára.

A citokin szintek a madarak növekedésével párhuzamosan emelkedtek. A 21. naptól kezdve valamennyi paraméter esetében körülbelül négyszeres növekedést figyeltünk meg

Az interleukin-2 koncentrációja a kísérlet 3. napján  $1,26 \text{ ng/l} \pm 0,14$  volt, majd a 21-napra  $8,76 \text{ ng/l} \pm 0,98$ -ra emelkedett. A 42. napon ( $12,84 \text{ ng/l} \pm 2,67$ ) még nagyobb koncentrációértéket mértünk a madarak plazmájában. Hasonló tendencia figyelhető meg az interleukin-6 (, az interleukin-8 és a tumor nekrozis faktor- $\alpha$  esetében is. Eredményeink azt is kimutatták, hogy e markerek koncentrációja a 42. napon rendkívül magas volt, ami súlyos gyulladást jelez az állatokban.

Az oxidatív stressz következtében szétesett DNS, lipidek és fehérjék nekrozishoz, a hepatociták elvesztéséhez, és fokozódó gyulladással válaszhoz vezetnek. Progresszív májfibrózis és krónikus gyulladás alakulhat ki abban az esetben, ha az elsődleges betegség és a tartós ingerek nem kerülnek kontroll alá, amelyek a nekrozissal együtt a fibrotikus májbetegségekre jellemzőek (CZAJA, 2014). Ezt a 21 napos madaraktól származó eredményeink is megerősítették, nevezetesen a nekrotikus enzim, az aszparát-aminotranszferáz (AST) szintje jelentősen megemelkedett. A plazma (AST) koncentrációja szignifikánsan emelkedett a 21. napon (3. nap:  $125,8 \text{ U/l} \pm 2,92$ ; 21. nap:  $235,4 \text{ U/l} \pm 3,57$ ), majd a kísérlet végére lecsökken (42. nap:  $170 \text{ U/l} \pm 4,65$ ).

A gyulladással járó paraméterek emelkedő szintje mellett a szövettani metszeteken egyértelműen láthatóak voltak a máj szerkezeti elváltozásai. Többek között a hidropikus degradáció, a gyulladással járó sejtek megjelenése látható (XING és mtsai., 2021). A máj szövettani képe alapján a 42 napos állatoknál a máj zsíros degenerációja jellemző, és a lipidlerakódások száma jelentősen megnőtt. Ez a Mallory-testek számában is megmutatkozott, ami a sérült intermedier filamentumok aggregációját jelzi (JENSEN és GLUUD, 1994a, 1994b).

Eredményeinkben tapasztalt tendenciákhoz hasonlóan számolnak be SURAI és munkatársai (2019) és SAHIN és munkatársai (2023), amelyek szerint az intenzív növekedés, a környezeti stressz vagy az anyagcsere-terhelés következtében emeli a reaktív oxigénszármazékok szintjét és kihívást jelent az antioxidáns védelmi rendszerek számára (SAHIN és mtsai., 2023; SURAI és mtsai., 2019).

### 3.3.1. Brojler csirke szénhidrát-anyagcseréjében tapasztalt változások

Vizsgáltuk az intenzív növekedés alatt a szénhidrát-anyagcsere változásait. A glükóz fő előanyaga az adenzin-trifoszfátnak (ATP), így a sejtek fő energiaforrása, kitüntetett szerepe van a tápanyagellátásában, mobilizálásban, raktározási folyamatokban.

Mérési eredményeinket vizsgálva megállapítható, hogy a 42 napos időszak alatt a plazma glükózszintje nem változott szignifikánsan. A nevelési időszak kezdetén  $15,53 \text{ mmol/l} \pm 2,04$  a 42. napon pedig  $14,39 \text{ mmol/l} \pm 2,10$  glükózkoncentrációt mértünk.

A plazma inzulin koncentrációja a 42. napon  $13,21 \text{ mU/l} \pm 2,79$  volt. A nevelési időszak végén mért eredmény szignifikánsan magasabb a 8. napon ( $7,97 \text{ mU/l} \pm 0,53$ ), a 21. napon ( $7,37 \text{ mU/l} \pm 0,61$ ) és 35. napon ( $8,67 \text{ mU/l} \pm 1,12$ ) mért koncentráció értékekhez képest.

A 35. ( $342,5 \text{ pg/ml} \pm 40,56$ ) és 42. ( $359,1 \text{ pg/ml} \pm 41,14$ ) napra szignifikánsan megemelkedik a plazma IGF-1 koncentrációja a többi mintavételi időponthoz viszonyítva a 21. napot követően.

A GHRH koncentrációja a madarak plazmájában a 21. napra szignifikánsan csökkent ( $88,95 \text{ pg/ml} \pm 5,47$ ), majd a nevelési időszak végére szignifikánsan megemelkedett (42. nap  $134,6 \pm 4,44$ ) az első három mintavételi időpont eredményeihez hasonlítva.

A plazma növekedési hormon koncentrációja, amely csökkenő tendenciát mutat (3. nap  $249,7 \text{ pg/ml} \pm 64,11$ , 8. nap  $177,7 \text{ pg/ml} \pm 43,13$ , 21. nap  $161,9 \text{ pg/ml} \pm 32,24$ , 35. nap  $173,3 \text{ pg/ml} \pm 37,53$ , 42. nap  $158,9 \text{ pg/ml} \pm 22,05$ ) de szignifikáns különbség nem volt kimutatható az takarmányváltások között.

Méréseink alapján elmondható, hogy a ghrelikoncentráció 42. napra ugyan lecsökken (3. nap  $1349 \text{ pg/ml} \pm 27,09$ ; 8. nap  $1347 \text{ pg/ml} \pm 54,48$ ; 21. nap  $1297 \text{ pg/ml} \pm 226,9$ ; 32. nap  $1365 \text{ pg/ml} \pm 85,39$ ; 42. nap  $1135 \text{ pg/ml} \pm 24,33$ ), de szignifikáns különbség nincs a különböző mintavételi időpontok között.

A 8 napos ( $325,5 \text{ pg/ml} \pm 18,91$ ) és a 42 napos ( $448,6 \pm 10,47$ ) állatok esetében szignifikánsan magasabb leptinkoncentrációt mértünk a többi mintavételkor kapott eredménnyel összevetve.

Eredményeink összhangban vannak a késői növekedés során bekövetkező csökkent inzulinérzékenység, „inzulinrezisztencia” felé történő átmenettel kapcsolatos tanulmánnyal. A stabil glükóz és emelkedő inzulinszint összehasonlítható a brojlercsirke takarmányozásáról szóló tudományos munkával, amely azt mutatja, hogy a plazma glükózkoncentrációja változatlan lehet a makronutriensekre, még akkor is, ha az endokrin/metabolikus szabályozás változik (NIJDAM és mtsai., 2006).

### **3.4. A kiegészítő sertéstejpotló hatása szopós malacok szénhidrát-anyagcseréjére**

Minden általunk mért paraméter esetében szignifikáns eltérést tapasztaltunk a tejpotlót kapott csoport esetében a kontrollcsoporthoz viszonyítva, kivéve a plazma glükózkoncentrációját. Az inzulin és az IFG-1 koncentrációja szignifikánsan magasabb volt a tejtatásos rendszerben nevelt állatok esetében, míg a GHRH koncentrációja a kontrollcsoport esetében mutatott szignifikánsan magasabb eltérést.

Eredményeink nagyon hasonlóak a klasszikus tejhelyettesítő teljesítményvizsgálathoz, amely kimutatta, hogy a kiegészítő tejhelyettesítő növelte a malacok átlagos elválasztási súlyát, és az alom teljes elválasztási súlyát, azaz a növekedési eredményeink megegyeznek azzal, amit a tanulmány hormonálisan támogatott anabolizmusként értelmez (AZAIN és mtsai., 1996b). Tehát, bár Azain és munkatársai (1996) elsősorban a teljesítmény végpontjairól számolnak be, nem pedig a hormonok változásáról, az általános következtetés megegyezik: a kiegészítés javítja az elválasztás előtti növekedést (AZAIN és mtsai., 1996b).

### **3.5. Diosgenin és a görögszéna alapú biológiai mátrix hatás vizsgálata patkány alapú inzulinrezisztencia modellben**

**Hiperinzulinémiás euglikémiás glükóz clamp (HEGC) segítségével** vizsgáltuk, hogy a görögszéna és a diosgenin, milyen hatást fejt ki a perifériás inzulinérzékenységre és a hipotalamusz-hipofízis tengely által szabályozott hormonok változására, mint a növekedési hormon, inzulin, az IGF-1, a T<sub>3</sub> és a T<sub>4</sub>. A HEGC vizsgálat során folyamatosan magas inzulinszintet és euglikémiás glükóz szintet tartanak fent. A 0. perc időpont jelzi a műtét kezdetét (glükóz és inzulin infúzió indítása előtt), a műtét végpontját pedig 120 perc. Minden állat esetében történt mintavétel.

Az éhgyomri glükózsíntek statisztikailag nem mutattak szignifikáns eltérést a csoportok között. A stacionárius állapotban, mivel a HEGC-ben a vércukorszintet mesterségesen tartják fenn euglikémiás állapotban, nem volt szignifikáns különbség a csoportok között.

Az éhgyomri plazma inzulinszintek között nem volt statisztikailag igazolt eltérés. Steady state állapotban az 1D (magas zsírtartalmú diéta + 1mg/kg diosgenin) állatoknál (109,5  $\mu$ IU/l  $\pm$  15,14) szignifikáns csökkenést mutattak az egészséges kontrollokhoz (K) (151,4  $\mu$ IU/l  $\pm$  22,8) és a magas zsírtartalmú kontrollokhoz (HF) (174,4  $\mu$ IU/l  $\pm$  15,16) képest. Az FG (magas zsírtartalmú diéta + 0,2 mg/kg görögszénamag) csoportban (117,5  $\mu$ IU/l  $\pm$  8,901) statisztikailag szignifikáns csökkenés volt tapasztalható a HF (magas zsírtartalmú diéta) csoporthoz (174,4  $\mu$ IU/l  $\pm$  15,16) képest. 10D (magas zsírtartalmú diéta + 10mg/kg diosgenin) csoportba tartozó

állatok azonban ( $246,1 \mu\text{IU/l} \pm 7,605$ ) szignifikáns inzulinszint növekedést mutattak mind a K ( $151,4 \mu\text{IU/l} \pm 22,8$ ), mind a HF állatokhoz képest ( $174,4 \mu\text{IU/l} \pm 15,16$ ).

A műtét kezdeti időpontjában az IGF-1 szintek nem mutattak statisztikailag értékelhető különbséget a csoportok között. A HEGC állandósult állapotában azonban az IGF-1 szintek szignifikánsan emelkedtek a HF, 1D, 10D és FG csoportokban a megfelelő 0 perces értékekhez képest (**HF0**:  $226,9 \text{ ng/ml} \pm 18,09$ , **HF120**:  $278 \text{ ng/ml} \pm 21,39$ ; **1D0**:  $216,8 \text{ ng/ml} \pm 28,99$ , **1D120**:  $310,7 \text{ ng/ml} \pm 20,03$ ; **10D0**:  $223,2 \text{ ng/ml} \pm 16,08$ , **10D120**:  $275,7 \text{ ng/ml} \pm 25,07$ ; **FG0**:  $209,8 \text{ ng/ml} \pm 26,30$ , **FG120**:  $281,7 \text{ ng/ml} \pm 33,14$ ).

Éhgyomri állapotban az összes diosgenin csoport (**1D0**:  $2396 \text{ pg/ml} \pm 236,8$ ; **10D0**:  $2047 \text{ pg/ml} \pm 254,7$ ; **50D0**:  $2329 \text{ pg/ml} \pm 121,8$ ) és az FG csoport ( $1443 \text{ pg/ml} \pm 204,5$ ) esetében is szignifikáns növekedést tapasztaltunk a HF ( $1523 \text{ pg/ml} \pm 316,2$ ) állatokhoz képest a GH szintjében. A HEGC állandósult állapotában azonban a GH-szintek az egészséges kontrolloknál ( $3107 \text{ pg/ml} \pm 411,1$ ) és a HF csoportban ( $2733 \text{ pg/ml} \pm 204,9$ ) emelkedtek, bár a megfelelő 0 perces értékhez képest nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget. A diosgenin kiegészítést kapott csoportokban a GH-szintek dózisfüggő csökkenést mutattak. A 10D120 ( $1660 \text{ pg/ml} \pm 435,5$ ) és 50D120 (magas zsírtartalmú diéta +5 0mg/kg diosgenin) ( $1499 \text{ pg/ml} \pm 222,4$ ) esetében a csökkenés statisztikailag szignifikáns volt az egészséges kontrollokhöz képest ( $3107 \text{ pg/ml} \pm 411,1$ ). Az 50D csoport esetében is szignifikáns csökkenést mutattunk ki a 0 perces értékhez képest (**50D0**:  $2329 \text{ pg/ml} \pm 121,8$ , **50D120**:  $1499 \text{ pg/ml} \pm 222,4$ ). A görögszéna kezelés (FG) szignifikáns csökkenést mutatott a GH szintekben a steady state állapotban mind a K és a HF csoporthoz képest (**K120**:  $3107 \text{ pg/ml} \pm 411,1$ ; **HF120**:  $2733 \text{ pg/ml} \pm 204,9$ ; **FG120**:  $1289 \text{ pg/ml} \pm 329,2$ ).

A  $T_3$  éhgyomri szintje minden csoportban jelentősen csökkent az egészséges kontroll csoporthoz képest (**K0**:  $1,125 \text{ ng/ml} \pm 0,28$ ; **HF0**:  $0,5986 \text{ ng/ml} \pm 0,159$ , **1D0**:  $0,6557 \text{ ng/ml} \pm 0,112$ ; **10D0**:  $0,7443 \text{ ng/ml} \pm 0,123$ ; **50D0**:  $0,8086 \text{ ng/ml} \pm 0,129$ ; **FG0**:  $0,8343 \text{ ng/ml} \pm 0,1525$ ). Állandósult állapotban a  $T_3$  csökkent a K 120 csoport esetében, de statisztikailag értékelhető eltérés nem volt. A diosgeninnel kezelt patkányok szignifikáns emelkedést mutattak a megfelelő 0 perces értékekhez képest (**1D0**:  $0,6557 \text{ ng/ml} \pm 0,112$ , **1D120**:  $1,029 \text{ ng/ml} \pm 0,13$ ; **10D0**:  $0,7443 \text{ ng/ml} \pm 0,123$ , **10D120**:  $1,070 \text{ ng/ml} \pm 0,14$ ; **50D0**:  $0,8086 \text{ ng/ml} \pm 0,129$ , **50D120**:  $1,21 \text{ ng/ml} \pm 0,22$ ). Az 50D 120 ( $1,21 \text{ ng/ml} \pm 0,22$ ) csoportban is szignifikánsan emelkedett a  $T_3$ -szint a HF 120 ( $0,7457 \text{ ng/ml} \pm 0,13$ ) állatok steady state értékéhez képest.

Az FG 0 ( $20,86 \text{ ng/ml} \pm 2,30$ ) csoport statisztikailag szignifikáns növekedést mutatott az éhgyomri  $T_4$ -szintekben a K0 ( $12,06 \text{ ng/ml} \pm 2,43$ ) és a HF 0 ( $9,15 \text{ ng/ml} \pm 1,39$ ) csoporthoz képest. A HEGC stacionárius időszakában a diosgeninnel kezelt állatokban a  $T_4$ -szintek

emelkedése volt tapasztalható a kezdeti időpontban mért értékekhez képest, de csak a 10D0 (7,99 ng/ml  $\pm$  1,16) és 10D 120 (14,24 ng/ml  $\pm$  0,92) csoportok esetén volt szignifikáns eltérés. A görögszénamaggal kezelt patkányoknál azonban a T<sub>4</sub>-szint szignifikáns csökkenést mutatott az emelkedett éhgyomri értékhez képest (**FG0**: 20,86 ng/ml  $\pm$  2,30, **FG120**: 10,59 ng/ml  $\pm$  1,42).

A glükózsztint jelentős változása nélküli javított inzulinhatás tendencia összehasonlítható azokkal a tanulmányokkal, amelyekben a görögszéna/diosgenin elsősorban az inzulinérzékenység, a gyulladás és a downstream metabolikus szabályozás révén javítja a metabolikus kontrollt, nem pedig csak a glükózsztint akut csökkentésével (FULLER és STEPHENS, 2015; UEMURA és mtsai., 2010).

Naidu és munkatársai (2015) arról számoltak be, hogy a diosgenin csökkentette a vércukorszintet, az inzulinszintet és az inzulinrezisztenciát cukorbeteg patkányokban, és javította a szöveti/plazma lipidprofilokat, ami összhangban áll eredményeinkkel (NAIDU és mtsai., 2015). SARAVANAN és munkatársai (2014) arra a következtetésre jutottak, hogy a diosgenin csökkenti a kulcsfontosságú szénhidrát-anyagcsere enzimek aktivitását, alátámasztva azt az általános összehasonlíthatóságot, hogy a diosgenin a máj anyagcsere útvonal szabályozása révén kedvezően átalakíthatja a glükóz metabolizmusát (SARAVANAN és mtsai., 2014).

#### 4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Összehasonlító vizsgálataim alapján a redox-homeosztázis jellemzésére alkalmas a direkt enzimatiskus útvonal, és a kismolekulájú antioxidánsok mérése mind autotróf, mind heterotróf szervezetben. Burgonya esetében a két kísérlet során 11 és 10 paramétert vizsgáltunk 4 különböző időpontban *in vitro* organogenezis során. Az antioxidáns védelmi rendszer és a növény stresszre adott válasza jól jellemezhető az általunk mért paraméterek növekedés fejlődés során bekövetkezett változásával. Borjlercsirke esetén 5 különböző időpontban 16 paramétert vizsgáltunk meg, melyek eredménye átfogó képet ad a brojlercsirke metabolikus stresszre adott válaszára.
2. A növényi antioxidáns védelmi rendszerben központi szerepet játszik a melatonin. Korrelációvizsgálat eredménye alapján a redukált glutationnal, szuperoxid-dizmutázzal és a C-vitaminnal mutatott negatív korrelációt, a zsíroldékony antioxidáns kapacitással pozitív korreláció állt fenn.
3. A gerinces szervezetek közül a madarak esetében igazoltuk, hogy a plazma redox-egyensúlyában központi szerepet játszik az albumin, illetve annak telítettségi foka. Az albumin reverzibilisen képes glutationt és homociszteint kötni egyes diszulfidokat képezve. Eredményeink értékelése során az albumin a tiolos komponensek 66,67%-val mutatott korrelációt. Pozitív korrelációt tapasztaltunk az albumin és a cisztein, homocisztein,  $\gamma$ -glutamilcisztein között, negatív korrelációt pedig az n-acetilcisztein között.
4. Fu és mtsai. (2018) által használt módszert módosítva a brojlercsirke 42 napos nevelése során 5 időpontban sikerült meghatározni a plazma totál tiol és disszulfidjainak koncentrációját: a glutationkoncentráció 40,41%-al, csökkent, n-acetilcisztein koncentráció 52,52%-al csökkent a nevelési időszak végére. A cisztein a 21. napra 27%-al, a  $\gamma$ -glutamil-cisztein 35,2% -al emelkedett, majd 5,6%-al és 3,1%-al csökkent a koncentrációjuk a 42. napra. A ciszteinil-glicin koncentrációja 24,9%-al lecsökkent a 21. napra, majd 36,2% emelkedett a nevelési időszak végére. A homocisztein koncentráció a 21. napra 132%-al emelkedett meg, majd a nevelés kezdeti időpontjában mért értékhez képest a 42. napon 68%-al volt magasabb. Mérés eredményeink alapján brojlercsirke esetében az intenzív növekedés következtében hiperhomociszteinózis alakul ki és sérül a tanszulfurációs útvonal. A homocisztein koncentráció folyamatosan magas volt a madarak plazmájában.

5. A redox egyensúly szoros összefüggésben áll a transzszulfurációs útvonallal, sérülésük nem alkoholos zsírmáj szindróma kialakulásához vezet. Méréseink alapján 12 vizsgált paraméter között találtunk korrelációt. Negatív korreláció áll fenn a glutation-reduktáz aktivitás és a glutation között. Pozitív korreláció a ciszteinil-glicin és n-acetilcisztein koncentráció között. Negatív korrelációt mutattunk ki a SOD inhibíciós arány, a homocisztein és a  $\gamma$ -glutamil-cisztein között, pozitív korrelációt a glutation n-acetilcisztein között. Továbbá pozitív korrelációt találtunk a C-vitamin és glutation, ciszteinil-glicin között, negatív korrelációt pedig a C-vitamin és n-acetilcisztein között. A nem alkoholos zsírmáj jellemző paramétere az aszpartát-aminotranszferáz, amely a növekedés, fejlődés során szignifikáns emelkedést mutat, mérési eredményünkben a 21. napra 87,1%-al nőtt meg a koncentrációja.
6. A másodlagos növényi metabolitok közül igazoltuk, hogy a diosgenin a redox-egyensúly mellett a szénhidrát-anyagcserét is szabályozza. A T<sub>3</sub> koncentráció a kontrollhoz képest a kezelt csoportokban lecsökkent (0 perces mintavétel): 1 mg/kg diosgenin 46,7%-al, 10 mg/kg diosgenin 33,8%-al; 50 mg/kg diosgenin 28,1%-al. A növekedési hormon a stacionárius szakaszban szignifikánsan kisebb koncentrációban volt jelen, mint a kontrollcsoportban, 1 mg/kg diosgenin 37,7%-al, 10 mg/kg diosgenin 46,57%-al, 50 mg/kg diosgenin 51,7%-al, 0,2 mg/kg görögszénamag 58,5 %-al alacsonyabb koncentrációt mértünk.

## **5. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK**

A dolgozatban szereplő antioxidáns védelmi rendszer és redox-homeosztázis eredményeink alapján, meghatároztuk azokat a kulcsfontosságú paramétereket, amelyek segítséget nyújthatnak a növényeket és állatokat ért stresszhatásokkal szembeni védekezésben:

1. Az aszkorbát-glutation ciklus és a melatonin-auxin vizsgálati eredményeink stressz hatás következtében segítséget nyújtanak a szélsőséges mezőgazdasági viszonyok kezelésében. A melatonin alkalmazható biostimulátorként, eredményeink segíthetik az alkalmazási protokoll javítását.
2. A brojlercsirke redox-homeosztázisának vizsgálata során szembetűnő, hogy a 21. napon az állat szervezetében fokozott oxidatív stressz állt fenn, ami a gyors, nagymértékű testtömeg gyarapodással hozható összefüggésbe. Eredményeink hozzájárulnak a takarmányozási protokollok javításához, az antioxidáns tulajdonságú takarmánykiegészítők megfelelő időpontban történő alkalmazásához.
3. A tiolok és diszulfidok közül a homocisztein, cisztein, valamint az AST meghatározása diagnosztikus jelentőségű.
4. A görögszénamag és diosgenin vizsgálati eredmények inzulinrezisztens patkánymodellen bizonyítékul szolgálnak a görögszéna terápia felhasználásának lehetőségéről.

## 6. IRODALOMJEGYZÉK

1. AZAIN, M.J., TOMKINS, T., SOWINSKI, J.S., ARENTSON, R.A., JEWELL, D.E., 1996. Effect of supplemental pig milk replacer on litter performance: seasonal variation in response. *J Anim Sci* 74, 2195–2202. <https://doi.org/10.2527/1996.7492195x>
2. BABINSZKY, L., HORVÁTH, M., REMENYIK, J., VERSTEGEN, M.W.A., 2019. The adverse effects of heat stress on the antioxidant status and performance of pigs and poultry and reducing these effects with nutritional tools. *Poultry and pig nutrition: Challenges of the 21st century* 187–208. [https://doi.org/10.3920/978-90-8686-884-1\\_8](https://doi.org/10.3920/978-90-8686-884-1_8)
3. BRAIDY, N., ZARKA, M., JUGDER, B.-E., WELCH, J., JAYASENA, T., CHAN, D.K.Y., SACHDEV, P., BRIDGE, W., 2019. The Precursor to Glutathione (GSH),  $\gamma$ -Glutamylcysteine (GGC), Can Ameliorate Oxidative Damage and Neuroinflammation Induced by A $\beta$ 40 Oligomers in Human Astrocytes. *Frontiers in Aging Neuroscience* 11.
4. CZAJA, A.J., 2014. Hepatic inflammation and progressive liver fibrosis in chronic liver disease. *World J Gastroenterol* 20, 2515–2532. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i10.2515>
5. DOBRÁNSZKI, J., ASBÓTH, G., HOMOKI, D., BÍRÓ-MOLNÁR, P., TEIXEIRA DA SILVA, J.A., REMENYIK, J., 2017. Ultrasonication of *in vitro* potato single node explants: Activation and recovery of antioxidant defence system and growth responses. *Plant Physiology and Biochemistry* 121, 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.10.022>
6. FAO, 2021. Climate-smart agriculture case studies 2021. FAO;
7. FULLER, S., STEPHENS, J.M., 2015. Diosgenin, 4-Hydroxyisoleucine, and Fiber from Fenugreek: Mechanisms of Actions and Potential Effects on Metabolic Syndrome. *Advances in Nutrition* 6, 189–197. <https://doi.org/10.3945/an.114.007807>
8. JENSEN, K., GLUUD, C., 1994a. The mallory body: Morphological, clinical and experimental studies (part 1 of a literature survey). *Hepatology* 20, 1061–1077. <https://doi.org/10.1002/hep.1840200440>
9. JENSEN, K., GLUUD, C., 1994b. The mallory body: Theories on development and pathological significance (part 2 of a literature survey). *Hepatology* 20, 1330–1342. <https://doi.org/10.1002/hep.1840200534>
10. KHAN, A., NUMAN, M., KHAN, A.L., LEE, I.-J., IMRAN, M., ASAF, S., AL-HARRASI, A., 2020. Melatonin: Awakening the Defense Mechanisms during Plant Oxidative Stress. *Plants* 9, 407. <https://doi.org/10.3390/plants9040407>
11. MURASHIGE, T., SKOOG, F., 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum* 15, 473–497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
12. NAIDU, P.B., PONMURUGAN, P., BEGUM, M.S., MOHAN, K., MERIGA, B., RAVINDARNAIK, R., SARAVANAN, G., 2015. Diosgenin reorganises hyperglycaemia and distorted tissue lipid profile in high-fat diet–streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95, 3177–3182. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7057>
13. NIJDAM, E., LAMBOOIJ, E., NABUURS, M.J.A., DECUYPERE, E., STEGEMAN, J.A., 2006. Influences of Feeding Conventional and Semisynthetic Diets and Transport of Broilers on Weight Gain, Digestive Tract Mass, and Plasma Hormone and Metabolite Concentrations. *Poultry Science* 85, 1652–1659. <https://doi.org/10.1093/ps/85.9.1652>

14. NTE, I., GUNN, H., 2021. Cysteine in Broiler Poultry Nutrition. <https://doi.org/10.5772/intechopen.97281>
15. PÖRTNER, H.-O., ROBERTS, D.C., TIGNOR, M.M.B., POLOCZANSKA, E.S., MINTENBECK, K., ALEGRÍA, A., CRAIG, M., LANGSDORF, S., LÖSCHKE, S., MÖLLER, V., OKEM, A., RAMA, B. (Eds.), 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
16. RAHMAN, K., 2007. Studies on free radicals, antioxidants, and co-factors. *Clin Interv Aging* 2, 219–236.
17. REHAMAN, A., MISHRA, A.K., FERDOSE, A., PER, T.S., HANIEF, M., JAN, A.T., ASGHER, M., 2021. Melatonin in Plant Defense against Abiotic Stress. *Forests* 12, 1404. <https://doi.org/10.3390/f12101404>
18. SAHIN, K., SAHIN, E., DEEH, P.B.D., KAYRI, V., ORHAN, C., SAHIN, N., 2023. Role of the antioxidant defence system and transcription factors in preventing heat stress in poultry: a dietary approach. *World's Poultry Science Journal* 79, 651–687. <https://doi.org/10.1080/00439339.2023.2234380>
19. SARAVANAN, G., PONMURUGAN, P., DEEPA, M.A., SENTHILKUMAR, B., 2014. Modulatory Effects of Diosgenin on Attenuating the Key Enzymes Activities of Carbohydrate Metabolism and Glycogen Content in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Canadian Journal of Diabetes* 38, 409–414. <https://doi.org/10.1016/j.jcjd.2014.02.004>
20. SURAI, P.F., KOCHISH, I.I., FISININ, V.I., KIDD, M.T., 2019. Antioxidant Defence Systems and Oxidative Stress in Poultry Biology: An Update. *Antioxidants (Basel)* 8, 235. <https://doi.org/10.3390/antiox8070235>
21. UEMURA, T., HIRAI, S., MIZOGUCHI, N., GOTO, T., LEE, J.-Y., TAKETANI, K., NAKANO, Y., SHONO, J., HOSHINO, S., TSUGE, N., NARUKAMI, T., TAKAHASHI, N., KAWADA, T., 2010. Diosgenin present in fenugreek improves glucose metabolism by promoting adipocyte differentiation and inhibiting inflammation in adipose tissues. *Molecular Nutrition & Food Research* 54, 1596–1608. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900609>
22. WORLD BANK, 2021. Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe [WWW Document]. URL <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/cc-adaptation-agriculture/cc-adaptation-agriculture> (accessed 3.11.25).
23. XING, T., PAN, X., ZHANG, L., GAO, F., 2021. Hepatic Oxidative Stress, Apoptosis, and Inflammation in Broiler Chickens With Wooden Breast Myopathy. *Front Physiol* 12, 659777. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.659777>
24. ZHANG, M., GAO, C., XU, L., NIU, H., LIU, Q., HUANG, Y., LV, G., YANG, H., LI, M., 2022. Melatonin and Indole-3-Acetic Acid Synergistically Regulate Plant Growth and Stress Resistance. *Cells* 11, 3250. <https://doi.org/10.3390/cells11203250>

## 7. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK



**DEBRECENI  
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM  
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400  
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/279/2025.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Pesti-Asbóth Georgina  
Doktori Iskola: Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10063815

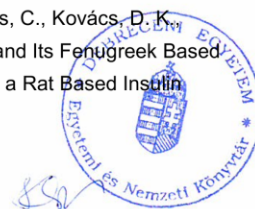
### A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

#### Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

1. **Pesti-Asbóth, G.**, Novotniné Dankó, G., Győri, Z., Stündl, L., Szarvas, M. M., Gálné Remenyik, J.:  
The effect of supplemental pig milk replacer on carbohydrate metabolism: a review.  
*Agrártud. közl.* 75 (2), 67-71, 2018. ISSN: 1587-1282.  
DOI: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.34101/actaagrar/75/1648>

#### Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (4)

2. **Pesti-Asbóth, G.**, Szilágyi, E., Bíróné Molnár, P., Oláh, J., Babinszky, L., Czeglédi, L., Cziáky, Z., Paholcsek, M., Stündl, L., Gálné Remenyik, J.: Monitoring physiological processes of fast-growing broilers during the whole life cycle: Changes of redox-homeostasis effected to trassulfuration pathway predicting the development of non-alcoholic fatty liver disease.  
*PLoS One.* 18 (8), 1-28, 2023. ISSN: 1932-6203.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0290310>  
IF: 2.9
3. **Pesti-Asbóth, G.**, Bíróné Molnár, P., Forgács, I. N., Gálné Remenyik, J., Dobránszki, J.:  
Ultrasonication affects the melatonin and auxin levels and the antioxidant system in potato in vitro.  
*Front. Plant Sci.* 13, 1-15, 2022. EISSN: 1664-462X.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2022.979141>  
IF: 5.6
4. Kiss, R., **Pesti-Asbóth, G.**, Szarvas, M. M., Stündl, L., Cziáky, Z., Hegedűs, C., Kovács, D. K., Badale, A., Máthé, E., Szilvássy, Z., Gálné Remenyik, J.: Diosgenin and Its Fenugreek Based Biological Matrix Affect Insulin Resistance and Anabolic Hormones in a Rat Based Insulin Resistance Model.  
*Biomed Res. Int.* 2019, 1-13, 2019. ISSN: 2314-6133.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2019/7213913>  
IF: 2.276





5. Dobránszki, J., **Pesti-Asbóth, G.**, Homoki, D., Bíróné Molnár, P., Teixeira da, S. J. A., Gálné Remenyik, J.: Ultrasonication of in vitro potato single node explants: Activation and recovery of antioxidant defence system and growth responses.  
*Plant Physiol. Biochem.* 121, 153-160, 2017. ISSN: 0981-9428.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.10.022>  
IF: 2.718

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

6. **Pesti-Asbóth, G.**, Novotniné Dankó, G., Győri, Z., Balogh, P., Gálné Remenyik, J.: Folyékony tejptólló kiegészítés hatása szopós malacok szénhidrát anyagcseréjét szabályozó hormonokra.  
In: XXXVI. Óvári Tudományos Nap - Hagyomány és innováció az agrár- és élelmiszergazdaságban: Tudományos Nap Összefoglalók. Szerk.: Bali Papp Ágnes, Szalka Éva, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár, 276-283, 2016. ISBN: 9786155391798

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

7. **Pesti-Asbóth, G.**, Szilágyi, E., Szilágyi-Tolnai, E., Oláh, J., Stündl, L., Gálné Remenyik, J.: Takarmány-adalékanyag hatása brojler csirke szénhidrát anyagcseréjére.  
In: Tavaszi Szél Konferencia 2019 : Nemzetközi Multidiszciplináris Konferencia : Absztraktkötet. Szerk.: Németh Katalin, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Debrecen, 78-79, 2019. ISBN: 9786155586422

### További közlemények

Magyar nyelvű könyvrészek (2)

8. Bíró, A., Homoki, J., **Pesti-Asbóth, G.**, Horváth, B., Cziáky, Z., Máthé, E., Gálné Remenyik, J.: Természetes eredetű antioxidánsok.  
In: A fizioterápia dilemmái. Szerk.: Sandra Sándor, San-Ergonómia Kft., Budapest, 177-217, 2017. ISBN: 9786158081603
9. **Pesti-Asbóth, G.**: A magyarországi meggyfajták melatonin tartalmának összehasonlító elemzése.  
In: Interdiszciplináris tudományos konferencia : tanulmánykötet. Szerk.: Dajnoki Krisztina, Szöllősi László, Debreceni Egyetem Gazdaságtudományi Kar és a Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 83-88, 2015. ISBN: 9789634737698





Idegen nyelvű, külföldi könyvrészletek (1)

10. Gálné Remenyik, J., Forgács, I. N., **Pesti-Asbóth, G.**, Gál, F., Csötönyi, O., Babinszky, L., Halas, V.: Occurrence of Hyperhomocysteinemia in Broilers and Reduction of Its Harmful Effects with Betaine- and Berberine-Supplemented Diets.  
In: Feed Additives - Recent Trends in Animal Nutrition, InTechOpen, Rijeka, 1-29, 2024.  
ISBN: 9781837690824

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

11. Horváth, M., **Pesti-Asbóth, G.**, Gálné Remenyik, J., Babinszky, L.: A hőstressz káros hatása a brojler antioxidáns státuszára és ezen hatás csökkentése takarmányozással: I. rész A hőstressz és az antioxidáns védelmi rendszer.  
*Magy. Allatorv. Lapja.* 138, 471-481, 2016. ISSN: 0025-004X.  
IF: 0.189
12. Horváth, M., **Pesti-Asbóth, G.**, Gálné Remenyik, J., Babinszky, L.: A hőstressz káros hatása a brojler antioxidáns státuszára és ezen hatás csökkentése takarmányozással: II. rész A hőstressz csökkentése takarmányozási módszerekkel.  
*Magy. Allatorv. Lapja.* 138, 559-564, 2016. ISSN: 0025-004X.  
IF: 0.189

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

13. Csernus, B., Biró, S., Babinszky, L., Stündl, L., Gálné Remenyik, J., **Pesti-Asbóth, G.**, Oláh, J., Czeglédi, L.: The effect of  $\beta$ -glucan, carotenoids, oligosaccharides and anthocyanins on bacteria groups of excreta in broiler chickens.  
*Acta agraria Debreceniensis.* 1, 15-20, 2022. ISSN: 1587-1282.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/ACTAAGRAR/1/10639>

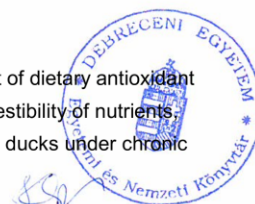
Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (9)

14. Szőke, Z., Fauszt, P., Mikolás, M., Dávid, P., Szilágyi-Tolnai, E., **Pesti-Asbóth, G.**, Homoki, J., Forgács, I. N., Gál, F., Stündl, L., Czeglédi, L., Stágel, A., Biró, S., Gálné Remenyik, J., Paholcsek, M.: Comprehensive analysis of antimicrobial resistance dynamics among broiler and duck intensive production systems.  
*Sci Rep.* 15 (1), 1-23, 2025. EISSN: 2045-2322.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-025-89432-z>  
IF: 3.8 (2023)
15. Csernus, B., **Pesti-Asbóth, G.**, Gálné Remenyik, J., Biró, S., Babinszky, L., Stündl, L., Oláh, J., Vass, N., Czeglédi, L.: Impact of Selected Natural Bioactive Substances on Immune Response and Tight Junction Proteins in Broiler Chickens.  
*Veterinary Medicine and Science.* 11 (2), 1-11, 2025. ISSN: 2053-1095.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/vms3.70175>  
IF: 1.8 (2023)





16. Gál, K., **Pesti-Asbóth, G.**, Vass, M., Biró, A., Markovics, A., Homoki, J., Fidler, G., Paholcsek, M., Cziáky, Z., Németh, N., Gálné Remenyik, J., Soltész, P.: Monitoring and recovery of hyperglycaemia-induced endothelial dysfunction with rheopheresis in diabetic lower extremity ulceration with hyperviscosity.  
*Diabetes and Vascular Disease Research*. 19 (6), 1-14, 2022. ISSN: 1479-1641.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/14791641221131788>  
IF: 2.4
17. Molnár, Á., Homoki, D., Bársony, P., Kertész, A., Gálné Remenyik, J., **Pesti-Asbóth, G.**, Fehér, M.: The Effects of Contrast between Dark- and Light-Coloured Tanks on the Growth Performance and Antioxidant Parameters of Juvenile European Perch (*Perca fluviatilis*).  
*Water*. 14 (6), 1-10, 2022. EISSN: 2073-4441.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/w14060969>  
IF: 3.4
18. Fehér, M., Fauszt, P., Szilágyi-Tolnai, E., Fidler, G., **Pesti-Asbóth, G.**, Stágel, A., Szűcs, I., Biró, S., Gálné Remenyik, J., Paholcsek, M., Stündl, L.: Effects of phytonutrient-supplemented diets on the intestinal microbiota of *Cyprinus carpio*.  
*PLoS One*. 16 (4), 1-24, 2021. EISSN: 1932-6203.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0248537>  
IF: 3.752
19. Szilágyi-Tolnai, E., Fauszt, P., Fidler, G., **Pesti-Asbóth, G.**, Szilágyi, E., Stágel, A., Kónya, J., Szabó, J., Stündl, L., Babinszky, L., Gálné Remenyik, J., Biró, S., Paholcsek, M.: Nutraceuticals Induced Changes in the Broiler Gastrointestinal Tract Microbiota.  
*mSystems*. 6 (2), 1-25, 2021. EISSN: 2379-5077.  
DOI: <https://doi.org/10.1128/mSystems.01124-20>  
IF: 7.324
20. Csernus, B., Biró, S., Babinszky, L., Komlósi, I., Jávora, A., Stündl, L., Gálné Remenyik, J., Bai, P., Oláh, J., **Pesti-Asbóth, G.**, Czeglédi, L.: Effect of Carotenoids, Oligosaccharides and Anthocyanins on Growth Performance, Immunological Parameters and Intestinal Morphology in Broiler Chickens Challenged with *Escherichia coli* Lipopolysaccharide.  
*Animals (Basel)*. 10 (2), 1-20, 2020. ISSN: 2076-2615.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ani10020347>  
IF: 2.752
21. Horváth, M., **Pesti-Asbóth, G.**, Gálné Remenyik, J., Babinszky, L.: Effect of dietary antioxidant supplementations on antioxidant parameters, rectal temperature, digestibility of nutrients, performance and chemical composition of meat in Cherry Valley type ducks under chronic heat stress.  
*Europ. Poult. Sci.* 84, 1-15, 2020. ISSN: 1612-9199.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1399/eps.2020.306>  
IF: 0.84





22. Szabó, K., Gesztelyi, R., Lampé, N., Kiss, R., Gálné Remenyik, J., **Pesti-Asbóth, G.**, Priksz, D., Szilvássy, Z., Juhász, B.: Fenugreek (*Trigonella Foenum-Graecum*) Seed Flour and Diosgenin Preserve Endothelium-Dependent Arterial Relaxation in a Rat Model of Early-Stage Metabolic Syndrome.  
*Int. J. Mol. Sci.* 19 (3), 1-21, 2018. ISSN: 1661-6596.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms19030798>  
IF: 4.183

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

23. Horváth, M., **Pesti-Asbóth, G.**, Gálné Remenyik, J., Babinszky, L.: Mikrobiális fermentációs eljárással előállított új probiotikum felhasználásának lehetősége a brojler takarmányozásban.  
In: Tavasz szél 2018 : Tanulmánykötet. Szerk.: Szabó Csaba, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 44-53, 2018. ISBN: 9786155586316

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (3)

24. Jevcsák, S., **Pesti-Asbóth, G.**, Bíróné Molnár, P., Gálné Remenyik, J., Murányi, E., Sipos, P.: Egyes gabonafélék rezisztens keményítő tartalmának vizsgálata.  
In: Magyar Táplálkozástudományi Társaság XLIII. Vándorgyűlése Program Füzet és az Előadások Összefoglalói. Szerk.: Bíró Lajos, Gelencsér Éva, Lugasi Andrea, Rurik Imre, Magyar Táplálkozástudományi Társaság elnöke, Budapest, 30, 2018. ISBN: 9786155606069
25. Horváth, M., **Pesti-Asbóth, G.**, Gálné Remenyik, J., Babinszky, L.: Egy új mikrobiális fermentációs eljárással előállított probiotikum felhasználásának lehetősége a brojler takarmányozásban.  
In: Tavasz szél konferencia 2018 Nemzetközi multidiszciplináris konferencia : Absztraktkötet. Szerk.: Keresztes Gábor, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 53-54, 2018. ISBN: 9786155586262
26. Horváth, M., **Pesti-Asbóth, G.**, Gálné Remenyik, J., Babinszky, L.: A tartós hő-stressz káros hatásának csökkentése takarmányozási módszerekkel a pecsenyekacsa tartásban.  
In: XXXVI. Óvári Tudományos Nap - Hagyomány és innováció az agrár- és élelmiszergazdaságban: Tudományos Nap Összefoglalók. Szerk.: Bali Papp Ágnes, Szalka Éva, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár, 264, 2016. ISBN: 9786155391798

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (4)

27. Dobránszki, J., Hidvégi, N., Gulyás, A., **Pesti-Asbóth, G.**, Bíróné Molnár, P., Forgács, I. N., Gálné Remenyik, J.: Ultrasound enhances plant growth and development by altering the DNA methylation, mRNA transcription and hormonal balance.  
In: Biotechnology at the University of Debrecen - 2022 International Symposium : Abstract Book, Debreceni Egyetem, Printart-Press Kft., Debrecen, 20, 2022. ISBN: 9789634904687





28. Horváth, M., **Pesti-Asbóth, G.**, Gálné Remenyik, J., Babinszky, L.: Effects of chronic heat stress on performance of meat type ducks.  
In: Krmiva 2018 : Book of abstracts of the 25th International Conference. Ed.: Mario Modric, [s.n.], Zagreb, 39, 2018.
29. Jevcsák, S., **Pesti-Asbóth, G.**, Bíróné Molnár, P., Gálné Remenyik, J., Murányi, E., Diósi, G., Sipos, P.: Total starch content and properties of two proso millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties.  
In: 9th Central European Congress on Food (CEFood). Food Science for Well-being. Ed.: L. Gaceu, M. Mironescu, G. Mohan, Lucian Blaga University of Sibiu Press, Sibiu, 139, 2018.  
ISBN: 9786061215461
30. Horváth, M., **Pesti-Asbóth, G.**, Gálné Remenyik, J., Babinszky, L.: Impact of chronic heat stress on digestibility of nutrients, performance, and antioxidant capacity of meat type ducks.  
In: 2nd World Conference on Innovative Animal Nutrition and Feeding Abstract Book, AKCongress, Budapest, 61-62, 2017.

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 44,123**

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):  
13,494**

A DEENK a Jelölt által a Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2025.05.21.

