

Tojótyúkok eltérő kalcium ellátásának vizsgálata osztott etetési technológiában

Investigations on the effects of different calcium supply of laying hens in a split feeding system

HORVÁTH Boglárka - BARANYAY Henrik - SUCH Nikolett - WÁGNER László - DUBLECZ Károly - PÁL László

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők jelen kísérletükben két eltérő kalcium (Ca) ellátást biztosító osztott takarmányozási kezelést hasonlítottak össze Hy-Line Brown tojótyúkokkal, a kísérleti állatok 62. és 68. élethete között. A kontroll (K, n=24) Ca-ellátás a hagyományos napi szükséglethez viszonyítva a délelőtti takarmánykeverékben kb. 20%-kal kisebb, a délutánban pedig kb. 20%-kal nagyobb Ca-tartalmat jelentett. A CA kezelés (n=24) délelőtti takarmánykeverékének Ca-tartalma a szükségletnél 38%-kal kisebb, a délutáninak 35%-kal nagyobb volt. A délelőtti és délutáni takarmánykeverékek Ca-tartalma között nagyobb különbséget biztosító CA takarmánykeverék kombináció nem befolyásolta szignifikánsan a tyúkok testsúlyát, a tojástermelési jellemzőket (tojástermelés intenzitása, tojássúly, napi tojássúly, takarmány-értékesítés), a tojásmínőségi jellemzőket, köztük a tojáshéj vastagságát és a héj törésszilárdságát, a sípcsont összetételét ($p > 0,05$), de jobb N-retenciót, kisebb N-emissziót, valamint az ammónia emisszió szempontjából kedvezőbb N-összetételű ürüléket (kisebb vizelet-N (NH_4^+ -N + húgsav-N) tartalom) eredményezett ($p < 0,05$). A kísérlet eredményei alapján elmondható, hogy a CA keverék kombináció a kontrollhoz képest a tojástermelés színvonalának biztosítása mellett kisebb környezetterhelő hatással rendelkezett. További nagyüzemi vizsgálata javasolt.

Kulcsszavak: osztott takarmányozás, tojótyúk, tojástermelés, kalcium-ellátás, nitrogén emisszió

SUMMARY

Objective: The aim of the present study was to investigate the effects of two split feeding treatments providing different calcium (Ca) supplies on egg production, egg quality parameters, nitrogen (N), Ca, phosphorus (P) retentions and emission, as well as tibia composition of laying hens.

Methods: Hy-Line Brown laying hens (n = 48), 62 weeks of age, were individually housed and randomly assigned to two split-feeding treatment groups. In the control group (K, n = 24), the Ca content of the morning diet was approximately 20% lower, and the Ca concentration of the afternoon diet was about 20% higher than the hens' daily Ca requirement. In the CA treatment group (n = 24), the Ca content of the morning diet was 38% below the requirement, while the Ca concentration of the afternoon diet was 35% above the requirement. Experimental diets were fed for six weeks. The daily feed allowance was 120 g per hen per day. Birds in both treatment groups received 40% of their daily feed (48 g) as the morning diet at 8:00 a.m., and the remaining 60% (72 g) as the afternoon diet at 3:00 p.m.

Results: The CA dietary treatment, which involved a greater difference between morning and afternoon dietary Ca concentrations, had no significant effect on body weight, egg production parameters (including egg production rate, egg weight, daily egg mass, and feed conversion ratio), eggshell thickness, shell breaking strength, or tibia composition ($p > 0.05$). However, the CA treatment significantly increased N retention, reduced N emission, and resulted in a more favorable N composition in the excreta in terms of ammonia-related emissions, as evidenced by lower contents of ammonium (NH_4^+), uric acid, and urinary N ($p < 0.05$) compared to the control group. Although hens in the CA treatment group had significantly lower Ca and P intake than those in the control group ($p < 0.05$), there were no significant differences in Ca and P retention, emission, or excreta concentrations between the two groups.

Conclusions: Egg production and egg quality parameters were not affected by the two different dietary Ca supply strategies tested. However, the CA dietary regimen, which introduced a greater

difference between morning and afternoon Ca concentrations, reduced the environmental impact by lowering ammonia emissions. Based on these findings, it is recommended that the CA treatment be further evaluated under large-scale commercial farming conditions.

Keywords: split feeding, laying hen, egg production, calcium supply, nitrogen emission

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A hagyományos tojótyúk takarmányozási technológiától eltérő, ún. alternatív rendszerek közül a nagyüzemek számára leginkább az osztott vagy más néven szakaszos ("split feeding" vagy "sequential feeding") etetési technológia ajánlható. Az osztott etetés során a délelőtti és délutáni időszakban különböző összetételű, teljes értékű takarmánykeveréket osztanak ki az állatoknak ugyanabban az etetőrendszerben. Az osztott takarmányozási rendszernek két típusa jött létre. Az egész szemű gabonát nem alkalmazó típusban a technológiai ajánláshoz képest az állatok a délelőtti folyamán egy energiában és fehérjében gazdagabb, illetve kalciumban (Ca) szegényebb, míg a délután folyamán energiában és fehérjében szegényebb, Ca-ban gazdagabb keveréket fogyasztanak (Lee és Ohh, 2002). Az egész szemű gabonát felhasználó technológiában a délelőtti folyamán történik a gabona etetése önállóan, ami energiában gazdag, de fehérje és Ca-tartalma nem éri el az állatok ajánlott napi szükségletét. A délután során egy energiában szegény, de fehérjében és Ca-ban gazdag keverék etetésére kerül sor (Umar-Faruk és mtsai, 2010).

A tojótyúkoknál az energia és fehérje szükséglet napszakos változásához képest sokkal kifejezettebb a Ca-igény napszakos változása. Ha összehasonlítjuk a tojótyúkok takarmányfogyasztását a napszakok szerint, nagy különbséget figyelhetünk meg a tojásrakásban lévő és a tojást nem tojó tyúkok esetében. A tojásrakásban lévő tyúkok takarmányfogyasztása esetében két takarmányfelvételi maximum írható le (Keshavarz, 1998a). Az első a fényszakasz kezdetétől 4-6 óra múlva, míg a nagyobb 14-16 óra múlva mérhető. A második takarmányfelvételi csúcs a tojáshéjképződés alatti speciális Ca-igényhez kapcsolódik, és nem közvetlenül az energiaigény növekedéséhez (Mongin és Sauveur, 1974). A tyúkoknak két különböző Ca-forrás áll rendelkezésükre a tojáshéj képzéséhez (Péczely, 1987). A meszes héjba beépülő kb. 2g Ca származhat közvetlenül a takarmányból, vagy mobilizálódhat reszorpció révén a csontállományból. A reggeli és délelőtti órákban, amikor nem zajlik meszesedési folyamat az uterusban, a takarmányból felszívódó Ca a csontokba kerül és raktározódik a medulláris állományban, illetve a vesék kiválasztják és kiürül a szervezetből. A tojáshéj meszesedésének megindulásakor a bél Ca-abszorpciója fokozódik, a Ca a tojócsőbe szállítódik. A vérplazma Ca-szintjének ilyenkor tapasztalt csökkenése maga után vonja a parathormon koncentrációjának növekedését a vérben, és hatására a medulláris csontszövetben a csontbontó *osteoclast* sejtek aktivitásának fokozódását, a Ca transzport megindulását az uterus felé (Péczely, 1987). A fényprogram sötét periódusának kezdetén megszűnik a takarmányfelvétel és a bélcső Ca-tartalma a takarmányfelvétel befejezését követően 4-5 óra alatt felszívódik vagy a bélsárral kiürül. A tojáshéj meszesedési fázisának ebben az utolsó részében már csak a csontokból származó Ca járul hozzá a mészhéj képződéséhez. A héj meszesedé-

sének aktív szakaszaiban közvetlenül a bélből történő felszívódás által biztosított Ca-ellátás hatékonyabb, mint a csontokból történő Ca-reszorpció (*Peganova és Eder, 2002*). Minden olyan takarmányozási technológia ezért, amely segíti a bélből történő Ca abszorpciójának „elnyújtását” a takarmányfelvétel leállítását követően (pl. késő délutáni Ca kiegészítés, durvább szerkezetű, nehezebben oldódó takarmánymész segítségével), segítheti a tojáshéj meszesedésének folyamatát, a tojáshéj minőségének megőrzését vagy javítását. Az osztott takarmányozási rendszer délutáni takarmányának nagyobb Ca-tartalma is ezen az elven keresztül fejtheti ki előnyös hatásait. Az osztott rendszert vizsgáló korai tanulmányok a technológia pozitív hatását mutatták ki a tojáshéj vastagság, törésszilárdság (*Lee és Ohh, 2002*) és a héjdeformáció (*Leeson és Summers, 1978*) vonatkozásában.

Az eddigi osztott etetési technológiát vizsgáló kísérletek legtöbb esetben a hagyományos technológiával való összehasonlítást vizsgálták, nem tették lehetővé egy kísérleten belül a többféle, eltérő osztott Ca-ellátások összehasonlítását. Ezekben a kísérletekben nagyon nagy mértékű különbségek voltak a délelőtti és délutáni takarmány Ca-koncentrációja között. A hagyományos szükségleti értéket 100%-nak, kontrollnak tekintve a délelőtti keverékek Ca-tartalma 0,8-84%, a délutáni takarmányé pedig 115-436% között mozgott (*Leeson és Summers, 1978; Umar-Faruk és mtsai, 2010; Molnár és mtsai, 2018a; Emous és Mens, 2021; Jahan és mtsai, 2024*). A nagy Ca-koncentráció különbségek ellenére a vizsgált osztott takarmányok a hagyományos kontrollhoz képest hasonló vagy bizonyos paraméterekben jobb tojástermelést biztosítottak. Az egy kísérleten belül több délelőtti és délutáni takarmány Ca-tartalom hatásait vizsgáló kísérletek egy része nem volt valódinak nevezhető osztott rendszer, mert a délelőtti és délutáni takarmányok azonos energia és fehérje tartalommal rendelkeztek (*Keshavarz, 1998a, 1998b*), illetve a takarmányok energia és nyersfehérje tartalma nem tette lehetővé a Ca-ellátás elkülönített vizsgálatát (*Waldroup és Hellwig, 2000; Lee és Ohh, 2002*).

Mindezek alapján olyan modell kísérlet elvégzését tűztük ki célul, amelyben kétféle osztott rendszerű Ca-ellátást úgy tudunk összehasonlítani, hogy a takarmányok energia és nyersfehérje, valamint aminosav és hasznosítható foszfor (P) tartalma nem befolyásolta a Ca-kezelési hatások értékelését. A kísérletünkben vizsgált osztott takarmányozási rendszerben a kontroll Ca-ellátáshoz hasonlítva (a szükséglethez képest a délelőtti keverékben kb. 20%-kal kisebb, a délutániban pedig kb. 20%-kal nagyobb Ca-tartalom) a délelőtti és délutáni takarmány Ca-tartalmai között nagyobb különbséget biztosító Ca-ellátás (a délelőtti keverék kalcium tartalma a szükségletnél 38%-kal kisebb, a délutáni 35%-kal nagyobb) hatásait vizsgáltuk a tojótyúkok testsúlya, tojástermelési paraméterek, tojásmínőségi jellemzők, a nitrogén (N), Ca-, P- felvétel, retenció és emisszió értékek és a sápcsonot összetétele (hamu, kalcium és foszfor tartalom) tekintetében.

2. Anyag és módszer

2.1 Kísérleti állatok és elhelyezésük

A kísérlet helyszíne a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet Georgikon Campusán található kísérleti telep volt. A modell kísérletben 48 Hy-Line Brown genetikájú tojótyúk került beállításra, amelyek

a kísérlet megkezdésekor 62 hetes életkorúak voltak. A kísérleti állatok a Fuchs Tojás Kft. telepéről a kísérleteket megelőzően egy héttel érkeztek és hét napig a termelő telepen fogyasztott takarmányt kapták. A tojótyúkók kétszintes egyedi ketrecekben kerültek elhelyezésre (1056 cm² alapterület), amelyek mindegyike szelepes itatóval és kézi feltöltésű etetővályúval volt felszerelve. Egy szinten belül a hat állat úgy lett elhelyezve, hogy az egymás mellett lévő állatok külön kezeléshez tartoztak. A hat állatból álló blokkokból összesen nyolc ismétlés került kialakításra. A terem hőmérséklete $20 \pm 0,6$ °C volt, fényprogramként pedig 16 óra világos és 8 óra sötét szakasz, 30 lux fényerősség került beállításra. A kísérletet az Intézményi Etikai Bizottság (Állatvédelmi Bizottság, Georgikon Campus, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem) a MÁB-2/2021 engedélyszáma alatt hagyta jóvá.

2.2. Kísérleti takarmány kezelések

A kísérletben két osztott takarmányozási kezelést hasonlítottunk össze: egy kontroll (K) és egy módosított Ca-tartalmú kísérleti keverékeket tartalmazó kezelés (CA). Mindkét kezelési csoporthoz 24 állat tartozott. A kísérleti takarmányok összetételét és táplálóanyag-tartalmát az 1. táblázat mutatja be. A kísérlet 6 héten keresztül zajlott, a kísérleti állatok 62. és 68. élethete között. A napi takarmány adag 120 g takarmány/nap/egyed volt. Reggel 8 órakor a fényszakasz kezdetén az állatok mindkét kezelési csoportban a napi takarmányadagjuk 40%-át kapták (48g) a délelőtti keverékből, és a második adag kiosztásáig 7 óra állt rendelkezésükre ennek elfogyasztására (6,85 g/óra). A napi takarmány adag további 60%-át (72g) 15 órakor kapták meg a délutáni keverékből és 9 órán keresztül fogyaszthatták a fényszakasz végéig (8,00 g/óra). A takarmány kiosztás időpontjában az etetőben maradt takarmány maradék mindig lemérésre és eltávolításra került. A két kezelési csoport délelőtti, illetve ugyanígy a délutáni takarmánykeverékeinek energia (AMEn) és nyersfehérje tartalma, illetve nyolc esszenciális aminosav esetében a standardizált ileális emészthető (SID) koncentráció közel azonos volt. A délelőtti keverékek AMEn tartalma, nyersfehérje és az esszenciális aminosavak SID koncentrációja a tenyésztő cég ajánlásainak figyelembevételével került megállapításra (Hy-Line Performance Guide, 2024; Hy-Line International). A délutáni keverék AMEn tartalma 93%-a, nyersfehérje tartalma 89%-a volt a délelőttinek (100%), az esszenciális aminosavak SID koncentrációjára pedig 85-91% volt jellemző ebben az összehasonlításban. A kísérleti állatok Ca-szükségletének megfelelő Ca-koncentrációhoz (4,38%) képest a K kezelés délelőtti keverékében kb. 20%-kal kisebb, a délutániban pedig kb. 20%-kal nagyobb Ca-tartalmat állítottunk be. A CA kezelés esetében a délelőtti keverékben az eddigieknél nagyobb mértékű csökkentést, illetve a délutáni takarmánykeverékben nagyobb mértékű növelést alkalmaztunk: a délelőtti keverék a szükségletnél 38%-kal kisebb, a délutáni pedig 35%-kal nagyobb volt.

2.3. Mérések és mintavételi eljárások

A kísérleti állatok testsúlyát hetente egyedileg mértük. A délelőtti és délutáni fázisok takarmányfelvétele (g/nap/tyúk), a tojástermelési intenzitás (%) és a tojássúly (g) naponta rögzítve lettek. A mért adatokból tyúkonként a teljes kísér-

1. táblázat: A kísérleti takarmánykeverékek összetétele és táplálóanyag-tartalma (%)

Összetevők (5)	Kontroll (K) (1)		Kalcium kezelés (CA) (2)	
	Délelőtt (3)	Délután (4)	Délelőtt	Délután
Kukorica (6)	20,00	20,00	20,00	20,00
Búza (7)	41,79	39,17	40,45	36,70
Extrahált szójadara (8)	15,80	9,90	17,50	10,20
Extrahált napraforgódara (9)	9,00	12,00	4,20	13,00
Növényi olaj (10)	2,85	2,40	2,67	3,18
Búzakorpa (11)	0,00	1,10	6,90	0,00
L-Lizin-HCl (12)	0,13	0,13	0,10	0,12
DL-Metionin (13)	0,19	0,15	0,20	0,14
L-Treonin (14)	0,02	0,00	0,02	0,00
MCP (15)	0,69	0,66	0,59	0,69
Takarmánymész (durva, 2-4 mm) (16)	6,00	9,60	4,65	10,70
Takarmánymész (gríz) (17)	2,79	4,14	1,98	4,52
Takarmánysó (18)	0,21	0,22	0,21	0,22
Premix ¹ (19)	0,53	0,53	0,53	0,53
Fitáz (Natuphos E 5000 TPT) (20)	0,01	0,01	0,01	0,01
Számított táplálóanyag-tartalom (21)				
AMEn (MJ/kg) (22)	11,26	10,47	11,27	10,46
Nyersfehérje (23)	17,00	15,18	17,00	15,19
Nyerszsír (24)	4,40	3,89	4,40	4,60
Nyersrost (25)	4,36	4,70	4,40	4,71
Nyershamu (26)	12,80	17,44	10,70	18,92
SID Lizin (27)	0,80	0,68	0,80	0,68
SID Metionin + Cisztein (28)	0,79	0,72	0,79	0,71
SID Metionin (29)	0,44	0,39	0,44	0,39
SID Arginin (30)	1,02	0,92	1,00	0,93

(a táblázat folytatása a következő oldalon)

letre vonatkozóan számtani átlagot képeztünk, majd az átlagokat statisztikailag értékeltük ($n=24/\text{csoport}$). A következő adatokat számítással határoztuk meg egy tojótyúkra és a teljes kísérletre vonatkozóan: átlagos napi, illetve délelőtti és délutáni takarmányfelvétel (g/nap/tyúk), átlagos napi, illetve délelőtti és délutáni fehérje-, Ca- és P-felvétel (g/nap/tyúk), napi termelt tojóssúly (g/nap/tyúk) és takarmány-értékesítés (kg takarmány/kg tojás). A kísérlet utolsó napján egy tojás begyűjtésre került minden állattól a tojásmínőség mérése céljából, melyeket 4°C-on tároltunk a mérések elvégzéséig. A tojásokat 24 óra tárolást követően 30 percen keresztül szobahőmérsékleten állni hagytuk, majd a tojásmínőségi paramétereket (tojáshéj szilárdság, sűrűfehérje magasság, Haugh-egység, sárgája szín, sárgája átmérő, sárgája magasság, héjvastagság) a Digital Egg Tester 6500 (Nabel Co., Kyoto 601-8444 Japan) nevű mérőműszerrel mértük.

Az utolsó héten a kísérleti takarmányok 0,5% titánium-dioxid (TiO_2) indikátorral

Összetevők (5)	Kontroll (K) (1)		Kalcium kezelés (CA) (2)	
	Délelőtt (3)	Délután (4)	Délelőtt	Délután
SID Treonin (31)	0,62	0,53	0,61	0,54
SID Valin (32)	0,75	0,67	0,74	0,68
SID Leucin (33)	1,14	1,01	1,14	1,01
SID Isoleucin (34)	0,67	0,60	0,66	0,60
SID Triptofán (35)	0,18	0,16	0,18	0,16
Ca (36)	3,55	5,37	2,73	5,92
P összes (37)	0,54	0,53	0,54	0,53
P hasznosítható (38)	0,37	0,36	0,37	0,36
Mért táplálóanyag-tartalom (39)				
Szárazanyag (40)	89,81	90,51	89,64	90,54
Nyersfehérje (23)	17,16	15,41	17,06	15,93
Nyerszsír (24)	4,31	3,52	4,38	4,35
Nyersrost (25)	4,78	6,63	5,21	8,26
Ca (36)	3,85	5,59	3,04	5,88
P összes (37)	0,53	0,52	0,53	0,51

¹ Premix összetétel: (1 kg takarmányra vonatkoztatva): A-vitamin—8000 NE, D₃-vitamin—3,000 NE, E-vitamin—30 NE, tiamin—2 mg, riboflavin—6 mg, piridoxin HCL—4 mg, niacin—30 mg, pantoténsav—8 mg, folsav—1 mg, biotin—0,2 mg, betain—180 mg, kolin-klorid—147mg, Zn—80 mg, Cu—13,5 mg, Fe—54 mg, Mn—90 mg, I—2,7 mg, Se—0,36 mg; Mn—100 mg, I—1,5 mg, Se—0,5 mg; Xilanáz enzim (Econase XT 25 P) -16BXU/g

Table 1: Composition and nutrient content of experimental diets (%)

control treatment (1); calcium treatment (2); morning phase (3); afternoon phase (4); ingredients (5); corn (6); wheat (7); extracted soybean meal (8); sunflower meal (9); plant oil (10); wheat bran (11); L-lysine-HCl (12); DL-methionine (13); L-threonine (14); monocalcium-phosphate (15); limestone coarse (16) limestone fine (17) feed salt (18) premix (19); phytase (20); calculated nutrient content (21); AMEn (22); crude protein (23); crude fat (24); crude fibre (25); crude ash (26); SID lysine (27); SID methionine+cysteine (28); SID methionine (29); SID arginine (30); SID threonine (31); SID valine (32); SID leucine (33); SID isoleucine (34); SID triptophan (35); calcium (36); total P (37); available P (38); measured nutrient content (39); dry matter (40);

lettek kiegészítve. Négy napos adaptációs időszakot követően két egymást követő napon, naponta a teljes napi ürülék homogenizációját követően reprezentatív ürülminta-gyűjtést végeztünk. A napi mintákat kísérleti állatonként egyesítettük, majd alapos homogenizációt követően -20 °C-os hőmérsékleten tároltuk a későbbi mérésekig. A mintákból felolvasztást és újabb homogenizációt követően meghatároztuk a szárazanyag-tartalmat, az összes-N, ammónium-N (NH₄⁺-N) és húgysav-N, a Ca és a P koncentrációkat.

A kísérlet utolsó napján 8 órakor az állatokat széndioxidos (CO₂) kábítását követően, a nyaki véna átvágásával kivérettük és begyűjtöttük a levágott állatok jobb oldali sípcsontját (tibia) majd főzés segítségével megtisztítottuk az izom és porc maradványoktól. A letisztított csontokat -20°C-on tároltuk a kémiai analízisek elvégzéséig.

2.4. Analitikai módszerek és számítások

Az analitikai mérések a MATE ÉTI Takarmányozástani és Takarmányozás-élettani Tanszékének laboratóriumában történtek. A begyűjtött ürülék mintákat 60°C-on kemencében szárítottuk 72 órán keresztül a további feldolgozás előtt. Mindkét kezelés tyúkjainak takarmánymintáit, és a begyűjtött ürülék mintákat ledaráltuk egy őrlőmalomban (Retsch ZM 100, Retsch GmbH and Co., K.G., Haan, Germany). Minden minta esetében két analitikai mérést végeztünk, amelyek eredményeit átlagoltuk. A darált minták szárazanyag-tartalmát szárítószekrényben történő szárítást (105 °C-on 24 órán keresztül, súlyállandóságig) követően határoztuk meg (MSZ ISO 6496:2001).

A minták összes-N tartalmát Kjeldahl módszere alapján (MSZ ISO 5983-1:2005), Foss-Kjeltec 8400 analízátor segítségével állapítottuk meg (Nils Foss Allé 1, DK-3400 Hilleroed, Dánia). Az ürülék mintákból az NH_4^+ -N-t *Peters és mtsai* (2003), míg a húgysav-N meghatározást *Marquardt és mtsai* (1983) által leírt módszer alapján végeztük. Minden N-paraméter szárazanyagtartalomra vonatkoztatva került kiszámításra. A vizelet-N tartalmát az ammónium-N és a húgysav-N összegeként határoztuk meg (*O'Dell és mtsai*, 1960).

Meghatároztuk a kísérleti takarmány keverékek nyerszsír (MSZ EN ISO 6492) és nyersrost tartalmát (MSZ EN ISO 6865:2001). A takarmány és ürülék mintákból a Ca és a P tartalmát is mértük. A Ca-tartalom mérése atomabszorpciós spektrofotométerrel történt (MSZ EN ISO 6869:2001). A minták P-tartalmát fotometriás módszerrel (MSZ EN ISO 6491:2001) állapítottuk meg (Biochrom Libra S12 UV-VIS, Biochrom Ltd. Cambridge, UK). A kísérleti takarmánykeverékek és ürülék minták TiO_2 tartalmát UV-spektroszkópiás vizsgálat segítségével határoztuk meg (*Ferguson és mtsai*, 1998).

A sípcsontot kemencében 100 °C-on 24 órán át szárítottuk, majd Soxhlet-készülékben petroléter segítségével 16 órán át zsírtalanítottuk. Ezt követően egy éjszakán át szárítószekrényben 100 °C-on szárítottuk a száraz, zsírtalanított csont súlyának meghatározásához, majd kemencében 16 órán át 600 °C-on hamvasztottuk (AOAC 972.15 módszer; AOAC, 1990). A sípcsont hamutartalmának %-os értékét a száraz, zsírtalanított csontsúly hamuként megmaradt súlyának felhasználásával számítottuk ki. A csonthamuból származó Ca és P meghatározása a takarmány mintáknál leírt módszerekkel történt.

A N-, Ca- és P-retenció meghatározásához a következő egyenletet alkalmaztuk (*Bregendahl és mtsai*, 2002): Látszólagos N-retenció = $1 - \left(\frac{[\text{TiO}_2]_{\text{takarmány}}}{[\text{TiO}_2]_{\text{ürülék}}} \times \left(\frac{[\text{Elem}]_{\text{ürülék}}}{[\text{Elem}]_{\text{takarmány}}} \right) \right)$. Az egyenletben a $[\text{TiO}_2]$ a takarmányban, illetve ürülékben mért TiO_2 koncentrációt jelenti, míg az $[\text{Elem}]$ a takarmányban, illetve ürülékben mért N-, Ca- és P-koncentrációt. A kísérleti keverékek esetében a napi adag 40%-át a délelőtti, 60%-át a délutáni keverék biztosította, ezért az indikátor és a makroelemek koncentrációját a következő képlettel állapítottuk meg: Átlagos koncentráció = (délelőtti takarmány koncentráció x 0,4) + (délutáni takarmány koncentráció x 0,6).

2.5. Statisztikai analízis

Az adatok előkészítését a statisztikai analízisre a Microsoft Office Excel 2016 programmal történt. Az adatok normál eloszlásának (Kolmogorov-Szmirnov teszt) és a varianciák homogenitásának (Levene-teszt) ellenőrzését követően a takarmány kezelések hatását kétmintás (független) t-próbával értékeltük. Amennyiben az adatok normál eloszlása, vagy a varianciák homogenitásának előfeltétele nem teljesült, a Mann–Whitney-tesztet alkalmaztuk. A kísérlet során a statisztikai analíziseket az SPSS 22.0 szoftvercsomag segítségével végeztük el (IBM Corp., Armonk, NY, USA). A statisztikai szignifikanciát $p < 0,05$ értéknél határoztuk meg.

3. Eredmények

3.1. Testsúly, tojástermelési és tojásmínőségi paraméterek

A kísérleti állatok kísérlet kezdetén mért testsúlya nem különbözött a kezelési csoportok között (2. táblázat). A takarmányozási kezelések nem befolyásolták a tojótyúkok kísérlet végi testsúlyát és a kísérlet során mért súlyváltozást sem ($p > 0,05$).

2. táblázat: A kísérleti kezelések hatása a tojótyúkok testsúlyára (átlag $\pm$ SEM)

Kezelés (5)	Testsúly (kg) (1)		
	Kísérlet kezdetén (2)	Kísérlet végén (3)	Súlyváltozás (4)
K (6)	2,02 $\pm$ 0,03	2,01 $\pm$ 0,03	-0,04 $\pm$ 0,01
CA (7)	1,98 $\pm$ 0,02	1,97 $\pm$ 0,02	-0,05 $\pm$ 0,01
Szignifikancia (8)	NS (9)	NS	NS

K – Kontroll kezelés, CA – Kalcium kezelés; $n=24$ /kezelés; NS – nem szignifikáns ($p > 0,05$)

Table 2: Effects of dietary treatments on the body weight of laying hens (mean $\pm$ SEM)

body weight (kg) (1); start of the experiment (2); end of the experiment (3); body weight change (4); treatment (5); control group (6); calcium treatment (7); significance (8); non-significant - $p > 0.05$ (9)

A tojótyúkok takarmányfelvételében nem tudtunk kimutatni szignifikáns különbségeket a két kezelési csoport között ($p > 0,05$; 3. táblázat). Ugyanígy a kisebb délelőtti és nagyobb délutáni Ca-koncentrációt biztosító Ca-ellátás (CA) nem befolyásolta a napi AMEn felvételt ($p > 0,05$; 4. táblázat). A nyersfehérje fogyasztást tekintve, a délelőtti hasonló fehérje felvételt követően a tojók fehérje felvétele délután a CA csoportban szignifikánsan ($p < 0,05$) meghaladta a K csoportra jellemző értéket, de a teljes napi fehérje felvételben a két csoport közötti különbségek nem mutatkoztak szignifikánsnak (4. táblázat).

A CA kezelésben részesült tyúkok esetében a délelőtti Ca-felvétel szignifikánsan kisebb volt a kontrollhoz képest ($p < 0,001$, 5. táblázat), majd a csoport tojótyúkjai délután nagyobb mennyiségű Ca-ot fogyasztottak ($p < 0,001$), mint a K csoport tagjai. A teljes napi Ca-felvétel a délelőttihez hasonlóan kisebb volt a CA csoportban a K csoporttal összehasonlítva. A tojótyúkok P-felvétele a délelőtti időszakban nem különbözött a két kezelési csoportban. A délutáni időszakban, valamint a teljes napra számítva viszont szignifikánsan kisebb volt a P-felvétel a CA kezelést fogyasztó tyúkok esetében a K csoporthoz képest ($p < 0,05$).

3. táblázat: A kísérleti kezelések hatása a napi takarmányfelvételre (g/nap; átlag $\pm$ SEM)

Kezelés (4)	Délelőtt (1)	Délután (2)	Összes (3)
K (5)	45,6 $\pm$ 0,3	68,1 $\pm$ 0,4	113,7 $\pm$ 0,7
CA (6)	45,3 $\pm$ 0,2	67,7 $\pm$ 0,5	113,0 $\pm$ 0,7
Szignifikancia (7)	NS (8)	NS	NS

K – Kontroll kezelés, n=24; CA – Kalcium kezelés, n=23/kezelés; NS – nem szignifikáns ($p>0,05$)

Table 3: Effects of dietary treatments on daily feed intake (g/day; mean $\pm$ SEM)

morning (1); afternoon (2); total (3); treatment (4); control group (5); calcium treatment (6); significance (7); non-significant - $p>0.05$ (8)

4. táblázat: A kísérleti állatok napi energia és fehérje felvétele (átlag $\pm$ SEM)

Kezelés (6)	AMEn-felvétel (kJ/nap/állat) (1)			Nyersfehérje felvétel (g/nap/állat) (2)		
	Délelőtt (3)	Délután (4)	Összes (5)	Délelőtt	Délután	Összes
K (7)	513,8 $\pm$ 3,4	712,1 $\pm$ 4,5	1225,4 $\pm$ 7,7	7,8 $\pm$ 0,1	10,5 $\pm$ 0,1	18,3 $\pm$ 0,1
CA (8)	510,9 $\pm$ 2,4	708,3 $\pm$ 5,6	1219,1 $\pm$ 7,5	7,7 $\pm$ 0,1	10,8 $\pm$ 0,1	18,5 $\pm$ 0,1
Szignifikancia (9)	NS (10)	NS	NS	NS	$p<0,05$	NS

K – Kontroll kezelés, CA – Kalcium kezelés; n=24/kezelés; NS – nem szignifikáns ($p>0,05$)

Table 4: Effects of dietary treatments on daily energy and protein intake of experimental animals (mean $\pm$ SEM)

AMEn intake - kJ/day/animal (1); crude protein intake – g/day/animal (2); morning (3); afternoon (4); total (5); treatment (6); control group (7); calcium treatment (8); significance (9); non-significant - $p>0.05$ (10)

5. táblázat: A kísérleti kezelések hatása a napi kalcium és foszfor felvételre (átlag $\pm$ SEM)

Kezelés (6)	Ca-felvétel (g/nap/állat) (1)			P-felvétel (mg/nap/állat) (2)		
	Délelőtt (3)	Délután (4)	Összes (5)	Délelőtt	Délután	Összes
K (7)	1,76 $\pm$ 0,01	3,81 $\pm$ 0,02	5,56 $\pm$ 0,03	241,7 $\pm$ 1,9	353,3 $\pm$ 2,4	596,3 $\pm$ 3,6
CA (8)	1,38 $\pm$ 0,01	3,98 $\pm$ 0,03	5,36 $\pm$ 0,04	239,1 $\pm$ 1,2	344,3 $\pm$ 2,9	585,7 $\pm$ 3,6
Szignifikancia (9)	$<0,001$	$<0,001$	$<0,001$	NS (10)	$p<0,05$	$<0,05$

K – Kontroll kezelés, n=24; CA – Kalcium kezelés, n=23/kezelés; NS – nem szignifikáns ($p>0,05$)

Table 5: Effects of dietary treatments on daily calcium and phosphorus intake (mean $\pm$ SEM)

calcium intake - g/day/animal (1); phosphorus intake – g/day/animal (2); morning (3); afternoon (4); total (5); treatment (6); control group (7); calcium treatment (8); significance (9); non-significant - $p>0.05$ (10)

A 6. táblázat a kísérleti kezeléseknek a tojástermelési paraméterekre kifejtett hatását mutatja be. Az eltérő Ca-ellátás nem befolyásolta szignifikáns mértékben a tojástermelési intenzitást, a tojássúlyt, a napi tojássúlyt és a takarmány-értékesítés értékét ($p>0,05$). A tojástermelési intenzitás esetében erős tendenciát mutattunk ki a CA kezelés javára, amely csoportban kb. 2%-kal nagyobb volt a tojástermelési % a K csoporthoz képest ($p=0,05$). A kísérlet végén mért tojásmínőségi jellemzőiben a két kezelési csoport összehasonlítása során nem mutattunk ki szignifikáns különbségeket ($p>0,05$; 7. táblázat).

6. táblázat: A kísérleti kezelések hatása a tojástermelési paraméterekre (átlag $\pm$ SEM)

Kezelés (5)	Tojástermelési intenzitás (1) (%)	Tojássúly (2) (g)	Napi tojássúly (3) (g/nap)	Takarmány-értékesítés (4) (kg/kg)
K (6)	92,56 $\pm$ 0,9	62,3 $\pm$ 0,9	57,2 $\pm$ 0,8	1,99 $\pm$ 0,03
CA (7)	94,87 $\pm$ 1,0	61,1 $\pm$ 0,6	57,5 $\pm$ 0,9	1,97 $\pm$ 0,03
Szignifikancia (8)	NS (p=0,05)	NS (9)	NS	NS

K – Kontroll kezelés, CA – Kalcium kezelés; n=24/kezelés (1); NS – nem szignifikáns (P>0,05) (2)

Table 6: Effects of dietary treatments on egg production parameters (mean $\pm$ SEM)

egg production % (1); egg weight - g (2); daily egg mass - g/day (3); feed conversion ratio - kg/kg (4); treatment (5); control group (6); calcium treatment (7); significance (8); non-significant - p>0.05 (9)

7. táblázat: Tojásmínőségi paraméterek a kísérlet végén (átlag $\pm$ SEM)

Paraméter (5)	Kezelés (1)		Szignifikancia (4)
	K (2)	CA (3)	
Tojássúly (g) (6)	61,68 $\pm$ 1,24	62,59 $\pm$ 1,28	NS (14)
Tojánhéj szilárdság (kgf) (7)	3,72 $\pm$ 0,31	3,78 $\pm$ 0,24	NS
Tojánhéj vastagság (mm) (8)	0,45 $\pm$ 0,01	0,44 $\pm$ 0,01	NS
Sűrűféhérje magasság (mm) (9)	6,95 $\pm$ 0,27	7,18 $\pm$ 0,21	NS
Haugh-egység (10)	81,91 $\pm$ 1,73	83,69 $\pm$ 1,44	NS
Sárgája szín (11)	14,50 $\pm$ 0,18	14,50 $\pm$ 0,12	NS
Sárgája magasság (mm) (12)	17,05 $\pm$ 0,23	17,59 $\pm$ 0,29	NS
Sárgája átmérő (mm) (13)	41,06 $\pm$ 0,40	40,31 $\pm$ 0,75	NS

K – Kontroll kezelés, CA – Kalcium kezelés; n=24/kezelés; kgf – kilogramm törőerő; tojássárgája szín érték a DSM Yolk Color Fan skála szerint (1-16); NS – nem szignifikáns (p>0,05)

Table 7: Egg quality parameters at the end of the experiment (mean $\pm$ SEM)

treatment (1); control group (2); calcium treatment (3); significance (4); parameter (5); egg weight (6); eggshell strength (7); eggshell thickness (8); thick albumen height (9); Haugh-unit (10); egg yolk color – DSM yolk color fan scale 1-16 (11); egg yolk height (12); egg yolk diameter (13); non-significant - p>0.05 (14)

3.2. Retenció és ürülék összetétel

A kísérleti kezelések a tojótyúkok N-felvételének, retenciójának és emissziójának bemutatására vonatkozó értékek a 8. táblázatban láthatóak. A CA kezelés nem befolyásolta a kísérleti állatok N-felvételét, de nagyobb N-retenciót és kisebb N-emissziót eredményezett a K kezelés eredményeivel összehasonlítva (p<0,001).

Az ürülék szárazanyag-tartalma nem különbözött a két takarmányozási kezelés vonatkozásában, viszont valamennyi vizsgált N-tartalmú vegyület szignifikánsan kisebb értékét mutatott a CA kezelést fogyasztó tyúkok esetében a K kezeléshez képest (p<0,05; 9. táblázat). A CA kezelésben részesült csoport állatai szignifikánsan kevesebb Ca-ot és P-t vettek fel, mint a K kezelés egyedei, de a Ca- és P-retenció, emisszió és ürülék koncentráció nem különbözött a két csoport összehasonlításában (p>0,05; 10. és 11. táblázat). Az emissziós értékekben tendencia jelleggel a CA kezelés hatására kisebb átlagértékeket mutattunk ki mindkét makroelem esetében (p<0,10).

8. táblázat: Nitrogén felvétel, retenció és emisszió (átlag $\pm$ SEM)

Kezelés (4)	N felvétel (1) (g/nap/állat)	N retenció (2) (%)	N emisszió (3) (g/nap/állat)
K (5)	2,93 $\pm$ 0,02	44,18 $\pm$ 1,46	1,64 $\pm$ 0,04
CA (6)	2,95 $\pm$ 0,02	51,79 $\pm$ 1,44	1,42 $\pm$ 0,04
Szignifikancia (7)	NS (8)	p<0,001	p<0,001

K – Kontroll kezelés, CA – Kalcium kezelés; n=24/kezelés; NS – nem szignifikáns (p>0,05)

Table 8: Nitrogen intake, retention, and emission (mean $\pm$ SEM)

nitrogen intake – g/day/animal (1); nitrogen retention - % (2); Nitrogen emission – g/day/animal (3); treatment (4); control group (5); calcium treatment (6); significance (7); non-significant - p>0.05 (8)

9. táblázat: Az ürülék szárazanyag-tartalma és N-formáinak koncentrációja (átlag $\pm$ SEM)

Kezelés (7)	Szárazanyag (%) (1)	Bélsár-N (1)	NH ₄ ⁺ -N (2)	Húgysav-N (3)	Vizelet-N ¹ (4)	Összes N (5)
		mg/g sz.a. (6)				
K (8)	26,65 $\pm$ 0,50	24,17 $\pm$ 0,60	4,51 $\pm$ 0,13	12,18 $\pm$ 0,24	16,69 $\pm$ 0,31	40,86 $\pm$ 0,81
CA (9)	25,25 $\pm$ 0,53	22,30 $\pm$ 0,69	3,86 $\pm$ 0,19	11,44 $\pm$ 0,25	15,30 $\pm$ 0,32	37,60 $\pm$ 0,91
Szignifikancia (10)	NS (11)	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05

K – Kontroll kezelés, CA – Kalcium kezelés; n=24/kezelés; NS – nem szignifikáns (p>0,05); ¹az NH₄⁺-N és húgysav-N összege;

Table 9: Dry matter content and concentration of nitrogen-containing compounds in the excreta (mean $\pm$ SEM)

feces nitrogen (1); NH₄⁺-nitrogen (2); uric acid-nitrogen (3); urinary-nitrogen (4); total nitrogen (5); mg/g dry matter (6); treatment (7); control group (8); calcium treatment (9); significance (10); non-significant - p>0.05 (11)

10. táblázat: Kalcium felvétel, retenció, emisszió és koncentráció az ürülékben (átlag $\pm$ SEM)

Kezelés (5)	Ca-felvétel (1) (g/nap/állat)	Ca-retenció (2) (%)	Ca-emisszió (3) (g/nap/állat)	Ürülék Ca (4) (mg/g sz.a)
K (6)	5,56 $\pm$ 0,03	67,52 $\pm$ 0,30	1,81 $\pm$ 0,02	45,30 $\pm$ 0,76
CA (7)	5,33 $\pm$ 0,04	67,03 $\pm$ 0,28	1,76 $\pm$ 0,02	46,84 $\pm$ 0,95
Szignifikancia (8)	p<0,001	NS (9)	NS (p=0,078)	NS

K – Kontroll kezelés, CA – Kalcium kezelés; n=24/kezelés; NS – nem szignifikáns (p>0,05)

Table 10: Calcium intake, retention, and emission and concentration in the excreta (mean $\pm$ SEM)

calcium intake – g/day/animal (1); calcium retention - % (2); calcium emission – g/day/animal (3); excreta calcium – mg/g dry matter (4); treatment (5); control group (6); calcium treatment (7); significance (8); non-significant - p>0.05 (9)

11. táblázat: **Foszfor felvétel, retenció, emisszió és koncentráció az ürülékben**
(átlag $\pm$ SEM)

Kezelés (5)	P-felvétel (1) (g/nap/állat)	P-retenció (2) (%)	P-emisszió (3) (g/nap/állat)	Ürülék P (4) (mg/g sz.a)
K (6)	0,60 $\pm$ 0,01	50,83 $\pm$ 1,02	0,29 $\pm$ 0,01	7,27 $\pm$ 0,14
CA (7)	0,59 $\pm$ 0,01	54,22 $\pm$ 1,85	0,27 $\pm$ 0,01	7,10 $\pm$ 0,28
Szignifikancia (8)	p<0,05	NS (9)	NS (p=0,067)	NS

K – Kontroll kezelés, CA – Kalcium kezelés; n=24/kezelés; NS – nem szignifikáns (p>0,05)

Table 11: *Phosphorus intake, retention, and emission and concentration in the excreta (mean $\pm$ SEM)*
phosphorus intake – g/day/animal (1); phosphorus retention – % (2); phosphorus emission – g/day/animal (3); excreta phosphorus – mg/g dry matter (4); treatment (5); control group (6); calcium treatment (7); significance (8); non-significant - p>0.05 (9)

3.3. Sípcsont hamu, kalcium és foszfor tartalom

A kísérleti kezelések hatásának a sípcsont hamu, Ca- és P-tartalmára kifejtett hatását a 12. táblázat tartalmazza. A sípcsont hamu, Ca- és P-tartalmában nem tudunk kimutatni szignifikáns különbségeket a K és a CA kezelés között (p>0,05).

12. táblázat: **A sípcsont (tibia) hamu, kalcium és foszfor tartalma (%; átlag $\pm$ SEM)**

Kezelés (4)	Hamu (1)	Ca (2)	P (3)
K (5)	52,27 $\pm$ 0,26	18,68 $\pm$ 0,17	8,60 $\pm$ 0,15
CA (6)	52,98 $\pm$ 0,22	18,72 $\pm$ 0,20	8,72 $\pm$ 0,17
Szignifikancia (7)	NS (8)	NS	NS

K – Kontroll kezelés, CA – Kalcium kezelés; n=24/kezelés; NS – nem szignifikáns (p>0,05) (2)

Table 12: *Ash, calcium and phosphorus content of tibia bone (%; mean $\pm$ SEM)*
ash (1); calcium (2); phosphorus (3); treatment (4); control group (5); calcium treatment (6); significance (7); non-significant - p>0.05 (8)

4. Eredmények értékelése

Az osztott etetési rendszer délelőtti és délutáni takarmánykeverékeiben alkalmazott eltérő Ca-koncentrációk hatását számos kísérletben vizsgálták. *Umar-Faruk és mtsai* (2010) kísérletében a délelőtti csak szemes gabonát alkalmazó osztott technológia vizsgálata során a délelőtti Ca-tartalom (0,03%) a kontroll keverék Ca-koncentrációjának (3,6%) csak 0,8%-át jelentette, míg a délutáni takarmánynál ez 200% volt (7,2%). A délelőtti teljes értékű keveréket alkalmazó osztott koncepció vizsgálataiban is előfordult a délelőtti és délutáni keverékek Ca- tartalmának szélsőségesen nagy különbsége. *Leeson és Summers* (1978) a délelőtti takarmányban 0,47% Ca-ot, míg a délutániban 13,1%-ot alkalmazott, ami a kontroll takarmányban mért Ca-tartalom (3,0%) 15,6, illetve 436%-a volt. Saját kísérletünkben a K kezelés délelőtti keverékében a kísérleti állatok napi Ca-szükségletének megfelelő takarmány Ca-tartalomhoz (4,38%) képest kb. 20%-kal kisebb (3,55%), a délutániban pedig kb. 20%-kal nagyobb Ca-koncentrációt (5,37%) alkalmaztunk. A CA kezelés délelőtti keverékében a K kezelésnél nagyobb

mértékű csökkentést, illetve a délutáni keverékben nagyobb mértékű növelést alkalmaztunk. A délelőtti keverékben a szükségletnél 38%-kal kisebb (2,73%), a délutániban 35%-kal nagyobb volt (5,92%) a Ca-tartalom. Ezen Ca-koncentráció különbségekhez hasonló eltérések hatásairól már több kísérletben beszámoltak. A délelőtti és délutáni keverékek Ca-tartalma példaként három vizsgálatban a következőképpen alakultak (zárójelben a kontroll, 100%-nak tekintett Ca-tartalomhoz viszonyított eltérés): *Molnár és mtsai* (2018a): de-2,68% (76,5%), du-4,04% (115%); *Emeus és Mens* (2021): de-2,87% (84%), du-4,45% (131%); *Jahan és mtsai* (2024): de-2,5% (61%), du-5,6% (136%).

Az eredményeink értékelése szempontjából kiemelendők azok a kísérletek, ahol egy kísérleten belül több délelőtti és/vagy délutáni takarmány Ca-tartalom hatásait vizsgálták. Ezek között voltak olyanok, amelyekben a délelőtti és délutáni takarmányok azonos energia és fehérje tartalommal rendelkeztek (nem valódi osztott rendszer: *Keshavarz* (1998a, 1998b)), nem kerültek részletesen bemutatásra az energia és fehérje tartalmak (*Waldroup és Hellwig*, 2000), illetve a délutáni többféle Ca-koncentrációhoz eltérő energia és fehérje tartalmak tartoztak (*Lee és Ohh*, 2002). Saját kísérletünkben ezekhez a vizsgálatokhoz képest újszerűen a kétféle Ca-ellátáshoz tartozó délelőtti keverékek, illetve ugyanígy a délutáni keverékek energia, fehérje és hasznosítható foszfor tartalma is megegyezett, lehetővé téve a Ca-hatások pontosabb vizsgálatát. Eredményeinkkel összhangban *Keshavarz* (1998b) kísérletében a délelőtti és délutáni keverékek Ca-tartalmában alkalmazott különbségek (Kontroll: de-3,5%, du-3,5%; T2: de-2,5%, du-4,5%; T4: de-1,5%, du-5,5%) nem befolyásolták szignifikáns mértékben a tojók testsúlygyarapodását és takarmányértékesítését ($p > 0,05$). Saját eredményeinkhez hasonlóan a délelőtti keverékben az egyre csökkenő Ca-koncentrációk szignifikánsan egyre kisebb Ca-felvételhez, a délutáni keverékben pedig a növekvő Ca-koncentrációk egyre nagyobb Ca-felvételhez vezettek (*Keshavarz*, 1998b). Az eltérő Ca-ellátás, akárcsak a saját vizsgálatunkban, nem okozott szignifikáns ($p > 0,05$) mértékű változást a tojástermelési paraméterekben (tojástermelési intenzitás, tojássúly, napi tojássúly, takarmány-értékesítés). A kísérlet T5-ös kezelése az ellátási logikát megfordítva délelőtt nagy (5,5%), délután nagyon alacsony (1,5%) Ca-koncentrációkat vizsgált, amelynek hatására szignifikánsan lecsökkent a takarmány- és a napi Ca-felvétel, illetve a tojástermelési intenzitás és a napi tojássúly. *Lee és Ohh* (2002) tanulmányában arról számolt be, hogy a kontroll kezelés (de-du: 3,55% Ca), illetve a délelőtti takarmány Ca-koncentráció (0,6%) mellett alkalmazott három délutáni keverék Ca-koncentrációja (T1:6,5%, T2:9,45%, T3:12,40%) nem okozott szignifikáns különbségeket a takarmányfelvételben, a tojástermelési intenzitásban és a tojássúlyban ($P > 0,05$). *Waldroup és Hellwig* (2000) vizsgálatában a kontroll keverék Ca-tartalma délelőtt és délután egyaránt 3,25% volt. A T1 kezelésben ehhez képest növelték a délutáni keverék Ca-tartalmát (de-3,25%, du-6,5%), a T2 kezelésben pedig a délelőtti Ca-tartalom is kisebb volt (de-1,0%, du-6,5%). Meg erősítve a saját és az előzőekben ismertetett kísérletek eredményeit (*Keshavarz*, 1998b; *Lee és Ohh*, 2002), a három kezelés tojóttyúkjainak takarmányfelvétele, tojástermelési intenzitása és tojássúlya ebben a kísérletben sem különbözött. A kontrollhoz (3,55g) képest mind a T1 (5,53g), mind a T2 (4,22g) kezelés nagyobb napi Ca-felvételt tett lehetővé.

Az eltérő délelőtti és délutáni Ca-tartalmak a takarmányban saját kísérletünkben nem befolyásolták a tojásmínőségi jellemzőket, kiemelve a Ca-ellátástól nagy mértékben függő tojáshéj vastagságot és a szilárdságát jellemző törőerőt. A Lee és Ohh (2002) által alkalmazott T1-2-3 kezelések mindegyike szignifikánsan növelte a tojáshéj vastagságot a kontroll kezeléshez képest, de saját eredményeinkhez hasonlóan közöttük sem volt különbség e paraméter tekintetében. A kontrollhoz képest a tojáshéj szilárdságot csak a T2 és T3 kezelések növelték, és a T3-as kezelés a T1-2 eredményeinél is szignifikánsan nagyobb törőerőt eredményezett ($p < 0,05$). Waldroup és Hellwig (2000) a kontroll kezeléshez képest a nagyobb Ca-koncentráció különbségeket alkalmazó T2 kezelés esetében mutatta ki a tojáshéj szilárdság szignifikáns növekedését.

Az osztott etetési technológia különböző délelőtti és délutáni takarmány Ca-tartalmait egy kísérleten belül összehasonlító, már részben elemzett kutatások (Keshavarz, 1998ab; Lee és Ohh, 2002; Waldroup és Hellwig, 2000) a N-, Ca- és P-retencióra és környezeti emisszióra vonatkozóan nem végeztek méréseket. Olyan osztott etetési vizsgálatot, ahol egy hagyományos (kontroll) és egy osztott rendszer összehasonlítása történik meg, szintén nem találtunk az említett eredménykörre. A szabadon válogató etetés lehetőséget biztosít, hogy a tojótyúkok az élettani szükségleteikhez jobban igazodva elégítsék ki energia, fehérje és Ca-igényüket. A válogató rendszerben etetett csoport tyúkjainak átlagos N- és Ca-felvétele, valamint emissziója szignifikánsan ($p < 0,05$) kisebb volt, mint a hagyományos kontroll keveréket fogyasztó állatoknak (Chah és Moran, 1985). A kísérlet válogató rendszerében szignifikánsan nőtt a N- és Ca-retenció értéke is. Ebben a kísérletben sem lehet azonban külön értékelni a Ca hatását, mert itt is egyszerre több fontos takarmányozási tényező (energia, nyersfehérje, aminosav szintek) különbözött a két kezelés között.

Eredményeink alapján a délelőtti és délutáni takarmány Ca-tartalmak közötti nagyobb különbség pozitív hatásának bizonyult a tojótyúkok N-retenciójára, az ürülék N-tartalmára és összetételére. Tojótyúkok osztott etetési rendszerének vonatkozásában kísérletünket megelőzően nem voltak még erre vonatkozóan eredmények. Brojlercsirkékkel végzett kutatások alapján nem teljesen egyértelmű, hogy a takarmány Ca-tartalmának változása hogyan hat a N retenciójára. A kutatások többsége a növekvő takarmány Ca-koncentrációknak a N retenciójára kifejtett negatív hatásáról számolt be. A nagyobb takarmány Ca-tartalom eléréséhez használt megnövelt takarmánymész arány hatására lúgos irányban változik a béltartalom kémhatása, amely csökkentheti a N felszívódását és retencióját. Ez lehet az élettani magyarázata annak, hogy pl. Shafey és McDonald (1991), illetve Donato és mtsai (2013) kísérleteiben a takarmány nagyobb Ca-koncentrációja csökkentette a N-retenciót. Gautier és mstai (2017) tanulmánya két kísérletet is ismertet, amelyek közül az elsőben a takarmány növekvő Ca-koncentrációja az előzőekkel ellentétben szignifikánsan növelte a N-retenciót, a másodikban pedig nem volt rá szignifikáns hatással. Ha elfogadjuk a nagyobb béltartalomban mérhető Ca-koncentráció negatív hatását a N-retencióra, akkor a kísérletünkben alkalmazott CA kezelés eredményeképpen a délelőtti időszakban szignifikánsan létrejövő kisebb Ca-felvétel és ennek eredményeként a kisebb Ca-tartalom a bélben valószínűleg hozzájárult a megnövekedett N-retencióhoz és kisebb N-emisszióhoz. A délutáni időszakban az ellentétes irányú Ca-hatás szintén ér-

vényesülhetett, de valószínűleg kisebb mértékű volt. Tojótyúkok osztott etetési rendszerének vonatkozásában kísérletünket megelőzően nem voltak még erre vonatkozóan eredmények. Baromfiban a szükségletet meghaladó takarmány Ca-tartalmak általában negatívan befolyásolják a táplálóanyagok és a Ca retencióját, a P emészthetőségét és felszívódását (Selle és mtsai, 2009; Gautier és mtsai, 2017). Eredményeink alapján a napszaki takarmány Ca-koncentráció eltérések kísérletünkben alkalmazott mértékben nincsenek szignifikáns hatással a Ca- és P-retencióra és emisszióra.

A kapcsolódó osztott etetést vizsgáló szakirodalmak között nem találtunk olyan tanulmányt, amelyben kifejezetten a kísérletünkhöz hasonlóan az eltérő takarmány Ca-koncentrációknak a sípcsont paramétereire kifejtett hatásairól számolt volna be. A hagyományos és osztott etetési rendszert összehasonlító korábbi modell kísérletünkben a hagyományos etetés hatására szignifikánsan nagyobb sípcsont hamu tartalmat mértünk az osztott etetéssel összehasonlítva, ami viszont nem járt együtt a törésszilárdság igazolható különbségével (Horváth és mtsai, 2024). Korábbi kísérletek a hamu tartalomra vonatkozó eredményt nem tudták megerősíteni. Molnár és mtsai (2018b) nem mutattak ki szignifikáns különbséget a két takarmányozási rendszer között idős tojótyúkok (75. és 92. élethét között) sípcsontjának Ca- és P-tartalmában ($p > 0,05$). Poudel és mtsai (2022) vizsgálatában sem voltak szignifikáns különbségek a sípcsont törésszilárdságában, átmérőjében, hosszában és súlyában a kontroll és az osztott kezelési csoportok között, a termelés előzőekben jelzett késői fázisában.

5. Következtetések és javaslatok

Modell kísérletünk lehetővé tette az osztott etetési technológián belül két eltérő Ca-ellátás összehasonlítását a korábbi vizsgálatokhoz viszonyítva pontosabb módon, az eltérő energia, fehérje és P-ellátás befolyásoló hatásainak kiküszöbölésével. A délelőtti és délutáni takarmány Ca-koncentrációk között a kontrollnál nagyobb különbséget biztosító CA keverék kombináció nem befolyásolta szignifikánsan a tojástermelési jellemzőket, a tojáshéj vastagságát és a héj törésszilárdságát, a sípcsont összetételét ($p > 0,05$), de jobb N-retenciót, így kisebb N-emissziót és az ammónia emisszió szempontjából kedvezőbb N összetételű ürüléket eredményezett. Az eredmények alapján javasoljuk a CA kezelés nagyüzemi kísérletben történő tesztelését.

6. Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatás az Innovációs és Technológia Minisztérium Kooperatív Doktori Program doktori hallgatói ösztöndíj programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs alaphól Finanszírozott szakmai támogatásával készült (KDP-6-3/PALY-2021).

7. Felhasznált irodalom

- Bregendahl, K. - Sell, J.L. - Zimmerman, D.R. (2002): Effect of low-protein diets on growth performance and body composition of broiler chicks. *Poult. Sci.*, 81. 1156–1167. doi: 10.1093/ps/81.8.1156
- Chah, C.C. - Moran, E.T. (1985): Characteristics of high-performance hens at the end of lay when given cafeteria access to energy, protein, and calcium. *Poult. Sci.*, 64 (9). 1696–1712. doi: 10.3382/ps.0641696
- Donato, D.C.Z. - Ribeiro, P. de A.P. - Magalhães, J.D. - Polycarpo, G. do V. - Garcia, P.D.S.R. - Burbarelli, M.F. de C. - Albuquerque, R. (2013): Nutritional balance of broilers fed diets containing two calcium levels and supplemented with different phytase levels. *Braz. J. of Poult. Sci.*, 15 (4). 353-363. doi: 10.1590/S1516-635X2013000400010
- Emous van, R.A. - Mens, A.J.W. (2021): Effects of twice a day feeding and split feeding during lay on broiler breeder production performance, eggshell quality, incubation traits, and behavior behavior. *Poult. Sci.*, 100 (11). doi: 10.1016/j.psj.2021.101419
- Ferguson, N.S. - Gates, R.S. - Taraba, J.L. - Cantor, A.H. - Pescatore, A.J. - Ford, M.J. - Burnham, D.J. (1998): The effect of dietary crude protein on growth, ammonia concentration, and litter composition in broilers. *Poult. Sci.*, 77. 1481–1487. doi: 10.1093/ps/77.10.1481
- Gautier, A.E. - Walk, C.L. - Dilger, R.N. (2017): Influence of dietary calcium concentrations and the calcium-to-non-phytate phosphorus ratio on growth performance, bone characteristics, and digestibility in broilers. *Poult Sci.*, 96. 8. 2795-2803. doi: 10.3382/ps/pex096.
- Jahan, A.A.; Dao, T.H.; Morgan, N.K.; Crowley, T.M.; Moss, A.F. (2024) Effects of AM/PM Diets on Laying Performance, Egg Quality, and Nutrient Utilisation in Free-Range Laying Hens. *Appl. Sci.*, 14 (5). 2163. doi:10.3390/app14052163
- Horváth, B. - Striffler, P. - Such, N. - Wágner, L. - Dublec, K. - Baranyay, H. - Bustyaházai, L. - Pál, L. (2024): Developing a more sustainable protein and amino acid supply of laying hens in a split feeding system. *Animals*, 14 (20). 3006. doi: 10.3390/ani14203006
- Keshavarz, K. (1998a): Investigation on the possibility of reducing protein, phosphorus, and calcium requirements of laying hens by manipulation of time of access to these nutrients. *Poult. Sci.*, 77. 1320-1332. doi: 10.1093/ps/77.9.1320
- Keshavarz, K. (1998b): Further investigations on the effect of dietary manipulation of protein, phosphorus, and calcium for reducing their daily requirement for laying hens. *Poult. Sci.*, 77. 1333-1346. doi: 10.1093/ps/77.9.1333
- Lee, K.H. - Ohh, Y.S. (2002): Effects of nutrient levels and feeding regimen of a.m. and p.m. diets on laying hen performances and feed cost. *Korean J. Poult. Sci.*, 29. 195–204.
- Leeson, S. - Summers, J.D. (1978): Voluntary food restriction by laying hens mediated through dietary self-selection. *British Poult. Sci.*, 19(4). 417–424. doi: 10.1080/00071667808416496
- Marquardt, R.R. - Ward, A.T. - Campbell, L.D. (1983): A rapid high-performance liquid chromatographic method for the quantitation of uric acid in excreta and tissue samples. *Poult. Sci.*, 62(10). 2099-2105. doi: 10.3382/ps.0622099
- Molnár, A. - Kempen, I. - Sleenckx, N. - Zoons, J. - Maertens, L. - Ampe, B. - Buyse, J. - Delezie, E. (2018a): Effects of split feeding on performance, egg quality, and bone strength in brown laying hens in aviary system. *J. Appl. Poult. Res.*, 27. 401–415. doi: 10.3382/japr/pfy011
- Molnár, A. - Maertens, L. - Ampe, B. - Buyse, J. - Zoons, J. - Delezie, E. (2018b): Effect of different split-feeding treatments on performance, egg quality, and bone quality of individually housed aged laying hens. *Poult. Sci.*, 97(1). 88-101. doi: 10.3382/ps/pex255
- Mongin, P. - Sauveur, B. (1974): Voluntary food and calcium intake by the laying hen. *British Poult. Sci.*, 15. 349-359. doi:10.1080/00071667408416118
- Pécze, P. (1987): A madarak szaporodásbiológiája. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 102-108.

- Peganova, S. - Eder, K. (2002): Studies on requirement and excess of isoleucine in laying hens. *Poult. Sci.*, 81(11). 1714–1721. doi: 10.1093/ps/81.11.1714
- Peters, J. - Combs, S. - Hoskins, B. - Jarman, J. - Kovar, J. - Watson, M. - Wolf, A. - Wolf, N. (2003): Recommended methods for manure analysis. In: *Proceedings of the ASA-CSSA-SSSA Annual Meeting*, Denver, CO, USA, 2–6 Nov. - Madison, WI, USA - 25–29.
- Poudel, I. - McDaniel, C.D. - Schilling, M.W. - Pflugrath, D. - Adhikari, P.A. (2022): Role of conventional and split feeding of various limestone particle size ratios on the performance and egg quality of Hy-Line® W-36 hens in the late production phase. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 283. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2021.115153
- O'dell, B.L. - Woods, W.D. - Laerdal, O.A. - Jeffay, A.M. - Savage, J.E. (1960): Distribution of the major nitrogenous compounds and amino acids in chicken urine. *Poult. Sci.*, 39. 426–432. doi:10.3382/ps.0390426.
- Selle, P.H. – Cowieson, A.J. – Ravindran, V. (2009): Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. *Livest. Sci.*, 124. 126–141. doi: 10.1016/j.livsci.2009.01.006
- Shafey, T.M. - McDonald, M.W. (1991): The effects of dietary calcium, phosphorus, and protein on the performance and nutrient utilisation of broiler chickens. *Poult. Sci.*, 70. 548–553. doi: 10.3382/ps.0700548
- Umar Faruk, M. - Bouvarel, I. - Mème, N. - Rideau, N. - Roffidal, L. - Tukur, H.M. - Bastianelli, D. - Nys, Y. - Lescoat, P. (2010): Sequential feeding using whole wheat and a separate protein-mineral concentrate improved feed efficiency in laying hens. *Poult. Sci.*, 89. 785-796. doi:10.3382/ps.2009-00360
- Waldroup, P.W. - Hellwig H.M. (2000): The potential value of morning and afternoon feeds for laying hens. *J. App. Poult. Res.*, 9(1). 98-110. doi: 10.1093/japr/9.1.98

Érkezett: 2025. január

Szerzők címe: Horváth, B. - Baranyay, H. - Such, N. - Wágner, L. - Dublec, K. - Pál, L. *
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus
Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus
H-8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16.
*levelező szerző, e-mail: pal.laszlo@uni-mate.hu