

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

KAPOSVÁRI EGYETEM
AGRÁR- ÉS KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KAR
Takarmányozástani Intézeti Tanszék

Doktori Iskola vezető

PROF. DR. KOVÁCS MELINDA

az MTA levelező tagja

témavezető

PROF. DR. TOSSENBERGER JÁNOS

egyetemi tanár

társ-témavezető

DR. HALAS VERONIKA

egyetemi docens

**HOSSZÚ TERMELÉSRE PREDESZTINÁLT
TOJÓHIBRIDEK TELJESÍTMÉNYÉNEK ÉS TOJÁSHÉJ
MINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA A FOSZFORELLÁTÁS
FÜGGVÉNYÉBEN, A NYÚJTOTT TOJÓIDŐSZAKBAN**

Készítette:

TISCHLER ANNAMÁRIA

Kaposvár

2018

DOI: 10.17166/KE2019.014

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A tojástermelő cégek a tojótyúkokat egy éves termelésben tartották a 2010-es évek kezdetéig. Az egy éves tojóidőszakban egy tojótyúk 300-320 db, átlagosan 63 grammos tojást tojt. A mai modern, étkezési tojás termelésére előállított tojóhibridek a nyújtott termelési időszakban – nem ritka a 90-110 élethetes korig tartott tojótyúk sem – 410-420 db tojást tojnak. A közel hat hónappal megnyújtott perzisztenciát legfőképp gazdasági okok, pontosabban, az egy tojásra jutó összköltség csökkentése indokolja. Azonban a világszerte leginkább elfogadott nemzetközi ajánlás (NRC, 1994) sem a modern tojóhibridekre, sem a nyújtott tojástermelési időszakra vonatkozóan nem ad ajánlást. Az ajánlások aktualizálása mindenképpen időszerű, azonban a nemzetközi és hazai szakirodalomban is csekély számú publikáció áll rendelkezésre a témát illetően.

A tojóidőszak előrehaladtával a tojásméret folyamatosan nő, értelemszerűen a megnövekedett tojásméret, nagyobb héjfelületet eredményez, azonban a héjképződéshez biztosított Ca mértéke a teljes tojóidőszak alatt közel azonos. A tyúk a tojás héjának előállításához a takarmányban lévő Ca-ot a medulláris csontban képes raktározni, majd szükség szerint onnan mobilizálni.

Az irodalmi adatok egyértelműen azt mutatják, hogy a hagyományos, 1 éves tojástermelési időszakban az NRC (1994) által javasolt P ellátás jelentősen, akár 55%-kal is csökkenthető a tojástermelés és a héjminőség romlása nélkül. Kevés azonban azoknak a vizsgálatok száma, melyek a tojástermelés teljes időszakát felölelik, illetve ugyancsak hiányos az irodalom a tekintetben, hogy mennyi a tojótyúkok P igénye az 1 évet meghaladó perzisztencia esetén.

A tojótyúkokkal végzett vizsgálatok eredményei már régóta igazolták, hogy a Ca forgalom szempontjából a lassan lebomló, nagy szemcseméretű Ca források előnyösebbek. A dinamikus csontmineralizáció és az ásványianyag forgalom jellegzetességei miatt a Ca és a P forgalom egymástól nem választható el. Viszonylag egységes az az álláspont, hogy a klasszikus 1 éves tojóidőszak során a tojótyúkok P igénye akár 1,5-1,8 g/kg nem-fitin foszforral kielégíthető, amennyiben a takarmányt fitáz enzimmal egészítik ki 300 FTU/kg mennyiségben. Felmerül a kérdés, hogy vajon különböző lebomlási sebességű P forrás, de azonos NPP ellátás esetén van-e különbség a madarak teljesítményében, különösen a nyújtott tojóidőszak utolsó 6 hónapjában, amikor a héjminőségi problémák is jelentkeznek.

Viszonylag kevés vizsgálatot végeztek annak értékelésére, hogy a különböző genotípusok azonos módon reagálnak-e a P ellátás szintjére. Ismereteink szerint nincs olyan irodalmi adat, ami a genotípusok összehasonlítását a nyújtott tojástermelés utolsó, kritikusnak tekinthető időszakában végezte volna.

A kutatómunka során kitűzött célok a következők voltak:

- Annak vizsgálata, hogy hogyan befolyásolja a különböző genotípusú tojótyúkok termelését és a tojáshéj minőségét az eltérő foszforellátás a nyújtott tojóidőszakban (18 hónapos perzisztencia)
- Az *in vitro* vizsgálatban célunk volt meghatározni a fitáz enzim kiegészítés dóziszfüggő hatását a kukorica és az extrahált szójadara NPP tartalmára az inkubációs idő függvényében
- Az *in vitro* vizsgálatban kapott eredmények alapján összeállított keverékekkel végzett vizsgálatban a különböző szintű és lebomlási dinamikájú NPP ellátás hatását vizsgáltuk a tojótyúkok termelésére, a tojáshéj minőségére és csontmineralizációra a hosszú tojástermelés utolsó 6 hónapjában.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Doktori munkám 3 vizsgálat sorozatot ölel fel, melyek közül két kísérletben eltérő genotípusú tojótyúkok teljesítményvizsgálatát végeztem különböző takarmányozási kezelések esetén, egy kísérletben pedig *in vitro* vizsgálatot (takarmány-alapanyag minták össz P és felszabadított inozitol foszfát meghatározása) követően, számítással adtam meg a takarmányminták nem-fitin P tartalmát.

2.1 KÜLÖNBÖZŐ GENOTÍPUSÚ TOJÓTYÚKOK TELJESÍTMÉNYÉNEK ÉS A TOJÁSHÉJ MINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA A NYÚJTOTT TERMELÉS SORÁN, ELTÉRŐ FOSZFOR-ELLÁTÁS ESETÉN

A kísérletet a Kaposvári Egyetem Agrár- és Környezettudományi Karán, a Takarmányozástani Intézeti Tanszék baromfi kísérleti termében végeztem. Állatkísérleti engedély szám: 232.1/02405/0004/2011. A kísérletbe összesen 120 db (genotípusonként 60 db), 19 hetes, 2 genotípusú, nagy teljesítményre képes tojóhibrid került beállításra: TETRA-SL LL (SL) és TETRA Blanca (BL). A madarakat anyagcsere ketrecben (1520 cm²/ketrec), hármásával helyeztük el. A kísérleti takarmányok csupán a P tartalomban különböztek: az PC kezelés takarmánya az NRC (1994) ajánlásának megfelelő, míg az NC kezelésben etetett keverék az PC-hez képest 10,2%-kal csökkentett P tartalommal rendelkezett. A nyersfehérje, az aminosav, az energia és a Ca tartalom mindkét takarmányban azonos, az NRC (1994) ajánlása szerinti volt. A kísérlet a tojástermelési időszak 72. hetéig tartott (madarak 90. élethetéig). A teljesítményt a nyújtott termelés teljes időszakában, a 19. élethétől a 90. élethéig (18 termelési hónap) vizsgáltam. A tojáshéj minőségét a nyolcadik hónaptól kezdve 11 hónapon át

mértem. A madarak testsúlyát havonta, a takarmányfogyasztást hetente, a ketrecenként megtermelt tojások számát és egyedi súlyát naponta, grammnyi pontossággal mértük. A madarak teljesítményét az alábbi értékmérőkkel jellemeztem: tojástermelés intenzitása (%), tojássúly (g/db), átlagos napi takarmányfelvétel (g/nap/madár) és takarmány-értékesítés (kg tojás/kg takarmány). A tojáshéj szilárdságát és vastagságát kezelésként 20 tojás mérése alapján határoztuk meg, melyeket a havonta gyűjtött tojásokból választottam ki úgy, hogy a kiválasztott tojások átlagsúlya és szórása a 4 heti tojások átlagával és szórásával megegyező legyen. A tojáshéj szilárdságát a tojás függőleges állásában, a hegyesebb csúcson, annak áttörésével mértük. Az alkalmazott műszer Zwick Roell Z005 típusú volt. A mérések során rögzítettük a héj roppanásakor fellépő maximális erőt (N). A héjvastagságot elektromos Mitutoyo mikrométerrel határoztuk meg ezredmilliméter pontossággal. Adataimat kéttényezős variancia-analízissel elemeztem a tojástermelés minden egyes hónapjában (SAS, 2004), az alábbi modell szerint:

$Y_{ijk} = \mu + G_i + P_j + G_i * P_j + e_k$, ahol: Y_{ijk} = a függő változó, μ = a főátlag, G_i = a genotípus hatása ($i=2$: SL, BL), P_j = a takarmány P-tartalmának hatása ($j=2$: 4,4 g/kg, 4,9 g/kg), $G_i * P_j$ = interakcióhatás; e_k = nem definiált hiba. Szignifikáns kezeléshatás esetén ($P < 0,05$) a kezelések közötti eltérések statisztikai megbízhatóságát Tukey-teszttel ellenőriztem (SAS, 2004).

2.2 A KUKORICÁBAN ÉS AZ EXTRAHÁLT SZÓJADARÁBAN LÉVŐ FITIN-P LEBOMLÁSI KINETIKÁJÁNAK IN VITRO VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ MÉRTÉKŰ FITÁZ KIEGÉSZÍTÉS ESETÉN

A vizsgálathoz egy piaci forgalomban lévő - az Európai Unióban az EFSA által engedélyezett - fermentált *Schizosaccharomyces* élesztőgomba eredetű enzimet használtam, melyet a gyártó baromfi és sertés tápokhoz ajánl. Az enzim 95° C-ig hőstabil, garantált aktivitása 10000 FTU/g. Meghatároztuk a termék enzimaktivitását (FTU/g) különböző pH szinteken, és mértük a kötött állapotú P lebomlásának dinamikáját az inkubációs idő és hozzáadott enzim aktivitásának függvényében kukorica és extrahált szójadara mintákból. A vizsgálatok során a kijelölt időpontokban (óránként) az oldatban lévő össz P és inozitol foszfát mennyiségét mértük, majd a kettő különbségét tekintettem a mintában lévő nem-fitin foszfornak (NPP). Az *in vitro* vizsgálataimat a Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft. nagyigmáncsi laboratóriumában végeztem.

Enzim készítmény fitáz aktivitás vizsgálata: A foszfát standard oldatot 0,25 mol/l acetát pufferrel hígítottuk, amely 0,01 tömeg%-os poliszorbátot tartalmazott. A foszfát standard oldat elkészítéséhez 1080 µl 0,25 mol/l acetát puffert és 0,01 tömeg%-os poliszorbát 20-at pipetázunk egy 2 ml-es csőbe. 120 µl hígított foszfát standard oldatot adunk hozzá és a mintát összekevertük. Az oldatokat előmelegítettük 5 percig 37 ° C-on. Ezután 2,4 ml acetát pufferoldatot előmelegítettünk 37 ° C-ra és 30 percig inkubáltuk. 30 perc elteltével 2,4 ml-es stop reagenst (1 rész ammónium-vanadát 1 rész ammónium-heptamolibdát és 2 rész híg salétromsav elegye - Nyannor és mtsai., 2009) adunk hozzá, majd összekevertük. Az oldatokat 10 percig szobahőmérsékleten tartottuk, majd 6 percig centrifugáltuk. A felszabadult inozitol-foszfátot (IP) 415 nm-en spektrofotométerrel mértük. Valamennyi

mérést háromszor ismételtük 1,0-tól 8,5 pH-ig 0,5-ös léptékben, és az eredményeket átlagoltuk (Igbasan, 2000; Carlson, 2002).

Takarmány alapanyagban felszabadított P mennyiségének mérése:
Erlenmeyer lombikban, 2,5 gramm (kukorica / szója) mintához 50 ml, 37° C-on előinkubált, 0,25 mol/l (0,01 m/m% poliszorbát 20 acetát puffert adtunk. Az oldatot vízfürdőn kevertetjük, mely módszerrel az extrakciót és a fitinsav enzimes bontását egyszerre végeztük. A kevertetés ideje: 30 perc, 1, 2 és 3 óra volt, minden mérési pontban 3 párhuzamos mérést végeztünk. A kevertetés ideje alatt 3-3, 10 ml-es centrifugacsőbe előkészítettük a reagenseket, amihez a kiextrahált mintát adtuk. A kémcsőbe került oldatok: 900 µl, 0,25 mol/l (0,01 m/m% poliszorbát 20 tartalmú) acetát puffer, 2400 µl stop reagens, 2400 µl acetát puffer. Az előkészített mátrixhoz az inkubációs idő letelte után 300 µl-t adunk a kiextrahált mintából. 10 perc színreakciót követően 6,5 perc centrifugálás következett, majd 415 nm-en mértük a felszabadult IP mennyiségét spektrofotométeren (Igbasan, 2000; Carlson, 2003). Az enzim kinetikai vizsgálata során a felszabaduló foszfát mennyiségének becsléséhez a Leonor Michaelis és Mand Menten nyomán ismert modellt alkalmaztam, az alábbi képlet alapján:

$$Y = V_{\max} / (1 + K_m/T)$$

ahol: Y a kötésből felszabadult P, V_{\max} a maximális reakció sebesség, K_m a teljes felszabadítható foszfor mennyiségének feléhez szükséges idő, meghatározva a görbe sebességét, T=inkubációs idő.

A szubsztráthoz, vizsgálatainkban a takarmány kukorica és szója mintákhoz fitáz enzimet kevertünk 100, 200 és 300 FTU/kg koncentrációban.

2.3 A TOJÓTYÚKOK TELJESÍTMÉNYÉNEK ÉS A TOJÁSHÉJ MINŐSÉG, VALAMINT A CSONTMINERALIZÁCIÓ VIZSGÁLATA A TAKARMÁNY NPP TARTALMÁNAK ÉS A P LEBOMLÁSI SEBESSÉGÉNEK FÜGGVÉNYÉBEN

A vizsgálatba 184 db Tetra-SL LL tojóhibrid került bevonásra a 45. termelési héttől a 68. termelési hétig (63-86. élethét között). A madarak két csoportba (A, B) kerültek a tojáshéj minőségre (héjszilárdság és héjvastagság) történt szelekció alapján. A tenyésztő cég előzetes mérései szerint az A-csoport madarainak héjszilárdsági és héjvastagsági mutatói jobbak voltak, mint a B-csoporté. A tojótyúk hármasával kerültek elhelyezésre anyagcsere ketrecben (1520 cm²/ketrec). A kísérleti takarmányok két eltérő NPP-szinten és enzim kiegészítéssel vagy anélkül kerültek beállításra négy kísérleti kezelésben. A PC kezelés keveréktakarmányának NPP szintje 2,45 g/kg (gyors lebomlású P), a NC kezelésé pedig 2,15 g/kg volt (gyors lebomlású P). A PCE és NCE kezelés takarmányainál az előzetes *in vitro* vizsgálat eredményei alapján a kukoricához és szójához adott 300 FTU fitáz enzim által felszabadított P szerint számítottuk és állítottuk be az NPP szinteket (2,45 és 2,15 g/kg) (lassú lebomlású P-ok). A teljesítményt a nyújtott termelési periódus (17 hónap) utolsó 6 hónapjában vizsgáltuk. A madarak takarmányfogyasztását hetente, a ketrecenként megtermelt tojások számát - melyben külön jelöltük a repedt és törött tojásokat is - és egyedi súlyát naponta, grammnyi pontossággal mértük. A madarak teljesítményét az alábbi értékmérőkkel jellemeztük: tojástermelés intenzitása (%), tojássúly (g/tojás), átlagos napi takarmányfelvétel (g/nap/madár) és takarmány-értékesítés (kg takarmány/kg tojás). A tojáshéj szilárdságát és vastagságát kezelésenként 20 tojás mérése alapján határoztuk meg, a kéthetente gyűjtött tojásokból választottunk ki úgy, hogy a kiválasztott tojások átlagsúlya és szórása a 2 heti tojások átlagával és szórásával megegyező legyen. A repedt vagy törött héjú tojásokat

makroszkópikus vizsgálattal válogattuk ki és az összes megtermelt tojáshoz képest arányosítottam.

A tojótyúk csontvizsgálatát képalkotó módszerrel, CT felvételek analizálásával élő madarakon végeztük. A vizsgálatba vont madarak közül genotípusonként 72, kezelésként 36 tojótyúkon, két időpontban végeztük: a kísérlet kezdetétől számított 60. napon (71. élethét/53. termelési héten) és a kísérlet utolsó előtti napján, 86 hetes korban, a tojástermelési időszak 68. hetében. A vizsgálatok befejeztével *post mortem* vizsgáltuk a *tibia* tulajdonságait, kezelésként 15, genotípusonként 30 madár csontjával. A CT vizsgálatokat a Kaposvári Egyetem Diagnosztikai Képalkotó és Sugárbiológiai Onkológiai Intézetének Siemens Somatom Sensation 16 Cardiac (Siemens, Erlangen, Németország) szkennerevel végeztük. Az *in vivo* eljárások során a madarakat speciális műanyag tartályban rögzítettük, anesztetikum nélkül, és három állatot egyszerre szkenneltünk. Az akvizíció paramétereit 140 kV-os csőfeszültségre, 200 mA-es áramerősségre, 16 x 1,5 mm kollimációra, 500 mm látómezőre, spirál adatgyűjtésre: pitch 0,7 értékre állítottuk be (Schreiweis, 2003). A madarakat a második *in vivo* CT vizsgálat utáni napon, a kísérlet utolsó napján levágtuk és a bal láb csontjait a környező izmok és a lágy szövetektől megtisztítottuk. A *tibiotarsalis* csontot elválasztottuk a *fibulától*. A csontokat 2 x 4 mátrixba rendeztük a vizsgálóasztalon. A *tibiotarsalis* csontokat a fent leírt protokoll segítségével vizsgáltuk. A Kalender és mtsai (1987) által leírt külső kalibrációs fantomot (syngo Osteo CT, Siemens, Erlangen, Németország) a fent leírt protokoll alkalmazásával vizsgáltuk. A kémiai vizsgálati eljárás előtt a *tibiotarsalis* csontok törési szilárdságát (N/mm^2) Zwick Roell Z005 vizsgálógépen határoztuk meg. A tartók közötti távolságot a csontok végrészén állítottuk be. A törőlap sebessége 20 mm/perc volt. A *tibiotarsalis* csont szárazanyag, hamu-, Ca és P-tartalmát a következő módszerek szerint határoztuk meg:

AOAC 934.01, AOAC 942.05. Adataimat kéttényezős variancia-analízissel elemeztem (SAS, 2004), az alábbi modell szerint:

$Y_{ijk} = \mu + G_i + NP_j + V_i*NP_j + e_k$, ahol: Y_{ijk} = a függő változó, μ = a főátlag, G_i = a genotípus hatása ($i=2$: A, B), NP_j = takarmányozási kezelések ($j=4$: PC: becsült NPP 2,45 g/kg enzim nélkül; NC: becsült NPP 2,15 g/kg enzim nélkül; PCE: becsült NPP 2,45 g/kg 300 FTU/kg enzim kiegészítéssel; becsült NPP 2,15 g/kg 300 FTU/kg enzim kiegészítéssel) V_i*NP_j = interakcióhatás; e_k = nem definiált hiba. Szignifikáns kezeléshatás esetén ($P<0,05$) a kezelések közötti eltérések statisztikai megbízhatóságát Tukey-tesztel ellenőrizzük (SAS, 2004).

3. EREDMÉNYEK

3.1 KÜLÖNBÖZŐ GENOTÍPUSÚ TOJÓTYÚKOK TELJESÍTMÉNYÉNEK ÉS A TOJÁSHÉJ MINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA A NYÚJTOTT TERMELÉS SORÁN, ELTÉRŐ FOSZFOR-ELLÁTÁS ESETÉN

A barna héjú tojást tojó TETRA-SL LL tojóhibridnek átlagosan 4,0 relatív %-kal volt nagyobb a tojástermelési intenzitása a nyújtott tojástermelési periódusban, mint a fehér méshéjú tojást tojó TETRA Blanca hibridé. Az ajánlás szerinti össz foszfor tartalom csökkentésével a madarak tojástermelése átlagosan 3,3%-kal volt kevesebb a nyújtott tojóidőszak 10. hónapjától. A TETRA-SL LL genotípusú tojóhibrid takarmányfelvétele 9,7%-kal volt több mint a TETRA Blancáé, a termelési időszak majdnem teljes egészében. A tojástermelési időszak 8-11. és 15-17. hónapjaiban a nagyobb P-tartalmú takarmánykeverékből a madarak 2,3%-kal fogyasztottak kevesebbet, mint az ajánláshoz képest (NCR) 10%-kal csökkentett foszfor mennyiséget tartalmazó tápból. A TETRA-SL LL tojóhibrid a tojástermelési időszak első hat hónapjában átlagosan 4,5%-kal nagyobb tömegű tojást tojt a TETRA Blanca tojóhibrid tojásaihoz képest, majd a 7. hónaptól a nyújtott termelés végéig átlagosan egyforma súlyú tojásokat tojt a két genotípus. A 4,4 g/kg P-tartalmú takarmányt fogyasztó madarak által megtermelt tojás súlya átlagosan 2,5%-kal volt kisebb, mint a 4,9 g/kg P-tartalmú takarmányt fogyasztó társaiké, a termelési időszak 10. hónapjától. Az SL genotípusú tojótyúk a termelés 11. hónapjáig átlagosan 9,5%-kal több tojásmasszát termeltek, mint a BL genotípusú tyúk. A PC takarmányt fogyasztó madarak csak a termelés utolsó két hónapjában termeltek átlagosan 6,6%-kal több tojásmasszát, mint az NC takarmányt fogyasztó tyúk. A takarmányértékesítési paraméter tekintetében sem a tojóhibridek genotípusa, sem a kísérleti takarmányok eltérő foszfor tartalma nem volt statisztikailag

igazolható hatással. A héjvastagságra és a tojáshéj megroppantásához szükséges törőerő paramétereiket a tojótyúk genotípusa és a takarmányok foszfor tartalma nem befolyásolta.

3.2 A KUKORICÁBAN ÉS AZ EXTRAHÁLT SZÓJADARÁBAN LÉVŐ FITIN-P LEBOMLÁSI KINETIKÁJÁNAK IN VITRO VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ MÉRTÉKŰ FITÁZ KIEGÉSZÍTÉS ESETÉN

A laboratóriumi vizsgálat során az egyes pH-kon mért enzimaktivitást tekintve két jól elkülönülő és egy kisebb pH optimum került meghatározásra. A pH 3,5-nél egy gramm enzimben 8828 FTU volt a mért aktivitás, pH 5,5-nél az aktivitási érték 12670 FTU, ami a garantált aktivitás 127%-a volt. Egy kisebb értékű (4381 FTU/g) optimum is mérhető volt a 7,5-ös pH-nál. A kukorica és szója mintákban a fitát hidrolízisének 5,5 pH-n, 100, 200 és 300 FTU g/kg enzim hozzáadásával történő mérését a V_{max} és K_m paraméterek meghatározásával végeztük. A legtöbb felszabadított foszfort kukoricában a 30. és 60. percben mértük 300 FTU-nál, szójában pedig a 120. percben is.

3.3 A TOJÓTYÚKOK TELJESÍTMÉNYÉNEK ÉS A TOJÁSHÉJ MINŐSÉG, VALAMINT A CSONTMINERALIZÁCIÓ VIZSGÁLATA A TAKARMÁNY NPP TARTALMÁNAK ÉS A NPP FORRÁSÁNAK FÜGGVÉNYÉBEN

Az eltérő NPP tartalmú tápok hatásának ugyanazon tojóhibrid, két különböző genotípusán történt vizsgálata során megállapítható volt, hogy a tenyésztő által korábban mért gyengébb héjszilárdsági és héjvastagsági eredményeket mutató B csoportba tartozó tojóhibridek a nyújtott

tojástermelési időszak utolsó 24 hetében végig szignifikánsan nagyobb intenzitással termeltek, mint az erősebb héjminőségi mutatókkal rendelkező A csoportba tartozó madarak. A tojástermelési intenzitás tekintetében csak az ajánláshoz képest 12,2%-kal csökkentett NPP tartalmú és az ugyanilyen, de fitáz enzim hozzáadásával beállított NPP tartalmú takarmányt fogyasztó madarak esetében volt szignifikáns eltérés. A tojótyúk takarmányfogyasztását a hibrid genotípusa csak a nyújtott termelés utolsó két hónapjában befolyásolta. Az A csoportba tartozó madaraknál ebben az időszakban átlagosan 7,9%-kal több volt a takarmány felvétel, mint a B csoport madarainál. A takarmányok NPP tartalma és a P lebomlási sebessége nem volt szignifikáns hatással a tojók takarmányfogyasztására. A tojássúlyt a genotípus nem befolyásolta lényegesen, a kísérleti takarmányok NPP tartalma is csak a termelés utolsó előtti két hónapjában volt hatással. A nyújtott termelési időszak utolsó hónapját kivéve, az A csoportba tartozó tojótyúk havonta megtermelt átlagos összes tojástömege a kevesebb volt, mint a B csoport tojótyúkjaié. A kísérleti takarmányok a 13. és 16. termelési hónap között befolyásolták a tojásmassza alakulását. A csökkentett NPP tartalmú takarmánykeveréket fogyasztó madarak átlagosan kevesebb tojásmasszát termeltek, mint a nagyobb NPP tartalmú és a nagyobb NPP tartalmú, de fitázzal kiegészített (lassú lebomlású P) tápot fogyasztó társaik. A különböző genotípusú és az eltérő NPP tartalmú takarmányt fogyasztó hibridek által megtermelt tojások héjszilárdsági értékei nem mutattak szignifikáns eltérést. Az A csoportba tartozó tojótyúk által megtermelt tojások héja vastagabb volt, mint a B csoportba tartozóké, azonban a takarmányok NPP tartalma ezt a héjminőségi paramétert nem befolyásolta. A törött tojások arányára a genotípus statisztikailag igazolható módon volt hatással úgy, hogy a B csoport madarai a nyújtott termelési időszak második felében végig kisebb arányban termeltek sérült vagy törött héjú tojást. A tojástermelés 13., 14. és 16. hónapjaiban volt eltérés a törött tojások

arányában: az ajánlás szerinti, 2,45 g/kg NPP tartalmú tápot fogyasztó madarak nagyobb arányban tojtak sérült vagy törött héjú tojást, mint az ugyanilyen NPP tartalmú, de fitáz kiegészítéssel beállított takarmányt fogyasztó madarak.

Az *in vivo* computer tomográfus vizsgálat során az első mérési időpontban a TETRA-SL LL genotípus A és B csoport madarai között a csontsűrűség paraméter szignifikáns mértékben különbözött egymástól. Az A csoportba tartozó állomány csontjának sűrűsége 3,2%-kal nagyobb volt, mint a B csoport madaraié. A csontozat térfogatában az A csoport madarainak csont térfogata átlagosan 9%-kal volt nagyobb, mint a B csoport madaraié. A teljes testhez viszonyított csontozat arányában a B csoport madarainál mutatott 10,5%.-kal nagyobb értéket. A takarmánykezelések az első mérési időpontban nem voltak szignifikáns hatással az *in vivo* CT vizsgálat paramétereire. A második mérési időpontban az A csoport csont sűrűsége átlagosan 2,6%-kal nagyobb volt, mint a B csoporté. A *tibia* CT eredményei szerint a csont ásványianyag sűrűségére (mg/cm^3) sem a genotípus, sem a takarmánykezelések nem voltak szignifikáns hatással. A csont térfogati paraméterét (cm^3) tekintve az A csoportba tartozó madarak csontjainak térfogata 9,5%-kal nagyobb volt, mint a B csoport madaraié. Ennél a paraméternél interakció volt megfigyelhető, ami azt jelenti, hogy a csont térfogatára a genotípus és a takarmányok NPP tartalma együttesen hat. A csontok törőerejére a genotípus és a takarmányok eltérő nem-fitin foszfor tartalma (és a P lebomlási sebessége) nem volt hatással, azonban az A csoportba tartozó tojótyúkok *tibiájának* összes fizikai paramétere nagyobb értékeket mutatott, mint a B csoport madarainak csontjai. A takarmányok NPP tartalma a *tibia* fizikai paramétereit nem befolyásolta. A csontok egyes kémiai paramétereire a vizsgált genotípus különböző csoportjai szignifikáns eltéréseket mutattak. A nyers csontok eredeti tömege, a zsírtalanított

csonttömeg és a csontokban mért Ca-tartalom az A csoportba tartozó tojóhibrideknél volt nagyobb, a B csoport madaraihoz képest. Az A csoport madarainak csontjaiban 20,6%-kal volt nagyobb a Ca-tartalom, mint a B csoport tojóhibridjeinek csontjaiban. A genotípus a csontok foszfor tartalmára nem mutatott szignifikáns hatást. A takarmánykeverékek eltérő nem-fitin foszfor tartalma és a hozzáadott enzim (vagyis a P lebomlási sebessége) nem volt hatással egyik kémiai paraméterre sem.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A 18 hónapos tojástermelési időszak alatt a TETRA-SL LL genotípusú tojóhibrid termelési intenzitása jobb, mint a TETRA Blanca genotípusú hibridé. A 10,2%-kal kevesebb össz foszfor tartalom elegendő volt a nyújtott tojástermelési időszak első 9 hónapjában a jó termelési intenzitás eléréséhez, azonban a termelési időszak végén a 10. hónaptól az NCR (1994) ajánlás szerinti foszfor tartalmú takarmánnyal magasabb szintű termelés érhető el. A vizsgált tojóidőszak első hat hónapjában a TETRA-SL LL genotípusú tojóhibridek tojásának súlya nagyobb volt, majd azt követően a tojások súlyában már nem volt különbség, a TETRA Blanca hibridek által megtojt tojásokhoz képest. A takarmányok eltérő P tartalmát tekintve az NRC (1994) ajánlás szerinti P tartalom nagyobb tojásokat eredményezett a tojóidőszak második felében. A TETRA-SL LL genotípusú hibridnek 10%-kal több a tojásmassza-termelése mert ennek a genotípusnak a termelési intenzitása és a tojásainak súlya is nagyobb volt a termelési időszak első 1-6 hónapjában. A takarmányok P tartalma csak a nyújtott tojóidőszak végén, az utolsó két hónapban befolyásolta a tojásmassza mennyiségét. A tojótyúkok takarmányértékesítésére sem a madarak genotípusa, sem a takarmányok P tartalma nem volt hatással. A tojótyúkok által megtermelt tojások héjminőségi paramétereit tekintve a héjszilárdsági és héjvastagsági mutatók között nem volt eltérés sem a genotípus, sem a takarmányok eltérő P tartalmának tekintetében. Ez azt jelenti, hogy a nyújtott tojástermelési időszakban héjminőségi romlás nélkül csökkenthető 10,2%-kal az intenzív tojótyúkok takarmányának ajánlás szerinti (4,9 g/kg) P tartalma.

Az enzimaktivitási teszt során a vizsgált enzimmél 2 jól elkülöníthető pH optimum volt meghatározható pH 3,5-nél és 5,5-nél, valamint egy kisebb mértékű optimum pH 7,5-nél. Az adatok alapján feltételezhető, hogy a takarmányokhoz adott fitáz enzim készítmény hatékonyan ki tudja fejteni a

hatását a tojótyúk tápcsatornájában. Az *in vitro* fitát hidrolízis vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy 300 FTU/kg hozzáadott fitáz elegendő a kukoricában és az extrahált szójadarában lévő fitin kötésben lévő P nagy részének felszabadításához. A hidrolízis 2 és 3 óra inkubációs idő között már nem változott lényegesen.

A nyújtott tojástermelési időszak utolsó hat hónapjában végzett teljesítményvizsgálatban az eltérő genotípusú TETRA-SL LL tojótyúkoknál a gyengébb tojánhéjminőséggel jellemzett B csoportba tartozó hibridek a teljes vizsgálati időszakban jobb termelési intenzitást mutatott, mint az A csoport hibridjei. A nyújtott termelési időszak 17 hónapjának végén mindkét csoport madarai 70% fölötti intenzitással termeltek. A 2,15 g/kg NPP-t tartalmazó fitázzal kiegészített (lassú lebomlású P) keveréket fogyasztó madarak intenzitása végig jobb volt, szemben azokkal a madarakkal, melyek takarmánya 2,15 g/kg NPP-t tartalmazott és a P tartalom MCP-vel került beállításra ($P < 0,05$). A kísérleti takarmányok ajánlás szerinti és 12,2%-kal csökkentett NPP tartalma és a P forrása nem befolyásolta a tojótyúkok takarmányfelvételét. A tojássúlyra a tojótyúkok genotípusa csak a nyújtott termelési időszak 15-16. hónapjában volt hatással, amikor az A csoportba tartozó hibridek tojása volt nagyobb. A genotípus összességében nem befolyásolta a tojásméretet. A kísérleti takarmányok NPP tartalma és a P forrása összességében nem volt hatással a tojások súlyára a kísérleti időszak utolsó hat hónapjában, a 16. hónap kivételével. Hasonlóan a tojástermelési intenzitáshoz, a tojásmasszára is befolyásoló tényezőként hatott a tojóhibridek genotípusa. A B csoport madarai a tojóidőszak közel teljes egészében több tojásmasszát termeltek, mint az A csoport madarai. A nyújtott tojóidőszak végén a 2,15 g/kg NPP tartalmú takarmányt fogyasztó tyúkok, a P lebomlási sebességétől függetlenül kevesebb tojásmasszát termeltek, mint az ajánlás szerinti, 2,45 g/kg NPP tartalmú tápot fogyasztó madarak. A foszfor lebomlási sebessége itt sem volt befolyásoló tényező. A tojánhéj

megroppantásához szükséges törőerőt sem a kísérletbe állított tojóhibridek genetikai háttere, sem a takarmányok NPP tartalma és a P lebomlási sebessége nem befolyásolta. A tojánhéj vastagságának tekintetében az A csoportba tartozó tojótyúk tojásainak héja a vizsgálat időszakban végig nagyobb értéket mutatott, mint a B csoporté. A takarmányok ajánlás szerinti NPP tartalma és az enzimkiegészítés csak a termelés utolsó hónapjában hatott pozitívan a tojánhéj vastagságára. Megállapítható, hogy a nyújtott termelési időszak második felében a kisebb NPP tartalom is adható az intenzív termelésre képes tojótyúknak, a tojánhéj minőségi romlása nélkül. Az A csoport tojóhibridjei a nyújtott termelési időszak közel teljes egészében több repedt vagy törött héjú tojást tojt, mint a B csoport madarai. A nyújtott tojóidőszakban (a 15. hónapot kivéve) a takarmányok nagy NPP tartalma hatással volt a sérült vagy törött héjú tojások arányára.

Az *in vivo* CT vizsgálatból kiderül, hogy a vizsgált paraméterekre csak a tojótyúk genotípusa volt hatással. A teljes csontozat sűrűsége és a csontozat térfogata az A csoportba tartozó hibrideknél nagyobb. A takarmányok NPP tartalma nem volt hatással a CT paraméterekre, egyik mérési időpontban sem. A tojóhibridek genetikai háttere befolyásolta a *tibia* fizikai tulajdonságait. Az A csoportba tartozó tojótyúk csontjának átmérője, hossza és keresztmetszete is nagyobb volt, mint a B csoport madaraié. Azonban a csont megroppantásához szükséges erő nagyságában nem volt különbség. Így megállapítható, hogy a csont fizikai paraméterétől független a roppantáshoz szükséges erő nagysága.

A 12,2%-kal csökkentett NPP tartalommal ugyanolyan fizikai paraméterek érhetőek el a *tibiában*, mint az ajánlás szerinti NPP-vel, a P lebomlási sebességétől függetlenül. Az A csoport madarainak *tibiájának* kémiai összetétele jobb értékeket mutatott, kivéve a csontok P tartalmát. A takarmányok NPP tartalma és a P lebomlási sebessége nem befolyásolta a csontok kémiai összetételét.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A TETRA hibridek (-SL LL és Blanca) esetében a nyújtott tojástermelési időszak első 9 hónapjában az NRC (1994) ajánláshoz képest 10%-kal csökkentett összes foszfor (4,4 g/kg összes P és ezen belül 2,0 g/kg NPP szint) tartalmú takarmány biztosítása elegendő az optimális termelési intenzitás fenntartásához. A hagyományos, egy éves tojástermelésen túl a tojóhibridek számára az ajánlás szerinti 4,9 g/kg össz foszfort és 2,5 g/kg NPP-t szükséges biztosítani a gyengébb termelési intenzitás elkerülése érdekében, amennyiben az abrakkeverék nem tartalmaz fitáz enzim kiegészítést és a tyúktojások súlya 64 g feletti.
2. A TETRA hibridek (-SL LL és Blanca) tojáshéj minőségét nem rontja, ha a hagyományos 1 éves tojóidőszakon túl az intenzív tojóhibridek takarmányát az NRC (1994) ajánláshoz képest 10%-kal csökkentett P-tartalommal (4,4 g/kg összes P, illetve 2,0 g/kg NPP) állítjuk be, akkor sem, ha a tojások súlya meghaladja a 63 grammot.
3. A TETRA hibridek (-SL LL és Blanca) nyújtott (68. termelési hétig tartó) tojástermelés utolsó 6 hónapjában, amennyiben a tojások súlya 63 g alatt marad, nem szükséges a kukorica-szója összetételű takarmány NPP tartalmát 1,0 g/kg fölé emelni, ha az abrakkeveréket 300 FTU/kg mennyiségben fitáz enzimmel egészítjük ki.
4. Eredményeim alapján javasolható a nyújtott tojóidőszak második felében etetett tojótápok NPP tartalmának beállítása az MCP arányának csökkentésével és a fitin kötésben lévő foszfor fitáz-enzimmel történő felszabadításával.
5. Különböző héjminőséggel rendelkező TETRA-SL LL hibridek madarainak csontozatát, valamint a *tibia* csont méretét, szilárdságát és kémiai összetételét a takarmányok csökkentett P tartalma és a P forrása nem befolyásolja, a madarak ásványianyag forgalma a nyújtott tojóidőszak végén is kiegyenlített.
6. A jobb héjminőségre szelektált tojótyúkok *tibia* csontja 20%-kal több Ca-ot tartalmaz, tojásaik héja vastagabb, azonban a repedt vagy törött tojások aránya a nyújtott termelés utolsó 6 hónapjában szinte végig magasabb, mint a nem szelektált genotípusú madaraié.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBŐL ÍRT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

6.1 IDEGEN NYELVŰ KÖZLEMÉNYEK

Donko, T., **Tischler, A.**, Csoka, A., Kovacs, G., Emri, M., Petnehazy, O., Szabo, A., Halas, V., Tossenberger, J, Garamvolgyi, R. (2018): Estimation of bone mineral density and breaking strength on laying hens based on scans of computed tomography for body composition analysis, *British Poultry Science*, 59: 365-370.

Tischler, A., Halas, V., Tossenberger, J. (2015): Effect of dietary NPP level and phytase supplementation on the laying performance over one year period, *Poljoprivreda (Osijek) Supplement*, 21: 68-72.

Tischler, A. (2014): Fabbisogno in fosforo delle moderne ovaiole in un periodo di deposizione esteso, *Zootecnika International* 47: 1-6.

Tischler, A., Tossenberger, J., Halas, V. (2013): Effect of Two Dietary Phosphorus Levels on the Performance of Laying Hens and Eggshell Quality over the Common Laying Period, *Agriculturae Conspectus Scientificus* 78: 241-244.

6.2 MAGYAR NYELVŰ KÖZLEMÉNYEK

Tischler, A., Halas, V., Tossenberger, J. (2015): A takarmány NPP tartalma és fitáz kiegészítés hatása a tojótyúkok teljesítményére és a tojáshéj minőségére nyújtott termelési periódusban, 17. Nemzetközi Takarmányozási Szimpózium: Takarmány- és élelmiszerbiztonsági kihívások és kockázatok, Kaposvár, Magyarország: Kaposvári Egyetem Agrár- és Környezettudományi Kar, 71-80.

Tischler, A., Tossenberger, J., Halas, V. (2014): A tojótyúkok foszforigénye a nyújtott tojástermelés második felében, *Agrárágazat*, 15: 192-194.

Tischler, A., Halas, V., Tossenberger, J. (2011): A foszforellátás hatása a tojáshéj minőségére különböző genotípusú tojótyúkoknál, Fialat kutatók az egészséges élelmiszerért: Tudományos ülés, Debrecen, Magyarország, Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, 35-40.

Tossenberger, J., Halas, V., Tóthi, R., Horák, A., Tenke, J., **Tischler, A.** (2011): Tartalékok és lehetőségek a tojótyúkok költséghatékony takarmányozásában, Acta Agraria Kaposvariensis 15: 1-13.

6.3 PROCEEDINGS-BEN MEGJELENT ABSZTRAKTOK IDEGEN NYELVEN

Tischler, A., Halas, V., Tossenberger, J. (2017): Effect of dietary NPP level on the performance and egg shell quality in the elongated laying period, Proceedings of the 21st European Symposium on Poultry Nutrition Wageningen, Hollandia , Wageningen Academic Publishers, 247-248.

7. DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉN KÍVÜL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

7.1 IDEGEN NYELVŰ KÖZLEMÉNYEK

Tossenberger, J., Tenke, J., Horák, A.P., **Tischler, A.** (2011): Feuerstein, D, Effect of xylanase and beta glucanase supplementation of the diet on the ileal and postileal digestibility of nutrients in growing pigs, 10. BOKU-Symposium Tierernährung: Gesunde Tierernährung: Qualität vom Futtermittel bis zum Nahrungsmittel, Wien, Ausztria: Eigenverlag, Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie, 166-170.

Tossenberger, J., Tenke, J., Donko, T., Repa, I., Horak, A., **Tischler, A.**, Kühn, I. (2011): The effect of phytase and phosphorus supply on different bone parameters estimated by computed-tomography in broilers, Proceedings of 18th European Symposium on Poultry Nutrition (ESPN 2011), Izmir, Törökország: World's Poultry Science Association (WPSA), 138.

7.2 KONFERENCIA ELŐADÁS

Tischler, A., Ader, P., Halas, V.,U, Oberfrank, U., Ujvári, B., Keil, D., Tossenberger, J. (2016): Effect of dietary xylanase/glucanase supplementation on the energy digestibility and milk composition in lactating sows pp. 54-54., 20th Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition, Berlin, Németország: Freie Universität Berlin.

7.3 MAGYAR NYELVŰ KÖZLEMÉNYEK

Tossenberger, J., Gyurcsó, G., Halas, V., Németh, K., **Tischler, A.**, Fábíán, J. (2016): A víziszárnyasok takarmányozásának legújabb aspektusai: Néhány gabonaféleség aminosav tartalmának ileális emészthetősége növendék kacsákban, Állattenyésztés és Takarmányozás, 65: 106-118.

Horák, A.P., Halas, V., Czár, D., **Tischler, A.**, Tossenberger, J. (2012): A takarmányok fehérje tartalmának és aminosav összetételének hatása a tojóhibridek teljesítményére, A magyar mezőgazdaság - lehetőségek, források, új gondolatok. 34. Óvári Tudományos Nap, Mosonmagyaróvár, Magyarország: Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, 563-568.

Tischler, A., Tossenberger, J., Horák, A., Halas, V. (2011): Eltérő fehérjeellátás hatása különböző genotípusú tojóhibridek tojásalkotóinak súlyára és arányára. A magyar mezőgazdaság - lehetőségek, források, új gondolatok. 34. Óvári Tudományos Nap, Mosonmagyaróvár, Magyarország: Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, 637-641.

Tenke, J., Horák, A., **Tischler, A.**, Tolnai, L., Tossenberger, J. (2011): A lizin ellátás hatása a fehérjék és az aminosavak ileális emészthetőségére növényeksertésekben, 15. Nemzetközi Takarmányozási Szimpózium, Kaposvár, Magyarország: Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar, 61-62.

Tenke, J., Horák, A., **Tischler, A.**, Tolnai, L., Tossenberger, J. (2011): A lizin ellátás hatása a fehérje és az aminosavak ileális emészthetőségére növényeksertésekben, Acta Agraria Kaposvariensis, 15: 47-55.

Tossenberger, J., Halas, V., Tóthi, R., Horák, A., Tenke, J., **Tischler, A.** (2011): Tartalékok és lehetőségek a tojótyúkoks költségvetésében, 15. Nemzetközi Takarmányozási Szimpózium, Kaposvár, Magyarország: Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar, 3-16.