

Alternatív osztott takarmányozási rendszer használata tojótyúkok esetében

Horváth Boglárka^{1*}, Baranyay Henrik¹, Pál László²

¹UBM Feed Zrt., Pilisvörösvár, Magyarország

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus Élettani és Takarmányozástani Intézet, Takarmányozástani és Takarmányozás-élettani Tanszék, Keszthely, Magyarország

*Levelező szerző, e-mail: boglarka.horvath@ubm.hu

Beérkezett: 2025. július 31.; elfogadva: 2025. december 18.

Összefoglalás

A hagyományos tojótyúk-takarmányozásban széles körben alkalmazott gyakorlat egy azonos összetételű és tápanyagtartalmú, teljes értékű keveréktakarmány etetése a nap folyamán. Az alternatív takarmányozási rendszerek közé tartozó osztott etetési rendszerben délelőtt és délután eltérő összetételű takarmánykeverék etetése történik, ami így pontosabban követheti a napi tojásképzési ciklus napszakonként változó táplálóanyag- és kalciumigényét. Kutatómunkánk során egy saját fejlesztésű osztott etetési technológiát hoztunk létre, és vizsgáltuk a hagyományos takarmányozási rendszerrel összehasonlítva a tojótyúkok tojástermelése, tojásmínőségi paraméterei, nitrogénretenciója és -emissziója, illetve a takarmányozási költségek szempontjából.

Kulcsszavak: tojótyúk, takarmányozás, tojástermelés, alternatív rendszer, osztott rendszer

Using a split feeding system for laying hens

Boglárka Horváth¹, Henrik Baranyay¹, László Pál²

¹UBM Feed Ltd., Pilisvörösvár, Hungary

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus, Institute of Animal Physiology and Nutrition, Department of Animal Nutrition and Nutritional Physiology, Keszthely, Hungary

Summary

The traditional and widely used practice in the feeding of laying hens is to feed a complete diet of the same composition and nutrient content throughout the day. Alternative systems, like split feeding, can more precisely follow the nutrient and calcium requirements of the daily egg-laying cycle and in some cases allow selection between energy, protein and calcium sources. Some technologies can potentially use local whole grains, reducing the energy needed to transport, mill and blend the grain and the carbon footprint of feed production. In the sequential or split feeding system, morning and afternoon diet of different composition is distributed in the same feeding trough and may be the most suitable alternative system for large-scale laying hen farms. The split system has been shown in several experiments to achieve comparable egg production, lower feed intake and better feed conversion ratio compared to the conventional feeding.

In our research work, a new split feeding technology was developed and compared with the conventional feeding technology using Nick Brown laying hens during the peak production period. Hens (n=48) were housed individually and fed for 12 weeks (from 29 to 40 weeks of age) in a conventional (control, C; n=24) or in a split (O; n=24) feeding system. The morning diet of the split-fed group had higher energy (AMEn; 102.7%) and lower Ca content (80.4%) compared to the C group, while the afternoon diet had lower energy (96.4%) and higher Ca concentration (113.4%) compared to the C group (100%). The crude protein level of the morning diet of the split technology was the same as the dietary crude protein level of the conventional system, but the crude protein concentration of the afternoon mixture of the split feeding was lower (92%) than the value calculated for the control (100%). In addition to adjusting the crude protein levels, the standardised ileal digestible (SID) concentration of eight essential amino acids was considered during the optimization of the amino acid content of the diets to provide more accurate amino acid supply. The egg production parameters of the experimental animals in the conventional and split systems did not

differ significantly, even though lower daily energy (AMEn) and crude protein intake were measured in the split feeding group ($P < 0.05$). In the split system, the feed conversion ratio of the experimental animals was more favourable, and the eggshell thickness was greater compared to the results of the conventional treatment group ($P < 0.05$). The laying hens producing in the split feeding system emitted less total nitrogen into their environment, primarily due to their lower N intake than those receiving conventional feeding ($P < 0.05$). As a result of split feeding, the lower concentration of some N forms (NH_4^+ , uric acid- and urinary-N) present in the excreta can be considered more advantageous in terms of ammonia emission ($P < 0.05$).

Keywords: laying hens, feeding, egg production, alternative system, split system

Bevezetés

A tojás az összes fontos táplálóanyagot, makro- és mikroelemet tartalmazza a fejlődő madárembrió számára. Összetétele és biológiailag jó hasznosulása alapján az ember számára is az egyik legősibb teljes értékű élelmiszer. Az embrió igényei miatt a víz, a hamu és a főbb szerves táplálóanyagok – például a fehérjék, zsírok és szénhidrátok – koncentrációja meglehetősen stabil. Bizonyos összetevők (pl. zsírsavösszetétel, egyes vitaminok és mikroelemek) arányai a takarmányozással változtathatók (Réhault-Godbert et al. 2019).

A globális tojástermelés 2000 és 2020 között 68 százalékkal, 51 millió tonnáról 86 millió tonnára nőtt. Ez a dinamikus növekedés 2030-ig várhatóan folytatódni fog (OECD–FAO 2023). A növekedés nagy része Ázsiának köszönhető, ahol a világon termelt összes tojás 60 százalékát állítják elő. Az Európai Unióban a tojótyúkállomány több mint 350 millió egyed számú, ebből 7 és 8 millió között mozog a hazai tojótyúkállomány (FAO 2022). A hazai tojásfogyasztás 2018-ban 240 darab volt. A teljes, körülbelül 2,4 milliárd darab hazai éves tojásfogyasztás felét a hazai nagyüzemek állítják elő; körülbelül 600 millió darab a háztáji gazdaságokból és körülbelül 500 millió importból kerül a fogyasztókhoz. A tojótyúkok számára előállított takarmánykeverékek a teljes ipari tápgyártás volumenének mintegy 12–13 százalékát adják világszinten; ehhez hasonlóan arányuk hazánkban is körülbelül 9 százalék (2021-ben 359 ezer tonna; AKI 2021).

A tojótyúkok takarmányozásában a hagyományos, széles körben alkalmazott gyakorlat azonos összetételű és tápanyagtartalmú, teljes értékű keveréktakarmány etetése a nap folyamán. Az úgynevezett alternatív rendszerek, mint például a szabadon válogató, az osztott vagy az egész szemű gabonás keveréken alapuló rendszer pontosabban követhetik a napi tojásképzési ciklus óránként, napszakonként változó táplálóanyag- és kalciumigényét, bizonyos esetekben lehetőséget adnak az energia-, fehérje- és kalciumforrások közötti szelekcióra is (Molnár et al. 2018a). Egyes technológiákban lehetőség van a helyi, teljes kiőrlésű gabonafélék felhasználására, amivel csökkenthető a gabonafélék szállításához, őrléséhez és keveréséhez szükséges energia, a takarmánygyártás széndioxid-lábnyoma. A szakaszos vagy osztott etetési

rendszerben a reggeli és délutáni, különböző összetételű takarmány ugyanabban az etetővályóban kerül kiosztásra; ez lehet a legmegfelelőbb alternatív rendszer a nagyüzemi tojótyúktartó telepek számára (Molnár et al. 2018a).

Az osztott takarmányozási rendszernek két típusa jött létre. Az első, egész szemű gabonát nem alkalmazó típusban a technológiai ajánláshoz képest az állatok a délelőtt folyamán a tojásfehérje képződése miatt energiában és fehérjében gazdagabb, illetve kalciumban szegényebb, míg a délután folyamán energiában és fehérjében szegényebb, viszont a héjképződés nagyobb igénye miatt kalciumban gazdagabb keveréket fogyasztanak (Lee–Ohb 2002). A második, egész szemű gabonát felhasználó technológiában a délelőtt folyamán történik a gabona etetése önállóan, ami energiában gazdag, fehérje- és kalciumtartalma viszont nem éri el az állatok szükségletét. Délután energiában szegény, de fehérjében és kalciumban gazdag keverék etetésére kerül sor (Umar Faruk et al. 2010). Az osztott rendszerrel több kísérlet eredményei szerint a hagyományos takarmányozáshoz képest hasonló tojástermelés, kisebb takarmányfelvétel, valamint jobb takarmányértékesítés érhető el (Leeson–Summers 1978; Lee–Ohb 2002; Los Mozos et al. 2015; Umar Faruk et al. 2010).

Kutatásunk során célul tűztük ki egy olyan, az első típusba tartozó, saját fejlesztésű, osztott etetési technológia létrehozását, amelynek délelőtti takarmánykeverékében a nyersfehérje-tartalom újszerű módon meg egyezik a tenyésztő szervezetek technológiai ajánlásai-ban feltüntetett értékkel, a délutáni takarmánykeverékek nyersfehérje-tartalma pedig kisebb ennél. A nyersfehérje-tartalom beállításán túl a keverékek aminosav-tartalmának optimalizálása és a receptkészítés során nyolc esszenciális aminosav (lizin, metionin, arginin, valin, treonin, leucin, izoleucin, triptofán) standardizált, ileálisan emészthető (SID) koncentrációját vettük figyelembe a pontosabb aminosav-ellátás érdekében. A létrehozott osztott takarmányozási rendszert egy modellkísérletben összehasonlítottuk a hagyományos etetési technológiával a tojótyúkok tojástermelési jellemzői, tojásminőségi paraméterei, nitrogénfelvétele, -retenciója és -emissziója, illetve a takarmányozási költségek szempontjából.

Vizsgálati anyag és módszer

Az elvégzett modellkísérlet helyszínét a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet Georgikon Campusán található kísérleti telep biztosította. A kísérletet 48 Nick Brown genetikájú tojótyúkkal végeztük, amelyek a kísérlet kezdetén 29 élethez voltak. A kísérleti állatok a Fuchs Tojás Kft. telepeiről érkeztek a kísérletek kezdete előtt egy héttel, és hét napig a termelőtelepen fogyasztott takarmányt kapták. A tojótyúk két szintes egyedi ketrecekben kerültek elhelyezésre (1056 cm² alapterület), amelyek mindegyike szelepes itatóval és kézi feltöltésű etetővályúval volt felszerelve. Egy szinten hat állatot helyeztünk el úgy, hogy az egymás mellett elhelyezkedő állatok külön kezeléshez tartoztak, és a hat állatból álló blokkból összesen nyolc volt a kísérleti teremben. A terem hőmérséklete 20±0,6 °C volt, fényprogramként pedig tizenhat óra világos és nyolc óra sötét szakasz, 30 lux fényerősség került beállításra. A kísérleteket az Intézményi Etikai Bizottság (Állatvédelmi Bizottság, Georgikon Campus, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem) MÁB-2/2021 engedélyszám alatt hagyta jóvá.

A kísérlet során felhasznált 48 állatból 24 egyed részvett hagyományos (kontroll, K) takarmányozásban, és ugyancsak 24 állat tartozott az osztott (O) etetési rendszerhez. A kísérlet takarmánykeverékeinek összetétele, számított és mért táplálóanyag-tartalma az 1. táblázatban látható. A kísérleti keverékek előállítását a MATE ÉTI keszthelyi kísérleti telepen történt.

A kísérleti takarmányokat tizenkét hétig ettették, a tojótyúk 29–40 hetes korában. A kiosztott napi takarmányadag mindkét takarmányozási rendszerben 120 g takarmány/nap volt. Reggel 8 órakor, a fényszakasz kezdetén az állatok mindkét kezelési csoportban napi takarmányadagjuk 40 százalékát kapták meg (48 g). A második adag kiosztásáig hét óra állt rendelkezésükre ennek elfogyasztására (6,85 g/óra). A napi takarmányadag további 60 százalékát (72 g) 15 órakor kapták meg, és kilenc órán keresztül fogyaszthatták, a fényszakasz végéig (8,00 g/óra). A takarmány kiosztásának időpontjában az etetőben maradt takarmánymaradék mindig lemérésre és eltávolításra került. A kontrollcsoport takarmánykeverékének összeállítását a tenyésztő cég (Brown Nick Management Guide 2024, H&N International) ajánlása alapján történt, napi 120 g takarmányfelvételt és 90 százalék feletti tojástermelést tervezve. A délelőtti és a délutáni kiosztott keverék ugyanolyan összetételű volt (tojó II. fázis). A takarmányreceptúra készítése során az alapanyagok aktuálisan mért beltartalmi eredményeivel, illetve az ezekből a Bestmix szoftver által alapanyagonként számított AMEn-értékekkel dolgoztunk, ez alapján határoztuk meg a keverék összetételét.

Az osztott etetésű csoport délelőtti takarmányának nagyobb volt az energiatartalma (AMEn; 102,7 százalék) és kisebb a Ca-tartalma (80,4 százalék) a K-csoportéhoz képest, míg a délutáni takarmánynak kisebb volt az energiatartalma (96,4 százalék) és nagyobb a Ca-koncentrációja (113,4 százalék) a kontrollcsoportéhoz képest.

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

Összetevők	Kontroll (K)	Osztott etetés (O)	
		Délelőtt	Délután
Kukorica	38,70	40,42	39,83
Búza	20,00	20,00	20,00
Extrahált szójadara	13,01	12,53	6,40
Extrahált napraforgódara	8,15	8,00	12,08
Növényi olaj	1,75	1,90	0,94
Búzaliszt	2,50	2,99	3,50
Kukorica DDGS	6,00	6,00	6,00
L-lizin (Biolys®)	0,04	0,10	0,18
DL-metionin (MetAMINO®)	0,09	0,12	0,10
MCP	0,40	0,38	0,31
Takarmánymész (durva, 2–4 mm)	6,03	4,83	6,92
Takarmánymész (gríz)	2,60	2,00	3,00
Takarmánysó	0,23	0,23	0,24
Premix*	0,50	0,50	0,50
Számított táplálóanyag-tartalom			
AMEn (MJ/kg)	11,25	11,54	10,86
Nyersfehérje	16,00	16,00	14,72
Nyerszsír	3,93	4,13	3,14
Nyersrost	4,83	4,85	5,36
Nyershamu	12,64	10,84	13,66
SID Lizin	0,63	0,67	0,62
SID Metionin	0,34	0,37	0,34
SID Metionin+Cisztein	0,60	0,63	0,59
SID Arginin	0,90	0,89	0,81
SID Treonin	0,50	0,50	0,45
SID Valin	0,67	0,66	0,61
SID Leucin	1,10	1,10	0,99
SID Izoleucin	0,57	0,57	0,51
SID Triptofán	0,16	0,16	0,14
Ca	3,42	2,75	3,88
P _{összes}	0,49	0,49	0,48
P _{hasznosítható}	0,35	0,35	0,33
Mért táplálóanyag-tartalom			
Száranyag	89,18	88,82	89,16
Nyersfehérje	15,63	15,70	14,32
Nyerszsír	3,95	4,16	3,20
Nyersrost	4,72	4,98	5,10
Ca	3,68	3,06	4,21
P _{összes}	0,46	0,46	0,46

* Premix-összetétel (1 kg takarmányra vonatkoztatva): A-vitamin – 8000 NE, D₃-vitamin – 3000 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 – 147 mg, 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; fitáz (Quantum Blue) – 300 FTU, xilanáz enzim (Econase XT 25 P) – 16BXU/g.

(100 százalék). Az osztott technológia délelőtti keverékének nyersfehérje-koncentrációja megegyezett a hagyományos rendszer keverékének nyersfehérjeszintjével, viszont az osztott etetés délutáni keverékének nyersfehérje-koncentrációja kisebb volt (92 százalék), mint a kontroll esetében számított érték (100 százalék). A SID Lys, Met, Met+Cys koncentrációk az O technológia délelőtti és délutáni keverékeiben, illetve más fontos esszenciális aminosavak (Arg, Val, Thr, Leu, Ile, Trp) SID-koncentrációi az O technológia délelőtti keverékében közel megegyeztek a K technológia kísérleti keverékében jellemző értékekkel. A SID Arg, Val, Thr, Leu, Ile, Trp szintek az osztott etetés délutáni keverékében a nyersfehérjeszinthez hasonló mértékben kisebbek voltak, mint a K csoport keverékének szintjei. A finom és durva mészfórássá aránya mindkét kezelésben 70:30 százalék volt.

A délelőtti és délutáni fázisok takarmányfelvétele (g/nap/tyúk), a tojástermelés (százalék) és a tojássúlyok (g) naponta rögzítésre kerültek. A mért adatokból tyúkonként számtani átlagot képeztünk a teljes kísérletre vonatkozóan, majd az átlagokat statisztikailag értékeltük (n=23/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-, kalcium- és foszforfelvétel (g/nap/tyúk), napi tojáshozam (g/nap/tyúk) és takarmányértékesítés (kg takarmány/kg tojás). A kísérlet utolsó napján a tojásmínőség mérése céljából minden állattól begyűjtésre került egy tojás, amelyeket 4 °C-on tároltunk. A tojásokat huszonnégy óra tárolást követően harminc perccel keresztül szobahőmérsékleten állni hagytuk, majd a Digital Egg Tester 6500 (Nabel Co., Kyoto 601-8444 Japan) mérőműszerrel megmértük a tojásmínőségi paramétereket (tojáshéj-szilárdság, sűrűfehérje-magasság, Haugh-egység, sárgája szín, sárgája átmérő, sárgája magasság, sárgája index, héjvastagság).

Az utolsó héten a kísérleti takarmányok kiegészültek 0,5 százalék titánium-dioxid indikátorral az emésztésre vonatkozó élettani vizsgálatok miatt. Négynapos adaptációs időszakot követően naponta, két egymást követő napon a teljes napi ürülék homogenizációját követően reprezentatív ürülék-minta-gyűjtést hajtottunk végre. Az egyes madaraktól származó kétnapi mintákat egyesítettük, majd alapos homogenizációt követően -20 °C-os hőmérsékleten tároltuk a későbbi mérésekig. Az ürülék-minták vizsgálata előtt a mintákat kíméletesen felolvasztottuk, majd újabb homogenizációt követően meghatároztuk az ürülék szárazanyag-tartalmát, összes N-, ammónium-N- (NH₄⁺-N) és húgysav-N-tartalmát. Az analitikai mérések a MATE ÉTI Takarmányozástani és Takarmányozás-élettani Tanszékének laboratóriumában történtek, a Georgikon Campus Festetics Imre Bioinovációs Központjában. A begyűjtött ürülék-mintákat a további feldolgozás előtt 60 °C-on kemencében szárítottuk hetvenkét órán keresztül, illetve a mintákat megdaráltuk 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 követően határoztuk meg (105 °C-on huszonnégy órán keresztül, súlyállandóságig; MSZ ISO 6496:2001). A minták összes N-tartalmát (nyersfehérje-tartalmát) Kjeldahl módszere alapján (MSZ ISO 5983-1:2005), Foss-Kjeltec 8400 analízátor segítségével állapítottuk meg (Nils Foss Allé 1, DK-3400 Hillerød, Dánia). Az ürülék-mintákból az NH₄⁺-N meghatározása Peters módszere alapján (Peters et al. 2003), míg a húgysav-N meghatározása Marquardt eljárása szerint történt (Marquardt et al. 1983). Minden N-paraméter szárazanyag-alapon került kiszámításra. A vizelet N-tartalmát az ammónium-N és a húgysav-N összegeként határoztuk meg (O'dell et al. 1960). Meghatároztuk a kísérleti takarmánykeverékek nyerszsír- (MSZ EN ISO 6492) és nyersrosttartalmát (MSZ EN ISO 6865:2001). A takarmány-mintákból mértük a kalcium- és a foszfortartalmat is. A száraz hamut eredményező előkészítést követően a minták felülülő frakciójából a kalciumtartalom mérése atomabszorpciós spektrofotométerrel történt (MSZ EN ISO 6869:2001). A minták foszfortartalmát fotometriás módszerrel állapítottuk meg (MSZ EN ISO 6491:2001); ennek során Biochrom Libra S12 UV-VIS spektrofotométert használtunk (Biochrom Ltd., Cambridge, UK). A takarmányok aminosav-koncentrációjának mérése során a mintákat először hidrogén-peroxidban és hangyasav keverékében oxidáltuk, majd 6 M HCl-oldatban hidrolizáltuk (MSZ EN ISO 13903:2005). Az aminosavak elkülönítésére és kimutatására egy automata aminosav-analízáló berendezés szolgált (Amino Acid Analyser AAA 400; Ingos, Czech Republic). A kísérleti takarmánykeverékek és az ürülék-minták TiO₂-tartalmát UV-spektroszkópiás vizsgálat segítségével határoztuk meg (Ferguson et al. 1998).

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

Vizsgálati eredmények

A kísérleti állatok takarmányfelvételét a 2. táblázat tartalmazza. A napi energia- (AMEn) és nyersfehérje-felvétel eredményei a 3. táblázatban láthatók. A kísérletben az osztott etetés hatására szignifikánsan kisebb volt a tyúkok takarmány- és nyersfehérje-felvétele mind a délelőtti,

2. táblázat | Napi takarmányfelvétel a kísérletben (g/nap/állat; átlag ± SEM)

Kezelés*	Délelőtt	Délután	Összes
K	45,1 ± 0,4	69,0 ± 0,5	114,0 ± 0,9
O	42,9 ± 0,4	65,0 ± 0,4	107,8 ± 0,8
P érték	<0,001	<0,001	<0,001

* K – hagyományos etetés (kontroll), O – osztott etetés; n = 23/kezelés

mind a délutáni időszakban, illetve az egész napra vonatkozóan (P<0,001). A teljes napi és a délutáni energiafelvétel (AMEn-felvétel) az osztott etetési csoportban kisebb volt, de a két csoport egyedeinek energiafelvétele a délelőtti keverékből nem különbözött szignifikánsan.

A kalcium- és foszforfelvétel eredményeit a modellkísérletben a 4. táblázat mutatja be. A kísérleti állatok a modellkísérlet során kevesebb kalciumot és foszfort vettek fel az osztott etetési rendszerben (P<0,001), továbbá a mért napi felvételen belül ellentétesen változott a kalciumfelvétel a két napszakban, mert az osztott technológia kísérleti állatai a délelőtti folyamán kisebb, délután pedig nagyobb mennyiségű kalciumot vettek fel a kontrollhoz képest (P<0,001). A foszfor esetében mind a délelőtti, mind a délutáni felvétel szignifikánsan kisebb volt az osztott technológia alkalmazása esetén (P<0,001).

A kísérleti állatok tojástermelési paramétereinek eredményei az 5. táblázatban láthatók. A kísérletek teljes időszakra vonatkozó tojástermelési intenzitás, tojástömeg, napi tojástömeg nem különbözött szignifikánsan egyik kísérletben sem a két etetési rendszer összehasonlítása során (P>0,05). A kísérletben az osztott etetés szignifi-

5. táblázat | Tojástermelési jellemzők a kísérletben (átlag ± SEM)

Kezelés*	Tojástermelési intenzitás (%)	Tojástömeg (g)	Napi tojástömeg (g/nap/tyúk)	Takarmányértékesítés (kg/kg)
K	98,5 ± 0,4	60,1 ± 0,6	59,1 ± 0,6	1,93 ± 0,01
O	98,0 ± 0,2	60,3 ± 0,7	59,0 ± 0,7	1,83 ± 0,02
P érték	NS**	NS	NS	<0,001

* K – hagyományos etetés (kontroll), O – osztott etetés; n = 23/kezelés

** NS – nem szignifikáns (P>0,05)

kánsan kedvezőbb takarmányértékesítést eredményezett a hagyományos etetéshez képest (P<0,001).

A kísérlet végén vételezett 30 darab tojásból mért tojásmínőségi paramétereket a 6. táblázat tartalmazza. Ezek az eredmények különbözhetnek az 5. táblázatban látható eredményektől, mert ott az egész kísérletre vonatkozó átlageredményeket mutatjuk be. Az osztott etetés hatására szignifikánsan nagyobb tojánhéjvastagság alakult ki a kontrollkezeléshez képest (P<0,05). A többi paraméter nem mutatott igazolható különbségeket, így a tojánhéj vastagságának növekedése szignifikánsan nagyobb tojánhéjszilárdságot sem eredményezett.

A tojótyúkok napi N-felvétele az osztott etetés során szignifikánsan kisebb volt a hagyományos etetéshez képest (P<0,001; 7. táblázat). A két csoportban hasonló volt a N-retenció átlaga, így az osztott kezelés hatására szignifikánsan kisebb N-emissziót eredményezett (P<0,05).

Az ürülék szárazanyag-tartalmában nem, de az ürülék különböző N-formáiban, továbbá az összes N-tartalom-ban is szignifikáns különbségeket mutattunk ki a kísérlet

3. táblázat | Napi energia- (AMEn) és nyersfehérje-felvétel a kísérletben (átlag ± SEM)

Kezelés*	AMEn-felvétel (kJ/nap/állat)			Nyersfehérje-felvétel (g/nap/állat)		
	Délelőtt	Délután	Összes	Délelőtt	Délután	Összes
K	506,9 ± 3,9	776,3 ± 6,1	1283,3 ± 10,1	7,0 ± 0,1	10,8 ± 0,1	17,8 ± 0,1
O	494,5 ± 4,8	705,7 ± 4,6	1200,2 ± 9,1	6,7 ± 0,1	9,3 ± 0,1	16,0 ± 0,1
P érték	NS**	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

* K – hagyományos etetés (kontroll), O – osztott etetés; n = 23/kezelés

** NS – nem szignifikáns (P>0,05)

4. táblázat | Napi kalcium- és foszforfelvétel a kísérletben (átlag ± SEM)

Kezelés*	Kalciumfelvétel (g/nap/állat)			Foszforfelvétel (mg/nap/állat)		
	Délelőtt	Délután	Összes	Délelőtt	Délután	Összes
K	1,66 ± 0,01	2,54 ± 0,02	4,20 ± 0,03	207,2 ± 1,6	317,4 ± 2,5	524,8 ± 4,1
O	1,31 ± 0,01	2,74 ± 0,02	4,05 ± 0,03	197,3 ± 1,9	298,9 ± 2,0	496,1 ± 3,8
P érték	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

* K – hagyományos etetés (kontroll), O – osztott etetés; n = 23/kezelés

6. táblázat | Tojásmínőség-paraméterek a kísérlet végén (40. élethét; átlag ± SEM)

Paraméter	Kezelés		P _{érték}
	Kontroll	Osztott	
Tojástömeg (g)	59,18 ± 0,87	60,15 ± 0,97	NS***
Tojánhéjszilárdság (kgf)*	5,04 ± 0,29	5,31 ± 0,17	NS
Tojánhéjvastagság (mm)	0,39 ± 0,07	0,42 ± 0,07	<0,05
Sűrűfehérje-magasság (mm)	6,01 ± 0,23	6,49 ± 0,21	NS
Haugh-egység	76,31 ± 1,92	79,67 ± 1,61	NS
Sárgája szín**	14,71 ± 0,11	14,61 ± 0,10	NS
Sárgája magasság (mm)	15,52 ± 0,28	15,35 ± 0,17	NS
Sárgája átmérő (mm)	41,58 ± 0,56	41,47 ± 0,67	NS
Sárgája index	0,37 ± 0,01	0,37 ± 0,01	NS

* kgf – kilogramm törőerő

** tojássárgája színérték a DSM Yolk Color Fan skála alapján (1–16); lásd: <https://www.dsm-firmenich.com/anh/products-and-services/tools/yolkfan.html>

*** NS – nem szignifikáns (P>0,05); n = 24/kezelés

7. táblázat | Nitrogénfelvétel, -retenció és -emisszió (átlag ± SEM)

Kezelés*	N-felvétel (g/nap/állat)	N-retenció (%)	N-emisszió (g/nap/állat)
K	2,80 ± 0,02	42,93 ± 1,00	1,60 ± 0,26
O	2,51 ± 0,02	40,52 ± 0,80	1,49 ± 0,28
P _{érték}	<0,001	NS**	<0,05

* K – hagyományos etetés (kontroll), O – osztott etetés; n = 23/kezelés

** NS – nem szignifikáns (P>0,05)

során (8. táblázat). Az osztott etetés szignifikánsan csökkentette az ürülékben a bélsár-N, NH₄⁺-N, húgysav-N, vizelet-N és az összes N koncentrációját a kontrollal összehasonlítva.

Kiszámítottuk a kísérleti takarmánykeverékek árát. A hagyományos, kontroll-takarmánykeverék ára csak az alapanyagok árával számolva 108,97 Ft/kg lenne a jelenlegi alapanyagárakkal kalkulálva. Az osztott technológia délelőtti keveréke 110,48 Ft/kg-ba, a délutáni pedig 100,10 Ft/kg-ba kerülne. A napi adagban a délelőtti táp 40 százalékban, a délutáni pedig 60 százalékban szere-

pelt, így a napi keverék ára 104,25 Ft/kg lenne, ami 4,72 Ft/kg különbség az osztott keverék javára. A kísérletben az egy állat által elfogyasztott takarmány ára a tizenkét hét folyamán a kontrollcsoportban (114 g/nap takarmányfogyasztás) 1034 Ft/állat, az osztott etetés során (107,8 g/nap takarmányfogyasztás) pedig 944 Ft/állat.

A vizsgálati eredmények értékelése

A kísérletben elért eredményeinkkel összhangban egyes szerzők az osztott takarmányozási rendszerben a tojótúkok csökkent napi takarmányfelvételét igazolták (Leeson–Summers 1978; Lee–Ohh 2002). A délelőtti időszakban egész szemű búzát alkalmazó osztott etetési rendszer esetében több kutatás szintén kisebb napi takarmányfelvételtől számolt be a kontrollal összehasonlítva (Umar Faruk et al. 2010; Traineau et al. 2013). Az osztott etetési technológia délelőtti keverékének AMEn-tartalma körülbelül 0,3 MJ/kg-mal nagyobb volt, mint a hagyományos keveréké. Az osztott etetésű csoport tyúkjainak kisebb takarmányfelvétele a délelőtti folyamán kompenzálta ezt a nagyobb energiatartalmat, és a délelőtti energiafelvétel nem különbözött szignifikáns módon a két csoportban. A délutáni folyamán ezt az energián alapuló takarmányfelvétel-kompenzációt nem tapasztaltuk, és a teljes napi energiafelvétel kisebb volt az osztott kezelési csoport esetében. Korábbi kutatások a takarmányfelvétellel hasonlóan szintén kisebb energiafelvételtől számoltak be az osztott technológia esetében a hagyományos takarmányozással összehasonlítva (Leeson–Summers 1978; Lee–Ohh 2002). A délelőtti időszakban egész szemű gabonát alkalmazó, osztott rendszer a délelőtti folyamán nagyobb energiatartalmú takarmány etetését jelenti a délutáni, fehérjében és kalciumban gazdag takarmányhoz képest. Ebben a rendszerben viszont nem különbözött a tojók egész napra számított energiafelvétele a kontrollkezeléssel szemben (Traineau et al. 2013; Umar Faruk et al. 2010). A délelőtti kisebb takarmányfelvétel az energián alapuló kompenzációs mechanizmus alapján az egész szemű gabonás rendszerrel is megfigyelhető volt (Traineau et al. 2013; Umar Faruk et al. 2010). Chah és Moran a szabadon válogató technológiát vizsgálva mutatták ki, hogy a tojótúkok energiafelvétele nagyobb volt a délelőtti folyamán, az ovipozíció

8. táblázat | Az ürülék szárazanyag-tartalma és N-formáinak koncentrációja (átlag ± SEM)

Kezelés*	Szárazanyag (%)	Bélsár-N	NH ₄ ⁺ -N	Húgysav-N	Vizelet-N**	Összes N
		mg/g szárazanyag				
K	20,18 ± 0,62	21,73 ± 0,43	7,12 ± 0,10	21,39 ± 0,20	28,51 ± 0,28	50,24 ± 0,54
O	21,60 ± 0,41	20,53 ± 0,29	6,63 ± 0,10	20,11 ± 0,19	26,75 ± 0,25	47,28 ± 0,47
P _{érték}	NS***	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

* K – hagyományos etetés (kontroll), O – osztott etetés

** NH₄⁺-N és húgysav-N összege

*** NS – nem szignifikáns (P>0,05)

időszakában, illetve amikor az ovulált szik a petevezető infundibulum és magnum részében volt, mint a délutáni és későbbi napszakban (Chah–Moran 1985). Részben ez a megfigyelés is magyarázhatja, hogy modellkísérletünkben a kísérleti állatok az osztott etetés során miért nem kompenzálták nagyobb takarmányfelvétellel a délutáni keverék kontrollnál kisebb energiatartalmát.

A szabadon válogató takarmányozást vizsgáló korai kutatások igazolták, hogy az állatok élettani szükségleteinek megfelelő takarmányválogatás csökkentheti a tojótyúk napi fehérjefelvételét (Leeson–Summers 1978; Chah–Moran 1985). Saját kísérletünkben is megfigyeltük, hogy az osztott etetési rendszerben a délelőtti és a délutáni takarmánykeverékek különböző nyersfehérje-tartalma szintén alkalmas a tojótyúk nyersfehérje-felvételének csökkentésére a hagyományos takarmányozási rendszerhez képest (Leeson–Summers 1978; Lee–Ohb 2002; Los Mozos et al. 2015). Modellkísérletünkben a tyúkok kisebb napi összes nyersfehérje-felvételéhez mind a délelőtti, mind a délutáni fehérjefelvétel szignifikáns csökkenése hozzájárult. Keshavarz vizsgálataiban ugyanezt tapasztalta, amikor egy 16 százalékos nyersfehérjét tartalmazó kontrollkeveréket, valamint osztott etetésben egy 16 százalékos nyersfehérje-tartalmú délelőtti és egy 13 százalékos nyersfehérjeszintű délutáni kísérleti keveréket hasonlított össze (Keshavarz 1998a).

Kísérletünkben az osztott etetési rendszer újdonsága a korábban vizsgált osztott rendszerekhez képest az új nyersfehérje- és aminosavszintek alkalmazása volt, aminosavszinteket korábban ugyanis még nem alkalmaztak. A korábbi, szemes gabonát nem alkalmazó osztott etetési technológiát vizsgáló kísérletekben a délelőtti keverék nyersfehérje-tartalma nagyobb volt a hagyományos etetési rendszer keverékénél (Leeson–Summers 1978; van Emous–Mens 2021; Molnár et al. 2018b; Jahan et al. 2024). Keshavarz vizsgálatai szerint a tojástermelési és tojásmínőségi jellemzők fenntarthatók anélkül, hogy a délelőtti takarmány nyersfehérje-tartalmát megemelnénk (Keshavarz 1998a, 1998b). A szerző azonban nem alkalmazott valódi osztott etetési rendszert kísérletei során, mert a délelőtti és délutáni fázis keverékeinek AME- és Ca-tartalma megegyezett. Saját kísérleteink valódi osztott etetési rendszerben a fehérjeszintek Keshavarz alapján történő beállításán túl (Keshavarz 1998a, 1998b) nyolc esszenciális aminosav SID-koncentrációját optimalizáltuk a kontroll- és az osztott etetési rendszer takarmánykeverékeiben a pontosabb aminosav-ellátás érdekében.

Modellkísérletünkben az osztott etetéssel elért kisebb napi takarmányfelvétel és a hasonló tojástermelési intenzitás miatt kedvezőbb takarmányértékesítést értünk el a hagyományos etetéssel összehasonlítva. Korábbi kutatások kimutatták, hogy az osztott etetéssel nemcsak az étkezési tojást termelő tojótyúk (Los Mozos et al. 2015; Molnár et al. 2018b; Poudel et al. 2022), hanem a brojler szülőpár tojók (van Emous–Mens 2021; van Emous 2023) tojástermelési intenzitása, illetve tojástömege is hasonló

szinten tartható, mint a hagyományos takarmányozási technológiában. Más szerzőknek sikerült trendszerűen jobb tojástermelési intenzitást, illetve szignifikánsan ($P < 0,05$) nagyobb napi termelt tojástömeget kimutatniuk az osztott technológiával etetett tojótyúk esetében a kontrolltakarmányozással összehasonlítva (Jahan et al. 2024). Az osztott etetési rendszerben számos korábbi kísérletben tapasztaltak kedvezőbb takarmányértékesítést a kontrollhoz képest, ami a gyakorlati üzemeltetés során ökonómiai előnyt is biztosíthat (Lee–Ohb 2002; Umar Faruk et al. 2010; Traineau et al. 2013).

A tyúk fehérje- és aminosav-ellátása az általunk is vizsgált osztott etetési rendszerben azon az elméleten alapul, hogy a tojásfehérje és a héjhártya fehérjéinek szintézise nagyobb mennyiségű aminosavat igényel a reggeli ovuláció után (Hiramoto et al. 1990; Muramatsu et al. 1991). A tojás jelenléte a petevezető tojásfehérjét termelő magnum részében megduplázza a fehérjeszintézis sebességét, összehasonlítva a petevezető más részeiben tartózkodó tojással (Hiramoto et al. 1990). Egy szabadon válogató etetést vizsgáló kísérlet során a tojótyúk a nagy energiatartalmú dercés keverék, a fehérjegranulátum és az osztrigahéj közül nagyobb mértékben választották a fehérjegranulátumot, amikor a petesejt a magnumban volt (Chah–Moran 1985). Chah és Moran szabadon válogató és hagyományos etetés összehasonlítása során kétóránként mérték a tojók fehérjefelvételét, amely a korábban ismertetett energiafelvételhez hasonlóan alakult (Chah–Moran 1985). A válogató csoport kísérleti állatai nagyobb mennyiségű fehérjét fogyasztottak, amikor a tojás a magnumban tartózkodott, mint amikor az uterusban.

Érdekes kísérleti eredmény, hogy az osztott etetés során etetett 16 százalékos nyersfehérje-tartalmú délelőtti és 13 százalékos nyersfehérje-tartalmú délutáni takarmány hasonló tojástermelési százalékot, tojástömeget és takarmányértékesítést eredményezett, mint az ellentétes fehérjeszintű keverékek alkalmazása (délelőtti 13 százalékos, délutáni 16 százalékos nyersfehérje-tartalmú keverék) (Keshavarz 1998a). A kísérletben a tojótyúk délutáni fehérjebevitelét mindkét kezelési csoportban nagyobb volt, mivel a délelőtti és a délutáni takarmányfelvétel közel 40:60 százalékos arányban oszlott meg mindkét nyersfehérje-kombináció esetében. A szerző egy másik kísérletében, amikor a délelőtti és délutáni fázis takarmányának 16 és 10 százalékos nyersfehérjeszintjeit cserélte meg, ismét hasonló tojástermelési eredményeket mért a két csoportban. Ebben a kísérletben viszont a 6 százalékos nyersfehérje-különbség elegendő volt a nagyobb fehérjebevitel eléréséhez a délelőtti fázisban, amikor délelőtti 16 százalékos, délutáni pedig 10 százalékos nyersfehérje-tartalmú keveréket etetett, szemben a 10:16 százalékos csoporttal (Keshavarz 1998a).

Modellkísérletünkben – hasonlóan Keshavarz vizsgálatához (Keshavarz 1998a) – a délelőtti és a délutáni periódus eltérő hosszúságához (7 óra – 44 százalék, illetve 9 óra – 56 százalék; összesen tizenhat világos óra – 100

százalék) hasonló arányban kiosztott takarmány mennyisége és a takarmányfelvétel közel 40 és 60 százalék volt mind a kontrollcsoportban, mind az osztott kezelési csoportban. Így a tyúkok fehérjefelvétele nagyobb volt a délutáni kilencórás időszakban nemcsak a kontrollcsoportban, hanem az osztott csoportban is, ahol a délutáni takarmány fehérjekoncentrációja kisebb volt, mint a délelőtti takarmányé. Az osztott csoportban az óránként számított fehérjefelvétel 70 mg/tyúk/óra különbséget mutatott: 960 és 1030 mg/tyúk/óra volt a délelőtti és a délutáni fázisban. A második típusú osztott etetési rendszerben egész szemű gabonát használtak nagyobb energia- és csökkentett fehérjetartalmú délelőtti takarmányként, illetve nagy fehérje- és Ca-tartalmú keveréket délután. A délutáni takarmány nagyobb fehérjekoncentrációja ebben az osztott rendszerben nem volt hatással a tojástermelésre, a tojástömegre, sem a takarmányértékesítésre a hagyományos takarmányozáshoz képest (Umar Faruk et al. 2010).

Ezek a megfigyelések nem támasztják alá azt a hipotézist, miszerint elsősorban a délelőtti megfelelő fehérje- és aminosav-felvétel kulcsfontosságú, vagy elfogadható tojástermelés csak akkor lehetséges, ha a délelőtti szakaszban a fehérje- és aminosav-felvétel nagyobb, mint a délutáni időszakban. Az eredmények azt valószínűsítik, hogy optimális teljesítmény akkor várható, ha a napi fehérje- és aminosav-felvétel megfelelő mennyiségű és minőségű, függetlenül attól, hogy a maximális napi felvétel a reggeli vagy a délutáni időszakban történik. Biológiai ismereteink a tojásképződéssel kapcsolatban szintén ezt erősítik meg. A magnumban előrehaladó, formálódó tojás nyomást gyakorol a nyálkahártyára, és a mirigyek ennek hatására ürítik váladékukat (Péczeley 1987). Egyszerre a nyálkahártyaredők mintegy harmada érintkezik a tojással, és üríti a mirigyait, míg a további kétharmadnyi redő mirigyekben a következő tojásba szekretálódó fehérjék szintézise zajlik. A tojás áthaladását követően elegendő idő, körülbelül huszonöt óra áll rendelkezésre a kiürült mirigyek regenerációjára, új fehérjék szintézisére (Péczeley 1987).

Az osztott etetési technológia egyik nagy előnye, hogy támogatja a tojótyúk délelőtt és délután lényegesen eltérő kalciumigényét. Modellkísérletünkben az osztott etetéssel elért, a kontrollhoz képest kisebb délelőtti és nagyobb délutáni kalciumfelvétel magyarázhatja a vastagabb tojáshéj kialakulását. A tojáshéj képződése a világitási program függvényében általában a késő délutáni, kora esti időszakban kezdődik, ami növeli a kalciumigényt és a rendelkezésre álló Ca^{2+} ion felszívódását (Hurwitz–Bornstein 1963). A héj meszesedésének aktív szakaszaiban a közvetlenül a bélből történő felszívódás által biztosított Ca^{2+} -ellátás hatékonyabb, mint a csontokból történő Ca^{2+} -reszorpció (Farmer et al. 1983). Az osztott etetési csoportban a héjképződés során a kontrollcsoporthoz viszonyítva nagyobb mennyiségű felszívódott Ca^{2+} magyarázhatja modellkísérletünk héjminőségi eredményeit. A korai tanulmányok kimutatták, hogy

az osztott rendszer számottevő pozitív hatással van a tojáshéj vastagságára, törésszilárdságára (Hurwitz–Bar 1969) és a héj deformációjára (Leeson–Summers 1978). Későbbi vizsgálatokban az osztott rendszer hatásai a tojáshéjminőség szempontjából nem egységesek. Nagyobb tojáshéjvastagságot figyeltek meg 83 hetes korú tojótyúkoknál az osztott etetési rendszerben, ahol a tojáshéjképződés időszakában nagyobb kalciumtartalmú takarmányt etettek, mint a hagyományos takarmányozás esetében (Molnár et al. 2018a). Keshavarz viszont nem mutatott ki nagyobb tojáshéjvastagságot a kontrollcsoporthoz képest (3,8 százalék Ca), amikor a tojótyúkok délutáni keverékének Ca-tartalma meghaladta a délelőtti keverékét (délelőtt 2,0 százalék, délután 5,0 százalék) (Keshavarz 1998a). Jahan és munkatársai kísérletében az osztott etetés szintén nem eredményezett vastagabb tojáshéjat a hagyományos etetéssel összehasonlítva (Jahan et al. 2024). Az osztott rendszer nem befolyásolta a tojáshéj minőségét a brojler szülőpár tojással végzett vizsgálatok során sem (van Emous–Mens 2021; van Emous 2023). Hy-Line W-36 tyúkokkal, 60–80 hetes életkorban folytatott kísérletben kisebb százalékban találtak lágy héjú tojásokat az osztott etetésű csoportban, mint a hagyományos kezelési csoportban (Poudel et al. 2022). Idős állománnyal végzett vizsgálatban (72–83. élethét) a repedt vagy sérült tojások százalékos aránya az osztott technológiával etetett tyúkok csoportjában kisebb volt, mint a kontrollcsoportban (Hurwitz–Bar 1969).

Az osztott etetés hatására kimutatott kisebb nyersfehérje- és nitrogénfelvétel kisebb nitrogénemissziót is jelentett modellkísérletünkben. Leeson és Summers korai kísérletében az osztott takarmányokkal etetett tojótyúkok N-felvétele szintén kisebb volt, mint a hagyományos takarmánnyal etetett madarak esetében (Leeson–Summers 1978). A takarmányok nyersfehérje-tartalmának és a tojótyúkok nyersfehérje-/nitrogénfelvételének csökkentése az egyik leghatékonyabb technika a baromfitelek teljes nitrogén- és ammóniakibocsátásának csökkentésére. A takarmány-nyersfehérje minden 1 százalékos csökkenése a N-kiválasztás körülbelül 10 százalékos csökkenéséhez vezethet (Santonja et al. 2017). Saját kísérletünkben a kisebb N-felvétel hasonló N-retenció mellett a tojótyúkok napi N-emissziójának 7 százalékos csökkenéséhez vezetett az osztott csoportban a kontrollcsoporthoz képest. Szabadon válogató takarmányozás során a külön energia-, fehérje- és Ca-forrás választási lehetősége egyaránt csökkentette a teljes N-felvételt, -retenciót és -kibocsátást (Chah–Moran 1985). A délelőtti és délutáni osztott takarmányok 16:10 százalékos nyersfehérje-koncentrációja csökkentette a teljes fehérje- és N-felvételt, valamint növelte az állatok N-retencióját a 16 százalék nyersfehérje-tartalmú kontrolltakarmányokhoz képest (Keshavarz 1998b). A baromfitrágyából felszabaduló ammónia nagy része a vizelet N-ből (NH_4^+ -N + húgysav-N) származik, és a húgysav lebontása a fő ammóniaforrás (Santoso et al. 1999). A tojótyúkok által az ürülékben kibocsátott N-formák részletes értékelését

osztott rendszerben saját kísérletünket megelőzően még nem írták le. Eredményeink azt mutatták, hogy az osztott rendszer nemcsak az összes ürített N mennyiségét csökkentette, hanem az $\text{NH}_4^+\text{-N}$ és a húgysav-N összegből származó vizelet-N koncentrációjának csökkenésével az ürülék összetétele is kedvezőbbé vált a hagyományos takarmányozáshoz képest.

Kísérletünkben a takarmány 1 kilogrammjára kimutott 4,72 Ft/kg árkülönbőség a hagyományos keverék árához viszonyítva 4,33 százalékos csökkenést jelent az osztott táp javára, ami nagyon nagy mértékű csökkenést jelent a gyakorlatban. Ilyen mértékű árcsökkenés a hagyományos takarmányozási rendszer esetében a táp receptúrájának módosításával, különböző adalék és kiegészítő anyagok segítségével csak ritkán érhető el (például csökkentett nyersfehérje-tartalmú tápok esetén). Egy friss publikáció a témában (Hwang *et al.* 2025) az általunk kimutatott takarmányköltség-csökkenést kismértékben meghaladó, 6 százalékos csökkenést mutatott ki az osztott táp javára a hagyományossal összehasonlítva, ami szintén kiemeli és megerősíti a technológia alkalmazásának gazdasági hatékonyságát.

A termelők egy részénél minden bizonnyal megnehezíti a technológia melletti döntést, hogy külön beruházási igénnyel rendelkezik. Az osztott technológia alkalmazásának előfeltétele, hogy az istállók mellett kialakításra kerüljön két takarmánytároló siló és behordórendszer a kétféle takarmánykeverék etetéséhez. Egy már meglévő, hagyományos rendszer esetében ez egy extra siló felállítását jelenti, amelynek költségei egy közepes méretű tojótelepnél az osztott rendszer gazdasági előnyeit kihasználva körülbelül egy év alatt megtérülhetnek. Véleményünk szerint mégsem a beruházásigény a legfőbb gátja a technológia terjedésének, inkább az, hogy a termelők nem rendelkeznek elegendő megbízható információval a rendszerről. A jövőben több, a termelőket közvetlenül elérő előadásra, fórumra és újságcikkre volna szükség az osztott etetési technológia előnyeinek népszerűsítése érdekében.

Összefoglalásul elmondható, hogy a vizsgált új osztott takarmányozási rendszer feljavított ketreces technológiában, a csúcstermelés időszakában (29–40. élethét) kisebb takarmányfelvétel mellett a hagyományos takarmányozási technológiával megegyező tojástermelési intenzitást és tojástömeget, így kedvezőbb takarmányértékesítést biztosít. Az osztott rendszerben termelő tojóttyúkوك kisebb nitrogénfelvételük miatt kevesebb nitrogént bocsátanak ki a környezetükbe, mint a hagyományos takarmányozásban részesülők, illetve az ürülékben jelen lévő nitrogénformák koncentrációja az ammóniaemisszió szempontjából kedvezőbb a kisebb koncentrációban jelen lévő vizelet-nitrogén miatt.

Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program doktori hallgatói ösztöndíj

programjának keretében, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap szakmai támogatásával készült (KDP-6-3/PALY-2021).



Irodalomjegyzék

- Ahmadi, H. & Rodehutsord, M. (2012) A meta-analysis of responses to dietary nonphytate phosphorus. *Poultry Science*, Vol. 91. No. 8. pp. 2072–2078. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02193>
- AKI – Agrárközgazdasági Intézet / Research Institute of Agricultural Economics (2021) The poultry sector in Hungary. A report update. <http://repo.aki.gov.hu/3856>
- Bregendahl, K., Sell, J. L. & Zimmerman, D. R. (2002) Effect of Low-Protein Diets on Growth Performance and Body Composition of Broiler Chicks. *Poultry Science*, Vol. 81. No. 8. pp. 1156–1167. <https://doi.org/10.1093/ps/81.8.1156>
- Chah, C. C. & Moran, E. T. (1985) Egg Characteristics of High-Performance Hens at the End of Lay When Given Cafeteria Access to Energy, Protein, and Calcium. *Poultry Science*, Vol. 64. No. 9. pp. 1696–1712. <https://doi.org/10.3382/ps.0641696>
- Emous, R. A. van (2023) Effects of Feeding Strategies during Lay on Broiler Breeder Production Performance, Eggshell Quality, Incubation Traits, and Behavior. *Poultry Science*, Vol. 102. No. 6. Article No. 102630. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102630>
- Emous, R. A. van & 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. *Poultry Science*, Vol. 100. No. 11. Article No. 101419. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101419>
- FAO (2022) World Food and Agriculture Statistical Yearbook 2022. FAO, Rome.
- Farmer, M., Roland, D. A. & Eckman, M. K. (1983) Calcium Metabolism in Broiler Breeder Hens. 2. The Influence of the Time of Feeding on Calcium Status of the Digestive System and Eggshell Quality in Broiler Breeders. *Poultry Science*, Vol. 62. No. 3. pp. 465–471. <https://doi.org/10.3382/ps.0620465>
- 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. *Poultry Science*, Vol. 77. No. 10. pp. 1481–1487. <https://doi.org/10.1093/ps/77.10.1481>
- Gunaratne, S. P. & Boorman, K. N. (1996) Egg-Shell Deposition and Blood Plasma Inorganic Phosphorus Concentration in Individual Laying Hens. *Poultry Science*, Vol. 37. No. 1. pp. 213–222. <https://doi.org/10.1080/00071669608417849>
- Heo, Y.-J., Park, J., Kim, Y.-B., Kwon, B.-Y., Kim, D.-H., Song, J.-Y. & Lee, K.-W. (2023) Effects of Dietary Protein Levels on Performance, Nitrogen Excretion, and Odor Emission of Growing Pullets and Laying Hens. *Poultry Science*, Vol. 102. No. 8. Article No. 102798. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102798>
- Hiramoto, K., Muramatsu, T. & Okumura, J. (1990) Protein Synthesis in Tissues and in the Whole Body of Laying Hens during Egg Formation. *Poultry Science*, Vol. 69. No. 2. pp. 264–269. <https://doi.org/10.3382/ps.0690264>
- Hurwitz, S. & Bar, A. (1969) Intestinal Calcium Absorption in the Laying Fowl and Its Importance in Calcium Homeostasis. *The*

- American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 22. No. 4. pp. 391–395. <https://doi.org/10.1093/ajcn/22.4.391>
- Hurwitz, S. & Bornstein, S. (1963) The effect of calcium and phosphorus in the diet of laying hens on egg production and shell quality. *The Israel Journal of Agricultural Research*, Vol. 13. No. 4. pp. 147–154.
- Hwang, H.S., Lim, C., Eom, J., Cho, S., & Kim, I.H. (2025) Split-feeding as a sustainable feeding strategy for improving egg production and quality, nutrient digestibility, and environmental impact in laying hens. *Poultry Science*, Vol. 104, No. 6, Art. 105100. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105100>.
- Hy-Line (2014) Management Guide – Commercial Layers. <https://www.melbournroyal.com.au/media/2304/hy-line-brown-management-guide-commercial-layers.pdf>
- 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. *Applied Science*, Vol. 14. No. 5. Article No. 2163. <https://doi.org/10.3390/app14052163>
- 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. *Poultry Science*, Vol. 77. No. 9. pp. 1320–1332. <https://doi.org/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. *Poultry Science*, Vol. 77. No. 9. pp. 1333–1346. <https://doi.org/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 Journal of Poultry Science*, Vol. 29. No. 3. pp. 195–204. <https://koreascience.kr/article/JAKO200211921373296.page>
- Leeson, S. & Summers, J. D. (1978) Voluntary Food Restriction by Laying Hens Mediated through Dietary Self-selection. *British Poultry Science*, Vol. 19. No. 4. pp. 417–424. <https://doi.org/10.1080/00071667808416496>
- Los Mozos, J. de, Navarro-Villa, A. & García-Ruiz, A. I. (2015) Split Feeding System Reduces Second Grade Eggs in the Late Production Phase of Laying Hens. In: Proceedings of the 20th European Symposium on Poultry Nutrition, Prague, Czech Republic, 24–27 August 2015. World's Poultry Science Association (WPSA). <https://zenodo.org/records/10440441>
- 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. *Poultry Science* Vol. 62 No. 10, pp. 2099–2105. <https://doi.org/10.3382/ps.0622099>
- Molnár, A., Hamelin, C., Delezie, E. & Nys, Y. (2018a) Sequential and Choice Feeding in Laying Hens: Adapting Nutrient Supply to Requirements during the Egg Formation Cycle. *World's Poultry Science Journal*, Vol. 74. No. 2. pp. 199–210. <https://doi.org/10.1017/S0043933918000247>
- 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. *Poultry Science*, Vol. 97. No. 1. pp. 88–101. <https://doi.org/10.3382/ps/pex255>
- Muramatsu, T., Hiramoto, K. & Okumura, J. (1991) Changes in ovalbumin and protein synthesis in vivo in the magnum of laying hens during the egg formation cycle. *Comparative Biochemistry and Physiology. B: Comparative Biochemistry*, Vol. 99. No. 1. pp. 141–146. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(91\)90019](https://doi.org/10.1016/0305-0491(91)90019)
- National Research Council (NRC) (1994) Nutrient requirements of poultry. 9th revised edition. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nys, Y. & Guyot, N. (2011) Egg Formation and Chemistry. In: Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products. Egg Chemistry, Production and Consumption. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. pp. 83–132. <https://doi.org/10.1533/9780857093912.2.83>
- 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. *Poultry Science*, Vol. 39. No. 2. pp. 426–432. <https://doi.org/10.3382/ps.0390426>
- OECD–FAO (2023) OECD–FAO Agricultural Outlook 2023–2032. OECD Publishing, Paris.
- 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 Abstracts, Denver, CO, USA, 2–6 November. ASA-CSSASSSA:Madison, WI, USA, pp. 25–29
- Péczely P. (1987) A madarak szaporodásbiológiája. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- 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. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 283. Article No. 115153. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115153>
- Réhault-Godbert, S., Guyot, N. & Nys, Y. (2019) The Golden Egg: Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health. *Nutrients*, Vol. 11. No. 3. Article No. 684. <https://doi.org/10.3390/nu11030684>
- Santonja, G. S., Georgitzikis, K., Scalet, B. M., Montobbio, P., Roudier, S. & Delgado, S. L. (2017) Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). Science for Policy report by the Joint Research Centre (JRC) of the European Commission. Publications Office of the European Union, Luxembourg. https://bureau-industrial-transformation.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/JRC107189_IRPP_Bref_2017_published.pdf
- Santoso, U., Ohtani, S., Tanaka, K. & Sakaida, M. (1999) Dried *Bacillus Subtilis* Culture Reduced Ammonia Gas Release in Poultry House. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Vol. 12. No. 5. pp. 806–809. <https://doi.org/10.5713/ajas.1999.806>
- Shim, M. Y., Song, E., Billard, L., Aggrey, S. E., Pesti, G. M. & Sodsee, P. (2013) Effects of Balanced Dietary Protein Levels on Egg Production and Egg Quality Parameters of Individual Commercial Layers. *Poultry Science*, Vol. 92. No. 10. pp. 2687–2696. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02569>
- Traineau, M., Bouvarel, I., Mulsant, C., Roffidal, L., Launay, C. & Lescoat, P. (2013) Effects on performance of ground wheat with or without insoluble fiber or whole wheat in sequential feeding for laying hens. *Poultry Science*, Vol. 92. No. 9. pp. 2475–2486. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02871>
- 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. *Poultry Science*, Vol. 89. No. 4. pp. 785–796. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00360>