

# **DIPLOMADOLGOZAT**

**Csákányi Andor**

**2025.**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Szent István Campus**  
**Élettani és Takarmányozástani Intézet**  
**takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnöki**  
**mesterképzési szak**

**Szelénkiegészítés hatása ochratoxin-terhelés mellett**  
**brojlercsirkékben**

**Belső konzulens:** Dr. Balogh Krisztián Milán  
egyetemi tanár

**Belső konzulens**  
**intézete/tanszéke:** **Élettani és Takarmányozástani**  
**Intézet/Takarmánybiztonsági**  
**Tanszék**

**Készítette:** Csákányi Andor

**Gödöllő**

**2025**

# Tartalomjegyzék

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | Bevezetés és célkitűzések.....   | 2  |
| 2.     | Szakirodalmi áttekintés .....  | 4  |
| 2.1.   | Szelénforrással dúsított takarmány brojlercsirkékre gyakorolt hatása ..... | 4  |
| 2.2.   | Ochratoxinnak való kitettség brojlercsirkékre gyakorolt hatása .....       | 12 |
| 3.     | Alkalmazott módszerek.....   | 22 |
| 3.1.   | Szakirodalmi áttekintési fázis .....                                       | 22 |
| 3.2.   | Nevelési és mintanyerési fázis.....  | 22 |
| 3.3.   | Mintafeldolgozási fázis.....   | 29 |
| 3.3.1. | Fehérje .....  | 29 |
| 3.3.2. | GPx .....  | 29 |
| 3.3.3. | GSH .....  | 29 |
| 3.3.4. | MDA.....   | 30 |
| 3.4.   | Adatkiértékelési fázis .....   | 31 |
| 4.     | Eredmények és értékelésük .....  | 32 |
| 4.1.   | Vérplazma .....  | 34 |
| 4.1.1. | Fehérje .....  | 34 |
| 4.1.2. | GPx .....  | 36 |
| 4.1.3. | GSH .....  | 38 |
| 4.1.4. | MDA.....   | 40 |
| 4.2.   | Vörösvérsejt-hemolizátum.....  | 42 |
| 4.2.1. | Fehérje .....  | 42 |
| 4.2.2. | GPx .....  | 44 |
| 4.2.3. | GSH .....  | 46 |
| 4.2.4. | MDA.....   | 48 |
| 4.3.   | Takarmányfogyasztás .....  | 50 |
| 5.     | Következtetések és javaslatok .....  | 51 |
| 6.     | Összefoglalás.....   | 53 |
| 7.     | Irodalomjegyzék.....   | 54 |
|        | Nyilatkozat.....   | 58 |

# 1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A húsfogyasztás mozgatórugója táplálkozás- és egészségtudományi szempontból a fehérjeszükséglet fedezése. Aminosav-összetétele közelebb áll az emberi szervezet fehérjééhez, mint a növényi fehérjehordozóké, így kisebb fokú transzformáció is elegendő a hasznosulásához. Mindemellett nincsenek antinutritív anyagai, amelyek a termesztett növények egy részének emészthetőségét, illetőleg beviteli mennyiségét korlátozzák. A legmagasabb fehérjetartalommal rendelkező hústermékeket a brojlercsirkék (*Gallus gallus domesticus*) állítják elő a Magyarországon húscélra tartott haszonállatok közül. A húsféleségeket nemcsak fehérje-, hanem zsírtartalmuk alapján is értékeljük. Az összzsírtartalom mellett a fogyasztói igények, elvárások a telített és telítetlen zsírsavak arányával, valamint az omega-3 zsírsavak mennyiségével kapcsolatosak. A húsáruk ezen paramétereinek takarmányozási praktikákkal történő befolyásolásával a termék-előállító a civilizációs betegségek közé tartozó szív- és érrendszeri problémák megelőzésében vállal fontos szerepet. A jogszabályi definíció értelmében a hús részét képezi az izomszövethez kötődő zsírszövet is. A zsír energiaforrásként szolgál, az A-, D-, E- és K-vitaminok szállítóvegyülete, és lehetővé teszi a felszívódásukat. Ennélfogva az ezen tápanyag nélkülözésére, az étrendbeli részarányának túlzott mértékű lecsökkentésére való törekvés ellenjavallott, mindössze az elfogyasztott mennyiségre szükséges ügyelnünk. A csirkehús a zsírszegény húsféleségek közé tartozik. Nála alacsonyabb zsírtartalommal kizárólag a nyúlhús (*Oryctolagus cuniculus var. domestica*) rendelkezik, ahol ez az érték megközelítőleg 1%-os. Magasabb árát a nevelés során nélkülözhetetlenül felhasznált antibiotikum mennyiség határozza meg. A vásárlók terhelésének megelőzése az élelmiszer-egészségügyi várakozási idő betartásával megvalósul, a gyógyszer-igénybevételt azonban a baromfiágazat hatékonyabban képes mérsékelni, visszaszorítani, így az előállított termékei is megfizethetőbbek. Nagyobb élelmiszer- és takarmánybiztonsági kockázatot jelentenek az egyes gombafajok által termelt mérgeanyagok, ugyanis ezen vegyületek nem akaratlagosan kerülnek a takarmányokba, ezáltal jelenlétük kimutatása és mennyiségük megállapítása állandó jelleggel vizsgálatok tárgyát képezi. A mikotoxinok terhelik az állatok xenobiotikumtranszformáló- és kiválasztórendszerét, ami szervi elváltozásokban is megmutatkozhat, és fogékonyabbá teszik azokat különböző megbetegedésekkel szemben az immunrendszerük gyengítése révén. A mikotoxin-expozíció a jóllétük mellett a termék-előállító képességüket is hátrányosan érinti. A mikotoxinok az állati szervezetbe jutva részben átalakulnak, abból a bélsárral és vizelettel (madarak esetében az ürülékkel) távoznak, másrészt pedig felhalmozódnak a szövetekben és

más produktumokban. Ennélfogva a fogyasztókra éppúgy kifejtik káros hatásaikat, mint az állatok esetében, így a takarmányok mikotoxin tartalma egyben állat- és humán-egészségügyi jelentőséggel is bír.

A diplomadolgozatomban bemutatott kísérletben különböző dózisú szelénkiegészítés mellett mértük fel a rövidtávú (5 napig tartó), nagy dózisú ochratoxin-terhelés hatását brojlercsirkék antioxidáns-védőrendszerére és lipidperoxidációs folyamataira. Ehhez kapcsolódóan az alábbiakban megfogalmazott kérdéseket kívántunk megválaszolni.

**KÉRDÉSEK:**

1. Milyen hatással van a szelénkiegészítés?
2. Milyen hatással van a mikotoxin-terhelés?
3. Milyen mértékben képes a szelénkiegészítés ellensúlyozni a toxinterhelés hatásait?

## 2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. Szelénforrással dúsított takarmány brojlercsirkékre gyakorolt hatása

Annak ellenére, hogy a növények (Plantae) életfolyamatai nem igényelnek szelént, a talajban megtalálható mikroelemet ezen szervezetek mobilizálják, raktározzák el. Az állatok (Animalia) számára a szelén egy esszenciális mikroelem. Szükségletüket növényekkel vagy növényi táplálékot fogyasztó állatokkal való táplálkozással tudják kielégíteni. Mind a növények, mind az állatok esetében a túlzott szelénbevitel káros, toxikus. A szelén önmagában nem tekinthető antioxidánsnak, azonban effajta enzimek kofaktoraként elengedhetetlen a szintézisükhöz, illetve aktivitásukat is stimulálja. A glutation-peroxidázok enzimsaládjába szelénfüggő antioxidánsok tartoznak. Szerepük némileg átfed a katalázéval, amely enzim csaknem mindegyik oxigénnek kitett élőlényben megtalálható. A különbség abban áll, hogy míg a kataláz kizárólag hidrogén-peroxidot bont vízre és oxigénre, a glutation-peroxidázok emellett szerves vegyületek átalakítását is el tudják végezni. Ezekből alkoholokat képeznek, amelyek semlegesítését a máj enzimszere végzi, majd kiválasztódnak a testből. Az antioxidánsok a szervezetben fellépő oxidatív stressz következtében keletkező szabad gyököket ártalmatlanítják, kötik meg. Tevékenységük hiányában, illetőleg alulműködésük esetén a szervezet olyan károsodásokat szenved el, amelyek súlyos, esetenként életveszélyes megbetegedésekhez vezetnek, mint például a rákbetegségek. Az oxidatív stresszt előidéző faktorokat, illetve a káros hatások mérséklésének szelénrel kapcsolatos lehetőségeit az alábbiakban taglalt publikációk mutatják be (Smeyne és Smeyne, 2013; White, 2016).

Ibrahim és munkatársai (2011) a szelénkiegészítés húshasznú csirkék teljesítményére gyakorolt hatását vizsgálták. A 300 állatukat három csoportra osztották, amelyeket betűkódokkal (A, B, C) láttak el. A csoportok tömegátlagai kiegyenlítették voltak. Az A csoport kizárólag általánosan használt, brojlereknek szánt tápot kapott, a B takarmánya 3%-ban tartalmazott növényi olajat, a C csoport tápjába pedig az olajkiegészítés mellett 0,125 mg/kg koncentrációban szelént is keverték. A vizsgált paraméterek a takarmányfogyasztás, testtömeg, tömeggyarapodás, takarmányértékesítés, légzésszám, testhőmérséklet és a vágott testet jellemző tulajdonságok voltak. Takarmányfogyasztás tekintetében nem volt különbség a csoportok között, azonban a B és C csoportokban szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) nagyobb volt az állatok testtömege, mint az A-ban. A karkaszokban nem volt szignifikáns eltérés nyerszsír, szárazanyag és hamu tekintetében, azonban a C csoporthoz tartozó nyersfehérjeérték

szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) magasabb volt, mint a többi csoporté. A B csoport esetében a vágási kihozatal szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) nagyobb értéket vett fel, mint az A-nál. Szelénben szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) dúsabbnak bizonyultak a C csoportból származó vérminták, mint a másik két csoportéi. A mellhús puhaságát leszámítva a szenzoros kiértékelés nem jelzett különbséget az eltérő táplálkozás hatására. A C csoporthoz tartozó mellhúsok szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) puhábbak voltak, mint az A és B csoportokban. A kísérleti időszak alatt nem tapasztaltak elhullásokat. A tanulmány bebizonyította, hogy a szelén- és olajkiegészítés a brojlertakarmányokban elősegíti a tömeggyarapodást, megnöveli a vágáskori testtömeget, valamint anélkül javítja a húsminőségi paramétereket, hogy a takarmányozási költségeken növelne.

Ahmadi és munkatársai (2018) azt a hipotézist tesztelték, miszerint nanoszelén-készítmény brojlercsirkék étrendjébe való beiktatása javítja azok termelőképességét és metabolikus funkcióit. A vizsgálat során az ivóvizet és a takarmányt *ad libitum* biztosították az állatok számára. A kísérletet 180 napos kakassal kezdték meg. A csibéket véletlenszerűen sorolták be hat főcsoportba, amelyek mindegyike három alcsoportot tartalmazott. Ezek jelentették az ismétléseket, és 10-10 állat tartozott beléjük. A kontrollcsoport kiegészítés nélküli brojlertápot kapott. A fennmaradó öt csoport nanoszelén-kiegészítéssel fogyasztotta ugyanazt a takarmányt. A legalacsonyabb szelénkoncentrációjú táphoz a szelénhordozót 0,1 mg/kg arányban keverték hozzá, míg az a szelénrel leginkább dúsított tápban 0,5 mg/kg részarányban szerepelt. A mikroelem-kiegészítés szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) javította a tömeggyarapodást és a takarmányértékesítést a nevelés kezdeti fázisában, amely a madarak 21 napos koráig tartott, a 22. naptól 42. napig tartó fázisban, valamint a kísérlet teljes időszakára vetítve is. Emellett az energia és a fehérje felhasználása hatékonyabb volt a szelénes tápot kapott csoportokban, mint a kontrollban ( $p < 0,05$ ). A mellhús- és alsócomb-részarány magasabb volt a szeléndúsított takarmányt fogyasztó csoportok esetében, mint a kontrollnál ( $p < 0,05$ ). A hasúri zsírdépők százalékos aránya alacsonyabb volt szelénkiegészítés mellett ( $p < 0,05$ ). Szignifikáns eltéréseket figyeltek meg a herék relatív tömegében az egyes csoportok között ( $p < 0,05$ ), míg a vérplazma glükóz- és összfehérjekoncentrációja nem tért el szignifikánsan ( $p > 0,05$ ). A vér albuminszintje lecsökkent, a baromfipestis-ellenes, hemagglutinációgátló<sup>1</sup> titer<sup>2</sup> pedig megemelkedett a szelénkiegészítés hatására ( $p < 0,05$ ). A kutatás bemutatta, hogy nanoszelént

---

<sup>1</sup> A hemagglutináció a vörösvérsejtek egymáshoz való kötését takarja, amelyet egyes vírusok okoznak.

<sup>2</sup> A titer a legnagyobb hígítást jelenti, amelyben még kimutatható a baromfipestis vírusa ellen képzett antitest. Minél magasabb értéket vesz fel az antitesttiter, annál fokozottabb az immunrendszer aktivitása, tehát ellenállóbb az állatunk a betegséggel szemben.

tartalmazó készítményekkel a brojlercsirkék növekedési erélye növelhető, a vágott áru minősége javítható, és az immunfunkciók is serkenthetők anélkül, hogy azok a belső szervekre, egyéb karkaszparaméterekre vagy gyomor-bélrendszeri szakaszokra negatív hatást gyakorolnának.

Chen és munkatársai (2013) különböző szelénforrások (szeléntartalmú élesztők, nátrium-szelenit) növekedésre, termék-előállításra, immunválaszra, oxidációval szembeni ellenállásra, húsminőségre és szövetbéli szelénkoncentrációra gyakorolt hatását vizsgálták brojlerekben. 324 csibét választottak ki a kísérletre napos korban, és azokat háromféle kezelésben részesítették. 18 madárral dolgoztak csoportonként, így hat egyforma csoportot tudtak szerepeltetni. A teljes vizsgálati időszak 42 napot ölelt fel, amit két alperiódusra bontottak. A 21. életnapig 0,41 mg/kg koncentrációban dúsították az állatok takarmányát szelénrel a két szelén élesztő és a nátrium-szelenit tekintetében is, majd ezt a mennyiséget 0,43 mg/kg-ra emelték a kísérlet második szakaszában mindhárom készítményből származóan. A szelénkiegészítők a növekedésre, termék-előállításra, immunstátuszra, csepegési veszteségre és húsminőségre nem hatottak szignifikánsan ( $p > 0,05$ ). A vérszérumban a glutation-peroxidáz (GPx) és a szuperoxid-dizmutáz (SOD) nevű enzimek aktivitása szignifikánsan nagyobb volt a szelénrel dúsított élesztőt kapott csoportokban, mint a nátrium-szelenittel ellátottakban. A hidroxilgyök gátlásának képessége és az antioxidáns kapacitás is szignifikánsan fokozottabb volt a szeléntartalmú élesztővel etetett madarak esetében, mint azoknál, amelyek nátrium-szelenitet kaptak. A malondialdehid-tartalom szignifikánsan alacsonyabb volt azokban a csoportokban, ahol a szelénkiegészítést szelénrel dúsított élesztő formájában oldották meg, mint ahol nátrium-szelenitet keverték a tápba. A vizsgálat arra mutatott rá, hogy a kétféle szelénkiegészítő nem befolyásolta a brojlercsirkék termelését, azonban jelentős hatást gyakorolt az oxidációval szembeni ellenállóképességükre.

Briens és munkatársai (2013) egy szerves szelénkészítményt (Selisseo) hasonlítottak össze szeléndúsított élesztővel és nátrium-szelenittel. A szelénhordozók hasznosulását izomszövetbe való beépülés, szelenometionin- és szelenocisztein-koncentráció, valamint látszólagos emészthetőség megállapításán keresztül értékelték. Az első kísérletben, amely a csirkék háromhetes koráig tartott a kikelésüktől, a szelénforrásokat különböző részarányokban keverték be a tápba, és egy kontrollcsoporttal hasonlították össze az eredményeket. Növekedésre gyakorolt hatást nem észleltek, azonban mindegyik szelénhordozó szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) megnövelte a hús szeléntartalmát a kontrollhoz képest még a legkisebb dózis esetén is. Legnagyobb mértékben a nátrium-szelenit, majd a szelénrel dúsított élesztő, végül pedig a Selisseo nevű készítmény váltotta ki ezt a hatást. Mindhárom szelénforrás 0,3 mg/kg

részarányban történő bekeverésekor azt találták, hogy az izomszövetben kizárólag szelenometionin és szelenocisztein formájában van jelen a mikroelem, amely annak teljes transzformációjára utal a brojlercsirkék szervezetében. A második vizsgálatban, amely keléstől számítva 24 napos korig tartott, 0,3 mg/kg koncentráció mellett hasonlították össze a három szelénhordozót. A látszólagos emészthetőségi mérések a 20. és 23. nap között zajlottak. Az eredmény 24% volt a nátrium-szelenit, 46% a szeléndúsított élesztő és 49% a Selisseo esetében. E tekintetben szignifikáns ( $p < 0,05$ ) eltérés mutatkozott a szerves és szervetlen szelénhordozók között. Ez a tanulmány a szerves kiegészítők nagyobb mértékű hasznosulását támasztotta alá a szervetlenekével szemben, illetve bemutatta, hogy a hús szeléndúsítása hatékonyabban elérhető a Selisseo termékkel, mint szelén élesztővel. A szelénkiegészítés tehát nemcsak állategészségügyi célokat szolgálhat, hanem segítségével funkcionális élelmiszer is előállítható.

Hu és munkatársai (2012) brojlercsirkék szelénretencióját kutatták nanoszelén és nátrium-szelenit beillesztésével a receptúrába. Kizárólag hímivarú állatokkal dolgoztak, amelyeknek kukorica- (*Zea mays*) és szójaalapú (*Glycine max*) tápját egészítették ki 0,15; 0,30; 0,60 és 1,20 mg szelénrel takarmánykilogrammonként. A vizsgált paraméterek a növekedés, a glutation-peroxidázok aktivitása a vérszérumban és annak szelénkoncentrációja, valamint a szövetek szeléntartalma voltak. A szelénvisszatartás mértékét radioaktívan jelölt szelén orális és intravénás adagolásával, illetve az éhbélen történő hurokképzés, alákötés módszerével<sup>3</sup> állapították meg. Nátrium-szelenit esetében az átlagos napi felszívódás, az elfogyasztott takarmánymennyiségre vetített felszívódási arány és a túlélési arány 0,15-0,30 mg/kg koncentrációnál érte el a maximumát. Ennél nagyobb mennyiségű szelén adagolásával ezen értékek romlottak. Nanoszelénnél ugyanezek a paraméterek 0,15-1,20 mg/kg részarányánál vették fel a legkedvezőbb értékeket. A három mutató négyzetesen növekedett ( $p < 0,05$ ) a nátrium-szelenittel történő kiegészítés emelésének hatására ( $p < 0,05$ ), míg a nanoszelén növelésével ( $p < 0,05$ ) lineárisan és négyzetesen ( $p < 0,05$ ) emelkedtek. A vérszérum, máj és mellhús szeléntartalma lineárisan és négyzetesen nőtt ( $p < 0,05$ ), ahogy az egyes szelénkiegészítők mennyiségét emelték az adagban, de nagyobb mértékben ( $p < 0,05$ ) a nanoszelén tudta kiváltani ezt a hatást. A szelénretencióra irányuló orális és intravénás vizsgálatok azt mutatták, hogy a teljes test és a májszövet nanoszelén-koncentrációja jóval ( $p < 0,05$ ) magasabb volt, mint a nátrium-szelenitszintje. A bélhurkos módszer alapján a bélszakaszból testbe való nanoszelénátvitel jelentősebb volt ( $p < 0,05$ ), mint a nátrium-

---

<sup>3</sup> A módszer lényege, hogy a csirkéket elaltatják, majd felnyitják a hasfalukat, és az éhbélükön hurkot képeznek, amelyet elkötnek. Az elkötött bélszakaszba szeléntartalmú oldatot injektálnak. Egy óra elteltével az állatokat levágják, az elkötött bélszakaszt kioldják, tartalmát kimossák, és szeléntartalmat mérnek belőle.

szelenitranszport. Az éhbélben való szelénvisszatartás a nanoszelén tekintetében kisebbnek bizonyult ( $p < 0,05$ ), mint a nátrium-szelenitnél. Az eredmények azt mutatták, hogy a nanoszelén optimális és toxikus koncentrációi messzebb helyezkednek el egymástól, míg ez a tartomány a nátrium-szelenit esetében szűkebb. Emellett a nanoszelén hatékonyabban megőrződött a testben, mint a nátrium-szelenit.

Shabani és munkatársai (2019) három szelénforrás brojlercsirkék teljesítményére és immunrendszerére gyakorolt hatását vizsgálták. 500 állattal dolgoztak, amelyeket 10 kezelésben részesítettek. Mindegyik csoportjukban 10 madár volt, tehát kezelésenként öt csoportot állítottak fel. A kontrollcsoportok hagyományos brojlertápot kaptak, 15 csoport ugyanezen tápot fogyasztotta nanoszelén-kiegészítéssel (0,5; 0,8; 1,2 mg), további 15 csoport szelenometionint kapott a táp mellé (0,5; 0,8; 1,2 mg), az utolsó 15 csoport pedig a szeléndúsított alaptáp mellett 65, 80 és 100 mg mennyiségben E-vitaminban is részesült. Az eredmények azt mutatták, hogy 1,2 mg szelenometionin az adagban jelentős mértékben hatott a madarak takarmányértékesítésére és testtömegére. A testtömegre és a Fabricius-féle tömlő tömegére a nanoszelén-kiegészítés mutatta a legnagyobb hatást. Mindkét mintavétel esetében szignifikáns emelkedést tapasztaltak a baromfipestis és a madárinfluenza ellen termelt antitestekben, illetve a juhtól (*Ovis aries*) származó vörösvértetek<sup>4</sup> ellen termelt teljes immunglobulin-mennyiségben és az IgG mennyiségében is a nanoszelén-kiegészítés hatására. A nanoszelén nagyobb mértékben javította a termelőképeséget, és támogatta az immunrendszert, mint a szelenometionin vagy az E-vitamin.

Perić és munkatársai (2009) egy szerves szelénhordozóval (Sel-Plex) kapcsolatban kívánták bebizonyítani, hogy megfelelő mennyiségben jótékony hatással van a brojlercsirkék antioxidáns rendszerére, tollfejlődésére, termelőképeségére és húsminőségi paramétereire. A madarak tápjába 0,3 mg/kg koncentrációban keverték be az élesztőalapú készítményt. A vizsgálat eredményei szerint a kiegészítés csökkentette a mellhús csepegési veszteségét, valamint mérsékelte a májkárosodást, amelyre a vérplazmából mért indikátorenzimek alacsonyabb szintjéből következtek. A tollasodás is előrehaladottabb, teljesebb volt 21 napos korban.

Upton és munkatársai (2008) a szervetlen és szerves szelénkiegészítés teljesítményfokozó hatását vizsgálták brojlerkakasokban. Négy kezelési csoportot állítottak fel, az első volt a kontrollcsoport, a második nátrium-szelenitet kapott 0,2 mg/kg koncentrációban, a harmadik tápját 0,2 mg/kg részarányban egészítették ki szeléndúsított élesztővel (Sel-Plex), a

---

<sup>4</sup> Juhtól származó vörösvérteteket gyakran használnak baromfiban humorális immunválasz kiváltására.

negyedik pedig 0,1 mg/kg mennyiségben fogyasztott mindkét szelénhordozóból. A vizsgált paraméterek a testtömeg, takarmányértékesítés, húshozam, a mellhús csepegési vesztesége és a pajzsmirigyhormonok koncentrációi voltak. A mérések hat héten keresztül történtek. A szelénrel dúsított élesztőt kapott csoport testtömege nagyobb volt, mint a kontrollé vagy a nátrium-szelenittel ellátotté, illetve a nátrium-szelenit és a Sel-Plex kombinációja sem bizonyult hatásosabbnak, mint az utóbbi önmagában adva. A takarmányértékesítés az élesztős és a kombinált kezelés alkalmazásakor nagyobb mértékben javult, mint kizárólag nátrium-szelenit etetésekor. A tollasodást a szelénrel dúsított élesztő tudta a leginkább támogatni. A karkasztömeg, valamint a zsigerek, talpak, lábszárak, nyak és combok hozamai magasabbak voltak a szelenometionin hatására. A nátrium-szelenittel kapcsolatban kimutatták, hogy növeli a mellhús csepegési veszteségét. A vérszérum tiroxinszintje a magasabb volt a szelénmentes takarmányt fogyasztó csoportban, mint a nátrium-szelenittel vagy élesztővel ellátottakban. A tiroxin és trijód-tironin arányai azt jelezték, hogy főként az élesztős kezelés segíti elő a tiroxin trijód-tironinná való átalakulását. A kutatásból levonható következtetés az, hogy az élesztőből származó szelén hatékonyabban támogatja a gyors növekedésű, nagy hozamú fajták, hibridek termelését.

Shakeri és munkatársai (2020) a szelén hőstresszre gyakorolt hatását vizsgálták. A hőstressz veszélyezteti a baromfitermék-előállítás gazdaságosságát, ugyanis visszaveti a brojlercsirkék növekedési erélyét, és megnöveli az elhullások számát. Az állati szervezet hőleadás során elhasználja azt az energiát, amelyet alapesetben gyarapodásra tudna fordítani. Ilyenkor a madarak többletenergiát fordítanak a légzésre, mikrotápanyagokat használnak fel, és oxidatív stressznek vannak kitéve. A hőstressz termelésre gyakorolt negatív hatásait különböző adalékanyagok felhasználásával tudjuk legfőképpen ellensúlyozni. Ilyen kiegészítők lehetnek a szelén, a C- és E-vitamin. Segítségükkel a magas környezeti hőmérsékletben termelő brojlerok növekedése, immunválasza és létfontosságú szerveinek működése fokozható. Ezen vizsgálatban a hőstressz kórjeleit mutató csirkék tüneteinek enyhítésére használták az előbbiekben említett mikroelemet és vitaminokat. Bebizonyosodott, hogy különféle szinergista hatások és mechanizmusok révén hatékonyabbak együttesen alkalmazva, mintha csak az egyik adalékot használnánk. A szelén, a C- és E-vitamin megvédik a lipideket és fehérjéket az oxidatív károsodásoktól, valamint serkentik az immunrendszer aktivitását.

Wang és Xu (2008) egy etetési kísérletet hajtottak végre, amelyben brojler takarmányt egészítettek ki szeléndúsított élesztővel és nátrium-szelenittel. A madaraikat háromféle kezelésben részesítették, ezek közül mindegyikhez három csoport tartozott. A kontrollcsoportok alaptápot fogyasztottak, három csoport 0,2 mg/kg koncentrációban kapott

nátrium-szelenitet, három pedig 0,2 mg/kg mennyiségben szelénés élesztőt. A csirkék átlagos tömege  $710 \pm 5,3$  g volt. A vizsgálat 21 napig tartott. Szignifikáns ( $p < 0,05$ ) eltérés mutatkozott a szelénellátott csoportok és a kontroll között a takarmányértékesítést illetően, azonban a két szelénhordozó között e szempontból nem volt szignifikáns különbség ( $p > 0,05$ ). A vágáskori testtömeg, túlélési arány és napi tömeggyarapodás nem álltak a szelénkiegészítés befolyása alatt. A kontrollcsoportból származó állatok izomszövetében, veséiben, májában, hasnyálmirigyében alacsonyabb ( $p < 0,05$ ) volt a szeléntartalom, mint a mikroelemmel dúsított tápot fogyasztókéban, amelyek közül az élesztőt kapott csoport érte el a legmagasabb ( $p < 0,05$ ) értékeket. A hús szelénkoncentrációjának vonatkozásában nem mutatkozott szignifikáns eltérés ( $p > 0,05$ ) a nátrium-szelenit és a szelénkiegészített élesztő között. A glutation-peroxidáz aktivitása a plazmában és a májban szignifikánsan magasabb ( $p < 0,05$ ) volt a két szelénés kezelés esetén, mint a kontrollnál. Szintjük az élesztővel etetett csoportokban bizonyult a legnagyobbaknak ( $p < 0,05$ ). A különböző szelénhordozók alkalmazása nem idézett elő statisztikailag igazolható eltérést ( $p > 0,05$ ) a glutation-peroxidáz aktivitásában a májban, azonban az átlagos enzimaktivitás az élesztős kezelés mellett emelkedő tendenciát mutatott.

Ševčíková és munkatársai (2006) a szerves formában történő szelénkiegészítés teljesítményre, karkaszjellemzőkre és a szövetek szeléntartalmára gyakorolt hatását tanulmányozták hímivarú brojlercsirkékben. A szójából, búzából (*Triticum aestivum*) és kukoricából álló takarmányuk 50 mg/kg E-vitamint is tartalmazott. 810 madár három kategóriába sorolva vett részt a kísérletben. Az első csoport volt a kontroll, amely nem fért hozzá szelénforráshoz, a második és harmadik csoportok viszont kaptak szelént. A második csoport tápjának szelénhordozója élesztő volt, a harmadiké pedig egy algakészítmény, amely a *Chlorella* nemzetségbe tartozó fajokból állt össze. Mindkét szeléndúsított táp 0,3 mg/kg koncentrációban tartalmazta a mikroelemet. Az állatokat 42 napos korukban vágták le. Élőtömeg tekintetében a két szelénkiegészítést kapott csoport felülmúlta ( $p \leq 0,05$ ) a kontrollt. Az élesztős átlaga 2430,6 g, az algásé pedig 2425,2 g volt. Mortalitás és takarmányértékesítés szempontjából nem volt szignifikáns különbség az egyes csoportok között. A szeléndúsított alga biztosította a legjobb takarmányértékesítést, illetve mindkét szelénhordozó enyhén megnövelte a mortalitást az érintett csoportokban. Nem találtak szignifikáns eltérést a csoportok között karkasztulajdonságokat és vágási kihozataalt illetően. A mell- és combhús, tollak és ürülék szeléntartalmát a szelénaddíció megnövelte ( $p \leq 0,05$ ) a kontrollhoz képest. Az élesztős csoportban magasabb volt a mell- és combizom, valamint a tollak szeléntartalma, mint az algásban, ahol az ürülék érte el a legmagasabb ( $p \leq 0,05$ ) értéket. A máj szelénkoncentrációja mindkét mikroelemmel ellátott csoportban magasabb ( $p \leq 0,05$ ) volt, mint a kontrollban.

Yoon és munkatársai (2007) többféle szelénforrással és dózissal kapcsolatban kutatták azok brojlercsirkék termelésére gyakorolt hatását, illetve felmérték a retenció mértékét is. A hat hetet felölelő kísérlet közvetlenül a madarak kelését követően vette kezdetét. Összesen 360 állattal végezték el, amelyek takarmányának főbb alapanyagai kukorica és extrahált szójadara voltak. A kontrollcsoporté nem volt kiegészítve, három csoporté tartalmazott egy SelenoSource AF nevű terméket 0,1; 0,2 és 0,3 mg/kg mennyiségben, egy csoportéba 0,3 mg/kg koncentrációban keverték a Sel-Plex nevű készítményből, az utolsóéban pedig ugyancsak 0,3 mg/kg részarányban volt nátrium-szelenit. Mindkét nevesített termék szeléndúsított élesztő, azonban forgalmazásukkal eltérő gyártók foglalkoznak. Az etetett táp összetétele eltért a kísérlet első és második felében. Kezdetben csoportonként 10 állattal dolgoztak, majd a 21. napon azokat a kezelési csoportokon belül újraosztályozták, és áthelyezték nagyobb ketrecekbe. Ezzel a csoportlétszám ötre csökkent, a csoportok száma pedig 11-re nőtt. A takarmányfogyasztást minden nap nyomon követték. A madarak testtömegét az 1., a 21. és a 42. napon mérték meg. Ürülékmintákat, amelyekből a szelénvisszatartást vizsgálták, négy egymás után következő napon keresztül gyűjtöttek a háromhetes periódusok végén. Vért 11 állattól vettek kezelési csoportonként a 42. napon annak érdekében, hogy megállapíthassák a szelénkoncentrációját és a glutation-peroxidázok aktivitását. A szelénaddíció nem befolyásolta ( $p > 0,05$ ) a csirkék növekedését a 42. napon mért testtömegek alapján. A vér szeléntartalma és abban az enzimek szintje a szelénkiegészítés növelését követően emelkedett ( $p < 0,05$ ). A retenciót a takarmányhoz hozzáadott mikroelem mennyiségére vetítve fejezték ki százalékos formában. Ez a mutató a táp szelénkoncentrációjának fokozásával egyidejűleg csökkent lineáris módon ( $p = 0,01$ ). 0,3 mg/kg szelénkiegészítés mellett a vér szeléntartalma és a glutation-peroxidázok aktivitása magasabb ( $p = 0,01$ ) volt a SelenoSource AF-nél, mint a Sel-Plex esetében, amikor azokat relatíven fejezték ki a szelén beviteléhez mérten. A szelénvisszatartás jelentősebbnek ( $p = 0,01$ ) bizonyult szerves szelénhordozó használatokor. Az eredmények azt tükrözik, hogy a retenció fordított kapcsolatban áll a szelénkiegészítés szintjével, és függ a szelénforrás típusától. A vér relatív, hozzáadott mennyiségtől függő szelénkoncentrációja azt mutatja, hogy a hasznosulás magasabb mértékű organikus készítmény alkalmazásakor, mint nátrium-szelenittel dolgozva, azonban hasznosulásbeli különbségek a szerves szelénkészítmények között is jelentkezhetnek.

## 2.2. Ochratoxinak való kitettség brojlercsirkékre gyakorolt hatása

A mikotoxinok mindegyike a penészgombák másodlagos anyagcsereterméke. Abban különböznek az elsődleges anyagcseretermékektől, hogy a termelőik életfenntartása, szaporodása szempontjából ezen vegyületek szükségtelenek, nélkülözhetők, sokkal inkább az egymással való versengés céljából választják ki azokat. Versenyhelyzetet teremt számukra az életfeltételeik módosulása, kedvezőtlené válása, ami a fennmaradásukat, túlélésüket veszélyezteti. Míg a nedves tenyészidőszak kedvez a penészgombák elterjedésének, az azt követő hűvös időjárás a toxinjaik felhalmozódásához vezet elsősorban a szemes termények esetében, de a tömegtakarmányokban is. Az érintett nemzetségekbe tartozó fajok spórás szaporodóképletei mindenütt megtalálhatók, így a takarmány-alapanyagok nagy része már a szántóföldön megfertőződik, azonban vannak olyan toxintípusok is, amelyek képződésének megelőzése érdekében a raktári elhelyezés során szükséges igyekezeteket tenni, valamint az utólagos mentesítés lehetőségei is körüljárandók. Az ochratoxin A (a továbbiakban OTA) előállítása főleg az *Aspergillus* és *Penicillium* gombanemzetségekhez köthető. Az egyik leggyakrabban előforduló mikotoxinnak számít az élelmiszerekben és keveréktakarmány-féleségekben. Az ochratoxinallal szennyezett takarmány etetése során kialakuló fejlődés- és termelésbeli visszaeséseket, kórbonctani, biokémiai és viselkedésbeli elváltozásokat, tüneteket, amelyek a toxinterheltség egészségkárosító voltára vezethetők vissza, a következőkben részletezett cikkek ismertetik. Káros hozadékainak súlyossága nemcsak a kitettség mértékétől és hosszától, hanem a más mikotoxinokkal összeadódó hatásaitól is függ, ezáltal az együttes felvétel következményeinek feltárása is szorgalmazott (Caloni és Cortinovis, 2010; Zhai et al., 2021).

Solcan és munkatársai (2015) az OTA-val kapcsolatban kutatták annak a bél nyálkahártyájához kapcsolódó limfoid szövetre kifejtett immunotoxikus hatását, valamint a bélhám sejteire gyakorolt citotoxicitását. Hétnapos korú, hímvivarú brojlercsirkéket osztottak be négy csoportba. Összesen 80 állattal dolgoztak, így mindegyik csoportjukban 20 madár volt. Három csoport részesült OTA-s kezelésben, a negyedik pedig kontrollként szolgált. A mikotoxin-koncentrációk 50 (E1), 20 (E2) és 1 (E3)  $\mu\text{g}/\text{ttkg}$  voltak, amely mennyiségeket az adott napon mért testtömeg alapján adagolták ki. A bélnyálkahártyát szövettani<sup>5</sup> elemzés keretein belül vizsgálták, és immunhisztokémiai festés révén azonosították a CD4+, CD8+,

---

<sup>5</sup> A kórszövettani vizsgálat során a boncoláskor eltávolított szövetek, szervek metszeteinek mikroszkópos elemzése történik különböző nagyítások alkalmazásával.

TCR1 és TCR2 limfocitákat az epésbélben, éhbélben és a Bauhin-billentyű<sup>6</sup> tájékán, illetve CD4+/CD8+ és TCR1/TCR2 arányokat számítottak. A mikotoxinak való kitétség a testtömeg csökkenésében, gyengébb takarmányértékesítésben, illetve a leukociták és limfociták alacsonyabb számában nyilvánult meg, emellett megváltoztatta a bélnyálkahártya szerkezetét is. 14 nappal a kísérlet kezdetét követően az immunhisztokémiai elemzés a limfociták populációjában szignifikáns csökkenést jelzett a bélhámiban és a lamina propriában<sup>7</sup>. 28 nap után a CD4+ és CD8+ értékei megnövekedtek az E1 és E2 csoport csirkéinek epés- és éhbélszakaszaiban, azonban a TCR1 és TCR2 limfocitaszámok szignifikáns csökkenést mutattak. Az E3-as csoportban nem voltak szignifikáns változások. A kísérlet konklúziói, hogy a mikotoxin a limfocita- és leukocitaszámok csökkenését idézte elő, és citotoxikus hatással volt a bélhámra és a nyálkahártyához kapcsolódó limfoid szövetre, amelynek megváltoztatta a bélfelőli zárórétegét. Ezzel az OTA fogékonyabbá tette az érintett szervezeteket a társult megbetegedésekkel szemben.

Patil és munkatársai (2017) egy Bantox néven forgalmazott toxinkötő hatékonyságát tesztelték OTA-val szemben. Azt feltételezték, hogy a jótékony hatása megmutatkozik a belső szervek relatív tömegein, és enyhíti a súlyos, patológiás elváltozásokat. A kísérlet egynapos korú brojlerecsibékkel indult, amelyeket véletlenszerűen helyeztek el négy csoportban, és 45 napig tartott. A kontrollcsoport toxinmentes alaptápot fogyasztott. Egy csoport takarmánya 1 g/kg mennyiségben tartalmazott a Bantox nevű készítményből. A harmadik csoport 0,75 mg/kg koncentrációban kapott OTA-t, a negyedik takarmányában pedig 0,75 mg/kg részarányban volt jelen a mikotoxin, illetve 1 g/kg mennyiségben a toxinkötő is. A boncolások a vizsgálat 15., 30. és 45. napján történtek, amikor a patológiás elváltozásokat vették szemügyre, és megállapították a belső szervek relatív tömegeit is. A kizárólag mikotoxint kapott csoport mindhárom boncolási alkalommal szignifikáns emelkedést mutatott a relatív máj- és vesetömegek tekintetében, valamint a 45. napi boncoláskor a mirigyes gyomrok relatív tömegei is szignifikánsan nagyobbak bizonyultak. Ugyanekkor szignifikáns csökkenést figyeltek meg a relatív léptömegek és a Fabricius-féle tömlők relatív tömegeinek vonatkozásában ebben a csoportban, ahol a szignifikánsan halványabb színű és megnagyobbodott méretű májak és vesék előfordulása rendszeresnek volt tekinthető. Az előidézett elváltozások mindhárom boncolási alkalom eredményei alapján ritkábbak és enyhébbek voltak annál a kezelésnél, amelyben a madarak a toxinszennyezett takarmány mellé

---

<sup>6</sup> A Bauhin-billentyű a vékonybél és a vastagbél találkozásánál található. Feladata a vastagbél tartalom vékonybélbe történő visszajutásának megakadályozása.

<sup>7</sup> A lamina propria a bélnyálkahártya kötőszövetes rétege. Közvetlenül ki van téve a béltartalom hatásának.

toxinkötőt is fogyasztottak. Összegzésként elmondható, hogy a nevesített termék védelmet nyújtott az OTA által okozott, kedvezőtlen hatások ellen, amelyeket a relatív szervtömegeken és kórbonctani tüneteken keresztül lehetett kiértékelni.

Hameed és munkatársai (2012) az OTA-val szennyezett takarmány etetésének toxikopatológiai hatásait mérték fel. Szimultán folytattak le két vizsgálatot, amelyekben a brojlerscirkéik 21 és 35 napon keresztül voltak kitéve a mikotoxinoknak. A kezelések során csoportonként 75 állatnak kínáltak fel olyan tápot, ami a mikotoxint 0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4 és 0,8 mg/kg koncentrációban tartalmazta. Mindkét kísérlet csoportjaiból a madarak felét boncolták fel a 21. és 35. napon, a másik felüket toxinmentes takarmányon nevelték tovább, majd 42 napos korban azokat is levágták. A felmérések mikotoxinnal érintett csoportjaiban szignifikáns visszaesés volt megfigyelhető a takarmányfogyasztás terén, ennek köszönhetően a testtömegek is szignifikánsan alacsonyabbak voltak. A toxinnak való kitétségre visszavezethető klinikai tünetek és viselkedésbeli módosulások közé a hasmenés, depresszió, megemelkedett vízfelvétel és felborzolt tollazat tartoztak. A legmagasabb mortalitási értékeket azokban a csoportokban regisztrálták, amelyek 0,4 (12%) és 0,8 (20%) mg/kg mennyiségben kaptak OTA-t. A mikotoxint fogyasztó madarak májainak és veséinek relatív tömegei szignifikánsan megnövekedtek, míg a Fabricius-féle tömlő és a csecsemőmirigy tömege lecsökkent. A máj és a vesék súlyosabb elváltozásai magukba foglalták a megnagyobbodást, elhalványodást, lágyabb állagot és bevérzéseket. A vesék mikroszkopikus módosulásai közé a vértolulás és a tubuláris hámsejtek nekrozisa tartoztak. A máj vakuoláris degenerációt mutatott az egyes sejtek elhalásával együtt a 0,2-0,8 mg/kg OTA-t fogyasztott csoportokban. A 35. napon felboncolt csirkék hasonló elváltozásokkal rendelkeztek, mint a 21. napon levágotak, azonban esetükben ezek a tünetek súlyosabbak voltak a 0,4 és 0,8 mg/kg OTA-val szennyezett takarmányt fogyasztó csoportokban. Ez a kutatás arra hívja fel a figyelmet, hogy az OTA által előidézett, patológiás elváltozások a dózistól és a kitétség időtartamától egyaránt függenek.

Elaroussi és munkatársai (2006) az OTA által előidézett toxicitási jeleket tárták fel hímivarú brojlerscirkékben, amikor azok takarmányába mesterségesen juttattak mikotoxint. Három dózissal dolgoztak, amelyek a 0, 400 és 800 µg/kg mennyiségek voltak. A madaraikat véletlenszerűen helyezték el 80-asával három csoportban. A kísérlet egynapostól öthetes korig tartott. Az ochratoxikózis tünetei a testtömegben, a zúzógyomor és csecsemőmirigy tömegében, takarmányfogyasztásban, takarmányértékesítésben, elhullásban, pajzsmirigy-aktivitásban, vérképben, illetve humorális és sejt-mediálta immunválaszban bekövetkezett változások alapján kerültek kiértékelésre. A takarmányba 400 és 800 µg/kg koncentrációban bekevert OTA szignifikánsan lecsökkentette a test- és pajzsmirigy-tömeget, visszavetette a

takarmányfogyasztást, rontotta a takarmányértékesítést, valamint a vér tiroxintartalma is alacsonyabb lett ( $p < 0,05$ ). Az OTA-t fogyasztó csoportokban vérszegénység alakult ki, amit a vörösvérsejtek számának szignifikáns csökkenése, illetve a hematokrit<sup>8</sup> és a hemoglobinkoncentráció esése jeleztek ( $p < 0,05$ ). A kísérlet végén mindkét OTA-terhelésben részesült csoport esetében a vörösvérsejtek száma 37%-kal csökkent a kontrollhoz képest. Emellett szignifikáns csökkenés volt tapasztalható a fehérvérsejtek mennyiségében, a humorális immunválaszban és a sejt-mediálta immunitásban a mikotoxinnak kitett csoportokban a kontrollal összevetve ( $p < 0,05$ ). Ezen paraméterek visszaesése az idő előrehaladtával egyre nagyobb mértékűvé vált, és a toxinszinttől függött. Szignifikáns növekedés volt tapasztalható a relatív zúzógyomortömegben, a kumulatív mortalitásban és a trijód-tironin koncentrációjában az OTA-val terhelt csirkéknél ( $p < 0,05$ ). Ezek az eredmények leírást adnak a baromfiágazatot fenyegető ochratoxikózisról, és elősegítik az ellene való védekezést azáltal, hogy megkönnyítik a diagnózis felállítását, valamint a madarak termelőképességére és egészségére gyakorolt hatásainak megértését.

Hameed és munkatársai (2017) az OTA oxidatív stresszre gyakorolt hatását vizsgálták brojlercsirkében. Összesen 60 naposcsibét osztottak szét négy csoportra, amelyeket A-tól D-ig kódoltak. Az A volt a kontrollcsoport, B-től D-ig pedig különböző mennyiségekben (1,6; 3,2; 6,4 mg/kg) kaptak OTA-t az állatok, amit a takarmányukba kevertek. A mikotoxinnal szennyezett tápot a madarak a kelést követő első 10 napban fogyasztották. A vizsgálat az állatok antioxidáns státuszának felmérésére irányult a szuperoxid-dizmutáz és glutation-peroxidáz aktivitását, illetve a teljes antioxidáns kapacitást (TAS) meghatározva a vérplazmából, a vörösvérsejt-hemolizátumból és a homogenizált szövetek (máj, vese, izmok) felülúszóiból. Ezeket a mutatókat 11 és 31 napos korban is megvizsgálták. Az eredmények szignifikáns, dózistól függő csökkenést jeleztek a szuperoxid-dizmutáz és glutation-peroxidáz aktivitásában, valamint a teljes antioxidáns kapacitás terén is az OTA-nak kitett csoportokban. A változások mindegyik szövetből tartósan kimutathatóak voltak még 21 nappal az utolsó OTA-val szennyezett takarmányadag elfogyasztása után is. Kivételt képezett a vörösvérsejt-hemolizátum, ugyanis az a második mintavételkor már átlagos értékeket szolgáltatott. Jelen kutatás bebizonyította, hogy az OTA által kiváltott oxidatív stressz indikátora a szuperoxid-dizmutáz

---

<sup>8</sup> A hematokrit egy vérből végzett rutinvizsgálat, amely a sejt komponensek arányát adja meg a teljes térfogathoz képest. Eredményét százalékos formában fejezik ki. A vérsejtek ösztérfogatának megközelítőleg 99%-át a vörösvértestek adják, ezért részarányuk a vértérfogatban azonosnak tekinthető a hematokrittel, így annak értékéből közvetlenül lehet a vér azon képességére következtetni, hogy oxigént szállítson. Emellett a hematokritszázalék a szervezet víztartalmáról is információval szolgál.

és glutation-peroxidáz alacsony aktivitása a teljes antioxidáns státusz csökkent mértéke mellett a brojlercsirkéktől származó mintákban.

Joo és munkatársai (2013) OTA-val eltérő mértékben szennyezett takarmányok etetésének következményeit, illetve egy mikotoxinkötő termék potenciálisan preventív hatását tanulmányozták. A vizsgálatot egynapos korban kezdték meg hímivarú brojlercsirkékkel. A 200 madarukat ötféle kezelésben részesítették, melyek mindegyike négy csoportot foglalt magába 10-es létszámmal. Az első csoport, amely kontrollként szolgált, OTA-t és toxinkötőt sem kapott. A második 1 mg/kg mennyiségben fogyasztott OTA-t, de nem részesült mikotoxinkötőben. A harmadik csoport tápjában szintén 1 mg/kg mennyiségben volt OTA, valamint 0,2%-ban mikotoxinkötő is. A negyedik csoport takarmánya kizárólag mikotoxinnal került kiegészítésre 2 mg/kg részarányban, míg az ötödikébe már 0,2%-ban toxinkötő is volt bekeverve a negyedikével megegyező mikotoxin-koncentráció mellett. A kísérlet öt hétig tartott. Az OTA szintjének emelkedésével fokozatosan és szignifikánsan csökkent a takarmányfelvétel, illetve a tömeggyarapodás is. Ezen negatív hatások részben ellensúlyozásra kerültek a mikotoxinkötő által. A máj és vese relatív tömegei, továbbá az alanin-aminotranszferáz (ALT) és aszpartát-aminotranszferáz (AST) enzimek aktivitása szignifikánsan magasabbak voltak azoknál a csoportoknál, amelyek toxinkötő nélkül kapták az OTA-s takarmányt, mint a kontrollban. A vérszérum összkoleszterin-koncentrációja szignifikánsan lecsökkent a mikotoxin hatására. Az OTA koncentrációjának növekedésével egyidejűleg szignifikáns mértékben emelkedett annak szintje a máj- és veseszövetben. A mikotoxinkötő jelenléte az OTA-s tápokban szignifikáns mértékben csökkentette a szervek mikotoxin-tartalmát az érintett csoportokban. Emellett a szervezetből ürülékkel távozó OTA és  $OT\alpha^9$  mennyisége szignifikánsan megnőtt a toxinkötő hatására. A kutatás eredményei azt mutatják, hogy mikotoxinkötő készítmény használatával a szervezetben csökkenthető az OTA akkumulációjának mértéke, és mérsékelhető a mikotoxinak való kitettségnek betudható termelésbeli visszaesés. Az OTA szintje a máj- és veseszövetben alkalmas indikátora a mikotoxin takarmányban való jelenlétének.

Manafi és munkatársai (2011) OTA-nak kitett, azonfelül az *Eimeria tenella*<sup>10</sup> nevű egysejtű oocisztáival<sup>11</sup> megfertőzött brojlercsirkék egészségi állapotát értékelték ki. Kísérletüket 200 szexálatlan naposcsibével kezdték meg, amelyeket négy kezelési csoportba

---

<sup>9</sup> Az  $OT\alpha$  az OTA metabolitja, amely már nem mérgező.

<sup>10</sup> Az *E. tenella* az *Eimeria* nemzetségbe tartozik, fiatal baromfiban okoz vakbelet érintő, vérzéses kokcidiózist.

<sup>11</sup> Az *Eimeria*-fajok szaporodásának ivaros fázisában az ivarsejtek egyesüléséből keletkező zigóta beérésével megalakuló, azt tartalmazó forma, amely a bél nyálkahártyáján keresztül a bélsárba jut, és azzal ürül.

rendeztek. Kezelésenként öt csoportot különítettek el 10-10 madárral. Az első kezelési csoport volt a kontroll. A második naponta 1 mg/kg OTA-t kapott takarmányba keverve. A harmadikban a csirkéket a vizsgálat 21. napján orálisan inokulálták egyedenként 50 000 oocisztával. A negyedik kezelés napi 1 mg/kg takarmánnyal bevitt OTA-t és 50 000 oocisztával történő beoltást jelentett ugyancsak a 21. napon. A megfertőzést követő 5., 7., 9. és 11. napon kezelési csoportonként hat madarat levágtak. Az eredmények magasabb mortalitást, a fekális oociszták megemelkedett számát és vakbelet érintő, súlyos elváltozásokat jeleztek a harmadik és negyedik főcsoportok kapcsán. A negyedikben regisztrált, jelentős módosulások a vakbél megnagyobbodását takarták, továbbá a béltágulat tartalma vérrel vegyült. A kórbonctani tünetek vérzéses vakbélgyulladásra<sup>12</sup> utaltak nyálkahártyaszövetből származó, arról leváló darabokkal. A mikroszkópos analízis során a limfoid szervekben súlyos limfocitolízist<sup>13</sup>, a limfociták kimerülését<sup>14</sup>, valamint azok csökkent számát fedezték fel a mikotoxinnal terhelt csoportoknál. A negyedik kezeléshez tartozó csoportokat érintő, vakbéli elváltozások elfajulása az OTA és az *E. tenella* együttes hatásának tulajdoníthatók. A vakbélszakaszokra jellemző volt az erőteljes vérzés, illetve nagy mennyiségben tartalmaztak második generációs skizontákat<sup>15</sup>, megért merozoitákat<sup>16</sup> és fejlődő oocisztákat. A kokcidiózis az OTA immunszuppresszív hatásának köszönhetően volt előrehaladottabb a negyedik kezelési csoportban. Ennélfogva elmondható, hogy az *E. tenella* patológiás hatásai a mikotoxinok kitéve erőteljesebben fejeződnek ki, mintsem abban az esetben, amikor a brojlercsirkék OTA-terheltség nélkül küzdenek a betegséggel.

Elaroussi és munkatársai (2008) az OTA májra, vesére és Fabricius-féle tömlőre kifejtett hatását kutatták szövettani és működési szempontból. Az etetési kísérletbe 240 egynapos korú, hímivarú brojlercsibét vontak be, melyeket véletlenszerűen három kezelési csoportba választottak szét. Egy csoportba 80 madár tartozott. A kontrollcsoportba tartozó madarak mikotoxinmentes alap tápot fogyasztottak, a második csoport 400 µg/kg koncentrációban kapott OTA-t, a harmadik takarmányában pedig 800 µg/kg részarányban

---

<sup>12</sup> A typhlitis a vékonybél hátsó és a vastagbél elülső szakaszának, valamint a vakbélnek fekélyes gyulladása, nekrozisa, amely immunhiányos állapotban nagyobb eséllyel alakul ki.

<sup>13</sup> A nyiroksejtek szétesését stressz okozza, és immunszuppressziós állapothoz vezet. A folyamat a limfociták törmelékének visszamaradásával jár, amely a jelenség felismerésében segít.

<sup>14</sup> A limfociták tevékenységük során folyamatosan veszítenek az oxigén- és tápanyagellátásukból, ami a kimerülésükbe torkollik. Amikor ez bekövetkezik, a sejt inaktívvá válik, tehát szerepének a továbbiakban már nem tud eleget tenni.

<sup>15</sup> Egyes sporozoák szaporodásának ivartalan fázisában létrejövő, nagyméretű sejtek, amelyek több ízben osztódáson mennek keresztül, mígnem merozoitákká hasadnak.

<sup>16</sup> A skizontákból ivartalanul keletkező, azok következő nemzedékét létrehozó, közben a gazdaszervezet bélsejtjeit parazitáló sejtek.

szerepelt a mikotoxin. A vizsgálat öt héten keresztül folyt, ezen időszak alatt az állatok számára a vízhez és takarmányhoz való hozzáférés korlátlanul biztosítva volt. Mindkét OTA-dózis szignifikáns növekedéshez ( $p < 0,05$ ) vezetett a vese és máj relatív tömegében, az aszpartát-aminotranszferáz (AST) és alanin-aminotranszferáz (ALT) enzimek aktivitásában, illetve a vérszérum húgysav- és kreatininkoncentrációjában<sup>17</sup> a kontrollhoz képest. Szignifikáns csökkenés ( $p < 0,05$ ) volt tapasztalható a Fabricius-féle tömlő tömegében, továbbá a szérum baromfipestis-ellenes antitesttiterében, összfehérjekoncentrációjában, valamint albumin- és globulinszintjében az OTA-t fogyasztott csoportokban a kontrollal összevetve. A szövettani elemzés feltűnő, degeneratív elváltozásokat mutatott a vesén és a Fabricius-féle tömlőn, illetve mononukleáris sejtek infiltrációját<sup>18</sup> detektálták az OTA-nak kitett csirkék májában. A kórbonctani tünetek a magasabb OTA-koncentráció hatására és az idő múlásával súlyosabbakká váltak. A vizsgálat eredményei alapján a tápban a 400  $\mu\text{g}/\text{kg}$  koncentrációt elérő vagy meghaladó OTA-mennyiség hátrányosan érinti a vese, máj és a Fabricius-féle tömlő működését és szerkezetét, ezáltal rontja a brojlerek egészségét és teljesítményét.

Singh és munkatársai (2015) a brojlercsirkék takarmányában különböző koncentrációkban jelenlévő OTA hatásait vizsgálták. 200 naposcsibét soroltak be öt kezelési csoportba T<sub>1</sub>-től T<sub>5</sub>-ig. A T<sub>1</sub>-es csoport ochratoxinmentes alaptápot fogyasztott, míg azt a T<sub>2</sub>-es tápja 100, a T<sub>3</sub>-asé 200, a T<sub>4</sub>-esé 300, a T<sub>5</sub>-ösé pedig 400  $\mu\text{g}/\text{kg}$  koncentrációban tartalmazta. Egy kezeléshez négy alcsoport tartozott külön-külön 10 madárral, amelyek kikelésüktől kezdve az életük hatodik hetének végéig fogyasztották a kísérleti adagokat. A teljes növekedési időszak alatt a testtömeg-gyarapodás a T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> és T<sub>5</sub> csoportokban szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a kontrollban. A T<sub>2</sub>-es csoport ebben a tekintetben statisztikailag hasonlított a kontrollhoz. A 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -os vagy annál magasabb OTA-részarány a csirkék testtömeg-gyarapodásának szignifikáns csökkenéséhez vezetett. Az összesített takarmányfogyasztás a T<sub>5</sub>-ös csoportban szignifikánsan kisebbnek bizonyult a kontrollhoz képest. A T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> és T<sub>4</sub>-es csoportok takarmányfelvétele statisztikai szempontból nem tért el jelentősen a kontrollétól. A 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ot elérő vagy meghaladó OTA-hányad a brojlerek csökkent takarmányfelvételét eredményezte, ezáltal rontotta a takarmányértékesítésüket. A mikotoxin 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  koncentrációban és azt felülmúlóan megemelte a mortalitást. Az ochratoxin 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  dózisban történő hozzáadása a

---

<sup>17</sup> A vér kreatinintartalmából a vese működésére, szűrletképző képességére lehet következtetni.

<sup>18</sup> A mononukleáris sejtek egyetlen sejttaggal rendelkező, a fehérvérsejtek közé tartozó immunsejtek, mint például a limfociták és a monociták. Szerepük a szervezet védelme a vírusos, bakteriális és paraziták által okozott fertőzésekkel szemben, valamint a tumorsejtek és az idegen eredetű anyagok megsemmisítése. Jelen esetben a májszövetben toxinterheltség hatására kialakult elváltozásokba történő beszűrődésüket figyelték meg.

takarmányhoz nem idézett elő változást a máj, a vese és a Fabricius-féle tömlő relatív tömegében, azonban 200 µg/kg-os mennyiségben és annál nagyobb részarányban megnövelte a máj és vese relatív tömegét, valamint a Fabricius-féle tömlő relatív tömegének csökkenését okozta. A toxin 100 µg/kg koncentrációban nem vezetett a biokémiai paraméterek módosulásához. Bebizonyították, hogy 100 µg/kg-ig az OTA tolerálható volt a brojlercsirkék számára azok növekedése, szervtömegei és biokémiai mutatói alapján.

Khan és munkatársai (2019) az OTA bőrön keresztül való felszívódásának következményeit tanulmányozták, ugyanis annak ellenére, hogy az orális úton történő kontamináció a leginkább feltérképezett, a mikotoxin a felhámon át is bejuthat a szervezetbe. Az OTA immunszuppresszív hatású, ezáltal megnöveli a fertőző betegségek előfordulási gyakoriságát és súlyosságát, így pedig hozzájárul a baromfiágazat számszerűsíthető veszteségeihez. Ebben a vizsgálatban a szubkután útvonalú kitettséget alacsony toxindózisok bőr alatti kötőszövetbe való injektálásával érték el. A brojlercsirkék inokulációja ötnapos korban történt 0,1; 0,5; 0,9; 1,3 és 1,7 mg mennyiségekkel testtömegkilogrammonként, majd az azt követő 21. napon megmérték a limfoid szervek tömegét, a keringő immunsejtek számát, valamint az IgY és az IgA szintjét. Az abszorbeálódott mikotoxin csökkentette a csecsemőmirigy, lép és Fabricius-féle tömlő tömegét, emellett leukocitopéniát<sup>19</sup> ( $p < 0,05$ ) idézett elő az érintett csoportokban. Az OTA-terheltség mértékétől függően mérsékelt limfocita- és heterofilszámot<sup>20</sup> ( $p < 0,05$ ), illetve megemelkedett monocitaszintet<sup>21</sup> ( $p < 0,05$ ) detektáltak a keringésben. A mikotoxinnal kezelt csoportoknál az IgY és az IgA koncentrációja alacsony volt a vérszérumban ( $p < 0,05$ ). Ezen adatok alapján a szubkután útvonalon való OTA-kontamináció még kis dózisok esetén is erőteljesen gyengíti a brojlerek immunrendszerét.

Wang és munkatársai (2009) az OTA és a T-2 toxin kombinációjának immunműködésre kifejtett hatásait tárták fel. 21 napos brojlercsirkéket osztottak be véletlenszerűen három kezelési csoportba, melyek C, L és H betűkódokkal lettek ellátva. Mindegyik kezeléshez négy csoport tartozott 30-as létszámmal, tehát összesen 360 madárral dolgoztak. A kísérlet három hétig tartott. A C volt a kontrollcsoport, így abban az állatok mikotoxinmentes alaptápot fogyasztottak. Az L csoport 0,25 mg OTA-t és 0,5 mg T-2 toxint kapott takarmánykilogrammonként, a H-nak pedig 0,5 mg/kg koncentrációban adagoltak OTA-

---

<sup>19</sup> A leukocitopénia a fehérvérsejtek csökkent mennyiségét jelenti.

<sup>20</sup> A heterofilek a madarak perifériás vérkeringésében a legnagyobb számban jelenlévő granulociták, amelyeket többszörös sejtmag és intracelluláris vezikulumok jellemeznek. Baktériumokat és parazitákat támadnak meg, illetve allergénekre reagálnak.

<sup>21</sup> A monociták fagocitózisra képes leukociták, melyek a vérben keringenek, és a citokinek jelzéseinek hatására jutnak el a fertőzés helyére. Átalakulhatnak makrofágokká vagy dendritikus sejtekké.

t, valamint 1 mg/kg részarányban T-2 toxint. A testtömeg és a takarmányfogyasztás a H csoportban szignifikánsan visszaesett ( $p < 0,05$ ) a vizsgálat időtartama alatt, a takarmányértékesítés viszont nem változott. Az OTA és a T-2 toxin együttes etetése lecsökkentette a lép, csecsemőmirigy és Fabricius-féle tömlő relatív tömegét, továbbá a vérszérum összfehérje-, illetve albumin- és globulinkoncentrációját is. Emellett a két mikotoxin megemelte a gamma-glutamiltranszferáz (GGT), aszpartát-aminotranszferáz (AST) és alanin-aminotranszferáz (ALT) enzimek aktivitását a szérumban. A metil-tiazol tetrazolium teszt<sup>22</sup> azt mutatta, hogy a perifériás vérkeringésben lévő limfociták mitogén válaszkészsége<sup>23</sup> szignifikánsan mérséklődött ( $p < 0,05$  az L csoport esetében,  $p < 0,01$  a H csoportnál). Áramlási citometriát<sup>24</sup> alkalmaztak a perifériás keringésben lévő limfocitákat jellemző mutatók meghatározására, CD4+/CD3+, CD8+/CD3+ és CD4+/CD8+ arányokat állapítottak meg. Mindkét toxinos kezelés szignifikánsan lecsökkentette ( $p < 0,01$ ) a CD4+/CD3+ és CD4+/CD8+ megoszlásokat. Összegzésként kijelenthető, hogy a vizsgált mikotoxin-párosítás az alacsonyabb dózisok mellett is károsította a csirkék immunfunkcióit.

Xue és munkatársai (2010) immunpatológiai szempontból elemezték a brojlercsirkék OTA és T-2 toxin általi terheltségét. 480 naposcsibét rendeztek véletlenszerűen négy kezelési csoportba. Kezelésenként négy alcsoportot állítottak fel 30-30 madárral. A kísérleti adagokat négy héten keresztül fogyasztották az állatok. A kontrollkezelés csoportjainak kiegészítetlen tápot kínáltak fel. Egy kezelési csoport számára ugyanezen takarmányt dúsították 2000 mg/kg részarányban egy Mycofix Plus márkanévű toxinmegkötővel. A toxinkombinációnak kitett főcsoportok egyike 0,25 mg/kg koncentrációban fért hozzá OTA-hoz, 0,5 mg/kg mennyiségben pedig T-2 toxinhoz, míg a másik az előzőével megegyező mikotoxindózisok mellett 2000 mg mikotoxin-semlegesítőből is részesült takarmánykilogrammonként. Az OTA és a T-2 toxin együttes hatása a baromfipestis-ellenes antitesttiter 10,4%-os csökkenésében ( $p < 0,05$ ) mutatkozott meg. Amikor a csirkéknek lipopoliszacharidot<sup>25</sup> adtak be, a valós idejű PCR<sup>26</sup> azt

---

<sup>22</sup> A metil-tiazol tetrazolium teszt egy színváltozáson alapuló módszer, amelynek intenzitása kolorimetriásan vagy spektrofotométerrel mérhető. Az élő sejt dehidrogenáz enzimjének köszönhetően a reagens sárga színe lilává válik, aminek hátterében a tetrazol formazánná történő redukciója áll. A színmódosulás mértéke összefüggésben áll a sejtek életképességével, valamint általa kiértékelhető a mitokondriumok energiatermelése is.

<sup>23</sup> A mitogén funkció a sejtosztódás előidézésének képességét jelenti.

<sup>24</sup> Az áramlási citometria egy laboratóriumi eljárás, amely a sejtek többparaméteres elemzésére használható. Segítségével szétválaszthatunk sejtpopulációkat az immunfenotípus vagy funkcionális állapot szerint.

<sup>25</sup> A lipopoliszacharidok Gram-negatív baktériumok toxinjai, amelyek azok külső membránján találhatóak meg, illetve lipidből és poliszacharidból épülnek fel.

<sup>26</sup> A polimeráz-láncreakció során egy DNS-szakasz felszaporítása történik a kiindulási mennyiség sokszorosára. Ennek egyik változata a valós idejű vagy kvantitatív PCR, ami lehetővé teszi a kiválasztott DNS-szekvencia

jelezte, hogy a toxinterhelt állatoknál az interleukin-2<sup>27</sup> és az interferon-gamma<sup>28</sup> citokinkifejeződése valamelyest gátolt volt, de nem szignifikáns ( $p > 0,05$ ) mértékben. A vérszérumban az interleukin-2 és az interferon-gamma koncentrációja is szignifikánsan lecsökkent ( $p < 0,05$ ) az OTA és a T-2 toxin fogyasztásának hatására. Kórszövettani elemzéssel megállapították, hogy a mikotoxinok a csecsemőmirigy, a Fabricius-féle tömlő, a lép és a máj abnormális elfajulását okozták. Az OTA és a T-2 toxin hatásait a mikotoxinkötő részben ellensúlyozta, azonban nem volt szignifikáns ( $p > 0,05$ ) hatékonyságú. Az alkalmazott mikotoxindózisok a Canadian Food Inspection Agency által javasolt, legmagasabb határértékeket, amelyek még elviselhetőnek számítanak, nem haladták meg. Ennélfogva a kutatási eredmények kétségbe vonták az elfogadott mértéket és a detoxifikálás bevett módszerét a vizsgált toxinokkal kapcsolatban. A szerzők a takarmányokban maximálisan megengedhető szint csökkentését tanácsolták az OTA-ra és a T-2 toxinra vonatkozóan az élelmiszerlánc-biztonság és az állategészségügy fejlesztése érdekében.

---

detektálását és számszerűsítését a szintézis alatt, ugyanis a módszer a koncentrációt folyamatosan nyomon követi.

<sup>27</sup> Az interleukinek jelzőszerepű fehérjemolekulák, melyeket a citokinekhez sorolunk. Az interleukin-2-t a T-limfociták állítják elő lektin vagy antigén jelenlétében. Serkenti a T-sejtek szaporodását, a B-limfocitákra növekedési faktorként hat, és elindítja az ellenanyag-termelésüket. Csökkent mennyisége jellemzően immunhiányos állapothoz és autoimmun megbetegedésekhez vezet.

<sup>28</sup> Az interferonok a citokinek közé tartozó fehérjék, amelyeket baktériumok, vírusok által megfertőzött, illetőleg parazitált sejtek vagy tumorsejtek hoznak létre, és az immunrendszer aktiválásáért felelősek. Az interferon-gamma nyiroksejt-eredetű, ebből kifolyólag immuninterferonnak is nevezik. Kiválasztásának zavara állhat egyes gyulladással járó és autoimmun betegségek hátterében.

### **3. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK**

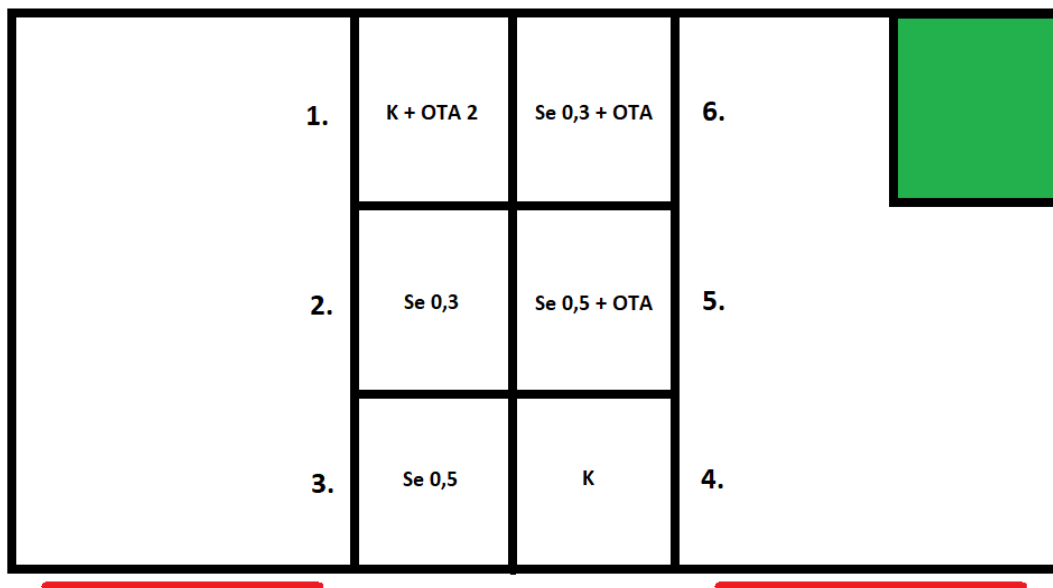
#### **3.1. Szakirodalmi áttekintési fázis**

A Szakirodalmi áttekintés című fejezetben bemutatott publikációkat a Google Scholar nevű kereső segítségével találtam. A keresőmezőbe a „broiler selenium” és „broiler ochratoxin” szókapcsolatokat gépeltem be. A találatokat relevancia szerint rendeztem, és az első 12-t emeltem ki mindkét témakörből. 2006-nál régebbi cikkeket nem használtam fel, így a tudományos eredmények az elmúlt 20 évből származnak.

#### **3.2. Nevelési és mintanyerési fázis**

A vizsgálat nevelési szakasza a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élettani és Takarmányozástani Intézetének gödöllői Takarmánybiztonsági Tanszékének kísérleti telepén zajlott, ahol a Babádi Keltető Kft.-től (Ócsa, Felsőbabád) napos korban beszerzett Cobb 500-as brojlercsirkéinket tartottuk. A 2024. április 19-ei telepítést megelőzően a nevelőtérben az 1. ábrának megfelelően kerültek a fakkok elrendezésre. A csibék számára kezdetben 33 °C-os hőmérsékletet biztosítottunk, a levegő nedvességtartalmát pedig párasítással növeltük. A későbbiek során a fűtés intenzitását lecsökkentettük, a légnedvesítést pedig beszüntettük. A túlzottan magas páratartalom megelőzése érdekében a kísérleti teret rendszeresen szellőztettük. A madarakat mélyalmon tartottuk, tehát a szennyezett alomanyagot a vizsgálat ideje alatt nem távolítottuk el. Felfrissítése érdekében ráalmoztunk, és ekképpen biztosítottuk a tiszta, higiénikus aljzatot. Alomanyag gyanánt fenyőfaforgácsot vásároltunk. Az állatok számára a takarmányhoz és ivóvízhez korlátlan hozzáférést biztosítottunk. Ezalól kivételt képezett az OTA-val szennyezett takarmány első felkínálását megelőző időszak, amikor is 12 órára megvontuk tőlük a takarmányt. Ezáltal próbáltuk rábírní a madarakat arra, hogy felvegyék a mikotoxinnal szennyezett tápot, ugyanis az azt tartalmazó takarmány gyakran vált ki csökkent takarmányfelvételt, takarmány-visszautasítást (Pozzo et al., 2013; Nedeljković-Trailović et al., 2015; Singh et al., 2016). Az etetők az első héten az alomra voltak helyezve annak érdekében, hogy a csibék könnyebben elérjék azokat, később viszont láncon függesztve lógtak a rekeszekben. Magasságukat karabinerekkel volt lehetőségünk szabályozni. Az itatók a kezdetektől fogva némileg meg voltak emelve az aljzathoz képest, hiszen súlyszelepeket használtunk. Ez elősegítette a bennük lévő víz szennyeződésének megelőzését is.

**1. ábra:** A nevelőtér sematikus vázlata  
(Forrás: saját ábra)



Az egyes kezelésekhez tartozó rekeszek helyét akképpen határoztuk meg a nevelőtérben, hogy az elhelyezésből adódóan ne alakulhassanak ki különbségek a csoportok között a vizsgálat során. Annak ellenére, hogy törekedtünk egy homogén terem kialakítására a tartástechnológiai kritériumok szempontjából, bizonyos paraméterekben csekélyebb eltérések voltak tapasztalhatók, mint például a hőmérséklet terén.

A kísérlet időtartama során több alkalommal megmértük az állatok tömegét. Kiegyenlített kezelési csoportok kialakítására törekedtünk, így a madarakat a 2024. május 9-én újracsoportosítottuk ezen tulajdonság alapján. A kiugróan magas vagy alacsony testtömegű egyedeket a zöld színnel jelölt fakkba helyeztük, ezzel kizártuk azokat a vizsgálatból. Ebbe a rekeszbe kerültek a megmintaatlan, OTA-t nem kapott csirkék is, amelyeket továbbneveltünk. Az 1. ábrán kék vonallal jelölt fal mentén az ablakok találhatóak, a piros vonalak pedig a szárnyas ajtókat jelzik.

Az etetett tápokat az 1. táblázatnak megfelelően kevertük be. A takarmánykomponensek a Vitafort Zrt.-től kerültek megvásárlásra.

**1. táblázat:** A tápbekeveréshez használt összetevők és mennyiségük kezelésenkénti bontásban  
(Forrás: saját táblázat)

| K               |                       |                 | Se 0,3                |                       |                 | Se 0,5                |                       |           |
|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Lépés           | Összetevő             | Mennyiség       | Lépés                 | Összetevő             | Mennyiség       | Lépés                 | Összetevő             | Mennyiség |
| 1.              | Egységes premix       | 0,40 kg         | 1.                    | Selisseo              | 9,00 g          | 1.                    | Selisseo              | 15,00 g   |
|                 | Takarmánysó           | 0,12 kg         |                       | Takarmánysó           | 90,00 g         |                       | Takarmánysó           | 90,00 g   |
| 2.              | Kukoricadara          | 26,04 kg        | 2.                    | Egységes premix       | 300,00 g        | 2.                    | Egységes premix       | 300,00 g  |
|                 | Extrahált szójadara   | 12,00 kg        |                       | Előkeverék (1. lépés) | 99,00 g         |                       | Előkeverék (1. lépés) | 105,00 g  |
|                 | Monokalcium-foszfát   | 0,72 kg         | 3.                    | Kukoricadara          | 530,00 g        | 3.                    | Kukoricadara          | 530,00 g  |
|                 | Takarmánymész         | 0,72 kg         |                       | Előkeverék (2. lépés) | 399,00 g        |                       | Előkeverék (2. lépés) | 405,00 g  |
|                 | Előkeverék (1. lépés) | 0,52 kg         |                       | Kukoricadara          | 19,00 kg        |                       | Kukoricadara          | 19,00 kg  |
| <b>Összesen</b> | <b>40,00 kg</b>       | 4.              | Extrahált szójadara   | 9,00 kg               | 4.              | Extrahált szójadara   | 9,00 kg               |           |
|                 |                       |                 | Monokalcium-foszfát   | 0,54 kg               |                 | Monokalcium-foszfát   | 0,54 kg               |           |
|                 |                       |                 | Takarmánymész         | 0,54 kg               |                 | Takarmánymész         | 0,54 kg               |           |
|                 |                       |                 | Előkeverék (3. lépés) | 0,93 kg               |                 | Előkeverék (3. lépés) | 0,94 kg               |           |
|                 |                       | <b>Összesen</b> | <b>30,01 kg</b>       | <b>Összesen</b>       | <b>30,02 kg</b> |                       |                       |           |

A kontrolltápból 80, a szelénnel dúsítottakból (0,3, valamint 0,5 mg/kg Se szelenometionin formájában) pedig 60-60 kilogrammnyit készítettünk. A kisebb mennyiségeket kézzel, a nagyobbakat pedig betonkeverővel elegyítettük, amit 10 percig járattunk. A takarmányok bekeverésekor használt felszereléseket és adalékokat a 2., 3., 4. és 5. ábra mutatja. A gabonán termeltetett OTA elvegyítése a meglévő tápokkal kézzel történt műanyag kádakban akképpen, hogy takarmánykeverék OTA-koncentrációja a természetes kontamináció figyelembevételével 2 mg/kg legyen. A mikotoxinnal dolgozók megfelelő védőruházatot viseltek a folyamat végrehajtása során. Ezelőtt meghatározásra került a toxinkészítmény töménysége annak érdekében, hogy megtudjuk, mekkora mennyiséget kell belőle hozzáadnunk a tápjainkhoz, hogy a kívánt részarányt érjük el.

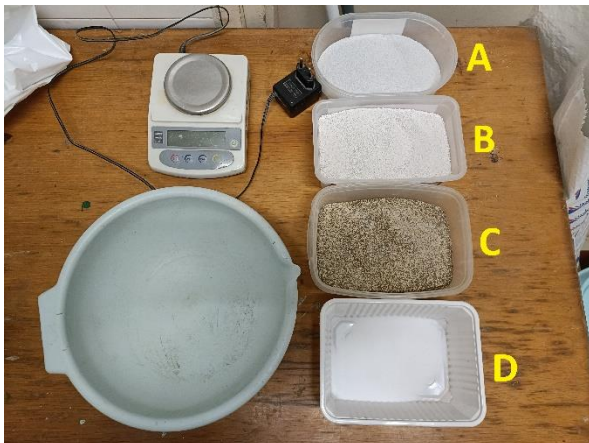
**2. ábra:** A takarmánybekeveréshez használt adagolóeszközök és tárolók  
(Forrás: saját ábra)



**3. ábra:** A nagyobb mennyiségű takarmánykomponensek megmérése alkalmas mérleg  
(Forrás: saját ábra)



**4. ábra:** A szelénhordozó kimérésére igénybe vett mérleg, a kisebb tételek kézi összekeverésére előkészített tál, valamint a takarmánymész (A), -só (D), egységes premix (C) és monokalcium-foszfát (B) porciói  
(Forrás: saját ábra)



**5. ábra:** Takarmánymész, monokalcium-foszfát, szelénhordozó készítmény és takarmánysó  
(Forrás: saját ábra)



A tápkészítéshez takarmány-alapanyagként kukoricadarát és extrahált szójadarát használtunk fel, amik a 6. és 7. ábrán láthatók. A kukoricadara szemcseméretét nagynak ítéltük, így azt a telep darálójának segítségével még egyszer ledaráltuk. A 6. ábrán már a darálás utáni formában látható.

**6. ábra:** Kukoricadara  
(Forrás: saját ábra)



**7. ábra:** Extrahált szójadara  
(Forrás: saját ábra)



Az állatok takarmányfogyasztását a 2. táblázatnak megfelelően naponta nyomon követtük, dokumentáltuk.

**2. táblázat:** A csoportonkénti takarmányfogyasztás a 2024. május 11-ei állapot alapján

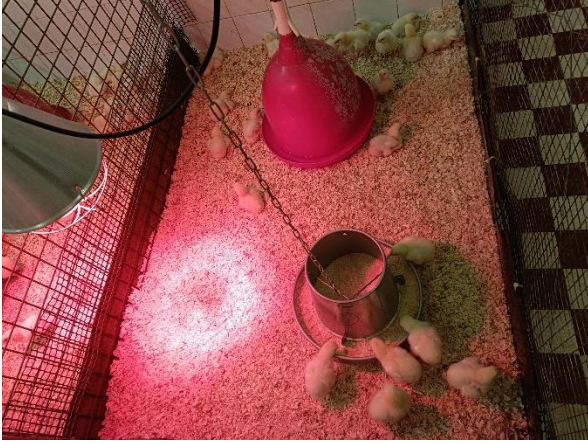
Sorsz. = Sorszám, Br. bem. = Bruttó bemérés (etető + takarmány), Ne. bem. = Nettó bemérés (takarmány), Br. vissz. = Bruttó visszamérés (etető + takarmány)

(Forrás: saját táblázat)

| Sorsz. | Kód    | Tára (g) | Br. bem. (g) | Ne. bem. (g) |        |       |       |       |       |       |       | Sorsz. | Kód          | Ne. bem. (g) | Br. vissz. (g) |
|--------|--------|----------|--------------|--------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------------|--------------|----------------|
|        |        |          |              | 4. 23.       | 4. 28. | 5. 1. | 5. 3. | 5. 5. | 5. 6. | 5. 7. | 5. 8. |        |              |              |                |
| 1.     | K      | 1290     | 4105         | 3000         | 4000   | 1500  | 4000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 1.     | K + OTA      | 4000         | 3310           |
| 2.     | Se 0,3 | 1295     | 4925         | 3500         | 3000   | 1500  | 4000  | 2000  | 1000  | 2000  | 2000  | 2.     | Se 0,3       | 4000         | 3130           |
| 3.     | Se 0,5 | 1285     | 3535         | 3500         | 4000   | 1500  | 4000  | 2000  | 0     | 1000  | 2000  | 3.     | Se 0,5       | 4000         | 3160           |
| 4.     | K      | 1280     | 3180         | 4000         | 4000   | 1500  | 4000  | 2000  | 2000  | 1000  | 2000  | 4.     | K            | 4000         | 3265           |
| 5.     | Se 0,5 | 1280     | 3885         | 3500         | 4000   | 1500  | 4000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 5.     | Se 0,5 + OTA | 4000         | 3280           |
| 6.     | Se 0,3 | 1300     | 4765         | 3500         | 3500   | 1500  | 4000  | 2000  | 2000  | 2000  | 2000  | 6.     | Se 0,3 + OTA | 4000         | 3330           |

A madarak fejlődéséről két ízben készítettem fényképeket, amelyeket a 8., 9., 10. és 11. ábraként illesztettem be.

**8. ábra:** A 6. csoport fakkja 2024. április 23-án  
(Forrás: saját ábra)



**9. ábra:** Az 5. csoport rekesze 2024. április 23-án  
(Forrás: saját ábra)



**10. ábra:** Az 5. csoport fakkja 2024. május 9-én  
(Forrás: saját ábra)



**11. ábra:** A 4. csoport rekesze 2024. május 9-én  
(Forrás: saját ábra)



A vágásokon használt késeket és késélezőt a 12. ábra mutatja, míg a szöveti minták vételekor alkalmazott ollókat és csipeszt a 13. ábra szemlélteti. Az eszközöket igénybevétele előtt a 13. ábrán látható 96%-os<sup>29</sup> etanollal sterilizálták. A vérmintákat etilén-diamin-tetraecetsavat tartalmazó vérvételi csövekbe vették (14. ábra), amely megakadályozta a megalvasukat, így vérplazmával<sup>30</sup> dolgoztunk -szérum helyett, a szövetek pedig Eppendorf csövekbe kerültek (15. ábra).

**12. ábra:** A vágásokkor alkalmazott kések és késélező  
(Forrás: saját ábra)



**13. ábra:** A mintavételekor használt ollók, csipesz és fertőtlenítőszer  
(Forrás: saját ábra)



**14. ábra:** Vérminták gyűjtése céljából megszámozott tubusok EDTA-val  
(Forrás: saját ábra)



**15. ábra:** Szövetminták tárolására alkalmas Eppendorf csövek  
(Forrás: saját ábra)



<sup>29</sup> 96%-os etanollal azért lehet hatékonyabban sterilizálni, mint 100%-ossal, mert a 4%-nyi víz biztosítja, hogy az oldat átjut a célszervezetek sejtfalán, így pedig a sejt belsejében ki tudja fejteni a hatását.

<sup>30</sup> Ugyanazon egyedtől származó plazma- és szérumminta összfehérjeteralmában minimális eltérés volna tapasztalható.

### 3.3. Mintafeldolgozási fázis

A vizsgált paraméterek egy része a gödöllői Takarmánybiztonsági Tanszék biokémiai laboratóriumában került meghatározásra.

#### 3.3.1. Fehérje

Az összfehérjetartalom meghatározása a plazmaminták és a vörösvérsejt-hemolizátumok esetében is biuretreakció révén történt (Weichselbaum, 1946). A reagens Cu(II)-ionjai bázikus kémhatás mellett komplexeket képeznek a vér fehérjéiben található peptidkötésekkel, ami az oldat színét kékesre változtatja meg. Minél sötétebb színt vesz fel a kémcső tartalma, annál magasabb a minta fehérjekoncentrációja. A fényelnyelés mértékét spektrofotométerrel állapítottuk meg. A műszer számára lényeges a folyadék színe, ugyanis az ahhoz tartozó hullámhosszon mér, ezen esetben 546 nm-en. A plate-en mindig biztosítani kell egy standard hígítási sort a megadott pozícióban, amellyel az egyes minták egybevetése történik. Kalibrációs standardként a DunaCAL elnevezésűt használtuk (16. ábra).

#### 3.3.2. GPx

Az enzimaktivitás determinálásának céljából előidézett reakció a redukált glutation glutation-diszulfiddá való oxidálódásán alapszik, ami az enzimtevékenység hatására megy végbe reaktív oxigéngyökök (kumulatív hidroperoxid) jelenléte mellett (Erdélyi et al., 1999). A folyamatot 10 perc eltelte után 10%-os triklór-ecetsavval állítottuk le, ami koagulálja a minta fehérjéit. Az aktivitás meghatározását a redukáltglutacion-tartalom csökkenésének nyomon követése teszi lehetővé, ami akképpen vált spektrofotométer által mérhetővé, hogy 5,5-ditiobis-(2-nitro-benzoosav) segítségével komplexeket képeztünk, amiknek abszorbanciáját 412 nm-en állapította meg a műszer (Matkovics et al., 1988). Ezt követően az enzimaktivitást egységben tüntettük fel, ami 1 nmol redukált glutation percenkénti oxidációjaként értelmezendő 25 °C-os környezetben (17. ábra).

#### 3.3.3. GSH

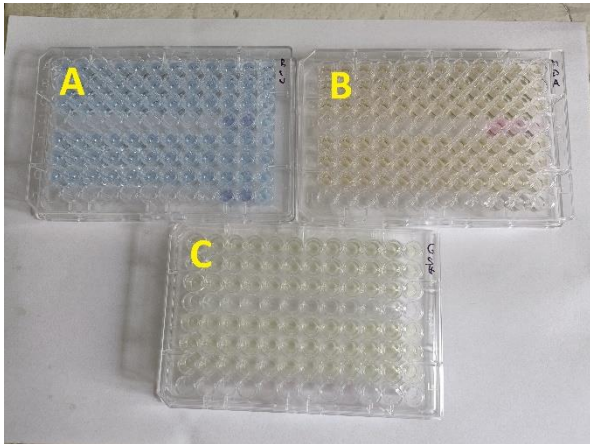
A redukáltglutacion-koncentráció meghatározása oly módon válik lehetségessé, hogy az SH-csoportjának reakcióképességét felhasználva egységképzést váltunk ki szulfhidril-reaktív vegyülettel, esetünkben 5,5-ditiobis-(2-nitro-benzoosav)-val, ami sárgásra színezi a

kémcsövek tartalmát (Sedlak – Lindsay, 1968). A komplexek létrejövéséhez lúgos pH-t szükséges biztosítanunk, amihez pufferanyagként trisz-hidroximetil-aminometánt vettünk igénybe. Első körben a minták fehérjéinek 10%-os triklór-ecetsavval való kicsapása történik, majd 2 percen keresztül centrifugáljuk a csöveket. Utóbbi lépésre azért van szükség, hogy a fehérjeeredetű SH-csoportok minél kevésbé torzítsák a végeredményt. A centrifugálás során ezen alkotórészek szilárd fázisban a csövek oldalára tapadnak, a kimérés pedig ezután megtörténhet csakis a felülúszókból. A fényelnyelést a spektrofotométer 412 nm-es hullámhosszon mérte meg (16. ábra).

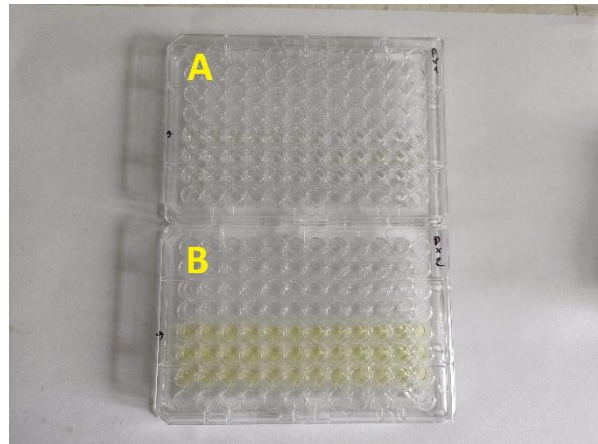
#### 3.3.4. MDA

A malondialdehid nem tartozik a szabad gyökök közé, azonban segítségével kimutathatóvá, igazolhatóvá válik egy hozzájuk kapcsolódó folyamat, amit lipidperoxidációnak nevezünk, ugyanis ez a szerves vegyület a többszörösen telítetlen zsírsavak oxidációjának metastabil mellékterméke (Placer et al., 1966; Janero, 1990). Ezen molekulák a sejtek belsejében találhatóak, így a vérből mért MDA-koncentráció megnövekedéséből sejtkárosodásra tudunk következtetni. Megjegyzendő, hogy a malondialdehid mindössze korlátozottan alkalmas a lipidperoxidációs folyamatok teljeskörű leírására, nyomon követésére, ugyanis azoknak csak bizonyos termékeiből jön létre. Determinációhoz azt a tulajdonságát használjuk fel, hogy savas pH-n és magas hőmérsékleten komplexet képez a 2-tiobarbitursavval. A komplex az MDA-koncentráció függvényében a sárgától a vörösig vesz fel egy színt, árnyalatot. A közeg savanyítását 10%-os triklór-ecetsavval végeztük. A megfelelő hőmérséklet elérése 20 percen keresztül vízfürdő révén valósult meg. Ezen idő alatt a berendezés 100 °C-on tartotta a mintákat. A kivételt követően centrifugálásra került sor, ami 10 percen át történt 4 °C-on. A spektrofotométer reagens vakkal összevetve mérte meg az abszorbanciákat 535 nm-en, miután a plate-ekre kiadagoltuk a kizárólag a felülúszókból álló mennyiségeket. A standard sor összeállítása során 1,1,3,3-tetra-etoxi-propánnal dolgoztunk. Az alkalmazott módszer másik hátránya abban áll, hogy a malondialdehid a tiobarbitursavon túlmenően még aldehidekkel is reakcióba lép, ami némileg befolyásolja a végeredményt (16. ábra).

**16. ábra:** Az összfehérjetartalom (A), malondialdehid-koncentráció (B) és a redukáltglutacion-tartalom (C) megállapítására elkészített minták  
(Forrás: saját ábra)



**17. ábra:** A glutation-peroxidáz aktivitásának (A + B) determinálására elkészített minták  
(Forrás: saját ábra)



### 3.4. Adatkiértékelési fázis

Az adatok statisztikai elemzése és a diagramok a GraphPad Software nevű szoftverfejlesztő vállalat Prism elnevezésű programjának 9.5.1-es verziószámú kiadásával készültek.

Statisztikai próba gyanánt egytényezős varianciaanalízis került alkalmazásra, amihez a szoftver post hoc tesztként a Tukey-féle eljárást javasolta, miután olyan alapvető paramétereket is megállapítottunk, mint az átlagok és a hozzájuk tartozó szórásértékek.

A diagramok oszlopai felett látható jelöléseket meghatározó p-értékeket a 3. táblázat ismerteti.

**3. táblázat:** Az alkalmazott szignifikanciaszintek  
(Forrás: saját táblázat)

| p-értékhatar | jelölés |
|--------------|---------|
| > 0,05       |         |
| ≤ 0,05       | *       |
| ≤ 0,01       | **      |
| ≤ 0,001      | ***     |
| ≤ 0,0001     | ****    |

## 4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A szelénkiegészítés brojlercsirkék egészségi állapotára kifejtett hatása intenzíven vizsgált terület. A glutation-peroxidázok enzimes családja Se-függő, antioxidáns hatással rendelkező enzimekből áll, amik a szerves és szervetlen szabad gyökök semlegesítésén keresztül hozzájárulnak az oxidatív stressz elleni védelemhez, valamint az immunválaszra is közvetlen hatást gyakorolnak.

Kínai kutatók a takarmány szervetlen (Na-szelenit) és szerves (szelenometionin) szelénkiegészítésének hatását vizsgálták 8 hetes brojlerekakokban, amik a sárga tollazatú Lingnan fajtaéhoz tartoztak. A 3 hétig tartó vizsgálat végén a vérplazmában a 0,225 mg/kg Se-Met-dózis növelte a teljes antioxidáns kapacitást (T-AOC), a glutation-peroxidáz (GPx) aktivitását és a redukált glutation (GSH) koncentrációját ( $p < 0,05$ ), illetve csökkentette a malondialdehid-tartalmat ( $p < 0,05$ ) a kontroll- és a nátrium-szelenitet tartalmazó takarmányt fogyasztó csoporthoz képest (Jiang et al., 2009).

Egy 2013-as kutatásban (Celi et al., 2013), amelyben különböző szerves szelénkiegészítők (szelenohomolantionin, valamint szelenometionin) hatásait értékelték azok brojlercsirkék tápjához való hozzákeverését követően, azt tapasztalták, hogy a 0,57 mg/kg-os Se-mennyiség szignifikáns mértékben emelte a vérplazmában a GPx-aktivitást, ugyanakkor egyik szelénforrás sem befolyásolta a reaktív oxigénmetabolitok (ROM) plazmában mért koncentrációját és az oxidatívstressz-indexet (OSI).

Rao és munkatársai (2013) eltérő dózisu (0; 0,1; 0,2; 0,3 és 0,4 mg/kg) szerves Se-kiegészítés hatását vizsgálták 42 napos korukig nevelt brojlercsirkékben trópusi éghajlati viszonyok között, nyitott oldalas baromfiistállóban. A kísérlet végén vett vérplazma mintákban az MDA-koncentráció lineárisan csökkent ( $p < 0,01$ ), ezzel ellentétben a GPx-aktivitás lineárisan nőtt ( $p < 0,01$ ) a takarmányban található szeléntartalom növekedésével.

Az ochratoxin A egészségre gyakorolt káros hatásainak megismerése, feltárása, valamint az ártalomcsökkentés módszereinek kidolgozása mindmáig foglalkoztatja a tudományos szférát. Különböféle készítményekkel igyekeznek ellensúlyozni a mikotoxin tevékenységét az állati szervezetben, miután azt eltérő eljárások útján bevitték, bejuttatták, és rendszerint biokémiai paraméterek segítségével jellemezték.

Egy pakisztáni kísérletben (Abro et al., 2024) 160 brojlerekakas takarmányát szennyezték 42 napon keresztül OTA-val 400  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -os koncentrációval dolgozva, azonban a táphoz adszorbens tulajdonsággal bíró agyagot is hozzákevertek 0,5 g/kg részarányban. A

toxinterhelt, de agyagot nem kapott csoportban szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) megnőtt a máj, a vese, illetve a zúzó- és a mirigyes gyomor relatív tömege a kontroll- és az agyaggal kiegészített takarmányt fogyasztó csoporttal szemben is. A lép és a Fabricius-féle tömlő fordítottan reagáltak a kezelésre. Az ochratoxin és az agyag is változásokat idézett elő a kontrollhoz képest a vérszérum összfehérjekoncentrációjában, koleszterinszintjében, karbamid- és kreatininmennyiségében, valamint az aszpartát-aminotranszferáz (AST) és alanin-aminotranszferáz (ALT) enzimek aktivitására is hatást gyakoroltak. Az adszorbenssel történő kiegészítés szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) megnövelte az ürülék OTA-tartalmát, amit HPLC-vel mérték meg. Emellett kimutatták, hogy ezen adalékanyag nem befolyásolja szignifikáns mértékben ( $p > 0,05$ ) az állatok testtömeg-gyarapodását.

Li és munkatársai (2020) az ochratoxin A hepatotoxicitásának mérséklését kívánták elérni akképpen, hogy csirkék szervezetébe 21 napon keresztül orálisan, szonda használatával  $50 \mu\text{g}/\text{kg}$ -nyi mikotoxint juttattak, mialatt egy szeléntartalmú élesztőkészítményt adtak a tápjukhoz. Azt találták, hogy az OTA-terhelésre visszavezethető emelkedést a májállapotot jellemző enzimek (AST és ALT) aktivitásaiban, illetve a növekedést, amit a malondialdehid-tartalom terén tapasztaltak, az adalékanyag hatékonyan mérsékelte, emellett visszajára fordította a teljes antioxidáns kapacitásban (T-AOC) jelentkező csökkenést ( $p < 0,05$ ). A szelén élesztővel képesek voltak elérni a glutation-peroxidáz (GPx) és a szuperoxid-dizmutáz (SOD) enzimek aktivitásának szignifikáns mértékű ( $p < 0,05$ ) növekedését is. Eredményeikből arra következtettek, hogy a tesztelt kiegészítő preventív alkalmazása révén kivédhető a súlyos májkárosodás.

Egy 2022-ben publikált cikkben (Awais et al., 2022) arról írnak, hogy az agyag mellett a szeszgyári moslák is képesek enyhíteni az OTA-terheltség káros hozadékain. 270 egyhetes korú brojlercsirke takarmányát szennyezték mesterségesen ochratoxinnal  $250$  és  $500 \mu\text{g}/\text{kg}$  koncentrációkat alkalmazva. A bentonit és a szeszgyári moslák külön-külön és együttesen bekeverve is felkínálásra került az állatok számára, előbbiből minden esetben  $10 \text{ g}$ -ot, utóbbiból pedig  $5 \text{ g}$ -ot használtak fel takarmánykilogrammonként. A mikotoxinos tápon nevelt, de agyagból és szeszgyári moslékből nem részesült csoport madarainak vérszérummintáiban fokozottabb enzimaktivitást tapasztaltak mind az aszpartát-aminotranszferáz (AST), mind pedig az alanin-aminotranszferáz (ALT) kapcsán, valamint a karbamid- és kreatininmennyiségek is megnövekedtek ( $p < 0,05$ ). Mindezek mellett a szérum albumin- és globulintartalma, illetve összfehérjekoncentrációja dóziszfüggő módon lecsökkent ( $p < 0,05$ ), ami a toxin fehérjeszintézist gátló hatását támasztja alá. Az agyag önmagában is képes volt ezen változások mérséklésére, míg a szeszgyári moslák kapcsán ugyanezt nem tudták alátámasztani

( $p > 0,05$ ). Ugyanakkor egyidejűleg alkalmazva hatékonyabban voltak képesek az OTA-indukálta folyamatok kordában tartására mindkét mikotoxindózis esetében, mint a kizárólagos bentonitaddíció ( $p < 0,05$ ), továbbá szignifikánsan lecsökkentették ( $p < 0,05$ ) az ochratoxin maradványvegyületeinek mennyiségét a májszövetben, ami az élelmiszerbiztonság javulását is eredményezi ezen anyagok által.

---

Mivel mind a GPx-aktivitás, mind pedig a GSH-koncentráció a minta fehérjetartalmára vonatkoztatva került megadásra, vizsgálataim során a vérplazmaminták és a vörösvérsejt-hemolizátumok esetében is meghatároztam azok összfehérjetartalmát (18. ábra, 22. ábra).

## 4.1. Vérplazma

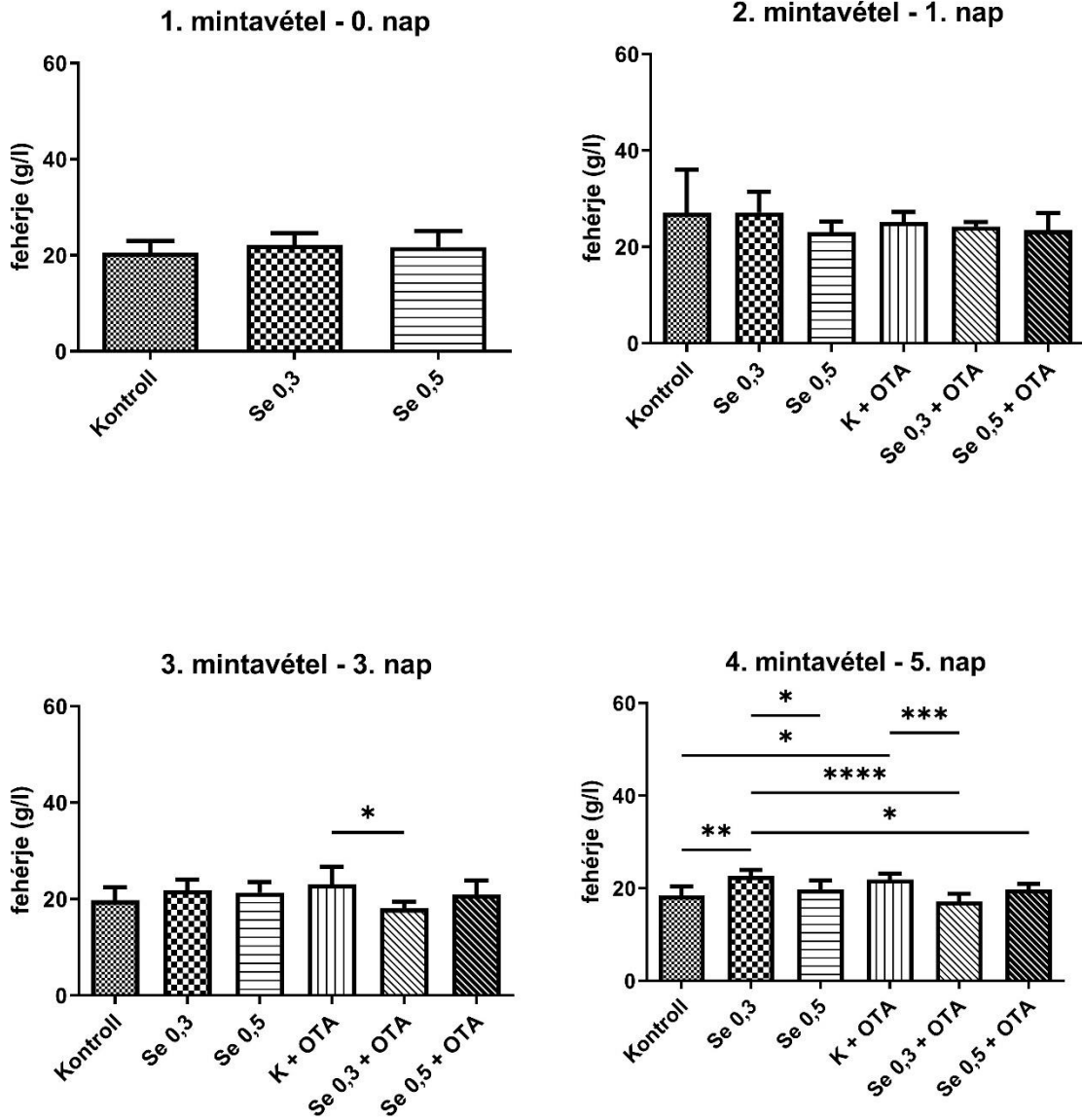
### 4.1.1. Fehérje

A vérplazma összfehérjekoncentrációjában a mikotoxin-terhelés kezdetén (1. mintavétel – 0. nap), valamint annak 1. napján nem mutatkozott statisztikailag is igazolható eltérés a kísérleti csoportok között. Az ochratoxin-expozíció 3. és 5. napján az ochratoxin-terhelésben részesült csoport (K + OTA) vérplazmájának összfehérjetartalma szignifikáns mértékben ( $p < 0,05$ , illetve  $p < 0,001$ ) meghaladta a kisebb dózisú szelénkiegészítés mellett mikotoxinnak kitett csoport (Se 0,3 + OTA) átlagértékeit (18. ábra).

Az ochratoxin-expozíció 5. napján a mérsékeltebb szelénmennyiséget kapott csoport vérplazmájának összfehérjekoncentrációja statisztikailag is alátámasztható mértékben meghaladta a kontroll- ( $p < 0,01$ ) és a nagyobb dózisú szelénkiegészítésben részesült csoport ( $p < 0,05$ ) átlagát (18. ábra).

Az ochratoxin-terhelés 5. napján szignifikánsan ( $p < 0,001$ ) kisebb összfehérjetartalom volt mérhető a kevesebb szelénrel ellátott és ochratoxinnak kitett csoport (Se 0,3 + OTA) esetében a kisebb dózisú szelénkiegészítésben részesült csoport (Se 0,3) értékével összevetve (18. ábra).

**18. ábra:** A vérplazmaminták fehérjetartalmának alakulása  
(Forrás: saját ábra)



#### 4.1.2. GPx

A vérplazma GPx-aktivitása a növekvő szelénmennyiség hatására dóziszfüggően változott (19. ábra).

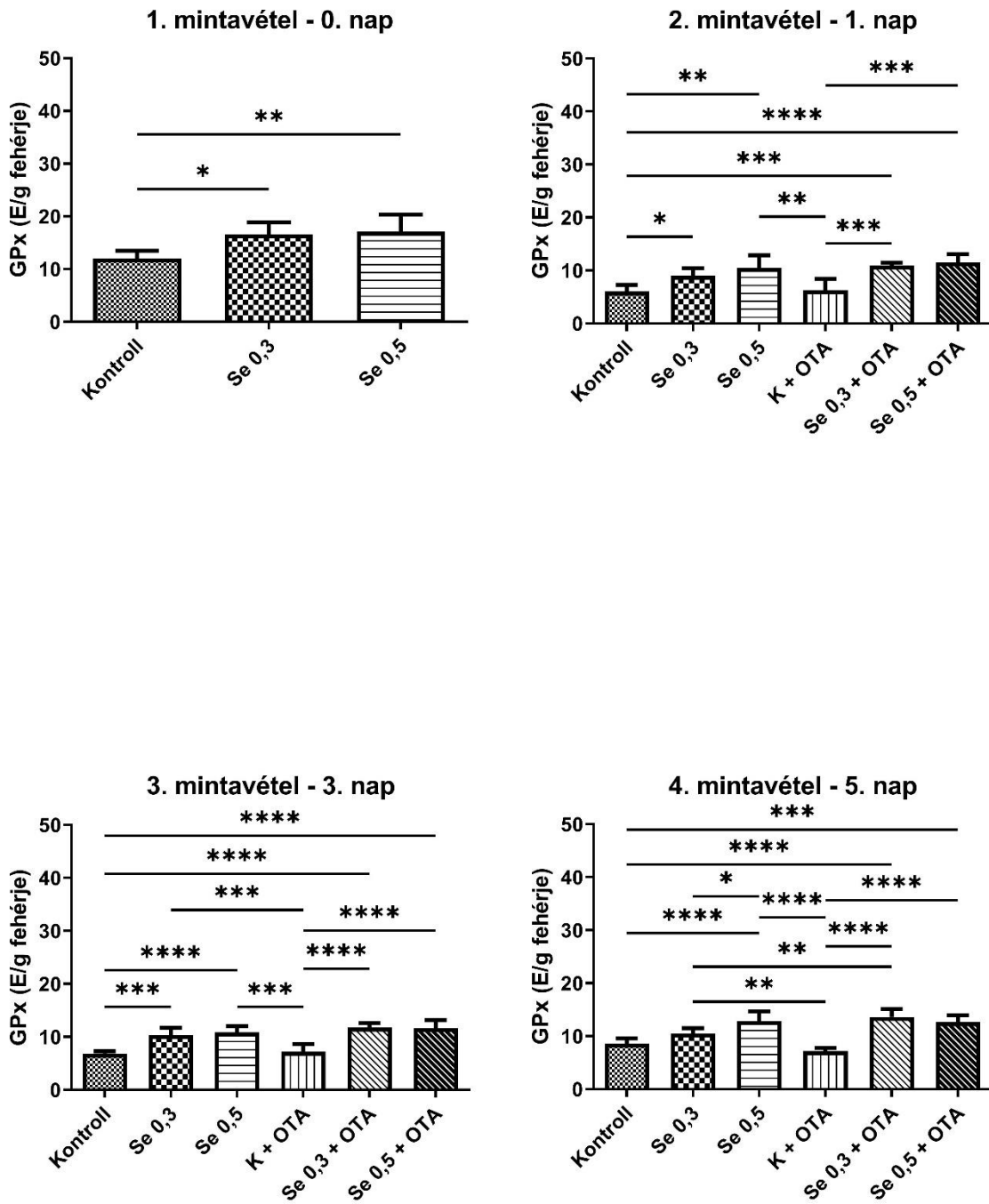
A szelenometionin három héten át tartó felvételének következtében a mikotoxin-terhelés kezdetén a több szelént kapott csoport (Se 0,5) esetében  $p < 0,01$ , míg a kisebb koncentrációjú szelénkiegészítésben részesült csoportnál (Se 0,3)  $p < 0,05$  szignifikanciaszinten bizonyult nagyobbak az enzimaktivitás, mint a kontrollcsoportban mért érték (19. ábra).

Ugyanilyen mértékű szignifikáns különbség az ochratoxin-expozíció 1. napján is megfigyelhető, míg annak 3. napján mindkét szelénkiegészítésben részesült csoport GPx-aktivitása  $p < 0,001$  szignifikanciaszinten mutatott eltérést a negatív kontrollcsoporttól, ami szelénhez nem fért hozzá. Az OTA-terhelés 5. napján kizárólag a szelént nagyobb dózisban kapott csoport (Se 0,5) esetében mértünk a kontrollcsoport GPx-aktivitását szignifikánsan ( $p < 0,001$ ) meghaladó átlagértéket (19. ábra).

Az ochratoxinra kitétt csoportok esetében valamennyi mintavételi időpontban a GPx-aktivitás dóziszfüggő alakulása ugyancsak tapasztalható volt az különböző mennyiségű szelénkiegészítésben részesült csoportok vonatkozásában,  $p < 0,001$  szignifikanciaszinten eltérve a szelénkiegészítőt nem fogyasztó, de ochratoxinnal terhelt (K + OTA) csoport átlagától.

Mindegyik mintavételi időpont kapcsán kijelenthető, hogy a rövidtávú, mindössze 5 napig tartó OTA-terhelés a szelén nélkülözésének ellenére (K + OTA) sem idézett elő statisztikailag igazolható eltérést a GPx-aktivitás terén a szelént nem kapott negatív kontrollcsoport értékével összevetve (19. ábra).

19. ábra: A vérplazmaminták GPx-aktivitásának alakulása  
(Forrás: saját ábra)

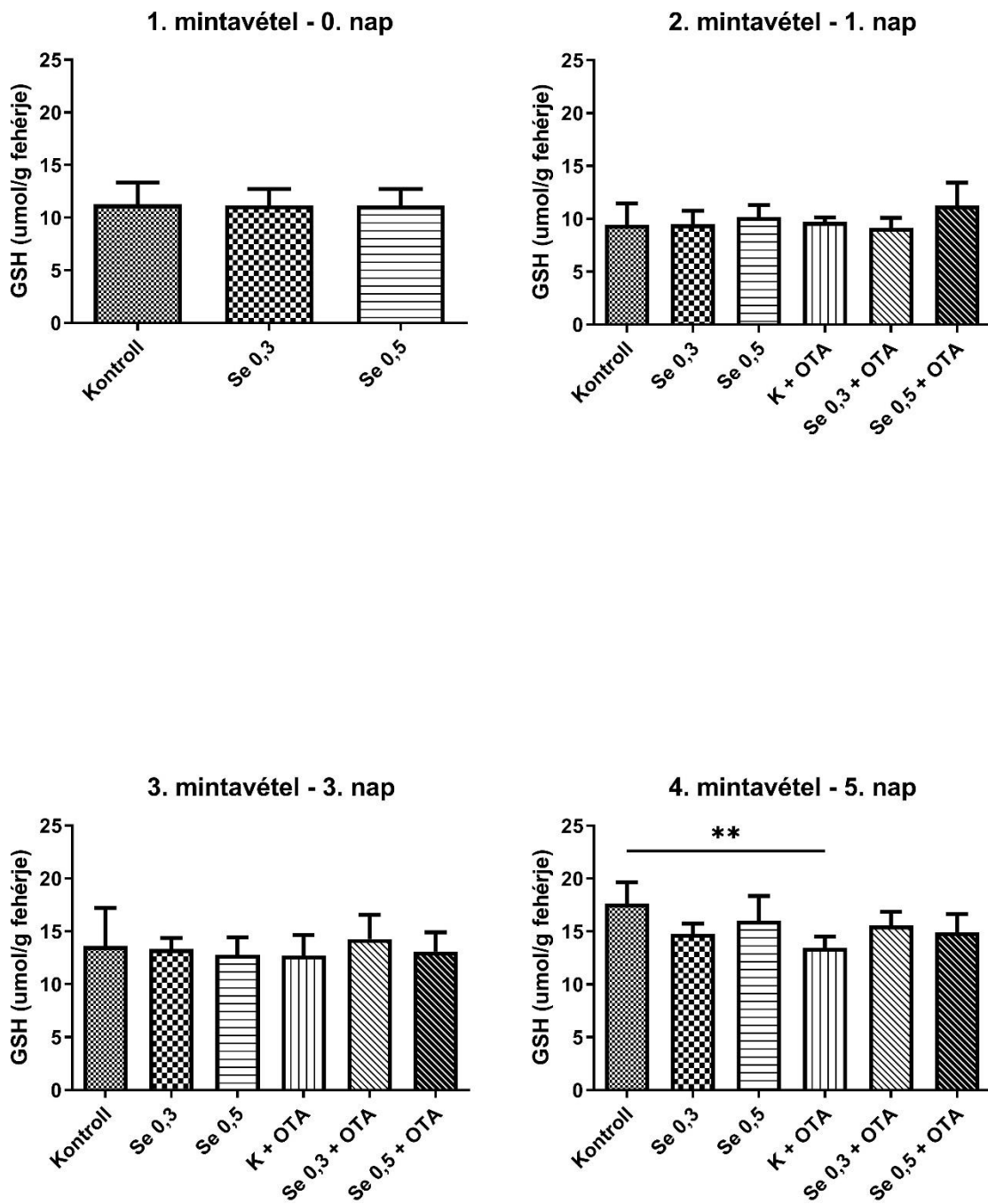


#### 4.1.3. GSH

A vérplazmaminták GSH-koncentrációjában egy esetben, a mikotoxin-expozíció 5. napján jelentkezett szignifikáns különbség a negatív kontroll és a szelénkiegészítés nélküli, OTA-val szennyezett takarmányt fogyasztó csoport (K + OTA) között ( $p < 0,01$ ) (20. ábra).

Ekkor az állatok már nemcsak hosszabb ideig fértek hozzá a mikotoxint tartalmazó takarmányhoz, hanem a korábbiakban felvett mennyiség egy része fel is halmozódott a testükben. Az OTA-terhelt csoport GSH-koncentrációja annak betudhatóan csökkenhetett le, hogy az ochratoxin által előidézett prooxidációs folyamatok ellensúlyozása érdekében a szervezet több GSH-t használt fel, mint alapesetben, az idő előrehaladtával pedig egyre nő a GSH-igény (20. ábra).

**20. ábra:** A vérplazmaminták GSH-tartalmának alakulása  
(Forrás: saját ábra)



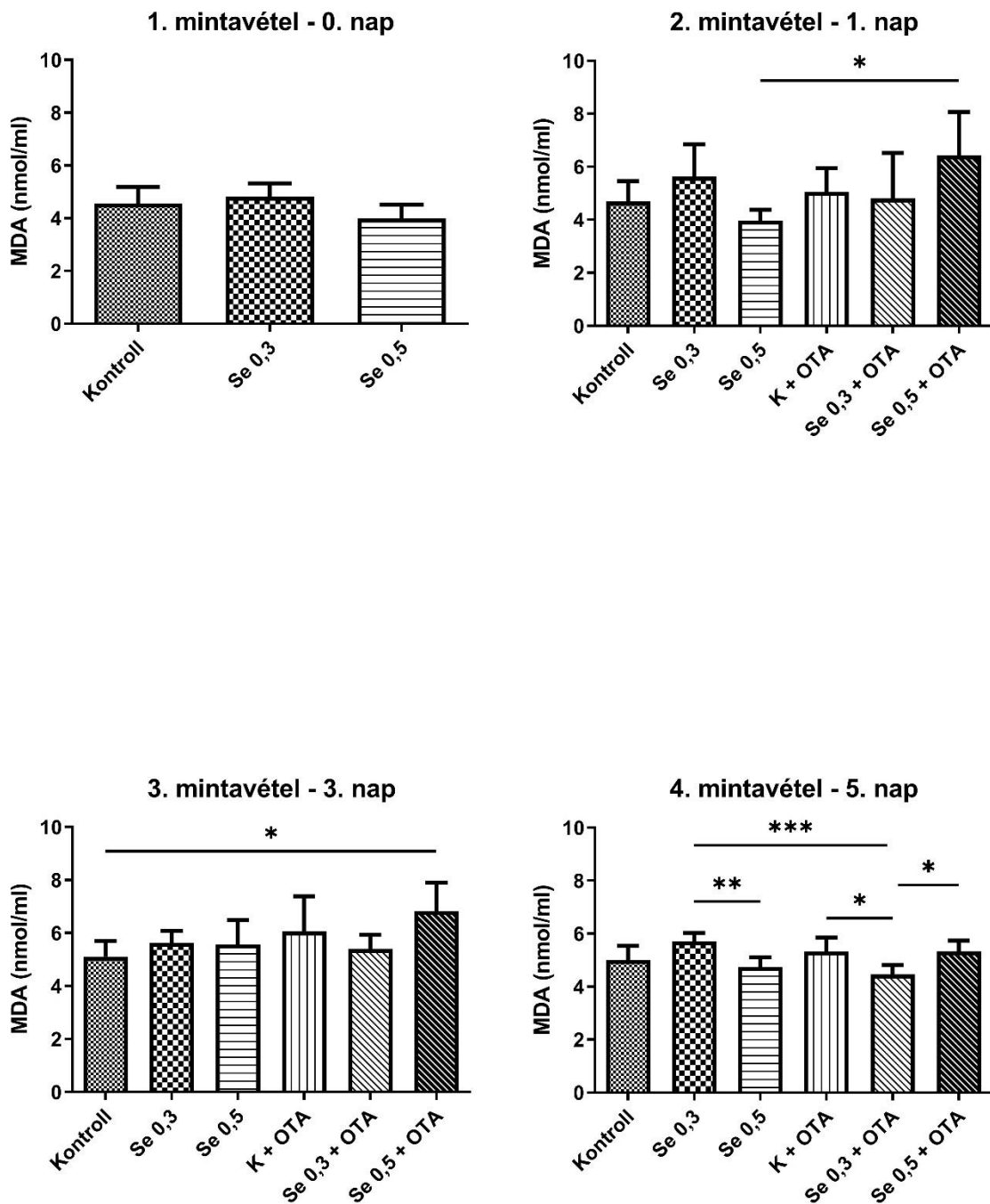
#### 4.1.4. MDA

A lipidperoxidációs folyamatok terminális fázisát jelző malondialdehid az expozíciós időszak 1. napján mutatott jelentős, átlagértéket szignifikáns mértékben ( $p < 0,05$ ) meghaladó koncentrációt a mikotoxinbevitelre visszavezethetően (Se 0,5 + OTA) azzal a csoporttal összehasonlítva, amelyik OTA-ból nem részesült, viszont nagyobb mennyiségben kapott szelént (Se 0,5) (21. ábra).

Az ochratoxin-terhelés 3. napján ugyancsak a nagyobb dózisban szelénkiegészítőt fogyasztó, de mikotoxinnak is kitett csoportban (Se 0,5 + OTA) mértük a legnagyobb MDA-tartalmat, mely szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) eltért a negatív kontrollcsoport értékétől (21. ábra).

A legutolsó mintavételi időpontban, amire az OTA-expozíció 5. napján került sor, a kevesebb szelén mellett ochratoxint felvevő csoportot (Se 0,3 + OTA) kedvezőbb, szignifikáns mértékben alacsonyabb MDA-koncentráció jellemezte, mint a toxinterhelt, de Se-kiegészítőt nem fogyasztó csoportot (K + OTA,  $p < 0,05$ ), valamint a kizárólag kisebb szelénmennyiségből részesült csoportot (Se 0,3,  $p < 0,001$ ) (21. ábra).

**21. ábra:** A vérplazmaminták MDA-koncentrációjának alakulása  
(Forrás: saját ábra)



## 4.2. Vörösvérsejt-hemolizátum

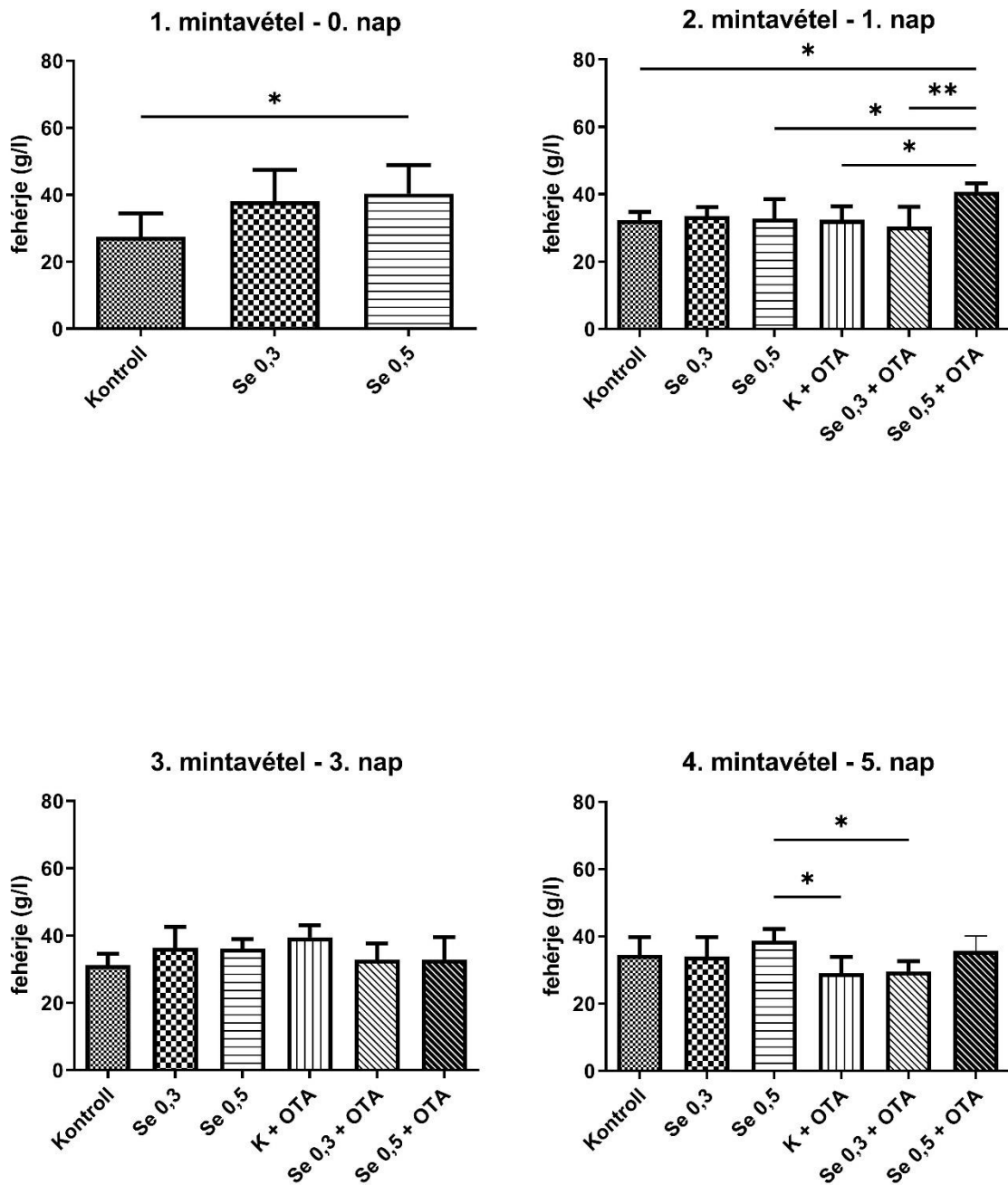
### 4.2.1. Fehérje

A szerves Se-adalékanyag három hétig tartó felvételének hatására az OTA-expozíció kezdetén a szelenometionint nagyobb dózisban kapott csoport (Se 0,5) esetében statisztikailag igazolhatóan ( $p < 0,05$ ) nagyobb összfehérjetartalmat mértünk a vörösvérsejt-hemolizátumokban, mint a kontrollcsoportban (22. ábra).

Ez az eltérés az ochratoxin-terhelés 1. napján is megmutatkozott (Se 0,5 + OTA) a szelénkiegészítésben nem részesült negatív kontrollhoz, valamint az mikotoxinnak kitett csoportokhoz képest ( $p < 0,05$ ). Ugyanezen mintavételi időpontban az OTA mellett Se-adalékot is fogyasztó csoportok vörösvérsejt-hemolizátumaiban is szignifikáns ( $p < 0,01$ ) különbség jelentkezett az összfehérjekoncentrációban (22. ábra).

Az ochratoxin-expozíció 5. napján a toxinterhelés kezdetekor megfigyeltekhez hasonlóan a szelenometionint nagyobb koncentrációban kapott csoport (Se 0,5) esetében a kontrollcsoport értékét meghaladó összfehérjetartalmat mértünk, ami ugyan nem bizonyult szignifikánsnak, de a szelénkiegészítés nélkül OTA-nak kitett csoporttal (K + OTA) összevetve az eltérés már statisztikailag igazolható volt ( $p < 0,05$ ) (22. ábra).

**22. ábra:** A vörösvérsejthemolizátum-minták fehérjetartalmának alakulása  
(Forrás: saját ábra)

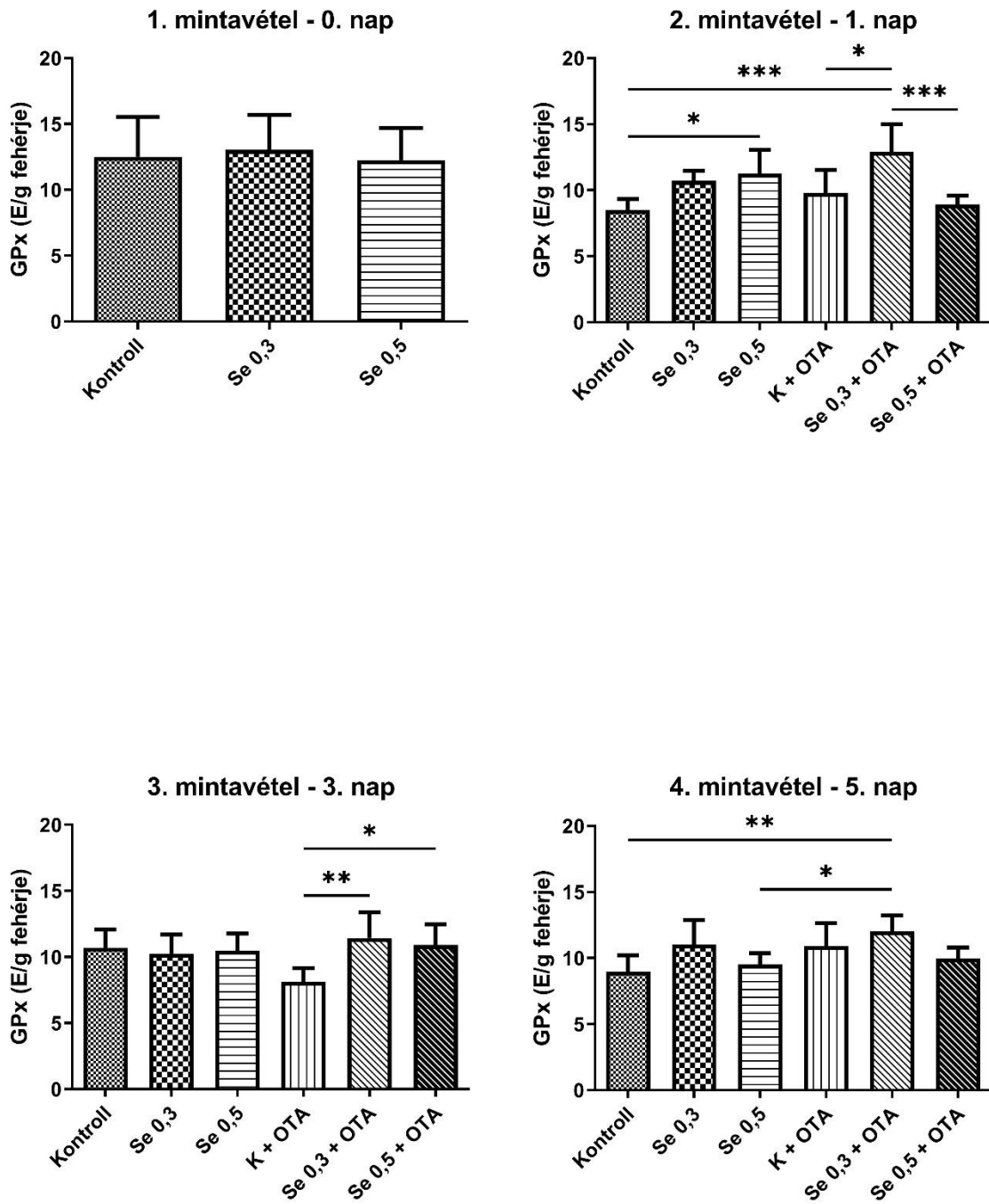


#### 4.2.2. GPx

A vörösvérsejt-hemolizátumokban a glutation-peroxidáz aktivitása a legtöbb mintavételi időpontban nem mutatta a vérplazma kapcsán leírt változásokat a növekvő Se-koncentráció hatására. Kivételt képez a mikotoxin-terhelés 1. napja, amikor a kontrollcsoporthoz képest a szelénnel ellátott csoportok GPx-aktivitása dózisfüggően növekedett, ami a 0,5 mg/kg Se-kiegészítés esetében szignifikáns mértékűnek ( $p < 0,05$ ) bizonyult (23. ábra).

Ugyanezen mintavételkor, valamint az ochratoxin-expozíció 3. napján vett vérmintákban az OTA-nak kitett csoportok közül a kisebb szeléndózisúnál (Se 0,3 + OTA) állapítottuk meg a legnagyobb GPx-aktivitást, ami a mikotoxin-terhelésben részesült (K + OTA) és a több szelént fogyasztott csoport (Se 0,5 + OTA) értékeivel összehasonlítva is statisztikailag igazolható volt (23. ábra).

**23. ábra:** A vörösvérsejthemolízátum-minták GPx-aktivitásának alakulása  
(Forrás: saját ábra)



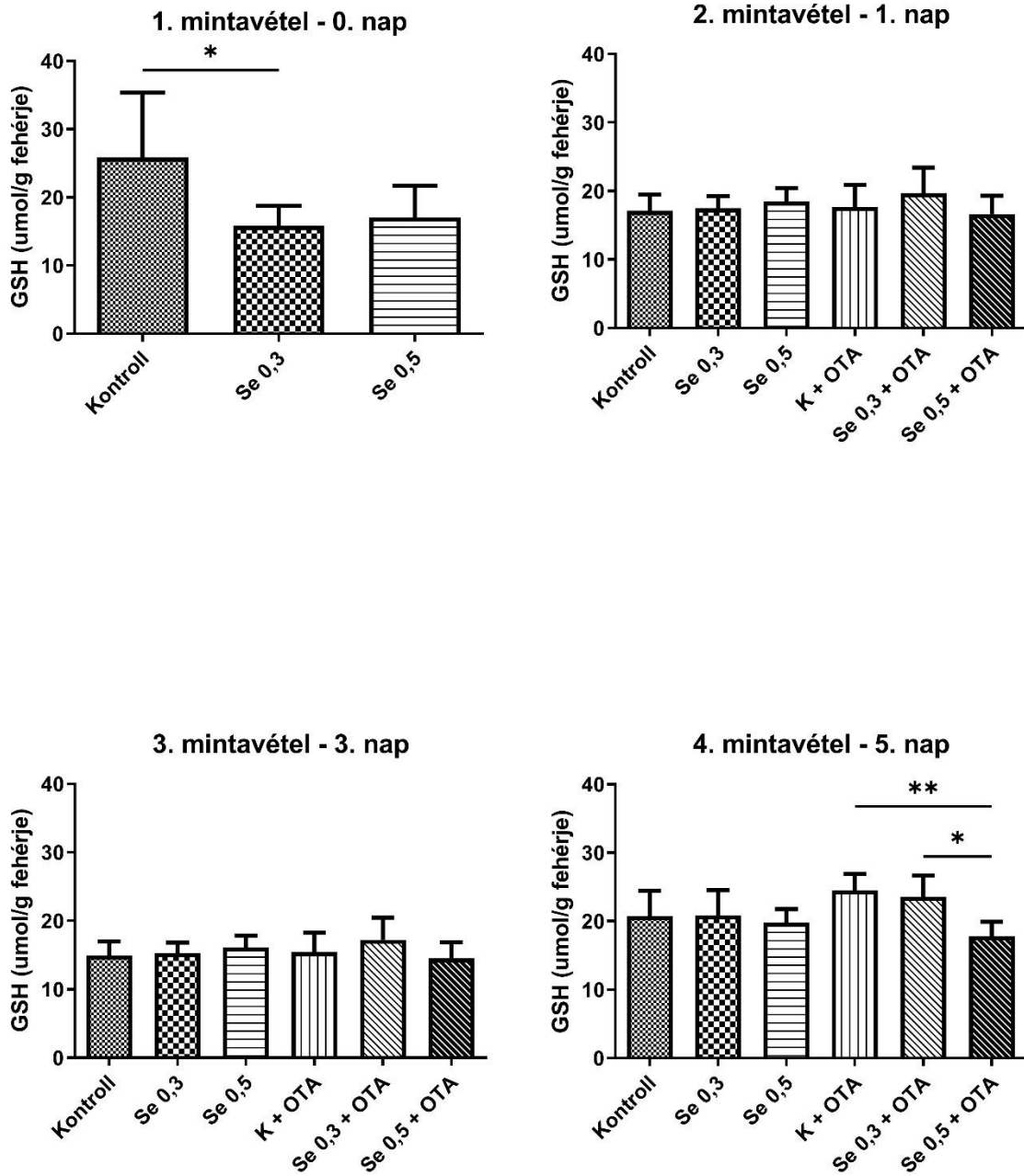
#### 4.2.3. GSH

A redukált glutation koncentrációjában kizárólag az ochratoxin-expozíció kezdetekor, valamint annak legvégén, a terhelés 5. napján jelentkezett szignifikáns különbség a kísérleti csoportok között (24. ábra).

Az 1. mintavétel alkalmával mindkét Se-dózis kapcsán mérsékeltebb GSH-koncentrációt mértünk a kontrollesoporthoz képest, ami a kisebb koncentrációjú szelénkiegészítésben részesült csoportnál (Se 0,3) mutatott szignifikáns eltérést ( $p < 0,05$ ) (24. ábra).

Az OTA-terhelés 5. napján a nagyobb dózisban Se-adalékanyagot és mikotoxint is kapott csoportnál (Se 0,5 + OTA) tapasztaltunk a szelén nélkül ochratoxinnak (K + OTA), azonfelül a kevesebb szelén mellett OTA-nak (Se 0,3 + OTA) kitett csoportok átlagértékétől statisztikailag alátámaszthatóan elmaradó GSH-koncentrációt (24. ábra).

**24. ábra:** A vörösvérsejthemolizátum-minták GSH-tartalmának alakulása  
(Forrás: saját ábra)



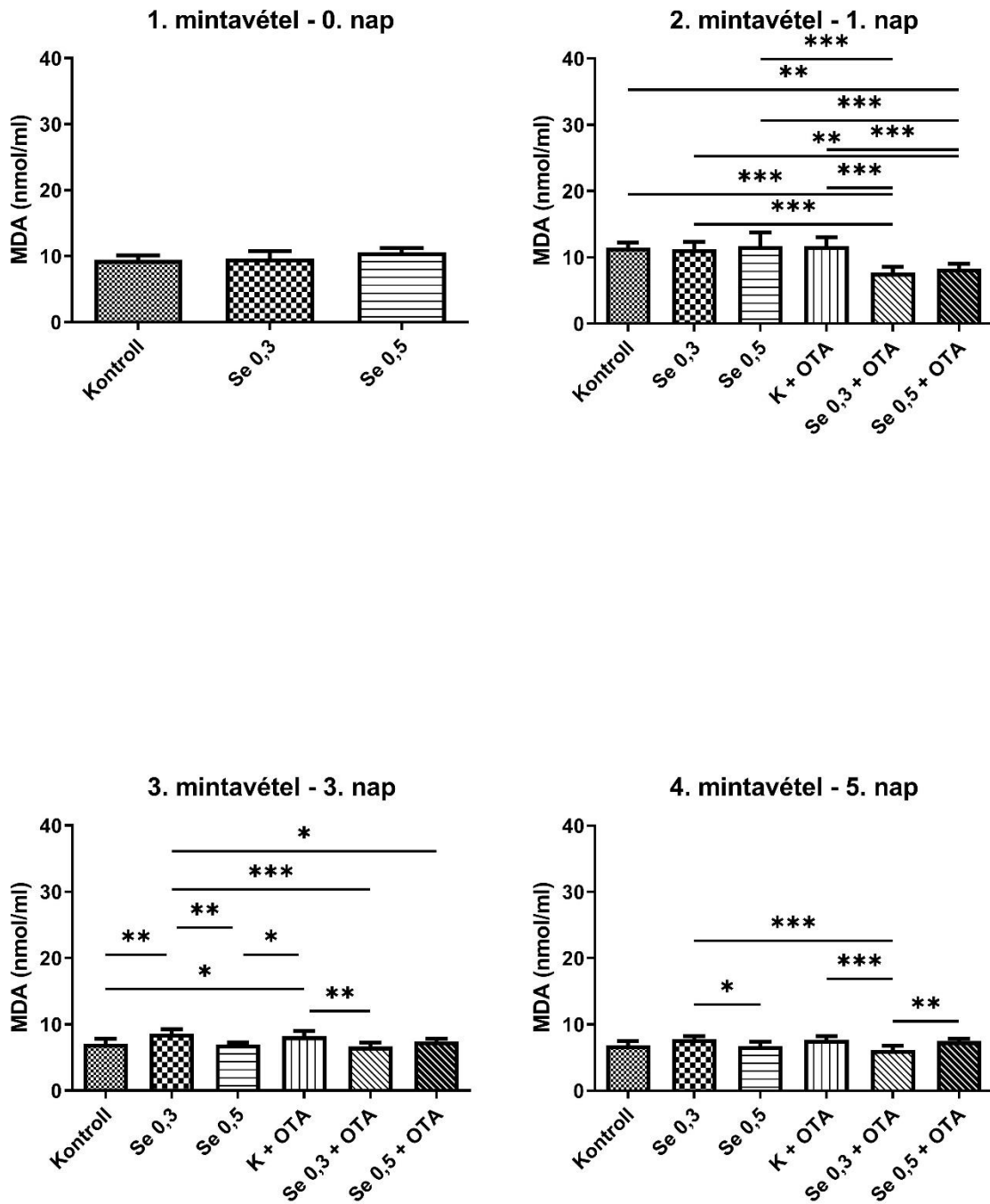
#### 4.2.4. MDA

A vörösvérsejt-hemolizátumok malondialdehid-tartalma a toxinterhelt csoportok közül mindegyik mintavételi időpontban abban a csoportban volt a legnagyobb, amelyik Se-kiegészítésben nem részesült (K + OTA) (25. ábra).

Ezzel összevetve a kisebb szelénmennyiség mellett mikotoxint is felvett csoportban (Se 0,3 + OTA) az OTA-expozíció mindhárom mintavételekor szignifikánsan kisebb MDA-koncentrációt mértünk (1. nap:  $p < 0,001$ ; 3. nap:  $p < 0,01$ ; 5. nap:  $p < 0,001$ ), ami a mikroelem kedvező, a lipidperoxidációs folyamatok intenzitását mérséklő hatását jelzi (25. ábra).

A nagyobb Se-dózis mellett ochratoxint is fogyasztó csoport (Se 0,5 + OTA) esetében kizárólag a toxinterhelés 1. napján mutatkozott statisztikailag igazolható mértékben kisebb MDA-koncentráció a szelénkiegészítéssel nem, de mikotoxinból viszont részesült csoport (K + OTA) értékével összevetve ( $p < 0,001$ ) (25. ábra).

**25. ábra:** A vörösvérsejthemolízátum-minták MDA-koncentrációjának alakulása  
(Forrás: saját ábra)



### 4.3. Takarmányfogyasztás

Az OTA takarmány-visszautasító hatása ismert (Pozzo et al., 2013; Nedeljković-Trailović et al., 2015; Singh et al., 2016), azonban az jelentősebben kizárólag az 1. napon tudott érvényesülni a kísérletünk során, amikor mindegyik érintett csoportban kevesebb tápot vettek magukhoz az állatok, mint a kontrollban. A 2-3. napi takarmányfelvételre az ochratoxin már nem hatott azon csoportokban, ahol a táp toxinnal való mesterséges szennyezésén kívül annak szeléndúsítása is megtörtént. A szerves Se-kiegészítő mikotoxinmentes takarmányba történő bekeverése mindhárom periódusban javította a takarmányfogyasztást a kontrollcsoport értékeihez képest. A 4-5. napon az OTA jelenléte már nem vezetett csökkent takarmányfelvételhez, mi több, a legkevesebb tápot egy toxinterhelt csoport hagyta vissza. A teljes kísérleti időszakot tekintve elmondhatjuk, hogy az ochratoxin nem befolyásolta az állatok takarmányfogyasztását, ugyanis azokban a csoportokban sem volt magasabb takarmányfelvétel tapasztalható, amelyek tápjá nem került mikotoxinnal szennyezésre, szelénkiegészítést azonban kaptak (4. táblázat).

**4. táblázat:** A takarmányfogyasztás alakulása  
(Forrás: saját táblázat)

| Sorsz. | Kód        | 1. nap fogy. (g/madár/nap) | 2-3. nap fogy. (g/madár/nap) | 4-5. nap fogy. (g/madár/nap) | Átlagos fogy. (g/madár/nap) |
|--------|------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1.     | K + O      | 104,21                     | 110,58                       | 122,14                       | 113,93                      |
| 2.     | Se 0,3     | 113,95                     | 115,58                       | 125,71                       | 119,31                      |
| 3.     | Se 0,5     | 111,84                     | 117,69                       | 131,07                       | 121,87                      |
| 4.     | K          | 106,05                     | 112,12                       | 112,5                        | 111,06                      |
| 5.     | Se 0,5 + O | 105,26                     | 118,85                       | 143,57                       | 126,02                      |
| 6.     | Se 0,3 + O | 103,68                     | 117,12                       | 128,57                       | 119,01                      |
| Sorsz. | Kód        | A K fogy.-nak %-ában       | A K fogy.-nak %-ában         | A K fogy.-nak %-ában         | A K fogy.-nak %-ában        |
| 1.     | K + O      | 98,3                       | 98,6                         | 108,6                        | 102,6                       |
| 2.     | Se 0,3     | 107,4                      | 103,1                        | 111,7                        | 107,4                       |
| 3.     | Se 0,5     | 105,5                      | 105                          | 116,5                        | 109,7                       |
| 4.     | K          | 100                        | 100                          | 100                          | 100                         |
| 5.     | Se 0,5 + O | 99,3                       | 106                          | 127,6                        | 113,5                       |
| 6.     | Se 0,3 + O | 97,8                       | 104,5                        | 114,3                        | 107,2                       |

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Levont következtetéseimet a „Bevezetés és célkitűzések” című fejezetben feltett kérdések megválaszolásának útján ismertetem.

1. Milyen hatással van a szelénkiegészítés? Milyen mértékben képes a szelénkiegészítés ellensúlyozni a toxinterhelés hatásait?

Jelen kísérletben a szelénaddíció egyértelműen az általunk előidézett OTA-terheltségre visszavezethető egészségkárosodás mérséklését kívánta szolgálni, nem elsősorban a termelésserkentő és fejlődést támogató tulajdonságai miatt döntöttünk mellette. Ennélfogva a produkciót jellemző paraméterek közül a dolgozatban mindössze a takarmányfogyasztást szerepeltettem, amivel főképpen a toxinnak betudható takarmány-visszautasítást reméltem tetten érni, nem pedig a szelénkiegészítő potenciálisan növekedésfokozó hatásának kimutatására irányult. E tekintetben számottevő különbségeket nem tapasztaltunk a csoportok között, ami az etetési, nevelési periódus meglehetősen rövid hosszával magyarázható. Ami az ochratoxin károsításával szembeni ellenállóképesség stimulálását illeti, laboratóriumi eredményeink alapján elmondható, hogy a mikroelem szerves formája hatékonyan volt képes kompenzálni az oxidatív stressz megnyilvánulásait.

2. Milyen hatással van a mikotoxin-terhelés?

Az expozíció időtartamának meghatározásakor ügyeltünk arra, hogy a fokozott terheltségnek tulajdoníthatóan ne jelenjenek meg kórbonctani elváltozások, valamint az ne mutakozzon meg viselkedésbéli abnormalitásokban. Ezáltal mindössze vérparaméterek útján nyílt lehetőségünk az elindult, azonban szemrevételezéssel detektálhatatlan OTA-indukálta folyamatok leírására, jellemzésére. Kapott értékeink azt vetítik előre, hogy a terhelés megnyújtásával a toxin alkalmazott koncentrációja erőteljes hatást gyakorolt volna az állatok immun-, kiválasztó- és nyirokrendszerére, ami egy végigvitt, befejezett brojlernevelés, -tartás során minden bizonnyal kifejeződött volna, így eredményeink gyakorlati jelentőséggel bírnak.

---

Minden kísérlet jelentősége, értelme abban áll, hogy miként képes hozzájárulni azon tevékenység folytatásához, amihez a kérdései, problémái kapcsolódnak, amikre felhasználható, hasznosítható válaszokkal, megoldásokkal kell szolgálnia. Esetünkben ez a takarmányelőállítók

és baromfitelep-tulajdonosok, -vezetők sikerén keresztül válhatna értelmezhetővé, ugyanis adataink, megállapításaink képesek olyan döntések, intézkedések meghozatalának támogatására, amik közvetlenül védik a madarak egészségét, ezáltal közvetett módon javítják az élelmiszerbiztonságot. Konkrét javaslataimat az alábbiakban listázom.

1. Aki takarmányt vagy -alapanyagot saját felhasználásra, illetőleg továbbértékesítés céljából vásárol, vizsgálta azt be mikotoxintartalomra! A gabonafélék szemtermésének szennyezettsége köztudottan gyakori probléma.
2. Aki baromfitartással foglalkozik, ismerje meg a mikotoxikózisra utaló jeleket, tüneteket, szervi módosulásokat! A laboratóriumi eljárások szaktudás, jártasság és a költségesen beszerezhető műszerek megléte nélkül nem nyújtanak segítséget, azonban az elhullásokból származó tetemek felboncolása helyben, különösebb hozzáértés nélkül is elvégezhető, így egy korábbi fázisban detektálhatóvá válik egy olyan probléma, aminek késői azonosítása jelentős anyagi kárral jár. Fontos megjegyezni, hogy az efféle tájékozódás mindössze az előrejelzést könnyíti meg. A szennyezett tétel meghatározásához, a pontos mikotoxintartalom megállapításához továbbra is elengedhetetlen a laboratóriumi analízis, ami abban az esetben fog ténylegesen felhasználható eredménnyel szolgálni, ha azt helyes, megfelelően végrehajtott mintavétel előzte meg. A szennyezett komponens kiiktatható a receptúrából, illetőleg részarányának mérséklésére is sor kerülhet. Amennyiben szükséges, állatorvosi segítséggel kiválaszthatók olyan adalékanyagok, amik kényszerhelyzetben ellenállóbbá teszik a madarainkat a mikotoxinok káros hatásaival szemben.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Kísérletünkben arra kerestük a választ, hogy miképpen képes a szerves formában történő szelénkiegészítés ellensúlyozni az OTA-expozíció által előidézett oxidatív stressz káros hatásait, amikkel szemben ezen mikroelem egy antioxidáns tulajdonsággal rendelkező enzimbe beépülve képes ellenállóbbá tenni a szervezetet.

Modellállataink brojlercsirkék voltak, amiknek takarmányát 2 mg/kg-os koncentráció eléréséig szennyeztük mesterségesen a mikotoxinnal. A táphoz olyan mennyiségben kevertünk a szerves szelénhordozóból, ami 0,3 és 0,5 mg/kg szelénkoncentrációt biztosított. Mintanyérés, ami esetünkben vérvételt jelentett, négy alkalommal történt az öt napig tartó ochratoxin-expozíció során, aminek rövidségére visszavezethetően takarmányfogyasztás terén nem is tapasztaltunk eltérést az egyes csoportok között, illetve a kórbonctani leletek sem mutatták még a mikotoxikózisra jellemző elváltozásokat.

A toxinterhelés következményeinek leírására ezáltal biokémiai paramétereket kellett válasszunk, az összfehérje-, redukáltglutation- (GSH) és malondialdehid-koncentrációt (MDA), valamint a glutation-peroxidáz (GPx) enzim aktivitását vérplazmából és vörösvérsejt-hemolizátumból is megállapítottuk abszorbancián alapuló eljárásokkal, spektrofotométer alkalmazásával. A felsorolt mutatók segítségével nyomon tudtuk követni azon folyamatokat, amik negatívan befolyásolták az állatok jóllétét, azonban azt is sikerült igazolnunk, hogy a kitétség ártalmain a szelénaddíció enyhíteni volt képes. Mindezek kimutatásához, a csoportértékek összehasonlításához egytényezős varianciánálízist alkalmaztam a GraphPad Prism elnevezésű statisztikai programban, amivel a dolgozatba beillesztett diagramok is készültek.

Javaslatokként kihangsúlyoztam a takarmány-összetevők laboratóriumi analízisének jelentőségét, amit reprezentatív mintavételnek szükséges megelőznie, valamint arra buzdítottam a gazdálkodókat, hogy tájékozódjanak a mikotoxikózisok által kiváltott szervi elváltozásokról, tünetekről és az azokkal szembeni ellenállóképesség-növelés lehetőségeiről.

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

- Abro, M. R., Rashid, N., Khanoranga, Siddique, Z. (2024): In-vivo evaluation of the adverse effects of ochratoxin A on broiler chicken health and adsorption efficacy of indigenous and commercial clay of Balochistan, Pakistan. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 41(7), 833–845. DOI: [10.1080/19440049.2024.2354491](https://doi.org/10.1080/19440049.2024.2354491)
- Ahmadi, M., Ahmadian, A., Seidavi, A. R. (2018): Effect of Different Levels of Nano-selenium on Performance, Blood Parameters, Immunity and Carcass Characteristics of Broiler Chickens. *Poultry Science Journal*, 6(1), 99–108. DOI: [10.22069/PSJ.2018.13815.1276](https://doi.org/10.22069/PSJ.2018.13815.1276)
- Awais, M. M., Mehtab, U., Anwar, M. I., Hameed, M. R., Akhtar, M., Raza, A., Aisha, R., Muhammad, F., Saleemi, M. K., Fayyaz, A. (2022): Mitigation potential of individual and combined dietary supplementation of local Bentonite Clay and Distillery Sludge against Ochratoxin-A induced toxicity in broilers. *BMC Veterinary Research*, 18, Paper 375, 12 p. DOI: [10.1186/s12917-022-03466-3](https://doi.org/10.1186/s12917-022-03466-3)
- Briens, M., Mercier, Y., Rouffineau, F., Vacchina, V., Geraert P. A. (2013): Comparative study of a new organic selenium source v. seleno-yeast and mineral selenium sources on muscle selenium enrichment and selenium digestibility in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, 110(4), 617–624. DOI: [10.1017/S0007114512005545](https://doi.org/10.1017/S0007114512005545)
- Caloni, F., Cortinovis, C. (2010): Effects of fusariotoxins in the equine species. *The Veterinary Journal*, 186(2), 157–161. DOI: [10.1016/j.tvjl.2009.09.020](https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.09.020)
- Celi, P., Selle, P. H., Cowieson, A. J. (2013): Effects of organic selenium supplementation on growth performance, nutrient utilisation, oxidative stress and selenium tissue concentrations in broiler chickens. *Animal Production Science*, 54(7), 966–971. DOI: [10.1071/AN13116](https://doi.org/10.1071/AN13116)
- Chen, G., Wu, J., Li, C. (2013): Effect of different selenium sources on production performance and biochemical parameters of broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 98(4), 747–754. DOI: [10.1111/jpn.12136](https://doi.org/10.1111/jpn.12136)
- Elaroussi, M. A., Mohamed, F. R., El Barkouky, E. M., Atta, A. M., Abdou, A. M., Hatab, M. H. (2006): Experimental ochratoxicosis in broiler chickens. *Avian Pathology*, 35(4), 263–269. DOI: [10.1080/03079450600817115](https://doi.org/10.1080/03079450600817115)
- Elaroussi, M. A., Mohamed, F. R., Elgendy, M. S., El Barkouky, E. M., Abdou, A. M., Hatab, M. H. (2008): Ochratoxicosis in Broiler Chickens: Functional and Histological Changes in Target Organs. *International Journal of Poultry Science*, 7(5), 414–422. DOI: [10.3923/ijps.2008.414.422](https://doi.org/10.3923/ijps.2008.414.422)
- Erdélyi M., Mézes M., Virág Gy. (1999): A szeléndependens glutation-peroxidáz enzimek az állati szervezetben. I. Szerkezet, funkció és szabályozás. *Biokémia*, 23, 82–88.
- Hameed, M. R., Khan, M. Z., Khan, A., Javed, I. (2012): Ochratoxin Induced Pathological Alterations in Broiler Chicks: Effect of Dose and Duration. *Pakistan Veterinary Journal*, 33(2), 145–149. Letöltés dátuma: 2024. 6. 28. forrás: [http://www.pvj.com.pk/archive/Volume\\_33\\_Issue\\_2\\_2013.htm](http://www.pvj.com.pk/archive/Volume_33_Issue_2_2013.htm)
- Hameed, M. R., Khan, M. Z., Saleemi, M. K., Khan, A., Akhtar, M., Hassan, Z., Hussain, Z. (2017): Study of ochratoxin A (OTA)-induced oxidative stress markers in broiler chicks. *Toxin Reviews*, 36(4), 270–274. DOI: [10.1080/15569543.2017.1303780](https://doi.org/10.1080/15569543.2017.1303780)

- Hu, C. H., Li, Y. L., Xiong, L., Zhang, H. M., Song, J., Xia, M. S. (2012): Comparative effects of nano elemental selenium and sodium selenite on selenium retention in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 177(3–4), 204–210. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2012.08.010](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.08.010)
- Ibrahim, M. T., Eljack, B. H., Fadlalla, I. M. T. (2011): Selenium supplementation to broiler diets. *Animal Science Journal*, 2(1), 12–17. Letöltés dátuma: 2024. 6. 29. forrás: [https://www.isisn.org/ASJ\\_2\(1\)\\_2011.htm](https://www.isisn.org/ASJ_2(1)_2011.htm)
- Janero, D. R. (1990): Malondialdehyde and thiobarbituric acid-reactivity as diagnostic indices of lipid peroxidation and peroxidative tissue injury. *Free Radical Biology and Medicine*, 9(6), 515–540. DOI: [10.1016/0891-5849\(90\)90131-2](https://doi.org/10.1016/0891-5849(90)90131-2)
- Jiang, Z., Lin, Y., Zhou, G., Luo, L., Jiang, S., Chen, F. (2009): Effects of Dietary Selenomethionine Supplementation on Growth Performance, Meat Quality and Antioxidant Property in Yellow Broilers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(20), 9769–9772. DOI: [10.1021/jf902411c](https://doi.org/10.1021/jf902411c)
- Joo, Y. D., Kang, C. W., An, B. K., Ahn, J. S., Borutova, R. (2013): Effects of ochratoxin A and preventive action of a mycotoxin-deactivation product in broiler chickens. *Veterinarija ir Zootechnika*, 61(83), 22–29. Letöltés dátuma: 2024. 6. 28. forrás: <https://vetzoo.lsmuni.lt/2013-61-en>
- Khan, S. A., Venancio, E. J., Ono, M. A., Fernandes, E. V., Hirooka, E. Y., Shimizu, C. F., Oba, A., Flaiban, K. K. M. C., Itano, E. N. (2019): Effects of Subcutaneous Ochratoxin-A Exposure on Immune System of Broiler Chicks. *Toxins*, 11(5), Paper 264, 9 p. DOI: [10.3390/toxins11050264](https://doi.org/10.3390/toxins11050264)
- Li, P., Li, K., Zhou, C., Tong, C., Sun, L., Cao, Z., Yang, S., Lyu, Q. (2020): Selenium Yeast Alleviates Ochratoxin A-Induced Hepatotoxicity via Modulation of the PI3K/AKT and Nrf2/Keap1 Signaling Pathways in Chickens. *Toxins*, 12(3), Paper 143, 14 p. DOI: [10.3390/toxins12030143](https://doi.org/10.3390/toxins12030143)
- Manafi, M., Mohan, K., Ali, M. N. (2011): Effect of ochratoxin A on coccidiosis-challenged broiler chicks. *World Mycotoxin Journal*, 4(2), 177–181. DOI: [10.3920/WMJ2010.1234](https://doi.org/10.3920/WMJ2010.1234)
- Matkovics B., Szabó L., Szöllősiné Varga I. (1988): Lipideroxidáció és a redukált glutation anyagsere enzimek aktivitásának meghatározása biológiai mintákban. *Laboratóriumi Diagnosztika*, 15(4), 248–250.
- Nedeljković-Trailović, J., Trailović, S., Resanović, R., Milićević, D., Jovanovic, M., Vasiljevic, M. (2015): Comparative Investigation of the Efficacy of Three Different Adsorbents against OTA-Induced Toxicity in Broiler Chickens. *Toxins*, 7(4), 1174–1191. DOI: [10.3390/toxins7041174](https://doi.org/10.3390/toxins7041174)
- Patil, R. D., Degloorkar, N. M., Pawar, P. L. (2017): Effects of Ochratoxin A Feeding on Organ Weights and Gross Pathological Changes in Broiler Chicken and its Amelioration with Bantox®. *Journal of Poultry Science and Technology*, 5(4), 44–51. Letöltés dátuma: 2024. 6. 28. forrás: <https://jakraya.com/journal/jpst?pid=1602>
- Perić, L., Milošević, N., Žikić, D., Kanački, Z., Džinić, N., Nollet, L., Spring, P. (2009): Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 18(3), 403–409. DOI: [10.3382/japr.2008-00017](https://doi.org/10.3382/japr.2008-00017)
- Placer, Z. A., Cushman, L. L., Johnson, B. C. (1966): Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. *Analytical Biochemistry*, 16(2), 359–364. DOI: [10.1016/0003-2697\(66\)90167-9](https://doi.org/10.1016/0003-2697(66)90167-9)
- Pozzo, L., Salamano, G., Mellia, E., Gennero, M. S., Doglione, L., Cavallarin, L., Tarantola, M., Forneris, G., Schiavone, A. (2013): Feeding a diet contaminated with ochratoxin A for chickens at the maximum level recommended by the EU for poultry feeds (0.1 mg/kg). 1. Effects on growth and slaughter performance,

- haematological and serum traits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97, 13–22. DOI: [10.1111/jpn.12050](https://doi.org/10.1111/jpn.12050)
- Rao, S. V. R., Prakash, B., Raju, M. V. L. N., Panda, A. K., Poonam, S., Murthy, O. K. (2013): Effect of Supplementing Organic Selenium on Performance, Carcass Traits, Oxidative Parameters and Immune Responses in Commercial Broiler Chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(2), 247–252. DOI: [10.5713/ajas.2012.12299](https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12299)
- Sedlak, J., Lindsay, R. H. (1968): Estimation of total, protein-bound, and nonprotein sulfhydryl groups in tissue with Ellman's reagent. *Analytical Biochemistry*, 25, 192–205. DOI: [10.1016/0003-2697\(68\)90092-4](https://doi.org/10.1016/0003-2697(68)90092-4)
- Shabani, R., Fakhraei, J., Yarahmadi, H. M., Seidavi, A. (2019): Effect of different sources of selenium on performance and characteristics of immune system of broiler chickens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48, Paper 48:e20180256, 9 p. DOI: [10.1590/rbz4820180256](https://doi.org/10.1590/rbz4820180256)
- Shakeri, M., Oskoueian, E., Le, H. H., Shakeri, M. (2020): Strategies to Combat Heat Stress in Broiler Chickens: Unveiling the Roles of Selenium, Vitamin E and Vitamin C. *Veterinary Sciences*, 7(2), Paper 71, 9 p. DOI: [10.3390/vetsci7020071](https://doi.org/10.3390/vetsci7020071)
- Singh, M., Singh, R., Mandal, A. B. (2016): Use of *Saccharomyces cerevisiae* to suppress the effects of ochratoxicosis in broiler chickens. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 86(7), 790–794. DOI: [10.56093/ijans.v86i7.59934](https://doi.org/10.56093/ijans.v86i7.59934)
- Singh, R., Mandal, A. B., Sharma, M., Biswas, A. (2015): Effect of varying levels of dietary ochratoxin A on the performance of broiler chickens. *Indian Journal of Animal Sciences*, 85(3), 296–300. DOI: [10.56093/ijans.v85i3.47331](https://doi.org/10.56093/ijans.v85i3.47331)
- Smeyne, M., Smeyne, R. J. (2013): Glutathione metabolism and Parkinson's disease. *Free Radical Biology and Medicine*, 62, 13–25. DOI: [10.1016/j.freeradbiomed.2013.05.001](https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2013.05.001)
- Solcan, C., Pavel, G., Floristean, V. C., Chiriac, I. S. B., Şlencu, B. G., Solcan, G. (2015): Effect of ochratoxin A on the intestinal mucosa and mucosa-associated lymphoid tissues in broiler chickens. *Acta Veterinaria Hungarica*, 63(1), 30–48. DOI: [10.1556/AVet.2015.004](https://doi.org/10.1556/AVet.2015.004)
- Ševčíková, S., Skřivan, M., Dlouhá, G., Koucký, M. (2006): The effect of selenium source on the performance and meat quality of broiler chickens. *Czech Journal of Animal Science*, 51(10), 449–457. DOI: [10.17221/3964-CJAS](https://doi.org/10.17221/3964-CJAS)
- Upton, J. R., Edens, F. W., Ferket, P. R. (2008): Selenium Yeast Effect on Broiler Performance. *International Journal of Poultry Science*, 7(8), 798–805. DOI: [10.3923/ijps.2008.798.805](https://doi.org/10.3923/ijps.2008.798.805)
- Wang, G. H., Xue, C. Y., Chen, F., Ma, Y. L., Zhang, X. B., Bi, Y. Z., Cao, Y. C. (2009): Effects of combinations of ochratoxin A and T-2 toxin on immune function of yellow-feathered broiler chickens. *Poultry Science*, 88(3), 504–510. DOI: [10.3382/ps.2008-00329](https://doi.org/10.3382/ps.2008-00329)
- Wang, Y. B., Xu, B. H. (2008): Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 144(3–4), 306–314. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2007.10.012](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.10.012)
- Weichselbaum, T. E. (1946): An Accurate and Rapid Method for the Determination of Proteins in Small Amounts of Blood Serum and Plasma. *American Journal of Clinical Pathology*, 16(3), 40–49. DOI: [10.1093/ajcp/16.3.ts.40](https://doi.org/10.1093/ajcp/16.3.ts.40)

- White, P. J (2016): Selenium accumulation by plants. *Annals of Botany*, 117(2), 217–235. DOI: [10.1093/aob/mcv180](https://doi.org/10.1093/aob/mcv180)
- Xue, C. Y., Wang, G. H., Chen, F., Zhang, X. B., Bi, Y. Z., Cao, Y. C. (2010): Immunopathological effects of ochratoxin A and T-2 toxin combination on broilers. *Poultry Science*, 89(6), 1162–1166. DOI: [10.3382/ps.2009-00609](https://doi.org/10.3382/ps.2009-00609)
- Yoon, I., Werner, T. M., Butler, J. M. (2007): Effect of Source and Concentration of Selenium on Growth Performance and Selenium Retention in Broiler Chickens. *Poultry Science*, 86(4), 727–730. DOI: [10.1093/ps/86.4.727](https://doi.org/10.1093/ps/86.4.727)
- Zhai, S., Zhu, Y., Feng, P., Li, M., Wang, W., Yang, L., Yang, Y. (2021): Ochratoxin A: its impact on poultry gut health and microbiota, an overview. *Poultry Science*, 100(5), Paper 101037, 10 p. DOI: [10.1016/j.psj.2021.101037](https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101037)

## NYILATKOZAT

### a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Csákányi Andor  
A Hallgató Neptun kódja: XQJB5V  
A dolgozat címe: Szelénkiegészítés hatása ochratoxin-terhelés mellett  
brojlercsirkékben  
A megjelenés éve: 2025.  
A konzulens intézetének neve: Élettani és Takarmányozástani Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Takarmánybiztonsági Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

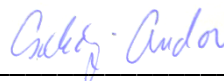
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2025. szeptember 20.



Hallgató aláírása

## NYILATKOZAT

Csákányi Andor (hallgató Neptun azonosítója: XQJB5V) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: Gödöllő, 2025. év szeptember hó 24. nap

  
belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.

# Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

## 1. Általános adatok

|  |  |
|--|--|
| Hallgató neve:                               | Csákányi Andor   |
| Neptun-kódja:                                | XQJB5V   |
| Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel): | <input type="checkbox"/> BSc/BA <input checked="" type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD)<br><input type="checkbox"/> Egyéb: ..... |
| Tantárgy neve/kódja*:                        | Diplomadolgozat készítés 3./ELTAK021N  |
| A munka címe:                                | Szelénkiegészítés hatása ochratoxin-terhelés mellett brojlercsirkékben   |

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

## 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

## 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

**I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)**

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

| A felhasználás célja | Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója | Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik) |
|----------------------|--|---|
|                      |  |   |

**II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)**

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka **mellékletében való csatolása szükséges.**)

| A felhasználás célja | Alkalmazott MI-eszköz neve, | Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma | A prompt-naplót tartalmazó melléklet |
|----------------------|-----------------------------|---|--------------------------------------|
|                      |                             |   |                                      |

|  | verziója,<br>elérhetősége |  | bejegyzésének<br>sorszám |
|--|---------------------------|--|--------------------------|
|  |                           |  |                          |

### 3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

**Kelt:** Gödöllő, 2025. október 27.

*Csikósz Andor*

Hallgató aláírása

*B. Zoltán*

Konzulens/Témavezető aláírása