MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

INTÉZMÉNYI TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2022. november 23.

KORAI TAKARMÁNYOZÁSSAL BIZTOSÍTOTT TREONIN-ELLÁTÁS HATÁSA A BROJLEREK TELJESÍTMÉNYÉRE ÉS EGYES IMMUNPARAMÉTEREIRE

The effects of threonine supplementation on performance and some immune variables of broiler chicken

Készítette: **Neuman Árpád**
CTAB18
Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnöki MSc
nappali tagozat
Kaposvári Campus

Témavezető: Dr. Halas Veronika Katalin
Egyetemi docens, Tanszékvezető
Élettani és Takarmányozástani Intézet, Gazdasági Állatok Takarmányozása Tanszék

Dr. Ács Virág
Tudományos munkatárs
MTA-MATE Mikotoxinok az Élelmiszerláncban Kutatócsoport

Agrártudományi szekció

Kaposvár
2022

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés 2
2. Szakirodalmi áttekintés 3
2.1. A treonin takarmányozási jelentősége 3
2.2. A korai takarmányozás jelentősége 6
2.3. Korai takarmányozási módszerek 7
2.3.1. In ovo takarmányozás 7
2.3.2. Egyéb korai takarmányozási módszerek 8
2.3.3. Az in ovo treonin és treoninnal kombinált, valamint egyéb aminosav-kiegészítések hatása a brojlerek fejlődésére 9
2.4. Az irodalmi adatokból levonható következtetések 14
3. Célkitűzés 15
4. Anyag és módszer 16
4.1. Kezelések, keltetés, a madarak fogadása 16
4.2. A kísérleti állatok elhelyezése, takarmányozása 18
4.4. Állatkísérleti módszer 20
4.4.1. Teljesítmény mérése 20
4.4.2. Bélmorfológiai vizsgálatok 21
4.4.3. Immunológiai paraméterek vizsgálata 22
4.5. A kísérleti adatok statisztikai analízise 23
5. Eredmények és kiértékelésük 24
5.1. Teljesítményparaméterek 24
5.1.1. A kísérleti kezelések hatása a madarak élőtömegére 24
5.1.2. A kísérleti kezelések hatása az átlagos napi testtömeg-gyarapodásra 27
5.1.3. A kísérleti kezelések hatása a takarmányfelvételre 28
5.1.4. A kísérleti kezelések hatása a takarmányértékesítésre 29
5.1.5. A kísérleti kezelések hatása a vágási kihozatalra és az értékes húsrészek arányára 31
5.1.6. A kísérleti kezelések hatása a mortalitásra 32
5.2. Szövettani eredmények 33
5.2.1. A kísérleti kezelések hatása a vér immunsejtjeinek arányára 33
5.2.2. A kísérleti kezelések hatása a bélmorfológiára 35
6. Következtetések és javaslatok 39
7. Összefoglalás 40
8. Köszönetnyilvánítás 42
9. Források 43

1. Bevezetés

A keltetőben a naposcsibék kelése nem egyenletesen zajlik. Az első és az utolsó kelés között (kelési ablak) akár két nap különbség is lehet. A csibék leszedése a keltetőből akkor történik meg, amikor az állomány legalább 95%-ban kikelt. A kelési időből adódó különbségek és a szállítás, illetve az első takarmányhoz jutás idejében való késlekedés miatt a naposcsibék életük első 24-72 óráiban általában nem tudnak ivóvízhez és táplálékhoz jutni (Roto és mtsai, 2016).

Azon technológiák esetében, melyeknél megvalósítható a naposcsibék minél korábbi takarmányhoz juttatása az a cél, hogy kelés után a lehető legfejlettebb legyen a fiókák emésztőrendszere. Az ide vonatkozó vizsgálatok eredményei ugyanis azt mutatják, hogy a naposkori takarmányozás hiánya a belek perisztaltikájának csökkenését idézi elő, ami a hasüregben negatív nyomást okozhat, valamint a bélsejtek proliferációja is lassabban zajlik le (Roto és mtsai, 2016). A késleltetett első takarmányhoz jutás csökkenti a madarak tömegét és növelheti a mortalitást. Nagymértékű súlycsökkenés esetén a madarak nem felétlenül tudják kompenzálni a lemaradást, ami a hízlalás végéig megmaradhat. A takarmánymegvonás általában véve, – különös tekintettel az első takarmányfelvétel késleltetésére – csökkenti a tápcsatorna optimális fejlődését, mely megalapozza a későbbi táplálóanyag ellátottság hatékonyságát. Az idevonatkozó vizsgálatokban kisebb tömegű, illetve rövidebb tápcsatornát, alacsonyabb enzimaktivitást, csökkent *villus*- és *crypta*-sűrűséget, alacsonyabb *crypta*-mélységet és *villus*-magasságot mértek azoknál a csibéknél, ahol az első takarmányfelvétel késett (Corless és Sell, 1999; Geyra és mtsai, 2001; Gonzales és mtsai, 2003; Maiorka és mtsai, 2003, Uni és mtsai, 2003). A csibék 24-48 órás „éheztetése" hozzájárul ahhoz, hogy az optimális vágótömeg eléréséhez szükséges idő 1-2 nappal hosszabb legyen, ráadásul az állomány immunvédelmét is gyengíti (Kadam és mtsai, 2013).

Minden olyan technológia, ami javítja a madarak emésztési hatékonyságát és/vagy ellenállóképességét, növeli a baromfi-előállítás gazdaságosságát. Az egyes aminosavaknak kiemelt szerepe van e tekintetben. A treoninkiegészítés javítja a bél morfológiai jellemzőit, ezáltal jobb és nagyobb felszívófelületet biztosít. Ez javítja a madarak táplálóanyag-ellátását, ami egyrészt a növekedési teljesítmény – azaz a gyarapodás és az élőtömeg növekedésével – másrészt a takarmány hasznosulásának javulásával járhat. A nagyobb élőtömeg jobb vágási kihozatalt is jelenthet, ha javul az értékes húsrészek aránya.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A treonin takarmányozási jelentősége

Mack és mtsai már 1999-ben leírták, hogy a haszonállatok aminosav-szükségletét számos genetikai, környezeti és étrendi tényező befolyásolja. A sertéssel és baromfival végzett vizsgálatok egyértelműen igazolták, hogy a takarmányok aminosavtartalma és az aminosavak egymáshoz viszonyított aránya döntő mértékben meghatározza a termelési eredményeket. Ezeknek a kutatásoknak köszönhetően ma már a takarmányokat az ideális fehérje elvnek megfelelően állítják össze a szakemberek. Az ideális fehérje elmélet alapján a takarmányfehérje aminosav-összetételét az állatok lizin szükségletének ismeretében kell megadni, azaz a lizinhez kell viszonyítani a többi esszenciális aminosav arányát. Ha ezt a koncepciót követjük, akkor a takarmányok fehérje tartalmát a lehető leghatékonyabban és leggazdaságosabb módon fogják tudni felhasználni az állatok. Ezáltal a nitrogén-felhasználás is maximalizálható, amivel együtt jár a nitrogén-kiválasztás minimalizálása. Az ideális aminosavprofil az állat korával folyamatosan változik. Az aminosav-szükségletet befolyásolja a növekedés- és a létfenntartás szükséglete (Mack és mtsai, 1999).

Ismert, hogy a treonin esszenciális aminosavként elsősorban a létfenntartást támogatja. A gyakorlatban etetett takarmányokban általánosan a harmadlagosan limitáló, a lizin és a metionin után. Egyes vizsgálatok szerint a takarmánnyal felvett treonin 40-45%-a közvetlenül a belekben használódik fel (Burrin és Stoll, 2003), míg szűkös treonin-ellátás esetén ez az érték akár 90% is lehet (Stoll, 2006). Fontos szerepe van egyrészt a mucin-fehérje, másrészt a bélhámsejtek fehérjéinek intenzív szintézisében. A gasztrointesztinális traktus megfelelő treonin ellátása közvetve és közvetlenül is hozzájárul a tápcsatorna épségének és egyensúlyának és így a szervezet elsődleges védelmi vonalának fenntartásában.

Najafi és mtsai (2017) azt vizsgálták, hogy a takarmányok különböző treonin-tartalma miként hat a növekedési teljesítményre és a bélszövet morfológiájára. A vizsgálati időszak a kelést követően 14 napig tartott, a kísérletben Ross 308-as hímivarú brojlereket használtak. Négyféle treonin-kiegészítéssel dolgoztak, valamint egy kontroll takarmánnyal, amiben nem volt hozzáadott treonin-kiegészítés. A 0,97%-os treonin-tartalmú takarmánnyal (a kontroll takarmány treonin-tartalma 0,65%) etetett madarak esetében a takarmányfelvétel 5,1%-kal magasabb volt. Ezen csoportban a fajlagos takarmányhasznosítás 1,4%-kal kedvezőbb volt a kontrollcsoporthoz képest, valamint a testtömeggyarapodásuk 6,4%-kal volt magasabb. A bélmorfológiai vizsgálatok eredményei alapján a 0,89%-os treonin-tartalmú takarmányt fogyasztó csoport madaraiban a kontrollcsoporthoz képest 15%-kal megnövekedett a *villusok*

magassága és 1,8%-kal a *villus*:*crypta* arány, ugyanakkor 2%-kal csökkent a *crypták* mélysége (Najafi és mtsai, 2017).

A treonin a szervezet humorális immunválaszában jelentős szerepet játszó immunglobulinok felépítéséhez is nélkülözhetetlen (Halas és mtsai, 2012). Az immunglobulinok treonin-tartalma átlagosan 10%, a treonin:lizin arány a testfehérjékre jellemző 60:100 arányt messze meghaladja. Vizsgálatok kimutatták, hogy a különböző immunizációt követően az ellenanyagok treonin-tartalma megnő, ami valószínűleg az immunglobulin-specifitásért felelős fehérjeláncának magasabb treonin-tartalmából adódik (Halas és mtsai, 2012).

Chen és mtsai 2017-ben tanulmányukban többek között azt vizsgálták, hogy a treoninnal való takarmánykiegészítés miként befolyásolja a brojlercsirkék növekedési teljesítményét, bélrendszerük egészségét és immunstátuszukat. A kísérletben két kezelést, illetve egy kontrollcsoportot állítottak be. Immunszervek tekintetében a lép relatív tömege szignifikánsan (P=0,013) megnőtt a treonin-kiegészítés hatására a kontrollcsoporthoz képest, valamint a 3 g/kg treonin-kiegészítést kapott csoport esetében a *thymus* relatív tömege nőtt meg a kontrollhoz viszonyítva (P=0,003). A kezelések a *bursa* relatív tömegére nem voltak hatással. A kontrollcsoporthoz viszonyítva megnőtt a *jejunumban* (P=0,022) és az *ileumban* (P<0,001) található *villusok* magassága és az *ileumban* a *villus:crypta* arány (P<0,001) a 3 g/kg treonin-kiegészítést kapott állatokban. A bélrendszeri immunoglobulin-tartalom esetében az *ileumban* található IgG és IgM tartalom hasonlóan alakult minden csoportban, valamint nem volt különbség a *jejunális* immunglobulinok esetében sem. A növekedési teljesítmények esetén a csoportok a 21 napos vizsgálati idő alatt hasonló teljesítményt mutattak átlagos napi testtömeg-gyarapodás, napi takarmányfelvétel és takarmányértékesítés esetében is (Chen és mtsai, 2017).

A fentiek alapján feltételezhető, hogy a napos baromfi esetében a korai treonin-ellátás előnyösen befolyásolja a tápcsatorna fejlődését és ezen keresztül a madarak hízlalási teljesítményét.

A különböző szövetek eltérő anyagcsere-aktivitással és táplálóanyag-igénnyel rendelkeznek. A genetikai szelekció egyik eredménye a brojlerek esetében az, hogy a mellizomzat tömege megnőtt. A felszívódott treonin 15-24%-a ebben az izomcsoportban használódik fel, így az izomzat növekedése során egyre fokozódik a treonin-igény. A treonin beépülés hatékonysága a korral csökken, vagyis ezt a szükségleti értékek meghatározásakor mindenképpen figyelembe kell venni. Suzuki és mtsai 2021-ben L-[^{15N}] treonin felhasználásával követték az izotóp beépülését és az eloszlását különböző életkorú madaraknál. Igazolták, hogy a brojlerek növekedésével csökken a treonin beépülése a mellizomzatba. Ez

azzal magyarázható, hogy bár a növekedés során csökken az izmokban a fehérje-katabolizmus mértéke, de ezzel párhuzamosan csökken a takarmányfehérjék hasznosíthatósága is (Suzuki és mtsai 2021).

Kheiri és Alibeyghi (2017) vizsgálatukban arra keresték a választ, hogy az eltérő lizin- és treonin-szintek miképpen befolyásolják a brojlercsirkék hasított testének jellemzőit, milyen hatással vannak a bélflórára és a növekedési teljesítményre. Vizsgálatukat Ross 308-as jércékkel végezték. A National Research Council (NRC, 1994) által javasolt értékekkel együtt négy lizin-szintet és három treonin-szintet állítottak be a kísérleti takarmányokban. A 21. napon az ajánláshoz képest 120%-os lizin- és treonin-szintek hatására nagyobb volt a brojlerek élőtömege, valamint a hasított testtömege a kontrollhoz képest. A kezelés a mellhús-, combhús- és májkihozatalt is szignifikánsan növelte ($P<0,05$). A legjobb fajlagos takarmányhasznosítással azok az állatok rendelkeztek, amelyek 120%-os lizin-kiegészítést kaptak. Ugyanakkor 42 napos életkorban azt tapasztalták, hogy az NRC-ajánláshoz képest 120%-os lizin- és treonin-tartalom kölcsönhatásának köszönhetően a bélrendszerben lévő mikrobióta mennyisége jelentősen csökkent. Összességében a növekedési teljesítmény, valamint a hasított test jellemzői javíthatóak az NRC (1994) által javasolt lizin- és treonin-szintek 120%-ra való emelésével (Kheiri és Alibeyghi, 2017).

A tollak növekedéséhez is szükséges treonin. A treonin beépülése arányos a tollnövekedéssel, a kezdeti fázisban (4-16 életnap) alacsonyabb, a későbbi időszakban (18-30 nap között) megnövekszik, és a maximumát 28 napos korban éri el. A tollnövekedés a teljes treonin-igényből az indító fázisában 3,5%, a nevelő fázisban 6,7%, a befejező fázisban pedig 8,1%-ot tett ki (Suzuki és mtsai, 2021), ami a tollazat fehérjeszükségletének egyre növekvő arányát is mutatja a létfenntartáson belül. A kor előrehaladtával a vérplazma fehérjepótlásához szükséges treonin mennyisége jelentős csökkenést mutatott a teljes igényen belül. Az indító fázishoz képest a befejező fázisban 43-60%-kal alacsonyabb volt a treonin beépülése a plazmába. A máj esetében a beépülés mértéke szintén csökkent 44-62%-kal. Összességében a treonin beépülési aránya az öregedési folyamat során minden vizsgált szövetben nőtt, kivéve a tollak esetében, ahol a nevelő szakaszban volt a legnagyobb treonin-igény (Suzuki és mtsai, 2021).

Ospina-Rojas és mtsai 2013-ban azt vizsgálták, hogy miként fejti ki hatását a kelés utáni treonin- és glicin-kiegészítés. Kísérletükben azt használták ki, hogy a glicin limitáló aminosavnak számít a brojlerek számára a starter fázisban. A madarak képesek ugyan azt endogén módon szintetizálni, ám a glicin arányának 40%-át a bevitt táplálékkal kell biztosítani. A maximális teljesítmény eléréséhez ezért elengedhetetlen a glicin pótlása a takarmányban.

Eredményeik igazolták, hogy a glicin-kiegészítés pozitívan hatott a bélnyárkahártya mucin-szekréciójára, és ezen keresztül valószínűleg a táplálóanyagok felszívódására, ezáltal javító hatással van a táplálék energiatartalmának hasznosítására. Más vizsgálatban a treonin-kiegészítés szintén javította a bélnyálkahártya mucin szekrécióját, de a *duodenumban, jejunumban* és az *ileumban* lévő kehelysejtek számát nem növelte meg (Ospina-Rojas és mtsai, 2013).

2.2. A korai takarmányozás jelentősége

Az embrionális korban az egyetlen tápanyagforrás, ami a csibék rendelkezésére áll, a sziktömlőből származó táplálóanyag-mennyiség. Általános tényként kezelik, hogy a tojásszik elegendő táplálóanyagot szolgáltat a naposbaromfi számára addig, míg a telepítés meg nem történik. Ugyanakkor a növekedés kezdete jobban függhet a takarmányfogyasztás kezdetétől. A sziktömlőben tárolt energia ugyanis nem elegendő ahhoz, hogy a naposcsibék a kezdeti időszakban növekedjenek, az pusztán csak az életfenntartási folyamatok igényeit fedezi, erre az időre már jórészt csak lipidekből tevődik össze, míg a szilárd takarmányok fehérjékben és szénhidrátokban gazdagok (Uni és mtsai, 1998; Uni és mtsai 1999, Roto és mtsai, 2006). Ha éheznek a madarak, akkor a szikben lévő tartalék tápanyagok is nehezebben tudnak átjutni a fiókák szervezetébe, így a kiegészítő takarmányozás tulajdonképpen a korai időszakban nem csak az exogén táplálóanyagot felvételét biztosítja, hanem a sziktömlőben lévő energia jobb értékesülését és kihasználását is segíti (Vieira és Moran Jr, 1999, Roto és mtsai, 2006). Közvetlen összefüggés van a bélrendszer tömege és a táplálóanyagok emésztéséért felelős enzimatikus aktivitás között is. A takarmányokban lévő keményítő gyorsan hasznosuló energiát biztosít a madaraknak. Exogén glükózforrás hiányában a csibék szervezete a glükoneogenezis útján a „saját” tartalék tápanyagait, elsősorban az izmokban lévő fehérjéket használja fel szubsztrátként (Vieira és Moran Jr, 1999, Roto és mtsai, 2006).

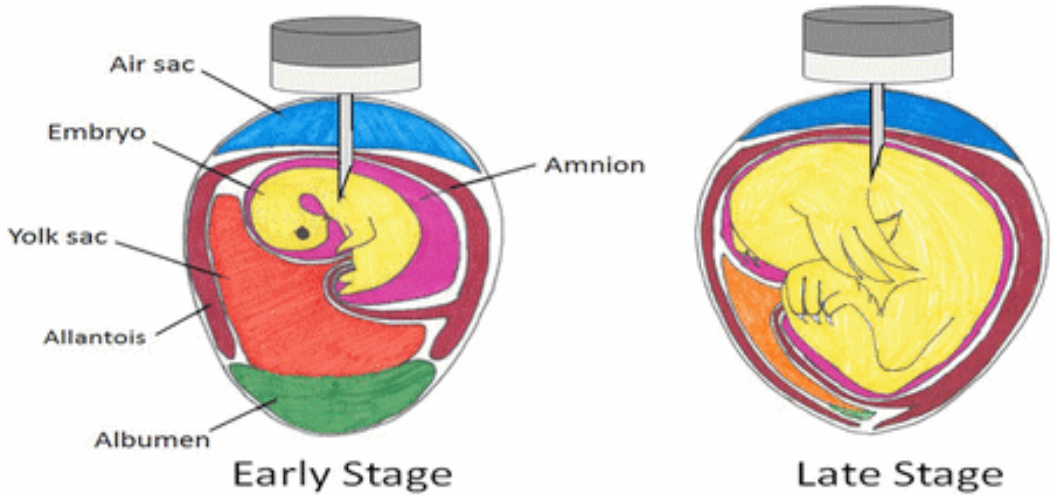
A kelést követő időszakban hosszú idejű takarmányhiány esetén a súlyvesztés elsősorban a sziktömlő kimerülése és a testben lévő tartalékok túlélésre való felhasználása miatt következik be. Az ilyen csibékből alacsony tömegű, rosszabb hústermelőképességű madarak lesznek, sok esetben jellemző a gyengébb takarmányértékesítés, valamit, hogy ezek a madarak fogékonyabbak a betegségekkel szemben.

2.3. Korai takarmányozási módszerek

2.3.1. In ovo takarmányozás

Az *in ovo* (tojásban történő) technológiáról néhány évtizeddel ezelőtt számoltak be először, kutatása a közelmúltban kapott nagyobb figyelmet. Néhány éve zajlik ezen módszerek összehangolt fejlesztése is, amit a baromfiiparban már rutinszerűen használnak. Noha az *in ovo* tápanyag utánpótlás technológiáját majdnem 20 éve szabadalmaztatták (Uni és Ferket, 2003; Patent No.: US 6,592,878 B2), azt a baromfiipar még nem alkalmazza széles körben. Az exogén anyagok tojásba való juttatása először az 1980-as években (Sharma és Busmaster, 1988) történt meg (Kadam és mtsai, 2013). Manapság már kombinált vakcinákat is használnak *in ovo* kezelésekben. A legmodernebb keltetőüzemekben általában az embrió fejlődésének 18. napján végzik az *in ovo* vakcinázást. A módszerrel a kikelő állomány immunvédelme hatékonyabb; leggyakrabban Marek- és Gumboro betegségek megelőzésére használják (Bárány és mtsai, 2013).

Uni és Ferket 2003-ban szabadalmaztatta az *in ovo* táplálóanyag ellátás módszerét, amit korai és késői embrionális korban is lehet alkalmazni *(1.ábra)*.



1. ábra: *In ovo* tápanyag utánpótlás a keltetés korai (bal) és kései (jobb) fázisában
(Roto és mtsai, 2016.)

Az amnion folyadékba jutatott táplálóanyagokat az embriók szájon át, természetes úton veszik fel tojásból való kibújás előtt. Ez serkentőleg hat a fejlődésükre, így a kritikus fejlődési szakaszban javítható tápláltságuk. Ezen és a korábbiakban felsorolt előnyök végsősoron

hozzájárulnak ahhoz, hogy csökkenjen a baromfihús kilogrammonkénti előállítási költsége (Uni és Ferket, 2004).

Uni és Ferket 2004-ben vizsgálataik során az amnion folyadékba injektáltak különböző szénhidrátkeverékeket néhány nappal (17. keltetési nap) a csibék kelése előtt. Ezen tápanyag-utánpótlási kísérletek pozitív eredményei között megemlíthető, hogy a kiegészítés segítségével növelhető a keltetési tömeg, javulhat a keltethetőség, és lerövidíthető az adott célpiaci tömeg eléréséhez szükséges idő (Uni és Ferket, 2004).

2.3.2. Egyéb korai takarmányozási módszerek

Az *in ovo* technikán kívül léteznek más, úgynevezett korai takarmányozási módszerek. Al-Huwaizi és Ammar, 2021-ben prebiotikus gélállagú takarmányokat etettek brojlerekkel. Arra keresték a választ, hogy az általuk használt prebiotikus gél típusok keveréke (Gel 95 és Safmannan prebiotikus gél) milyen hatással van a brojlercsirkék teljesítményére. A kísérletben a kontrollcsoport első takarmányfelvételét 12 órával késleltették. A vizsgált csoportok között az elsőtől a negyedik hétig nem találtak különbséget az élőtömeg tekintetében, ám az ötödik héten az átlagos élőtömeg szignifikáns különbséget ($P<0,05$) mutatott. A kísérleti (T4) csoport madarait szintén 12 órán keresztül éheztették, ám azok az állatok 1 gramm Gel 95 és 2 gramm Safmannan-gélkiegészítés kaptak. Ezáltal ezen állatok átlagos élőtömege jobban fejlődött a kontrollcsoporthoz képest. A kelés utáni első órákban biztosított gél etetése, – ami víz- és tápanyagforrás gyanánt szolgált – javította a bélműködést. A prebiotikumos gélkiegészítés szintén jótékonyan befolyásolta a gyomor-bél traktus fejlődését, érését és a tápanyagok felszívódásának hatékonyságát (Al-Huwaizi és Ammar, 2021).

Lowman és Parkhurst (2014) emufiókákat etettek Hydrogel 95-tel. A vizsgálatban az emuk növekedési paramétereire voltak kíváncsiak. Az emufiókák esetében is elmondható, hogy kelés után a takarmányozásuk az életük első 4 napjában korlátozott. Két csoportot állítottak be a kísérletükben. Az egyik csoport Hydrogel 95 (95%-os víztartalmú) kiegészítőt kapott kelés után a starter takarmányon felül, míg a másik nem részesült kiegészítésben. A kontrollcsoportban lévő madarak átlagosan 20 grammot ($P<0,0001$) veszítettek az első hét napban a testtömegükből, míg a hidrogél kiegészítést kapott fiókák 39 grammot gyarapodtak. Ez annak köszönhető, hogy a madarak kelés után azonnal olyan táplálékhoz jutottak, amelyet könnyen tudtak hasznosítani, így a gyomor-bélrendszer gyorsabban tudott fejlődni. A plusz tápanyag és víz serkentette az állatok fejlődését, valamint a szik hasznosulását is (Lowman és Parkhurst 2014).

2.3.3. Az in ovo treonin és treoninnal kombinált, valamint egyéb aminosav-kiegészítések hatása a brojlerek fejlődésére

Kadam (2008) és munkatársai azt vizsgálták, hogy az *in ovo* treonin-ellátás milyen hatással van a brojlercsirkék szerveinek korai fejlődésére és a madarak későbbi növekedési teljesítményére. A hat kísérleti csoportból négy volt, amelyik treonin-kiegészítést kapott. A kezeléseket úgy alakították ki, hogy 0,5 ml sterilizált vízzel 0, 10, 20, 30, és 40 mg treonint juttattak be a tojásba, a 6. kezelésben nem végeztek *in ovo* beavatkozást. A kelési százalék abban a csoportban volt a legjobb, amely a 20 mg-os treonin-kiegészítést kapta. Az *in ovo* kezeléssel kapcsolatban nem találtak arra utaló jelet, hogy a mortalitási százalékot bármely módon megemelte volna a beavatkozás. A keléstől számított 14. napig nem volt jelentős különbség a csoportok között testtömeg-növekedésben. A 14. naptól a 40 mg treonin-kiegészítést kapott csoport kivételével azok a csibék gyarapodtak jobban a kontrollcsoporthoz képest, amelyek treonin-kiegészítést kaptak. Váratlan módon a 21. és 28. életnap között a csak sterilizáltvíz-kiegészítést kapott csoportnál is nagyobb testtömeg-növekedés volt kimutatható, mint a kontrollcsoportban. A legtöbb takarmányt keléstől a 28. életnapig azok a csibék fogyasztották, amelyek 20 mg treonin-kiegészítést kaptak. Fajlagos takarmányhasznosítást tekintve a 10-, 20- és 40 mg treonin-kiegészítésben részesült csoportok teljesítettek jobban a nevelés első hetében ($P<0,01$). Megfigyelték, hogy az negatív kontrollcsoportban a steril víz injektálása javította a kontrollcsoporthoz képest az takarmányértékesítést ($P<0,01$).

Ugyanebben a kísérletben azt is vizsgálták, hogy a kísérleti kezelések miképpen befolyásolják a madarak immunválaszkészségét. Ehhez juhból származó vörösvértestekkel szembeni humorális immunválaszt mértek, ami szignifikánsan ($P<0,05$) nagyobb volt azokban a csoportokban, ahol treonin-kiegészítést alkalmaztak. A celluláris immunitást bőrpróbával értékelték, fitohemaglutinin-P-t (PHA-P) injekcióztak a csibék lábujjközi bőrredőjébe. Ezt követően mérték a gyulladásos válaszreakciót, de ebben a tesztben a csoportok között nem volt különbség. A kelést követő 21. napon sem volt kimutatható szignifikáns különbség a limfoid szervek egymáshoz viszonyított tömegében, bár a lép és a *Fabricius*-féle tömlő a treoninnal injektált madaraknál nagyobb méretű volt. A korai treonin-ellátás az ezimaktivitást tekintve nem okozott változást, a kezelések nem gyakoroltak hatást a pepszintermelésre a zúzógyomorban, valamint a hasnyál amiláz- és tripszin- aktivitásra sem az éhbélben. A pepszin- és az amiláz-aktivitás szintje a 20 és 30 mg treonin-kiegészítést kapott csoportokban valamivel magasabb volt, de a különbség nem volt szignifikáns a többi vizsgálati csoporthoz képest (Kadam és mtsai 2008).

Tahmasebi és Toghyani (2015) treoninnal és argininnel végzett *in ovo* kísérleteket. A kísérleti csoportokban az aminosavak alkalmazása megnövelte a testtömeget. A 25 mg treoninnal kezelt tojásokból kikelt madaraknak volt a legnagyobb testtömege. Ezen csoport a különböző nevelési fázisok végén (24. és 42. nap) is nagyobb élőtömeget ért el, mint a kontrollcsoport (P<0,05). Az argininnel és treoninnal kezelt csoportból származó brojlerek testtömege a 24. napon nagyobb volt a kontrollcsoporthoz képest (P<0,05), és a 42. napon a negatív kontrollcsoporthoz (0,5 ml 0,5%-os oldat kiegészítés) képest is (P<0,05). Bár az indító és nevelő időszakban a fajlagos takarmányhasznosítást nem befolyásolták figyelemreméltóan a kezelések, az arginin-kiegészítés javította a takarmányértékesítést az *in ovo* sóoldattal kezelt csoporthoz képest (P<0,05) a befejező fázisban. Az aminosav-kezelések közül egyik sem váltott ki különbséget az emésztőszervek tulajdonságaiban (százalékos arányuk a testben és a bélhosszúság) a kontrollcsoporthoz képest. A 42. életnapon megfigyelték, hogy a belek relatív tömege különösen a *jejunum* esetében az argininnel és treoninnal kezelt csoportban volt a legnagyobb (P <0,05), ami egyébként az irodalomban megtalálható normál határértékeken belül volt (Tahmasebi és Toghyani, 2015).

Kermanshahi és mtsai (2016) japán fürjeken végzett bélmorfológiai kutatást. *In ovo* módszert alkalmazva az injekciózás mélysége és a bejutatott treonin-kiegészítés nem volt hatással a *jejunumban* található izomréteg vastagságára, a *villusok* szélességére, magasságára vagy a *crypták* mélységére két nappal a kezelés után. Az „5TUAS" (0,05 ml sóoldat 5 mg/ml treonin-kiegészítéssel a légzsák alatti térbe) kezelés nagyobb *villus*-magasságot és -felületet, valamint *crypta*-mélységet eredményezett a *jejunum* bélszakaszban (P<0,05) (Kermanshahi és mtsai, 2016).

A 2018-as évben Alexandre és mtsai azt vizsgálták, hogy az *in ovo* treonin-kiegészítés miként hat a bélfejlődésre, és csökkenti-e a *Salmonella Enteritidis Cecal* számot a bélrendszerben. A kísérletet Cobb500-as hibridekkel végezték, 3,5%-os treonin-kiegészítést használtak. Vizsgálták az állatok testtömegét, testtömeg-gyarapodását és az ürülék mikrobatartalmát, valamint a bélmorfológiát. Összesen 300 tojással dolgoztak, amelyből 150-nek adtak 3,5%-os treonin-kiegészítést a keltetés 17,5. napján. Az *in ovo* treonin-kiegészítést kapott madarak közül a csoport felét fertőzték mesterségesen nalidixsav-rezisztens *Salmonella Enetitidis*-el. A keltetést és az embriók mortalitását nem befolyásolta az amnion folyadékba jutatott treonin-kiegészítés. Testtömeg tekintetében a kontrollcsoporthoz képest szignifikáns különbséget mutattak ki, a treoninnal kezelt madarak nagyobb kelési súllyal rendelkeztek (P<0,05). A *villus*- magasság, a *crypták* mélysége és a *villus* területe az *ileumban* a keléskor és kelés után két nappal hasonló volt a csoportokban. A *jejunumban* lévő *villus:crypta* arányban

sem találtak különbségeket a csoportok között. A mucin (MUC2) és az IgA relatív expresszióját tekintve keltetéskor és két napos életkorban relatív különbséget mutattak ki, a treonin fokozta a mucin expresszióját (P<0,05). A mesterséges *Salmonella Enteritidis* fertőzést követően 168 órával a treoninnal kezelt csoportban alacsonyabb baktériumszámot mutattak ki (Alexandre és mtsai, 2018).

A kehelysejtek megfelelő működése hozzájárul ahhoz, hogy a bélrendszerben megfelelően kialakuljon a bélnyálkahártya védelme, valamint annak homeosztázisa fennmaradjon. A kehelysejtek által termelt mucinózus nyálkaréteg hiányában ez a védelmi funkció megszűnne, és a gazdaszervezetben a béltartalom, valamint az abban található mikrobióta közvetlenül tudna érintkezni a hámréteggel. Ez megbetegedésekhez vezetne, túlzott immunválaszt indukálna, és vastagbélgyulladás is kialakulhatna (Yang és Yu, 2021). Ezért annak a jelenősége, hogy egy adott kezelés milyen mértékben hat a nyálkahártya muncin-termelésére, vagy megváltoztatja-e a potenciális mucin-termelést (génexpressziós vizsgálatokkal igazolható módon) a madarak egészségvédelméhez is hozzájárul. Nazem és mtsai (2017) kutatásának célja a brojlercsirkék vékonybelének hisztomorfológiai vizsgálata volt. Öt kezelési csoportot hoztak létre, melyben különböző mennyiségben metionin-kiegészítést alkalmaztak (0, 20, 30, 40, és 50 mg metionin). A kísérletet csak az embriókkal végezték el, azt a keltetés 19. napján fejezék be. A *duodenumban* lévő *villus* magasság szignifikánsan (P<0,05) nagyobb volt a 40 mg metionint kapott csoportban, mint a kontrollcsoportban és a 20 mg metioninnal kiegészített madaraknál. Ugyanezt az eredményt mutatták a *jejunumban* lévő *villusok* is a kontrollcsoporthoz képest. A 30 mg és 50 mg metionin-kiegészítést kapott csoport és a 40 mg metionin-kiegészítést kapott csoport között nem volt szignifikáns különbség (P>0,05). A legnagyobb *villus*-felület növekedést szintén a 40 mg metionin-kiegészítést kapott csoport érte el, a bélszakaszok mindegyikében a kontrollcsoporthoz képest. Kehelysejtek tekintetében a vékonybél mindhárom részén szignifikáns különbség (P<0,05) volt tapasztalható a 40 mg kiegészítést kapott madaraknál, a kontrollhoz és a többi csoporthoz viszonyítva is (Nazem és mtsai, 2017).

Ismert, hogy a megfelelő immunválaszkészség kialakításához az antioxidáns vitaminok jelentősen hozzájárulhatnak. Bár az aszkorbinsavat a baromfi elő tudja állítani, de a tojásban C-vitamin nem található. Zhu és mtsai (2020) a keltethetőség és az immunválaszkészség javulását tapasztalták C-vitamin *in ovo* adagolásával. 42 napos kísérletükben Arbor Acres hibrideket vizsgáltak. Keltethetőség tekintetében a C-vitamin-kiegészítés (3 mg C-vitamin normál sóoldatban oldva) jelentősen növelte a kikelt csibék arányát (P<0,05). A teljes takarmányozási periódus alatt (42 nap), valamint a 21-42 nap között is

jelentősen javult a korai vitaminkiegészítésben részesült madarak átlagos napi testtömeg-gyarapodása, fajlagos takarmányhasznosítása, és megnövekedett a napi takarmányfelvételük is ($P<0,05$). A C-vitamin hatásaként megnövekedett a madarak vérplazmájának teljes antioxidáns kapacitása, valamint nőtt a vérben lévő lizozim-aktivitás is. Valószínűleg a jobb antioxidáns-státusz hatására megemelkedett továbbá a szervezetükben az IgA és IgM szint is az 1. és a 21. életnap között ($P<0,05$). Tehát összességében az *in ovo* C-vitamin ellátás javító hatással volt a brojlerek immunstátuszára, antioxidáns-kapacitására és a kelést követő teljesítményükre is (Zhu és mtsai, 2020).

Az irodalomban talált *in ovo* táplálóanyag kezelések összefoglalását az *1. táblázat* mutatja be. A vizsgálatokban a kezelés ideje nagyon változatos volt. Úgy tűnik, hogy az aminosavak tekintetében, mivel ezeket az embrió a kelés körülbelül 7-17. napja között használja nagyobb mennyiségben, nincs egységes álláspont a kutatók között az expozíció idejét tekintve.

1. táblázat: Az *in ovo* aminosav kiegészítések hatásainak összefoglaló táblázata

Kutató(k)	Kiegészítés	Kezelési ideje	Kezelés helye	Eredmény
Alexandre L de BMF. és mtsai (2018)	treonin (35 mg)	17,5. nap	amnion folyadék	intenzívebb súlygyarapodás fokozódó mucinszintézis magasabb antitest mennyiség a bélnyálkahártyában
Kadam és mtsai (2008)	treonin (20 és 40 mg)	14. nap	tojássárga	intenzívebb súlygyarapodás jobb takarmányhasznosító képesség javuló immunválasz-készség enzimaktivitás változatlan maradt
Kermanshahi és mtsai (2016)	treonin (5mg)	11. nap	légzsákba vagy a légzsák alá	javuló kelési százalék magasabb kelési súly megnövekedett bélboholy magasság megnövekedett kripta mélység
Mousavi és mtsai (2009)	treonin és szénhidrát	17,5 nap	amnion folyadék	keltethetőségben nem volt különbség treonin+szénhidrát hatására jobb súlygyarapodás
Filho és mtsai (2019)	treonin (17,5; 35; 52,5 és 70 mg Thr)	17,5. nap	amnion folyadék	javuló keltethetőség magasabb kelési súly jobb súlygyarapodás változatlan takarmányfelvétel javuló takarmányhasznosító képesség megnövekedett vágósúly
Nazhem és mtsai (2017)	metionin (40 mg)	4. nap	tojássárga	hosszabb bélbolyhok nagyobb villus felület kehelysejtek számára gyakorolt pozitív hatás
Tahmasebi és Toghyani (2015)	treonin (25 mg) és arginin (35 mg)	14. nap	amnion folyadék	változatlan keltethetőség (illetve csökkenő a treonin+arginin hatására) magasabb takarmányfelvétel intenzívebb mucin szekréció növekvő bélboholy magasság nagyobb testtömeg
Zhu és mtsai (2020)	C-vitamin (3 mg)	11. nap	tojássárga	javuló kelési százalék javuló napi testtömeg gyarapodás javuló takarmányhasznosító képesség megnövekedett antioxidáns és lizozim kapacitás javuló immunstátusz

2.4. Az irodalmi adatokból levonható következtetések

Az ide vonatkozó irodalmi adatok azt mutatják, hogy a treonin-ellátás optimalizálásával javítható a brojler csirkék teljesítménye elsősorban azért, mert a jobb immunkompetenciát kiszolgáló treonin-ellátás következtében egészségesebb állomány alakítható ki. A korai takarmányozás gyakorlati tapasztalatai rendkívül jók. Egyes szakértők szerint ez lehet a kulcsa az egészséges és hatékony baromfi-előállításnak. A korai takarmányozás bevezetésével az antibiotikum- és egyéb gyógyszerkészítmények használatát jelentősen vissza lehet szorítani (Jha és mtsai, 2019). Elmondható azonban, hogy a korai takarmányozási módszerek közül az *in ovo* táplálóanyag, elsősorban szénhidrátellátás még csak néhány keltetőben része a rutinnak. Az *in ovo* treonin-ellátás értékelése jelenleg a kutatás szintjén van, az általam talált publikációk mind a 2000-es évek után, de zömében az elmúlt 10-15 évben születtek. A legtöbb kutatásban nem egyértelmű a pozitív hatás. Bizonyos esetekben csak adott nevelési periódus alatt tudott érvényesülni az embrionális korban biztosított treonin-kiegészítés hatása vagy éppen csak a kelés után. Ugyanakkor megemlíthető, hogy a kísérletekben születtek pozitív eredmények, legyen szó akár teljesítmény- vagy immunparaméterekről. A hatásmechanizmus tekintetében kiemelendő, hogy a treonin hatására a kehelysejtek által termelt mucin mennyisége igazolhatóan nőtt az ide vonatkozó vizsgálatokban, ami nagyban hozzájárulhat a bél funkcionális feladatainak maradéktalan fenntartásához.

A gél alapú takarmánykiegészítési módszereknél egyértelműen elmondható, hogy a fellelhető publikációkban azok csak pozitív módon befolyásolták a naposcsibék vitalitását, mivel azonnal táplálóanyag és víz forrásául tudtak szolgálni.

3. Célkitűzés

A kísérlet során a célunk az volt, hogy értékeljük, hogy a különböző korai takarmányozási módszerekkel biztosított treonin-kiegészítés (*in ovo* kiegészítés és gél állagú takarmánykiegészítés) hogyan befolyásolja a brojlerek teljesítményét, valamint egyes immunológiai és szövettani paramétereket.

4. Anyag és módszer

A vizsgálatokat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élettani és Takarmányozástani Intézet Gazdasági Állatok Takarmányozása Tanszéken (ÉTI GÁT) végeztük. Az állatkísérleti engedély száma: SO/31/00444-5/2021.

- **kísérlet időtartama: 65 nap**
- **kezdete:** 2021. június 7.
- **vége:** 2021. augusztus 4.

4.1. Kezelések, keltetés, a madarak fogadása

A kísérletet 1120 db Ross 308 húshibrid keltetőtojással indítottuk. A tojásokat a keltetőgépbe kerülésig 20 ºC alatti hőmérsékleten tároltuk, forgatás és párásítás nélkül az idő rövidsége miatt. A sérült tojásokat a keltetés megkezdése előtt kiválogattuk. Összesen 7 kísérleti csoportot alakítottunk ki *(2. táblázat)*. Az NK-0 (pozitív kontroll) és ioS-0 (negatív kontroll) csoportok tojásaiból kelt madarakat a kelést követően azonnal telepítettük, így ezek a csibék késleltetés nélkül takarmányhoz jutottak. Az NK-0 kezelés esetében nem volt *in ovo* manipuláció, az ioS-0 csoportban a tojásokba *in ovo* fiziológiás sóoldatot fecskendeztünk a bújtatóba való átrakás előtt, a kelés 17. napján. Az NK-48, ioS-48, ioT-48, G-48 és GT-48 csoportok madarai a kelést követően csak 48 óra múlva kerültek telepítésre, ekkor jutottak szilárd takarmányhoz. Az NK-48, G-48 és GT-48 kezelésben lévő tojások esetében nem, az ioS-48 és ioT-48 csoportban lévő tojásoknál *in ovo* beavatkozást végeztünk (*2. táblázat*). Az *in ovo* kezelésben nem részesült csoportok közül az G-48 és GT-48 kezelés madarai a szállítóládában gélállagú takarmánykiegészítőt kaptak (*1. kép*). A G-48 csoport madarai egy kereskedelmi forgalomban kapható hidrogélt (Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft.), a GT-48 csoport madarai 0,5% koncentrációjú, treoninnal dúsított hidrogélt kaptak.

1. kép: Gélállagú takarmánykiegészítő

2. ***táblázat: A vizsgálatban alkalmazott kísérleti kezelések és azok megnevezése***

Kezelés kód	Takarmány hozzáférés	Kezelés	AS kiegészítés
NK-0	Telepítés után azonnal	-	-
ioS-0		in ovo, sóoldat	-
NK-48	Késleltetett (48 óra)	-	-
ioS-48		in ovo, sóoldat	-
ioT-48		in ovo, AS	0,5% treonin
G-48		hidrogél	-
GT-48		hidrogél, AS	0,5% treonin

A tojásokat a technológiai leírásnak megfelelően keltettük, PLM1350 előkeltető és utókeltető berendezésben az Aviagen (2009) ajánlásának megfelelően. A terméketlen vagy befulladt tojásokat a keltetés 10. és 17. napján lámpázással ellenőriztük. A keltetőgépbe a tojásokat véletlenszerűen helyeztük el.

Az *in ovo* beavatkozást az Uni és Ferket (2003) által leírt szabadalom alapján hajtottuk végre. A tojásokat a kezelés előtt alkoholos vattával letisztítottuk. Az oldatok összetétele: ioS-0 és ioS-48 kezelés esetében 0,5 ml 0,9%-os NaCl oldat, ioT-48 kezelés esetében 0,5 ml 0,5%-os treonin-tartalmú oldat 0,9%-os NaCl oldatban. Az oldatokat lámpázás mellett az *in ovo* kezelésekben résztvevő tojások amnion folyadékába fecskendeztük, a kezelések során alkalmazott tű mérete 21G volt. A beavatkozás végén a szúrás helyét steril rugalmas tapasszal befedtük, majd a tojásokat a keltetési protokollnak megfelelően a bújtatógépbe (utókeltetőbe) helyeztük.

A bújtatógép tálcáit a kezeléseknek megfelelően jelöltük. A kikelt naposokat leszedtük, szárnyszámmal láttuk el (*2. kép*), tömegüket grammnyi pontossággal mértük. A madarakat ivaronként szétválasztottuk (szexálás a tollfejlődésbeli különbségek alapján). Az NK-0 és ioS-0 kezelés madarait a kelést követően azonnal, az NK-48, ioS-48, ioT-48, G-48 és GT-48 kezelés naposait 48 órás késleltetéssel telepítettük. A G-48 és GT-48 kezelés esetén a szállítóládába hidrogélt tettünk. A G-48 kezelés madarai esetében kereskedelmi forgalomban kapható hidrogélt raktuk a szállítóládába, míg a GT-48 kezelés madarai esetében a hidrogél 5 g/kg treonint tartalmazott.

2. kép: Szárnyszámozás

4.2. A kísérleti állatok elhelyezése, takarmányozása

A madarakat mélyalmos fülkékbe telepítettük, az alomanyag faforgács volt. Egy fülkébe 16 madár került, kezelésenként 8 fülkét tudtunk kialakítani. A fülkékben az ivaronkénti egyedszám közel azonos volt (8±1 jérce/fülke, 8±1 kakas/fülke). A kísérleti terem hőmérsékletét és relatív páratartalmát a tenyésztő cég ajánlásának megfelelően állítottuk be (Aviagen, 2018). A kísérleti állatokat a vizsgálat alatt önetetőkből *ad libitum* takarmányoztuk (1 önetető/fülke). Ivóvíz az önitatókból szükség szerint állt rendelkezésre. A hizlalás során kukorica-szója alapú, 3 fázisos takarmányozást alkalmaztunk. Indítótáp (dercés): 1-10. életnap; nevelőtáp (granulált): 11-21. életnap; befejezőtáp (granulált): 22-35. életnap között. Az alaptakarmány összetétele és tápanyagtartalma a 3. táblázatban látható.

3. táblázat: Kísérleti takarmányok összetétele és táplálóanyag-tartalma (g/kg) a különböző fázisokban

Összetevők	Indító	Nevelő	Befejező
	(1-10)	(11-21)	(22-35)
Kukoricadara	551,0	577,0	601,0
Kukoricaglutén (60%)	32,0	32,0	32,0
Napraforgódara	53,5	53,5	75,0
Szójadara (NyF: 44.2 %)	262,0	230,0	175,0
Növényi olaj	44,7	55,0	67,0
MCP	18,7	17,5	15,0
Takarmánymész	15,0	13,5	12,2
NaCl	2,7	2,7	2,7
L-Lizin HCl	5,2	4,6	4,3
DL-Metionin	4,5	3,9	3,2
L-Treonin	2,6	2,3	1,8
Premix	5,0	5,0	5,0
Összesen:	**1000**	**1000**	**1000**
Táplálóanyag-tartalom(g/kg)			
AMEn (MJ/kg)	12,5	12,9	13,4
Szárazanyag %	90,0	91,3	91,1
Nyersfehérje	204,2	190,7	174,9
Nyerszsír	71,9	82,3	94,4
Nyersrost	41,5	41,1	44,8
Lizin	13,5	12,1	10,8
M+C	10,8	9,9	9,0
Treonin	9,7	8,8	7,8
Triptofán	2,4	2,3	1,7
Ca	9,6	8,7	7,8
$P_{nem\text{-}fitin}$	4,7	4,5	3,9
Na	1,7	1,7	1,7

4.3. A takarmányok kémiai analízise

A kísérleti takarmányok táplálóanyag-tartalma (szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost, nyershamu, aminosav, Ca, P) az AOAC (1989) ajánlásának megfelelően került meghatározásra. A kémiai vizsgálatokat a MATE Kaposvári Campus Egyetemi Laborközpont Agrártudományi Laboratóriuma végezte el.

4.4. Állatkísérleti módszer

4.4.1. Teljesítmény mérése

A brojlerek egyedi élőtömegét (*3. kép*) a kelés napján, takarmányváltáskor, valamint a kísérlet végén mértük grammnyi pontossággal. A mérlegelések során felvett adatokat a brojlerkísérletekhez rendszeresített adatfelvételi lapon, ivaronként rögzítettük. A kísérleti időszakban a brojlerek általános egészségi állapotát folyamatosan ellenőriztük. Az elhullott állatok szárnyszámát, tömegét, az elhullás idejét és okát az elhullási naplóban jegyeztük fel. Az állatok takarmányfelvételét fülkénként számoltuk ki az élőtömegmérések közötti intervallumokban, és az erre rendszeresített adatfelvételi lapokon rögzítettük. A kísérleti időszakban az állatok általános egészségügyi állapotát folyamatosan ellenőriztük. Az állatok élőtömegének mérése az alábbi életnapokon történt meg:

- 1. nap (kelés)
- 3. nap
- 10. nap
- 21. nap
- 35. nap

A vizsgálat végén a madarakat 24 órás koplaltatást követően a hatályos állatvédelmi törvényben foglaltaknak megfelelően leöltük. Az értékes húsrészek (mell és a combok) tömegét és arányát próbavágás során határoztuk meg. A grilltömeget az elvéreztetett, kizsigerelt, tollazat-, fej- és lábvég nélküli tömegből számoltuk ki, annak arányát a vágás előtt mért teljes testtömeghez viszonyítva adtuk meg.

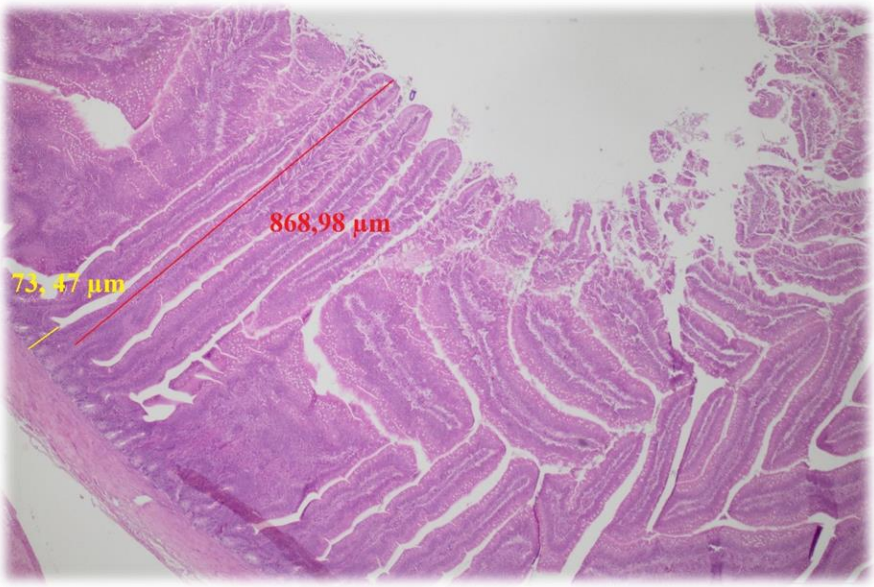
3. kép: Egyedi testtömeg mérés a kelés napján

4.4.2. Bélmorfológiai vizsgálatok

A kísérlet során 3 alkalommal bélmorfológiai vizsgálatra került sor. Ehhez a madarakat a vonatkozó jogszabályi előírások (1099/2009/EK tanácsi rendelet) betartásával széndioxidos kábítást követően levágtuk, és bélszövet mintát vettünk az 1., 3. és 21. életnapokon. A morfológia meghatározásához az alábbi bélszakaszokból vettünk mintát :

- *duodenum* (jele: „D")
- *ileum* (jele: „I")
- *colon* (jele: „C")

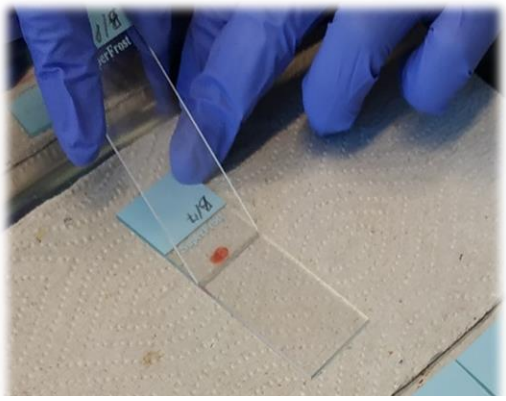
A mintákat 10%-os pufferelt formalinban helyeztük el, a mintatartón a fülke számot, a kezelést és a mintavétel dátumát tüntettük fel. A mintákból szövettani metszeteket készítettünk, melyeket a bélmorfológiai vizsgálatokhoz paraffinba ágyaztuk, és 0,2 mm vastagságban metszettük le, végül hematoxilin-eozinnal festettük meg azokat. A megfestett bélszakaszokból 3-3-3 darab (*duodenum, ileum, colon*) került egy-egy tárgylemezre. A bélmorfológiai értékeléshez egy speciális kamerarendszerrel ellátott Olympus CX3 mikroszkópot használtunk. A mérések során 400x-os nagyításon (mikrométer mértékegységben) vizsgáltuk a *villusok* hosszát, a *crypták* mélységét és a két mért paraméter arányát (*4. kép*).



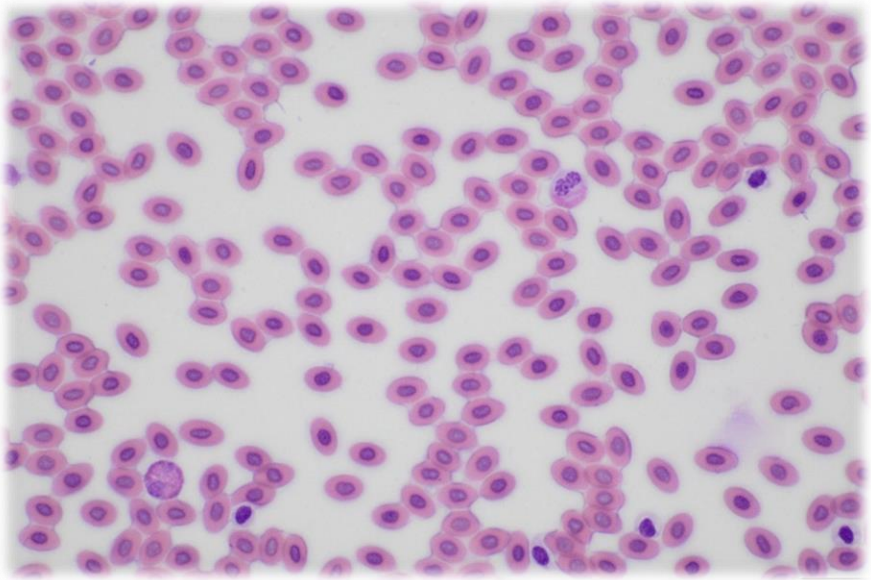
4. kép: *Villus*-magasság és *crypta*-mélység mérése
(21 napos madár *ileum* bélszakasza, hematoxilin-eozinnal festve)

4.4.3. Immunológiai paraméterek vizsgálata

A bélmorfológiai vizsgálatok során leöléskor vért is vettünk a madarakból (*5. kép*). A vérvétel során nyaki vénát vágtuk el, a vért 5 ml-es EDTA-s vérvételi csövekbe vettük le. Minden mintából lepipettáztunk 0,5 ml-t a vérkenet vizsgálathoz. A megmaradt véreket a centrifugába helyeztük. A centrifugált véreket a további vizsgálatok elvégzéséig hűtőben tároltuk 4^{o}C-on. A vérből az egyes kezeléseknél a heterofil granulociták (HE), limfociták (LYM), monociták (MON), eozinofil granulociták (EOS) és bazofil granulociták (BAS) mennyiségi változását vizsgáltuk (*6. kép*).



5. kép: Vérből való kenetvétel



6. kép: A vér alakos elemei

4.5. A kísérleti adatok statisztikai analízise

A kísérleti adatok statisztikai értékelését egytényezős variancia-analízissel végeztük el (SAS, 2014). Szignifikáns kezeléshatás esetén a kezelések közötti eltérések statisztikai megbízhatóságát Tukey-teszttel ellenőriztük (SAS, 2014).

5. Eredmények és kiértékelésük

5.1. Teljesítményparaméterek

5.1.1. A kísérleti kezelések hatása a madarak élőtömegére

A kísérleti kezelések hatása szignifikánsnak mutatkozott a kelési tömeg vonatkozásában (P<0,05), azonban ez az eredmény szakmai szempontból megkérdőjelezhető (*4. táblázat*). A keléskor mért élőtömegeket tekintve statisztikailag kimutatható különbség mutatkozott az ioS-48 és a többi csoportok között (P<0,001). Azonos csoportoknak tekinthetők a keléskor az NK-0, NK-48, G-48 és GT-48 kezelések, hiszen esetükben nem történt *in ovo* manipuláció, és ezidőben még a takarmányfelvétel sem okozott különbséget, hiszen a mérés után kerültek telepítésre az NK-0 kezelés madarai. Ugyancsak azonos módon kezeltük az ioS-0 és az ioS-48 csoportokat, tőlük az ioT-48 csoport abban különbözött, hogy az embrionális korban ezek a madarak treonint kaptak a fiziológiás sóoldatba keverve. Az ioS-48 csoportban mért statisztikailag igazolt nagyobb kelési tömeg tehát nem magyarázható a kezelésekkel, az *in ovo* kezelés más csoportoknál nem növelte a kelési tömeget. Az *in ovo* treonin-ellátás hatására sem értek el a kezelt madarak statisztikailag bizonyíthatóan magasabb kelési tömeget a kontrollcsoporthoz képest.

Hasonló eredmények születtek Kadam (2008) kísérletében, amelyben a treoninnal kezelt madarak csak a 14. életnap után értek el magasabb élőtömeget a kedvezőbb gyarapodás következtében a kontrollcsoporthoz viszonyítva. Ugyanakkor Tahmasebi és Toghyani (2015) kutatásában azon fiókák, amelyek 25 mg treonin *in ovo* kiegészítést kaptak, magasabb testtömeggel rendelkeztek keléskor. Egy másik kísérletben Alexandre és mtsai. (2018) *in ovo* 3,5%-os treonin-kiegészítés hatására azt tapasztalták, hogy a kezelést kapott fiókáknak statisztikailag nagyobb volt a testtömege a kelés után (P<0,05). Alabi és mtsai (2020) több dózisban is alkalmaztak *in ovo* treonin-kiegészítést a kutatásuk során. Eredményül azt kapták, hogy a treonin-kiegészítések közül egyik sem befolyásolta szignifikánsan a csibék kelési tömegét (P>0,05). Coşkun és mtsai 2014-ben publikált kutatása alapján a metionin-kiegészítés pozitívan hatott a csibék keléskori tömegére (P<0,01) a kontrollcsoporthoz képest. Kita és mtsai 2005-ben izoleucin, leucin és valin aminosavakat használtak *in ovo* módon kísérletükben. A fiókák kelési tömegében nem történt változás egyik aminosav hatására sem (P<0,05).

A kelést követően azonnal telepített madarak a 3. életnapon nagyobb élőtömeget értek el, mint a 48 órás késleltetéssel telepített csoportok (*4. táblázat*). Azok a naposok,

melyek azonnal takarmányhoz jutottak, a 48. órában nem csak a gyarapodással, de a felvett takarmány mennyiségével is növelték a mért tömegüket. A sziktömlő hiába biztosít tápálóanyagot a napos csibék számára, az így rendelkezésre álló energia legfeljebb a létfenntartást szolgálja. Eredményeink azt mutatják, hogy a szikből származó táplálóanyagok nem elegendőek 48 órás időtartamban, hiszen a 2. napon mért élőtömegek a késleltetett csoportok esetében a kelési tömeg alatt voltak. Adataink összhangban vannak egy nemrégiben megjelent meta-analízis (de Jong és mtsai, 2017) eredményével, mely azt mutatta, hogy már 24-36 óra takarmányfelvétel késleltetés is statisztikailag igazolható mértékben csökkenti a naposcsibék tömegét. A csibék azokban a csoportokban is veszítettek élőtömegükből, amiknek a hidrogél rendelkezésre állt a szállítóládában. A gélfogyasztást nem mértük, mivel nem volt értelme visszamérni az el nem fogyasztott gél mennyiségét. A magas hőmérsékleten (32ºC) ugyanis a hidrogél veszített nedvességtartalmából, így a 48 óra elteltével visszamért hidrogél nem utalt volna egyértelműen az elfogyasztott mennyiségre.

4. táblázat: A kísérleti kezelések hatása az élőtömegre a kelés utáni 48 órában

Csoport	Kelési tömeg (g)	Kelés után 48 órával (g)	Testtömeg-változás (g)
NK-0	46,39**a**	62,41**a**	16,02**a**
ioS-0	46,76**a**	63,50**a**	16,70**a**
NK-48	46,47**a**	41,80**b**	−4,67**b**
ioS-48	47,0**b**	42,30**b**	−4,69**b**
ioT-48	46,08**a**	41,16**b**	−4,92**b**
G-48	45,79**a**	41,35**b**	−4,43**b**
GT-48	45,85**a**	41,43**b**	−4,41**b**
P-érték	**0,04**	**<0,001**	**0,008**
RMSE	**3,24**	**4**	**4,12**

NK-0: *In ovo* kezelés nem volt, azonnal telepített csoport
ioS-0: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, azonnal telepített csoport
NK-48: *In ovo* kezelés nem volt, késleltetve telepített csoport
ioS-48: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, késleltetve telepített csoport
ioT-48: *In ovo* treonin-kiegészítés, késleltetve telepített csoport
G-48: *In ovo* kezelés nem volt, hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
GT-48: *In ovo* kezelés nem volt, treoninnal dúsított hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
„a, b": a különböző betűkkel jelölt átlagok között szignifikáns különbség volt (P≤0,05)

Az első két napban szerzett jelentősen magasabb testtömegből fakadó előnyt az NK-0 és ioS-0 csoportok folyamatosan megtartották (*5. táblázat*) (P<0,001). A késleltetett csoportokon belül a treonin-kiegészítés pozitív hatása a 21. életnapon statisztikailag is igazolható volt a nem kezelt madarakhoz képest (ioT-48 vs. NK-48; P<0,05), és az még az azonnal takarmányhoz jutó, nem kezelt madarak tömegétől sem különbözött (ioT-48 vs. NK-0; P>0,05). A 48 órás késleltetett csoportok esetében a 21. életnapon az NK-48 kezelésben lévő madarak tömege volt a legalacsonyabb. Tőlük az *in ovo* sóoldattal kezelt, illetve a hidrogél-kiegészítésben részesült csoportok madarai számszakilag jobb, azonban statisztikai értelemben azonos élőtömeget értet el. A kísérlet végére a csoportok közötti különbségek valamelyest csökkentek. A korai treonin-kiegészítés akár *in ovo*, akár hidrogéllel biztosítva, javította a 35. napon mért élőtömeget, ezeknek a madaraknak a tömege szignifikánsan nem különbözött azoktól a brojlerektől, amik a kelés után telepítésre kerültek (NK-0, ioS-0, ioT-48, GT-48; (P>0,001). Igaz az is, hogy a késleltetve telepített csoportok madarainak élőtömege egymástól sem különbözött (P>0,001).

Tahmasebi és Toghyani (2015) kutatásában a kísérleti csoportok között az aminosavak alkalmazása statisztikailag bizonyítható módon megnövelte a testtömeget. Az idézett vizsgálatban az *in ovo* treonin-ellátást kapott brojlerek 24. és a 42. nevelési napokon is magasabb testtömeget értek el, mint a kontrollcsoportba tartozó madarak (P<0,05). Szintén brojlerek vizsgálata során Kadam (2008) jobb testtömeg-gyarapodást detektált. A nevelés 14. napjától kezdve azok a csibék gyarapodtak jobban a kontrollcsoporthoz képest, amelyek *in ovo* treonin-kiegészítést (20 és 30 mg) kaptak (P<0,05). A 21. és a 28. életnapokon kimutatható volt, hogy a testtömeg-gyarapodást megnövelte az *in ovo* sterilizált víz bejuttatása is (P<0,01). Alabi és mtsai (2020) kísérletében szignifikáns különbséget mutattak ki a treonin kezelés hatására testtömeg-gyarapodás tekintetében. Szignifikánsan magasabb testtömeggel rendelkeztek a nevelési időszak 2. hetére azok a brojlerek, amelyek 45 mg *in ovo* treonin-kiegészítést kaptak (P<0,001).

5. táblázat: A kísérleti kezelések hatása az élőtömegre a 10., 21. és 35. életnapon

Csoport	Élőtömeg (g)		
	10. életnap	21. életnap	35. életnap
NK-0	232**b**	853**cd**	2218**b**
ioS-0	243**c**	878**d**	2238**b**
NK-48	190**a**	758**a**	2072**a**
ioS-48	193**a**	780**ab**	2113**ab**
ioT-48	196**a**	805**bc**	2107**ab**
G-48	193**a**	772**ab**	2096**a**
GT-48	191**a**	780**ab**	2101**ab**
P-érték	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**
RMSE	**28,01**	**105,05**	**272,69**

NK-0: *In ovo* kezelés nem volt, azonnal telepített csoport
ioS-0: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, azonnal telepített csoport
NK-48: *In ovo* kezelés nem volt, késleltetve telepített csoport
ioS-48: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, késleltetve telepített csoport
ioT-48: *In ovo* treonin-kiegészítés, késleltetve telepített csoport
G-48: *In ovo* kezelés nem volt, hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
GT-48: *In ovo* kezelés nem volt, treoninnal dúsított hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
„a, b": a különböző betűkkel jelölt átlagok között szignifikáns különbség volt (P≤0,05)

5.1.2. A kísérleti kezelések hatása az átlagos napi testtömeg-gyarapodásra

A 10. életnapon az ioT-48 kezelés hatására létrejövő mért átlagos testtömeg-gyarapodás nem haladta meg a vizsgálatban résztvevő kontrollcsoportokét (P<0,001). Az átlagos napi testtömeg-gyarapodást tekintve (*6. táblázat*), a kezeléshatás a 21. napon volt a legkifejezettebb. Az ioT-48-as, *in ovo* treonin-ellátást kapott csoport eredményei statisztikailag megegyeztek mindkét, a vizsgálatban résztvevő pozitív kontrollcsoport (NK-0 és ioS-0) eredményeivel (P<0,001). A 21. életnapon a kezelésben részt vevő egyéb vizsgálati csoportok átlagos napi testtömeg-gyarapodása alulmaradt a kontrollcsoportokéhoz és az ioT-48 csoporthoz képest (P<0,001). Az ioT-48 csoport továbbá a 10. életnapon is jobban teljesített a pozitív kontroll-csoportokon kívüli egyéb kezelési csoportoknál, azoknál magasabb átlagos testtömeg-gyarapodással rendelkezett (P<0,001). A 35. életnapra statisztikai különbség nem volt kimutatható a kezelések között (P<0,134).

A treonin-kiegészítés kedvező hatásáról nem csak *in ovo* kísérletekben számoltak be. Najafi és mtsai (2017) igazolták, hogy megemelt treonin tartalmú takarmánnyal jobb testtömeg-gyarapodást lehet elérni brojlerek esetében. Brojlereknél, az *in ovo* arginin- és

treonin- kiegészítésben részesült csoportokok statisztikailag (P <0,05) nagyobb testtömeget értek el Tahmasebi és Toghyani (2015) kísérletében.

6. táblázat: A kísérleti kezelések hatása az átlagos napi testtömeg-gyarapodásra

Csoport	Átlagos napi testtömeg-gyarapodás (g)		
	1.-10. nap	11.-21. nap	22.-35. nap
NK-0	18,60**a**	56,42**a**	96,95
ioS-0	19,74**a**	56,06**a**	95,87
NK-48	14,50**c**	52,28**c**	93,53
ioS-48	14,60**c**	53,39**ab**	94,49
ioT-48	15,06**b**	55,89**a**	91,33
G-48	14,88**c**	53,69**bc**	96,08
GT-48	14,59**c**	54,39**bc**	95,15
P-érték	**<0,001**	**<0,001**	**0,134**
RMSE	2,72	7,79	14,12

NK-0: *In ovo* kezelés nem volt, azonnal telepített csoport
ioS-0: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, azonnal telepített csoport
NK-48: *In ovo* kezelés nem volt, késleltetve telepített csoport
ioS-48: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, késleltetve telepített csoport
ioT-48: *In ovo* treonin-kiegészítés, késleltetve telepített csoport
G-48: *In ovo* kezelés nem volt, hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
GT-48: *In ovo* kezelés nem volt, treoninnal dúsított hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
„a, b": a különböző betűkkel jelölt átlagok között szignifikáns különbség volt (P≤0,05)

5.1.3. A kísérleti kezelések hatása a takarmányfelvételre

A madarak takarmányfelvételét a kísérlet során a kezelések mindvégig befolyásolták (*7. táblázat*). Azok a madarak, amelyek azonnal telepítésre kerültek és takarmányhoz jutottak, szignifikánsan több takarmányt fogyasztottak a hízlalás egész ideje alatt. A treonin-kiegészítés hatására nem mutatkozott jobb takarmányfelvevő képesség sem az ioT-48, sem pedig a GT-48 csoportok esetében a kontrollcsoportokhoz viszonyítva (P<0,001).

Valószínűleg az azonnali takarmányfelvételnek köszönhetően a kontrollcsoportok (NK-0 és ioS-0) madaraiban lehetőség adódott tápcsatorna gyorsabb fejlődésére, aminek a pozitív hozományát a teljes nevelési periódus alatt meg tudták őrizni. Több kísérlet is megerősíti azt, hogy ha a naposok telepítése nem azonnal történik meg, ezáltal pedig az első takarmányfelvétel időben későbbre tolódik, akkor a gasztrointesztinális rendszer kevésbé lesz fejlett (Corless és Sell, 1999; Geyra és mtsai, 2001; Gonzales és mtsai, 2003; Maiorka és mtsai, 2003, Uni és mtsai, 2003).

7. táblázat: A kísérleti kezelések hatása az átlagos napi takarmányfelvételre a nevelési periódus alatt

Csoport	Takarmányfelvétel (g)					
	1. nap	3. nap	10. nap	21. nap	35. nap	Teljes
NK-0	7,08**a**	27,66**a**	23,22**a**	72,76**a**	145,59**a**	85,35**a**
ioS-0	7,44**a**	28,49**a**	23,99**a**	75,56**a**	144,38**a**	86,31**a**
NK-48	-	22,90**b**	17,90**b**	66,81**b**	136,92**b**	78,32**b**
ioS-48	-	22,60**b**	17,66**b**	66,67**b**	138,46**b**	78,23**b**
ioT-48	-	22,70**b**	17,75**b**	69,06**b**	137,55**b**	79,32**b**
G-48	-	21,27**b**	17,10**b**	67,34**b**	138,56**b**	78,92**b**
GT-48	-	21,07**b**	16,85**b**	66,80**b**	140,13**b**	79,05**b**
P-érték	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,04	<0,001
RMSE	0,57	1,27	1,36	3,06	6,22	3,52

NK-0: *In ovo* kezelés nem volt, azonnal telepített csoport
ioS-0: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, azonnal telepített csoport
NK-48: *In ovo* kezelés nem volt, késleltetve telepített csoport
ioS-48: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, késleltetve telepített csoport
ioT-48: *In ovo* treonin-kiegészítés, késleltetve telepített csoport
G-48: *In ovo* kezelés nem volt, hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
GT-48: *In ovo* kezelés nem volt, treoninnal dúsított hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
„a, b": a különböző betűkkel jelölt átlagok között szignifikáns különbség volt (P≤0,05)

5.1.4. A kísérleti kezelések hatása a takarmányértékesítésre

A kezelések hatását a madarak takarmányértékesítésére a *8. táblázat* mutatja be. Mind az *in ovo* treonin-kiegészítés által, mind pedig a treoninnal dúsított hidrogéllel való takarmányozás hatására statisztikailag jobb takarmányhasznosító képessége volt az ioT-48 és a GT-48 csoportoknak a kontroll-csoportokhoz képest az 1-10. nap között (P=0,0002). A nevelő szakaszban (11-21. nap) is az volt tapasztalható, hogy a treonin-kiegészítésnek statisztikailag kimutatható módon pozitív hatása volt a takarmányértékesítésre (P=0,01). A teljes hízlalási időszak tekintetében az ioT-48 csoport madarai rendelkeztek a legjobb takarmányértékesítéssel (P=0,043). A GT-48 csoportban lévő brojlerek azonos takarmányértékesítésre voltak képesek, mint az NK-0 madarai (P=0,043). Ez feltételezhetően annak köszönhető, hogy a hidrogél alapú takarmánykiegészítés egy gyors és jól hasznosuló táplálóanyag forrásnak bizonyult, amely által a csibék szervezete képes volt ledolgozni azt a 48 órás lemaradást.

Kadam és mtsai (2008) kísérletükben jobb takarmányhasznosító képességet mértek 20 és 40 mg in ovo treonin kiegészítésben részesült madarak esetében a hízlalási periódus első hetében (P<0,01). A kezelést a 14. keltetési napon hajtották végre, a befecskendezés helye a tojásszik volt. A mi gyakorlatunkkal azonosan Filho és mtsai (2019) szintén a 17,5. napon hajtották végre az *in ovo* beavatkozást és az amnion folyadékba juttatták a kezelési anyagot. Az említett vizsgálatban a takarmányértékesítő képesség javult a treoninnal kezelt csoportokban. Tahmasebi és Toghyani 2015-ben brojlerek esetében jobb takarmányhasznosító képességet mértek 25 mg treonin és 35 mg arginin amnion folyadékba juttatása után. Alabi és mtsai (2020) kísérletében a 45 mg treonin-kiegészítést kapott madarak szignifikánsan jobb takarmányértékesítéssel rendelkeztek a hizlalás 2. és 5. hetén a kontrollcsoporthoz és a kísérletben beállított többi treoninal kezelt csoportokhoz képest is (P<0,05). Az in ovo manipulációt ők a keltetés 18. napján hajtották végre, a kiegészítést az amnion folyadékba juttatták.

8. táblázat: A kísérleti kezelések hatása a brojlerek takarmányértékesítésére

Csoport	Takarmányértékesítés (kg/kg)			
	1.-10. nap	11.-21. nap	22.-35. nap	Teljes
NK-0	1,47**a**	1,45**a**	1,68	1,59a**b**
ioS-0	1,4**a**	1,49**a**	1,71	1,61**a**
NK-48	1,34**ab**	1,43**a**	1,69	1,55**ab**
ioS-48	1,37**ab**	1,43**a**	1,63	1,58**ab**
ioT-48	1,26**b**	1,33**b**	1,63	1,51**b**
G-48	1,23**b**	1,4**b**	1,64	1,54**ab**
GT-48	1,27**b**	1,39**b**	1,72	1,59**ab**
P-érték	**0,0002**	**0,01**	**0,66**	**0,043**
RMSE	**0,106**	**0,77**	**0,13**	**0,13**

NK-0: *In ovo* kezelés nem volt, azonnal telepített csoport
ioS-0: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, azonnal telepített csoport
NK-48: *In ovo* kezelés nem volt, késleltetve telepített csoport
ioS-48: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, késleltetve telepített csoport
ioT-48: *In ovo* treonin-kiegészítés, késleltetve telepített csoport
G-48: *In ovo* kezelés nem volt, hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
GT-48: *In ovo* kezelés nem volt, treoninnal dúsított hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
„a, b": a különböző betűkkel jelölt átlagok között szignifikáns különbség volt (P≤0,05)

5.1.5. A kísérleti kezelések hatása a vágási kihozatalra és az értékes húsrészek arányára

Az értékes húsrészek tekintetében (*9. táblázat*) a kezelések hatása ugyan igazolható, de azok igazán nem különböznek egymástól. Grillkihozatal tekintetében statisztikailag kimutatható pozitív hatása a treonin-kiegészítésnek nem volt a kontroll-csoportokhoz viszonyítva. A combok tömege az ioS-0 csoportban volt a legnagyobb, ettől csak az ioT-48 csoport különbözött (P=0,01). A mellhús kihozatal (g/madár) tekintetében a legjobb csoport az ioS-0, míg a legkisebb mellhús kihozatal az NK-48 és az ioS-48 esetében volt (P=0,0093). Az eredmények alapján igazoltnak látszik, hogy a mellizom fejlődését korai takarmányozással támogatni lehet.

Vieira és Moran már 1999-ben leírták, hogy a kelést követő hosszú éhezés során a kikelt csibék saját energiaforrásaikat is felhasználják az életben maradásuk érdekében a sziktömlőben található táplálóanyagok mellett. Mivel a naposok nem jutnak exogén táplálóanyag-forráshoz, így a sziktömlőben lévő táplálóanyagok is rosszabbul tudnak hasznosulni. A naposkori energiatartalék mobilizáció – szükség esetén – a *pectorilalis* izomból történik (Uni és mtsai, 2005), így a mellizom fejlődése jelentősen késleltetett ezeknél a madaraknál. A vizsgálatunk adatai is arra engednek következtetni, hogy a korai takarmányozási kezelések esetében a mellizom kevésbé volt érintett és ennek következtében a vágáskori mellkihozatal nem különbözött a pozitív kontrollcsoportoktól.

A treonin-kiegészítés más vizsgálatban pozitív hatású volt az értékes húsrészek tekintetében. Kheiri és Alibeyghi (2017) azt tapasztalták, hogy a 21 napos vágási eredményeik alapján azok a brojlerek rendelkeztek a legjobb combhús- és mellhúskihozatallal, amelyek az NRC szerinti 120%-os lizin- és treonin-kiegészítést kaptak. Ez a kiegészítés ugyanakkor nem *in ovo* módon történt, hanem a telepítés utáni takarmányozási fázisokban. Bizonyos kutatásokban azonban nem a treonin fejtette ki pozitív hatását, hanem egy, a kísérletben szereplő másik kezelési módszer. Alabi és mtsai (2020) kísérletében a negatív kontroll-kezelés hatására (0,5 ml steril víz *in ovo* módon) növekedett meg az értékes húsrészek aránya. A negatív-kontrollcsoport madaraiban szignifikánsan nagyobb volt (P<0,05) a mellhúskihozatal a kísérlet többi csoportjához képest. A treonin-kiegészítés nem volt hatással ezen paraméterre.

9. táblázat: A kísérleti kezelések hatása a grillkihozatalra (g/madár) és arányra (%), valamint a comb- és a mellhúskihozatalra (g/madár) és az értékes húsrészek arányára (%)

Csoport	Vágási kihozatal					
	Grill (g)	Comb (g)	Mell (g)	Grill (%)	Comb %	Mell %
NK-0	1590**ab**	418**ab**	567**ab**	78**ab**	26,3	35,7
ioS-0	1613**a**	427**a**	582**a**	79**a**	26,5	36,1
NK-48	1508**ab**	403**ab**	522**b**	78**ab**	26,6	34,1
ioS-48	1484**b**	393**ab**	520**b**	77**b**	27,0	35,0
ioT-48	1496**ab**	384**b**	530**ab**	79**ab**	26,5	35,4
G-48	1519**ab**	394**ab**	543**ab**	80**ab**	25,9	35,8
GT-48	1526**ab**	397**ab**	549**ab**	78**ab**	26,0	35,9
P-érték	**0,0122**	**0,01**	**0,0093**	**0,0122**	**0,17**	**0,26**
RMSE	0,11	39,61	60,48	0,11	1,29	2,12

NK-0: *In ovo* kezelés nem volt, azonnal telepített csoport
ioS-0: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, azonnal telepített csoport
NK-48: *In ovo* kezelés nem volt, késleltetve telepített csoport
ioS-48: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, késleltetve telepített csoport
ioT-48: *In ovo* treonin-kiegészítés, késleltetve telepített csoport
G-48: *In ovo* kezelés nem volt, hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
GT-48: *In ovo* kezelés nem volt, treoninnal dúsított hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
„a, b": a különböző betűkkel jelölt átlagok között szignifikáns különbség volt (P≤0,05)

5.1.6. A kísérleti kezelések hatása a mortalitásra

A kezelések a mortalitást nem befolyásolták (*10. táblázat*), a kezelési csoportok között statisztikailag kimutatható különbség nem mutatkozott (P=0,99).

10. táblázat: A kísérleti kezelések hatása a mortalitásra

Mortalitás (%)									
Csoport	**NK-0**	**ioS-0**	**NK-48**	**ioS-48**	**ioT-48**	**G-48**	**GT-48**	**P-érték**	**RMSE**
	0,12	0,10	0,10	0,12	0,13	0,13	0,12	**0,99**	**0,31**

NK-0: *In ovo* kezelés nem volt, azonnal telepített csoport
ioS-0: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, azonnal telepített csoport
NK-48: *In ovo* kezelés nem volt, késleltetve telepített csoport
ioS-48: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, késleltetve telepített csoport
ioT-48: *In ovo* treonin-kiegészítés, késleltetve telepített csoport
G-48: *In ovo* kezelés nem volt, hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
GT-48: *In ovo* kezelés nem volt, treoninnal dúsított hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
„a, b": a különböző betűkkel jelölt átlagok között szignifikáns különbség volt (P≤0,05)

5.2. Szövettani eredmények

5.2.1. A kísérleti kezelések hatása a vér immunsejtjeinek arányára

A kísérlet során értékelni kívántuk azt, hogy a különböző kezelések miként befolyásolják a brojlercsirkék immunválaszkészségét jelző néhány paramétert. A vér alakos elemei közül az egyes fehérvérsejt típusok arányát vizsgáltuk. Az alkalmazott kezelések közül egyik sem befolyásolta statisztikailag kimutatható módon a vér alakos elemeinek mennyiségét az egyes kísérleti csoportokban a vizsgálati életkorok egyikében sem (*11. táblázat*).

Kísérletünkhöz hasonló eredményre jutottak Chen és mtsai (2017). Vizsgálatukban a bélrendszerben termelődő immunglobulin-tartalmat mérték, és nem találtak különbséget a kontrollcsoport és a kezelt csoportok bélrendszeri immunstátusza között. Ugyanakkor egyes kutatásokban, ahol mesterséges fertőzéssel stimulálták a brojlereket, pozitív eredmények születtek. Kadam és mtsai (2008) juh vörösvértestekkel szembeni humorális immunválasz erősségét vizsgálták. Az *in ovo* treonin-kiegészítést kapott brojlerek esetében szignifikánsan nagyobb volt ($P<0,05$) a vörösvértestekkel szembeni humorális immunválasz. Alexandre és mtsai (2018) mesterséges *Salmonella Enteritidis* fertőzés után 168 órával a treoninnal kezelt csoportban alacsonyabb baktériumszámot mutattak ki, így esetükben a 3,5%-os treonin-oldat *in ovo* kiegészítéssel biztosítva javította a brojlerek ellenálló-képességét.

11. táblázat: A kísérleti kezelések hatása a vér alakos elemeinek arányára

Kelés utáni 1. nap										
	Abszolút érték	**NK-0**	**ioS-0**	**NK-48**	**ioS-48**	**ioT-48**	**G-48**	**GT-48**	**P-érték**	**RMSE**
Standard leukocyta szám = 25,19										
HE	7,19±3,39	-	18,01	15,11	18,34	18,19	14,76	17,03	**0,085**	**3,35**
LYM	13,86±1,58	-	5,44	8,34	4,99	7,63	7,68	6,07	**0,13**	**3,07**
MON	1,94±1,01	-	0,48	0,91	0,65	0,65	0,63	0,40	**0,1**	**0,39**
EOS	0,64±0,92	-	1,08	1,21	1,18	1,23	1,68	1,69	**0,86**	**0,69**
BAS	Rare	–								
Kelés utáni 3. nap										
HE	7,19±3,39	15,84	13,33	15,59	15,04	15,84	15,37	13,22	**0,053**	**2,41**
LYM	13,86±1,58	7,33	9,60	7,68	8,54	7,38	7,91	10,00	**0,79**	**0,48**
MON	1,94±1,01	0,88	0,47	0,71	0,63	0,73	0,86	0,71	**0,9**	**0,6**
EOS	0,64±0,92	1,13	0,96	1,21	0,98	1,16	8,61	1,26	**0,052**	**2,29**
BAS	Rare	–								
Kelés utáni 21. nap										
HE	7,19±3,39	7,12	8,13	7,45	8,71	8,81	7,98	8,99	**0,33**	**5,03**
LYM	13,86±1,58	13,09	14,58	15,44	14,35	13,50	14,38	14,18	**0,82**	**5,7**
MON	1,94±1,01	1,23	1,08	1,00	0,88	1,56	1,10	1,00	**0,47**	**0,4**
EOS	0,64±0,92	1,20	1,38	1,28	1,23	1,30	1,63	1,00	**0,69**	**0,36**
BAS	Rare	–								

NK-0: *In ovo* kezelés nem volt, azonnal telepített csoport
ioS-0: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, azonnal telepített csoport
NK-48: *In ovo* kezelés nem volt, késleltetve telepített csoport
ioS-48: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, késleltetve telepített csoport
ioT-48: *In ovo* treonin-kiegészítés, késleltetve telepített csoport
G-48: *In ovo* kezelés nem volt, hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
GT-48: *In ovo* kezelés nem volt, treoninnal dúsított hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
„a, b": a különböző betűkkel jelölt átlagok között szignifikáns különbség volt (P≤0,05)
HE: heterofil granulociták
LYM: limfociták
MON: limonociták
EOS: eozinofil granulociták
BAS: bazofil granulociták

5.2.2. A kísérleti kezelések hatása a bélmorfológiára

A kelés napján, valamint a kelést követő 48. órában (3. életnap) és a 21. életnapon mért bélmorfológiai jellemzőket a *12., 13. és 14. táblázatok* mutatják be.

A kelést követően mért bélmorfológiai eredmények (*12. táblázat*) azt mutatják, hogy az *in ovo* kezelés befolyásolhatja valamelyest a bélhám állapotát. Az NK-0, az NK-48, a G-48 illetve a GT-48 csoport madarai esetében nem történt *in ovo* beavatkozás, ezekben a csoportokban a *duodenumban* mért *villus*-magasságok és *crypta*-mélységek a legnagyobbak voltak (P<0,001). Az *in ovo* kezelés nem okozott következetes hatást a *villus*-magasság és a *crypta*-mélység tekintetében, de az adatok azt sugallják, hogy az *in ovo* sóoldat az *ileumban* csökkentette a *villus*-magasságot (P=0,006). A *villus:crypra* arány esetében az *in ovo* kezelés hatása már nem egyértelmű, mivel az ioS-0 csoportban mért arány kisebb, mint az ioS-48 csoportban, pedig a mérés a telepítés előtti állapotot tükrözi, így a két csoport azonos kezelésben részesült. A mérést közvetlenül a kelést után végeztük el, még a madarak telepítése előtt, így a csoportok közti különbséget a véletlen, de legalábbis nem az általunk beállított kezelés okozta. Összességében a 0. napon az embrionális korban biztosított treonin-kiegészítés hatását nem tudtuk igazolni.

12. táblázat: A kísérleti kezelések hatása a *villus* magasságra, *crypta* mélységre és a *villus:crypta* arányra a kelés napján

Kelés napja								
Villus-magasság (µm)								
Bélszakasz	**NK-0**	**ioS-0**	**NK-48**	**ioS-48**	**ioT-48**	**G-48**	**GT-48**	**P-érték**
D	289,6**ab**	218,1**a**	306,5**ab**	290,4**ab**	274,5**ab**	332,5**b**	318,5**b**	**<0,001**
I	168**ab**	152,9**a**	209,2**b**	136,1**a**	167,4**ab**	160,9**ab**	193,6**b**	**0,006**
C	236,6**b**	149,1**a**	208,9**ab**	191,1**ab**	198,2**ab**	142,2**a**	140**a**	**<0,001**
Crypta-mélység (µm)								
D	67,9**ab**	69**b**	65,5**ab**	59,4**a**	58,9**a**	65,7**ab**	56,2**a**	**0,019**
I	62,8**b**	56,2**ab**	62,6**b**	48,1**a**	46,8**a**	46,9**a**	56,8**ab**	**0,002**
C	64,1**b**	60,7**b**	59,2**ab**	61,3**ab**	66,4**b**	48,7**ab**	40,2**a**	**0,0013**
Villus:Crypta arány								
D	4,3**ab**	3,3**a**	3,9**ab**	5,6**b**	4,9**ab**	5,4**b**	5,4**b**	**<0,001**
I	3,4**ab**	3**a**	3,8**b**	4**b**	3,8**b**	3,8**b**	3,8**b**	**0,0082**
C	3,6**b**	2,4**a**	3,4**ab**	3,4**ab**	2,7**ab**	3,1**ab**	3,9**b**	**0,002**

NK-0: *In ovo* kezelés nem volt, azonnal telepített csoport
ioS-0: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, azonnal telepített csoport
NK-48: *In ovo* kezelés nem volt, késleltetve telepített csoport
ioS-48: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, késleltetve telepített csoport
ioT-48: *In ovo* treonin-kiegészítés, késleltetve telepített csoport
G-48: *In ovo* kezelés nem volt, hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
GT-48: *In ovo* kezelés nem volt, treoninnal dúsított hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
„a, b": a különböző betűkkel jelölt átlagok között szignifikáns különbség volt (P≤0,05)

A harmadik életnapon (*13. táblázat*) a kezelések hatása a *villus*-magasságra volt statisztikailag igazolható, de az egyes kezelések iránya nehezen magyarázható. A *villus*-magasság az NK-0 csoport madarainál volt a legnagyobb a *duodenumban,* ami az irodalmi adatokkal összevág, hiszen számos vizsgálat igazolta, hogy a szilárd takarmány minél korábbi felvétele a legjobb stimulus a bélhám fejlődése szempontjából (P<0,001). A treonint nem tartalmazó hidrogélt fogyasztó csoport esetében mért *villus*-magasság elérte az NK-0 csoportnál mért értéket a *duodenum* bélszakaszban, de a treoninnal dúsított hidrogél esetében már elmaradt tőle (P<0,001). A *crypta*-mélységet nem, a *villus:crypta* arányt csak a *colonban* befolyásolták a kezelések (P=0,006). A legalacsonyabb *villus*-magasság/*crypta*-mélység arányt az NK-48 csoportban mértük (P=0,006). Az *in ovo* treonin kezelés, illetve a hidrogél fogyasztása treoninal dúsítva vagy anélkül a 3. életnapon nem javította a bélhám felszívó felületét. Megállapítható, hogy a korai treonin-kiegészítés a 3. életnapra nem javította a bélhám morfológiai állapotát.

13. táblázat: A kísérleti kezelések hatása a *villus*-magasságra, *crypta*-mélységre és a *villus:crypta* arányra a kelés utáni 3. napon

Kelés utáni 3. nap								
Villus-magasság (µm)								
Bélszakasz	**NK-0**	**ioS-0**	**NK-48**	**ioS-48**	**ioT-48**	**G-48**	**GT-48**	**P-érték**
D	340,6**c**	214,9**a**	288,5**b**	240,8**ab**	283,4**b**	312,6b**c**	250**ab**	**<0,001**
I	158,6	140,2	167,4	140,8	154,7	157,1	142,9	**0,057**
C	164,2**b**	126,4**a**	159,8**ab**	146,4**ab**	156,5**ab**	132,1**ab**	130,6**ab**	**0,0085**
Crypta-mélység (µm)								
D	36,3	29,2	35,6	34	36,5	31,8	35,6	**0,43**
I	32,5	30,3	33,7	29,6	32,6	33,6	32,8	**0,14**
C	29,9	25,3	30,3	29,07	28,27	26,46	26,88	**0,059**
Villus:Crypta arány								
D	7,7	8,1	8,1	7,6	7,8	9,2	7,2	**0,28**
I	4,8	4,5	4,8	4,7	4,8	4,7	4,6	**0,96**
C	5,7**b**	5,1**b**	3,7**a**	4,8**ab**	4,5**ab**	4,9**b**	4,9**b**	**0,006**

NK-0: *In ovo* kezelés nem volt, azonnal telepített csoport
ioS-0: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, azonnal telepített csoport
NK-48: *In ovo* kezelés nem volt, késleltetve telepített csoport
ioS-48: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, késleltetve telepített csoport
ioT-48: *In ovo* treonin-kiegészítés, késleltetve telepített csoport
G-48: *In ovo* kezelés nem volt, hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
GT-48: *In ovo* kezelés nem volt, treoninnal dúsított hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
„a, b": a különböző betűkkel jelölt átlagok között szignifikáns különbség volt (P≤0,05)

Háromhetes korban (*14. táblázat*) az IoT-48 és GT-48 kezeléseknél mért *duodenális villus*-magasságok és *crypta*-mélységek nem különböztek szignifikánsan a többi kezelésben mért értékektől (P=0,04). Az *ileumban* az *in ovo* treonin hatására statisztikailag igazolhatóan nagyobb *villus*-magasság volt mérhető, mint a nem kezelt csoportokban (ioT-48 vs. NK-0 és NK-48; P=0,0004). A késleltetve telepített csoportok között is egyértelmű a 21. napon az embrionális korban biztosított treonin pozitív hatása az *ileális villus*-magasság tekintetében (P=0,0004). A *crypta*-mélységet a kísérleti kezelések egyik bélszakasz esetében sem befolyásolták statisztikailag igazolható mértékben. Összességében elmondható, hogy a három vizsgálati időpont közül a 21. napra jelentkezett a treonin jótékony hatása, amelynek köszönhetően a kezelést kapott madarak fejlettebb v*illusokkal* és jobb *villus:crypta* aránnyal rendelkeztek.

14. táblázat: A kísérleti kezelések hatása a *villus*-magasságra, *crypta*-mélységre és a *villus:crypta* arányra a kelés utáni 21. napon

Kelés utáni 21. nap								
Villus-magasság (µm)								
Bélszakasz	**NK-0**	**ioS-0**	**NK-48**	**ioS-48**	**ioT-48**	**G-48**	**GT-48**	**P-érték**
D	768,9**ab**	748,8**ab**	830,9**b**	790,8**ab**	755,6**ab**	690,1**a**	765,8**ab**	**0,04**
I	210,6**a**	221,3**ab**	216,1**a**	199,3**a**	282,8**b**	218,7**a**	180,4**a**	**0,0004**
C	214,9	235,3	220,8	237,9	205,2	211,1	217,2	**0,45**
Crypta-mélység (µm)								
D	86,1	103,5	106,8	89,5	97,4	104,5	113,2	**0,09**
I	61,8	59,2	55,3	58,4	72	66,8	60,7	**0,08**
C	61,9	64,3	54,3	56,1	58,8	56,1	55,2	**0,26**
Villus:Crypta arány								
D	9,6**b**	7,8**ab**	8,1**ab**	9,1**b**	8,2**ab**	6,6**a**	7,4**ab**	**0,01**
I	3,5**ab**	3,8**ab**	4**ab**	3,5**ab**	4,2**b**	3,3**a**	3**a**	**0,01**
C	3,6	3,7	4,2	4,6	3,8	3,9	4,1	**0,29**

NK-0: *In ovo* kezelés nem volt, azonnal telepített csoport
ioS-0: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, azonnal telepített csoport
NK-48: *In ovo* kezelés nem volt, késleltetve telepített csoport
ioS-48: *In ovo* fiziológiás sóoldattal kezelt, késleltetve telepített csoport
ioT-48: *In ovo* treonin kiegészítés, késleltetve telepített csoport
G-48: *In ovo* kezelés nem volt, hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
GT-48: *In ovo* kezelés nem volt, treoninnal dúsított hidrogéllel való takarmányozás kelés után, késleltetve telepített csoport
„a, b": a különböző betűkkel jelölt átlagok között szignifikáns különbség volt (P≤0,05)

A treonin kiegészítés több kísérletben is pozitív hatást fejtett ki a bélmorfológiai állapotára. Najafi és mtsai (2017) vizsgálatában a megnövelt treonin-tartalmú takarmány etetésének köszönhetően a brojlerek *villus*-hosszúsága nőtt a kontrollcsoporthoz képest. Ezzel párhuzamosan jobb *villus:crypta* arányt mértek és a *crypta*-mélység is csökkent. Chen és mtsai (2017) szintén treoninnal dúsított takarmánnyal etették a brojlereket. Eredményeik szerint a 3g/kg többlet treonin-ellátást kapott madaraknál megnövekedett a *jejunumban* ($P=0,022$) és az *ileumban* ($P<0,001$) található *villusok* magassága, valamint az *ileumban* a *villus:crypta* arány is ($P<0,001$). Ospina-Rojas és mtsai (2013) ugyanakkor nem tapasztaltak statisztikaliag kimutatható különbséget a megemelt treonin-tartalmú takarmány etetése következtében.

Kermanshahi és mtsai szintén azt tapasztalták, hogy az *in ovo* treonin-kiegészítés fürjekben megnövelte a *villusok* magasságát és a *crypták* mélységét a *jejunum* bélszakaszban ($P<0,05$). Nazem és mtsai (2017) *in ovo* metionin-kiegészítés után szintén pozitív eredményeket értek el. A kontrollcsoporthoz viszonyítva, egy héttel a kezelés után a *duodenumban* lévő *villusok* magassága szignifikánsan megnőtt azoknál a madaraknál, amik 40 mg és 20 mg metionint kaptak embrionális korban ($P<0,05$). Ez a szignifikáns eltérés jelentkezett a *jejunum* bélszakaszban is.

6. Következtetések és javaslatok

Kísérletünk igazolta, hogy a brojlerek késői telepítése és a takarmányfelvétel 48 órás késése a kelést követően lemaradást okoz a hízlalás teljes ideje alatt. A korai takarmányozási módszerek közül a hidrogél alkalmazásával – különösen, ha azt treoninnal dúsítják – a lemaradás kompenzálható a 35. életnapra. Az *in ovo* treonin-kiegészítés a kelés 17. napján alkalmazva jobb növekedési teljesítményt eredményezett a 21. napi tömeg mérés alapján, és a madarak takarmányértékesítése is ebben a csoportban volt a legjobb a kezelések között. Az *in ovo* treonin-kiegészítés pozitív hatását az *ileumban* lévő hosszabb *villusok* is magyarázhatják. A vérben mérhető immunsejtek arányát a kezelések, így a korai treonin-kiegészítés nem befolyásolta. Mindezek alapján javasolható a korai treonin-kiegészítés hatásmechanizmusának további vizsgálata, mivel ennek pontosítása a brojlerek teljesítményének javulását eredményezheti gyakorlati körülmények között is.

7. Összefoglalás

A kísérlet célja az volt, hogy értékeljük a különböző korai takarmányozási módszerekkel, *in ovo* és hidrogéllel biztosított treonin-kiegészítés hatását a brojlerek teljesítményére, valamint egyes immunológiai és szövettani paramétereire.

A vizsgálatokat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élettani és Takarmányozástani Intézet Gazdasági Állatok Takarmányozása Tanszéken végeztük el. Összesen 1120 db Ross 308 húshibrid keltetőtojást használtunk kísérletünkben, amelyben 7 kísérleti csoportot alakítottunk ki. Az NK-0 (nem volt beavatkozás) és ioS-0 (*in ovo* 0,5 ml 0,9%-os NaCl oldat) csoportok tojásaiból kelt madarakat a kelést követően azonnal telepítettük, így ezek a csibék késleltetés nélkül jutottak takarmányhoz. Az NK-48, ioS-48 (*in ovo* 0,5 ml 0,9%-os NaCl oldat), ioT-48 (*in ovo* 0,5 ml 0,5%-os treonin-tartalmú oldat 0,9%-os NaCl oldatban); G-48 és GT-48 csoportok madarai a kelést követően csak 48 óra múlva kerültek telepítésre, ekkor jutottak szilárd takarmányhoz. Az NK-48, G-48 és GT-48 kezelésben lévő tojások esetében nem, az ioS-48 és ioT-48 csoportban lévő tojásoknál *in ovo* beavatkozást végeztünk el. Az *in ovo* eljárást az Uni és Ferket (2003) által meghatározott szabadalom alapján, a keltetés 17. napján hajtottuk végre. A G-48 csoport madarai egy kereskedelmi forgalomban kapható hidrogélt (Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft.), a GT-48 csoport madarai 0,5% koncentrációjú, treoninnal dúsított hidrogélt kaptak.

Az *in ovo* treonin-ellátás nem növelte meg kelési tömeget. A kelés után azonnal telepített csibék a 3. életnapon nagyobb tömegűek voltak, mint a 48 órás késleltetéssel telepített madarak ($P=0,008$). Ezen csoportok (NK-0 és IoS-0) az előnyüket a teljes nevelési periódus alatt megtartották ($P<0,001$). Ugyanakkor a 35. napra az *in ovo* módon és a hidrogéllel biztosított korai-treonin ellátás esetében a 48 órás késleltetéssel telepített madarak élőtömege statisztikailag nem maradt el a kelés után azonnal takarmányhoz jutott társaiktól.

A treonin-kiegészítés hatására a nem kezelt, késleltetve telepített csoportokhoz képest nem volt statisztikailag kimutatható eltérés a takarmányfelvevő-képesség esetében sem az ioT-48, sem pedig a GT-48 csoportoknál. Az azonnali takarmányhozzáférésnek köszönhetően az NK-0 és ioS-0 csoportok brojlerei szignifikánsan több takarmányt fogyasztottak a hízlalás egész ideje alatt, mint a többiek ($P<0,001$). Úgy véljük, hogy ezen csoportokban gyorsabb lehetett a tápcsatorna fejlődése, és az ebből származó előnyt ezek a brojlerek a teljes hizlalás alatt meg tudták őrizni.

A takarmányértékesítés az *in ovo* treonin aminosav-kiegészítésben részesült brojlerek esetében a nevelés első 3 hetében jobb volt, mint a kontrollcsoportokban ($P<0,05$). A teljes nevelési időszak tekintetében az ioT-48 csoport madarai hatékonyabban tudták értékesíteni a takarmányt, mint a kontrollcsoportok madarai ($P=0,043$). A G-48 és GT-48 csoportok brojlerei statisztikailag azonos értékeket mutattak az NK-0 csoporthoz képest takarmányértékesítés tekintetében a teljes nevelési periódus alatt ($P=0,043$).

Átlagos napi testtömeg-gyarapodást tekintve a 21. napra fejeződött ki az *in ovo* treonin-ellátás hatása a leginkább. Ekkor az ioT-48-as, *in ovo* treonin-ellátást kapott csoport eredményei statisztikailag megegyeztek mindkét, a vizsgálatban résztvevő pozitív kontrollcsoport eredményeivel ($P<0,001$). Az értékes húsrészek arányának vizsgálatából leszűrhető, hogy a mellizomzat fejlődését a korai takarmányozás által támogatni lehet. A kezelések a mortalitást nem befolyásolták ($P=0,99$).

Az alkalmazott kezelések közül egyik csoportban sem volt kimutatható statisztikailag bizonyítható különbség a vér alakos elemeinek mennyiségének tekintetében.

A bélmorfológiai vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy az *in ovo* treonin-kiegészítés is segítette a bélszakaszok fejlődését. Az embrionális korban biztosított treonin-ellátás következtében a 21. életnapon a *villus* magasság az *ileumban* nagyobb volt, mint a többi csoportnál.

Mindezek alapján javasolható a korai treonin-kiegészítés hatásmechanizmusának további vizsgálata, mivel ennek pontosítása a brojlerek teljesítményének javulását eredményezheti gyakorlati körülmények között is.

8. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőimnek, Dr. Halas Veronika tanárnőnek és Dr. Ács Virág tanárnőnek a dolgozatom készítése során adott rengeteg hasznos tanácsért és minden segítségükért. Valamint köszönöm mindenki hozzájárulását és támogatását, akik nélkül a kísérlet és a dolgozatom nem jöhetett volna létre.

A kutatás a GINOP-2.2.1-18-2020-00031 projekt keretében valósult meg. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával és az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008, „Innovatív tudományos műhelyek a hazai agrár felsőoktatásban” program támogatásával jöhetett létre.

9. Források

- Alexandre L DE, B.M.F., Olivera, C.J.B., Freitas Neto, O.,C., Candice M C G DE,Leon, Saravia, M.M.S., Andrade, M.F.S., White, B. and Givisiez, P.E.N., (2018): Intra-Amnionic Threonine Administered to Chicken Embryos Reduces Enteritidis Cecal Counts and Improves Posthatch Intestinal Development. Journal of Immunology Research. 9. p.
- AOAC (1989): Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist 13th ed. Washington, D.C.
- Aviagen (2009):
    - https://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Tech_Articles/RossTechInvestigatingHatcheryPractice.pdf (Utolsó megtekintés: 2022. 09. 07.)
- Aviagen (2018):
    - https://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Pocket-Guide-2020-EN.pdf (Utolsó megtekintés: 2022. 09. 07.)
- Bárány L., Pupos T., Szőllősi L. (2013): A brojlerhízlalás főbb technológiai kérdései. Szaktudás Kiadó Ház Zrt, Budapest. 141. p.
- Burrin, D., Stoll, B. (2003): Intestinal nutrient requirements in weanling pigs. In: Pluske, J.R., Verstegen, M.W.A., Le Dividich, H. (Eds.), The Weaner Pig: Concepts and Consequences. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. 301–335. p.
- Chen Y., Cheng Y., LiX., Yang W., Wen C., Zhuang S., Zhou Y.M. (2017). Effects of threonine supplementation on the growth performance, immunity, oxidative status, intestinal integrity, and barrier function of broilers at the early age. Poultry Sci., 96: 405–413. p.
- Corless, A.B., and Sell, J.L. (1999): The effects of delayed access to feed and water on the physical and functional development of the digestive system of young turkeys. Poultry Science 78:1158–1169. p.
- Coşkun, Isa, Erener, Guray, Şahin, Ahmet, Karadavut, Ufuk, Altop, Aydin, Agma Okur, Aylin. (2014): Impacts of In Ovo Feeding of DL-Methionine on Hatchability and Chick Weight. In: Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. 2. 47-50. p.
- De Jong IC, Van Riel J, Bracke MBM, Van den Brand H (2017): A 'meta-analysis' of effects of post-hatch food and water deprivation on development, performance and welfare of chickens. In: PLoS One. 13;12(12):e0189350.
- Geyra, A., Uni, Z., Sklan, D. (2001): The effect of fasting at different ages on growth and tissue dynamics in the small intestine of the young chick. British Journal of Nutrition 86: 53–61. p.
- Gonzales, E., Kondo, N., Saldanha, E., Loddy, M., Careghi, C., Decuypere, E. (2003): Performance and physiological parameters of broiler chickens subjected to fasting on the neonatal period. Poultry Science 82: 1250–1256 p.
- Halas V., Nagy J, Szegedi Zs., Szabó Cs. (2012): A treonin ellátás és a specifikus immunválasz készség közti kapcsolat növendék kacsákban. A magyar mezőgazdaság - lehetőségek, források, új gondolatok: XXXIV. Óvári Tudományos Nap. Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar. Mosonmagyaróvár. 642-647. p.

- Hawra Jehad Nasser Al-Huwaizi and Ammar HA. (2021):The effect of fasting and early feeding after hatching with the nutritional supplement gel 95 and the safmannan prebiotic gel and the mixture between them on the productive performance of broiler chicks. IOP Conference Series. Earth and Environmental Science 735(1).
- J. O. Alabi, S. K. Bhanja, A. O. Fafiolu, O. O. Oluwatosin, O. M. Onagbesan, M. Mehra and A. Goel (2020): Influence of in ovo threonine on growth performance, immunocompetence and carcass characteristics in broiler chickens. In: Indian Journal of Animal Sciences 90 (12): 1628–1637. p.
- Jha R, Singh AK, Yadav S, Berrocoso JFD, Mishra B. (2019): Early Nutrition Programming (in ovo and Post-hatch Feeding) as a Strategy to Modulate Gut Health of Poultry. In: Front Vet Sci. 6:82. p.
- Kadam M., Barekatain R., Bhanja Kumar S., Iji P. (2013): Prospects of in ovo feeding and nutrient supplementation for poultry: The science and commercial applications - a review. In: Journal of the Science of Food and Agriculture 93(15). 1-2. p.
- Kadam, M. M., Bhanja, S. K., Mandal, A. B., Thakur, R., Vasan, P., Bhattacharyya, A., & Tyagi, J. S. (2008): Effect of in ovo threonine supplementation on early growth, immunological responses and digestive enzyme activities in broiler chickens. British Poultry Science, 49(6), 736–741. p.
- Kermanshahi, H., Golian, A., Khodambashi Emami, N., Daneshmand, A., Ghofrani Tabari, D., & Ibrahim, S. A. (2016): Effects of in ovo injection of threonine on hatchability, intestinal morphology, and somatic attributes in Japanese quail (Coturnix japonica). Journal of Applied Animal Research, 45(1), 437–441. p.
- Kheiri F., Alibeyghi M. (2017): Effect of different levels of lysine and threonine on carcass characteristics, intestinal microflora and growth performance of broiler chicks. Ital. J. Anim. Sci., 16: 580–587. p.
- Kita, K., Ito, K. R., Sugahara, M., Kobayashi, M., Makino, R., Takahashi, N., Nishimukai, M. (2015). Effect of In Ovo Administration of Branched-Chain Amino Acids on Embryo Growth and Hatching Time of Chickens. In: The Journal of Poultry Science, 52(1), 34–36. p.
- Maiorka, A., Santin, E., Dahlke, F., Boleli, I.C., Furlan, R.L., Macari, M. (2003): Posthatching water and feed deprivation affect the gastrointestinal tract and intestinal mucosa development of broiler chicks. Journal of Applyed Poultry Research 12:483–492. p.
- Moreira Filho ALB, Ferket PR, Malheiros RD, Oliveira CJB, Aristimunha PC, Wilsmann DE, Givisiez PEN. (2019): Enrichment of the amnion with threonine in chicken embryos affects the small intestine development, ileal gene expression and performance of broilers between 1 and 21 days of age. Poult Sci. 1363-1370. p.
- Mousavi, S., Foroudi, F., Baghi, F., Shivazad, M., & Ghahri, H. (2009): The effects of in ovo feeding of threonine and carbohydrates on growth performance of broiler chickens. In: Proceedings of the British Society of Animal Science, 2009, 198-198. p.
- Najafi R., Ahmar R., Tazehkand G. (2017): Effect of different dietary threonine levels on optimal growth performance and intestinal morphology in 1–14 days old Ross 308 broilers. Braz.J. Poultry Sci., 19: 59–66. p.
- Nazem Mohammad Naser, Sajjadian Sayed Mohsen, Kheirandish Reza, Mohammadrezaei Hamideh (2017): Histomorphometric analysis of the small intestine of broiler chick embryos injected in ovo with methionine. Animal Production Science 59. 133-139. p.

- Ospina-Rojas I., Murakami A., Oliveira C., Guerra A. (2013): Supplemental glycine and threonine effects on performance, intestinal mucosa development, and nutrient utilization of growing broiler chickens. Poult Sci. 2013 Oct;92(10):2724-31. p.
- Roto S. M., Kwon Y. M., Rickle S. C. (2016): Applications of In Ovo Technique for the Optimal Development of the Gastrointestinal Tract and the Potential Influence on the Establishment of Its Microbiome in Poultry. In: Front. Vet. Sci. 1-13. p.
- SAS Institute (2014): SAS/STAT Software. Release 9.4. SAS Institute Inc., Cary, NC
- S. Mack, D. Bercovici, G. De Groote, B. Leclercq, M. Lippens, M. Pack, S. Van Cauwenberghe: (1999). Ideal amino acid profile and dietary lysine specification for broiler chickens of 20 to 40 days of age. British Poultry Science, 40(2). 257–265. p.
- Suzuki, R. M., Reis, M. de P., Denadai, J. C., Pacheco, L. G., Nascimento, C. C. N., & Sakomura, N. K.: (2021). Threonine incorporation in tissues of growing broiler chickens using L-[15 N] threonine. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 105(5). 960–964. p.
- Tahmasebi, S., & Toghyani, M. (2015): Effect of arginine and threonine administeredin ovoon digestive organ developments and subsequent growth performance of broiler chickens. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 100(5). 947–956. p.
- Uni Z, Ferket PR, Tako E, Kedar O. (2005): In ovo feeding improves energy status of late-term chicken embryos. In: Poult Sci.; 84(5):764-70. p.
- Uni Z, Ganot S, Sklan D. (1998): Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. In: Poult Sci, 77:75–82. p.
- Uni Z, Noy Y, Sklan D. (1999): Posthatch development of small intestinal function in the poult. In: Poult Sci, 78:215–22. p.
- Uni Z., Ferket R. P. (2004): Methods for early nutrition and their potential. In: World's Poultry Science Journal, 60(01). 101–111. p.
- Uni, Z., Tako, E., Gal-Garber, O., Sklan, D. (2003): Morphological, molecular, and functional changes in the chicken small intestine of the late-term embryo. Poultry Science 82: 1747–1754. p.
- Vieira SL, Moran ET. (1999): Effects of egg origin and chick post-hatch nutrition on broiler live performance and meat yields. In: World Poult Sci J, 56:125–42. p.
- Yang S, Yu M. (2021): Role of Goblet Cells in Intestinal Barrier and Mucosal Immunity. In: J Inflamm Res. 13;14:3171-3183)
- Yufei, Zhu; Li, Shizhao; Duan, Yulan; Ren, Zhouzheng;Yang, Xin; Yang, Xiaojun. (2020): Effects of in ovo feeding of vitamin C on post-hatch performance, immune status and DNA methylation-related gene expression in broiler chickens. British Journal of Nutrition. 124. 903-911. p.
- Zachary Lowman, Carmen Parkhurst (2014): The effect of feeding Hydrogel-95 to emu chicks at hatch, Journal of Applied Poultry Research, Volume 23, Issue 1, 129-131.