

Alternatív tojótyúk takarmányozási rendszerek lehetőségei és korlátai

Possibilities and limitations of alternative feeding systems for laying hens

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

ÖSSZEFOGLALÁS

A tojótyúkok általánosan elterjedt hagyományos takarmányozási rendszerében az állatok a nap folyamán azonos táplálóanyag-tartalmú, általában dercés formájú, teljes értékű takarmánykeveréket fogyasztanak. Az alternatív takarmányozási rendszerek közé a szabadon válogató ("*free-choice feeding*" vagy "*cafeteria feeding*"), az egész szemű gabonás keveréket alkalmazó ("*loose-mix feeding*") és a szakaszos vagy osztott ("*sequential feeding*" vagy "*split feeding*") takarmányozási technológia tartozik. Az alternatív rendszerek segítségével a napi tojásképződési folyamat változó táplálóanyag és Ca-szükséglete pontosabban kielégíthető, a tojótyúknak bizonyos esetekben lehetősége van az energia-, fehérje- és Ca-források közötti szelekcióra. Az egész szemű gabonát alkalmazó technológiákban kihasználhatók az egész gabonaszemeknek a zúzógyomor kedvezőbb működése által biztosított emésztés-élettani előnyei, illetve a helyben megtermelt gabona felhasználásával csökkenthető a gabonafélék szállításához és őrléséhez szükséges energia. A kutatások eredményei szerint az alternatív technológiák alkalmasak lehetnek a tojótyúk takarmányozás termelési és gazdasági hatékonyságának növelésére, egyes környezetterhelési hatásainak mérséklésére.

Kulcsszavak: alternatív takarmányozás, tojótyúk, tojástermelés, osztott rendszer, Ca-ellátás

SUMMARY

In conventional feeding systems commonly used for laying hens, the animals consume a nutritionally balanced, typically mash-form complete diet with uniform nutrient content throughout the day. Alternative feeding systems include **free-choice feeding (cafeteria feeding)**, **loose-mix feeding** using whole grains, and **sequential or split feeding** technologies. The so-called free-choice system offers two or three feeds to the bird at the same time in separate feeders. The hens can choose between whole or ground grains, protein concentrate and different forms of feed limestone or other calcium sources according to their needs. The technology can be used on small farms because the simultaneous use of multiple feeders is not possible in large-scale operations. In the so-called "loose-mix" feeding system, whole grain is fed mixed with a complete feed mixture or protein concentrate. The benefits demonstrated using this technology are largely due to the digestive-physiological effects of whole grain. In a sequential or split feeding system, morning and afternoon feeds with different compositions are distributed in the same trough and may be the most suitable alternative system for large-scale layer farms. Two types of split feeding systems have been developed. In the first type of split feeding without the use of whole grains, a high energy, high protein, and low Ca diet is fed in the morning, while a low energy, low protein, and high Ca diet is offered in the afternoon. The other concept of the split system combines a high energy-low protein diet in the morning and a high protein-high Ca mixture in the afternoon. The high energy-low protein morning diet is usually whole wheat or another whole grain. These alternative systems can more precisely meet the varying nutrient and calcium requirements associated with the daily egg formation process. Technologies utilizing whole grains can take advantage of the digestive physiological benefits provided by improved gizzard function and allow for the use of locally produced grains, which reduces the energy needed for transportation and grinding. According to research findings, alternative feeding technologies may be suitable for improving the **productive and economic efficiency** of layer feeding and for mitigating certain **environmental impacts**.

Keywords: alternative feeding, laying hen, egg production, split feeding, calcium supply

1. Bevezetés

Az étkezési tojást termelő tojótyúkok általánosan elterjedt hagyományos takarmányozási rendszerében a nap folyamán azonos táplálóanyag-tartalmú, általában dercés formájú, teljes értékű takarmánykeveréket fogyasztanak az állatok. Ebben a hagyományos rendszerben a tyúkok takarmányfogyasztását főként az energia felvételük szabályozza, de nagy tojástermelési heterogenitás vagy nagymértékben változó környezeti hőmérséklet esetén a fehérje és a kalcium (Ca) túl- vagy alulfogyasztása fordulhat elő (Bouvaere és mtsai, 2011). Az alternatív takarmányozási rendszerek közé a szabadon válogató (*"free-choice feeding"* vagy *"cafeteria feeding"*), az egész szemű gabonás keveréket alkalmazó (*"loose-mix feeding"*) és a szakaszos vagy osztott (*"sequential feeding"* vagy *"split feeding"*) takarmányozási technológia tartozik (Molnár és mtsai, 2018b). Az alternatív rendszerek lehetőséget adnak a napi tojásképződési folyamat változó táplálóanyag és Ca-szükségletének pontosabb kielégítésére, bizonyos esetekben az energia-, fehérje- és Ca-források közötti szelekcióra. Az egész szemű gabonát alkalmazó technológiákban kihasználhatók az egész gabonaszemeknek a zúzógyomor kedvezőbb működése által biztosított emésztés-élettani előnyei, illetve a helyben megtermelt gabona felhasználásával csökkenthető a gabonafélék szállításához és őrléséhez szükséges energia. A kutatások eredményei szerint az alternatív technológiák alkalmasak lehetnek a tojótyúk takarmányozás termelési és gazdasági hatékonyságának növelésére, egyes környezetterhelési hatásainak mérséklésére.

2. A tojásképződés fontosabb élettani folyamatai

A tojótyúkok általában 24–26 óránként képesek tojást tojni, a tojásképződés átlagos ideje házi tyúkokban 24,5 óra. A folyamat első szakasza a petefészekben zajló tüszőfejlődés, amelynek során a fehérjékben és lipidekben gazdag szikanyag beépül az oocytába (Péczeley, 1987). A szikanyagok szintézise (*vitellogenesis*) a májban történik, a pubertás időszakától intenzíven termelődő ösztrogén hormon hatására. A szikanyag nagy részét kitevő lipoproteinek, pl. a nagyon kis sűrűségű lipoprotein (VLDL) és a vitellogenin (VTG) folyamatosan képződnek a májban, majd a vérplazmában szállítódva jutnak a petefészekbe, ahol az egyes molekulákat az oocyta receptor-közvetített endocitózissal veszi fel (Schneider, 2009). A szikanyag szintézise a tojótyúk számára nagy energiaigénnyel jár, az intenzív tüszőfejlődés időszakában a madár által felvett energia akár 40-50%-a is erre a célra használandó fel (Péczeley, 1987).

Az ovuláció során felszabaduló oocyta a petevezető tölcser (*infundibulum*) szakaszán keresztül a fehérjemirigybe (*magnum*) jut. A fehérjemirigy felelős a tojásfehérje (*albumen*) nagy hányadának termeléséért a véráram útján a szervbe folyamatosan transzportálódó aminosavakból (Péczeley, 1987). Az itt található csöves mirigyek valamennyi sejtje képes az albument alkotó közel 50 fehérje szintézisére és szekréciójára. A sejtekben a szintetizált fehérjék 1-2 napos tárolása is lehetséges (Péczeley, 1987). A fejlődő tojás ezt követően a szűkületbe (*isthmus*) kerül, ahol kialakul a héjhártya, a külső héjhártya rostjainak kereszteződéseiben a szerves mamilla magokkal, amelyek a meszesedés kiinduló pontjaiként szolgálnak (Sinclair-Black és mtsai, 2023). A tojás a szűkületet elhagyva a petevezető

hémirigy (*uterus*) részébe jut, ahol 19-20 órát tölt. A hémirigyben három fázisban jön létre a mintegy 5g Ca-karbonátot tartalmazó tojáshéj. A héjképződés első, kb. 5 órán át tartó fázisában a Ca-karbonát kezdődő lerakódásával párhuzamosan víz és fehérjék is bejutnak a héjhártyán át a tojásfehérjébe (Nys és Guyot, 2011). A második, intenzív meszesedési időszak kb. 10-13 órát jelent, majd a meszesedés befejező fázisa mintegy 1,5 óra hosszan tart. A Ca-karbonát képződése a hémirigy lumenében történik a Ca^{2+} és a hidrogénkarbonát (HCO_3^-) ionok egyesülése útján (Péczely, 1987). A Ca^{2+} a vérplazmából jut az uterus üregébe, míg a hidrogénkarbonát ion vagy a vérből transzportálódik, vagy a hémirigy sejtjeiben képződött széndioxidból helyben jön létre (Sinclair-Black és mtsai, 2023). A mészhéj külső rétegére rakódó, szervetlen (hidroxil-apatit) és szerves (glikoproteidek és lipidok) anyagokból álló kutikula nagy részben a héjképződés utolsó 1,5-2 órájában jön létre (Péczely, 1987).

A madaraknak két különböző Ca-forrás áll rendelkezésükre a tojáshéj képzéséhez (Péczely, 1987). A meszes héjba beépülő kb. 2g Ca^{2+} 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^{2+} a csontokba kerül és raktározódik a medulláris állományban, illetve a vesék kiválasztják és kiürül a szervezetből (Nys és Guyot, 2011). A tojáshéj meszesedésének megindulásakor a bél Ca- abszorpciója fokozódik, a Ca a tojócsőbe szállítódik. A vérplazma Ca^{2+} szintjének ilyenkor tapasztalt csökkenése maga után vonja a parathormon koncentrációjának növekedését és hatására a medulláris csontszövetben a csontbontó osteoclastok aktivitásának fokozódását, a Ca-transzport megindulását az uterus felé (Péczely, 1987). A sötét periódus kezdetén megszűnik a takarmányfelvétel és a bélcső Ca-tartalma a takarmányfelvétel befejezését követően 4-5 órával felszívódik vagy a bélsárral kiürül. A tojáshéj meszesedési fázisának ebben az utolsó részében már csak a csontokból származó Ca járul hozzá a mészhéj képződéséhez (Sinclair-Black és mtsai, 2023). A héj meszesedésének aktív szakaszaiban közvetlenül a bélből történő felszívódás által biztosított Ca^{2+} -ellátás hatékonyabb, mint a csontokból történő Ca^{2+} -reszorpció (Peganova és Eder, 2002).

3. Szabadon válogató takarmányozási rendszer ("free-choice feeding", "cafeteria feeding")

Az un. szabadon válogató rendszer két vagy három takarmányt kínál a madárnak külön-külön etetőekben egyszerre. A tyúkok szükségleteiknek megfelelően választhatnak az egész szemű vagy darált gabonák, a fehérjekoncentrátum és a különböző takarmánymész formák vagy egyéb Ca-források között (Robinson, 1985; Chah és Moran, 1985; Forbes és Covasa, 1995). A kétféle takarmány esetén az egyiknek egy energiában és fehérjében gazdag, Ca-ban szegény keveréknek, a másiknak egy nagy Ca-tartalmú kiegészítőnek kell lennie (Leeson és Summers, 1979). Chah (1972) kísérletében a hagyományos takarmányozási technológiát egy olyan szabadon válogató rendszerrel hasonlította össze, amelyben a tojóttyúkoknak egy energiában és fehérjében, illetve egy Ca-ban gazdag takarmányt kínált fel egy időben (1. ábra). A hagyományos, kontroll takarmányozáshoz képest a szabadon válogató madarak energia és fehérje felvétele a délelőtti folyamán

1. ábra: A tojtyúk energia-, fehérje- és Ca-felvétele a nap folyamán a hagyományos (kontroll) és a szabadon válogató (EP Ca) technológiában (Chah, 1972)

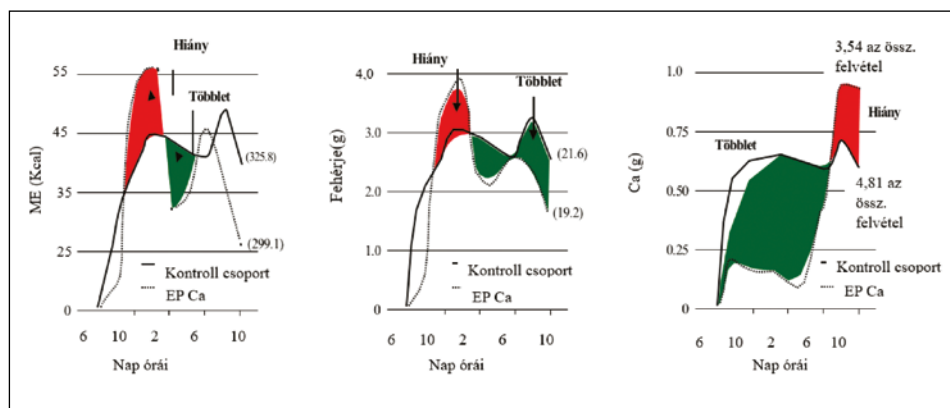


Figure 1: Energy, protein and calcium intake of laying hens during the day in the conventional (control) and free-choice (EP Ca) feeding technologies (Chah, 1972)

nagyobb, délután pedig kisebb volt. A Ca esetében ezzel szemben délelőtt jóval kisebb, délután viszont jóval több felvétel volt kimutatható. A szabadon válogató madarak napi összes energia felvétele 11, fehérje felvétele 8, Ca-felvétele 26%-kal volt kisebb a kontroll csoport értékeinél. A kísérlet alapján elmondható, hogy a mindig azonos összetételű takarmánykeverék a hagyományos takarmányozási technológiában a délelőtt folyamán energia- és fehérjehiányt, a délután folyamán viszont Ca-hiányt alakít ki a tojtyúk szervezetében. Az energia-, fehérje- és Ca-felvétel alakulása a kísérletben összefüggésben lehetett a tojásképződés szükségleteinek dinamikájával.

A kísérlet eredményei szerepet játszottak a későbbiekben az osztott technológia szemes gabonát nem alkalmazó típusának kialakításában is, amikor a vizsgálatok során a délelőtti keverékek a hagyományosnál nagyobb energia és fehérje, illetve kisebb Ca-tartalommal, a délutániak pedig kisebb energia és fehérje, de nagyobb Ca-koncentrációval kerültek összeállításra.

A technológia kisgazdaságokban alkalmazható, mert többféle etető egyidejű alkalmazása a nagyüzemben nem megoldható. Az összegyűlt tapasztalatok szerint a tojtyúkoknak maximum háromféle takarmányt érdemes kínálni, amelyeknek táplálóanyag és Ca szintben határozottan különbözniük kell (Molnár és mtsai, 2018b). A gabonák egész szemes formában is etethetők, többféle gabona is összekeverhető. A vitamin és a mikroelem forrásokat nem ajánlott szétválasztani. Fontos a megfelelő etető férőhely biztosítása és még a tojóidőszak megkezdése előtt, kb. a 15. héttől érdemes a technológiához való hozzászoktatás elindítása (Molnár és mtsai, 2018b). A szakirodalom alapján a szabadon válogató takarmányozás a hagyományos takarmányozáshoz képest a legtöbb esetben hasonló vagy jobb tojástermelési teljesítményt, vagy tojásmínőséget eredményezett (1. táblázat). Karunajeewa (1978) nagyobb tojástömegről, kisebb takarmányfelvételtől és kedvezőbb takarmányértékesítésről számolt be fehérjekoncentrátumot és egész szemű búzát felhasználó szabadon válogató rendszer esetében a ha-

gyománys technológiával való összehasonlításban. Hasonlóképpen *Leeson és Summers* (1979) a kontroll takarmánykeveréket (11,7 MJ/kg AME, 17,1% nyersfehérje, 3,0% Ca) fogyasztó csoporthoz képest kisebb takarmányfelvételt és nagyobb tojástömeget és hasonló tojástermelési %-ot mutatott ki a szabadon válogató csoportban, amikor a tyúkoknak egyidejűleg nagy energiájú és fehérjetartalmú, alacsony Ca-tartalmú takarmányt (12,8 MJ/kg AME; 19,2% nyersfehérje, 0,47% Ca) és kis energiájú és fehérjetartalmú, emelt Ca-tartalmú takarmányt kínált (7,28 MJ/kg AME; 10,7% nyersfehérje, 13,1% Ca).

1. táblázat: A szabadon válogató takarmányozás hatása a tojástermelési paraméterekre a hagyományos takarmányozással összehasonlítva

Irodalmi forrás (1)	Tojás termelés (%) (2)	Tojás súly (g) (3)	Tojás súly (g/nap) (4)	Tak. felvétel (g/nap) (5)	Energia felvétel (MJ/tyúk) (6)	Fehérje felvétel (g/tyúk) (7)	Ca-felvétel (g/tyúk) (8)	FCR (kg/kg) (9)
<i>Karunajeewa</i> (1978)	na (10)	+ (11)	na	- (12)	na	na	na	-
<i>Leeson és Summers</i> (1979)	= (13)	+	na	-	-	-	+	na
<i>Farrell és mtsai</i> (1981)	=	=	na	-	-	=	na	-
<i>Tauson és Elwinger</i> (1986)	=	+	+	na	na	na	na	na
<i>Chah és Moran</i> (1985)	=	=	na	=	-	-	-	na
<i>Olver és Malan</i> (2000)	=	+	na	=	-	-	+	-

-: szignifikáns csökkenés ($p < 0,05$); +: szignifikáns növekedés ($p < 0,05$); =: nincs szignifikáns különbség ($p > 0,05$); na: nincs adat; FCR: takarmány-értékesítés

Table 1: Effects of free-choice feeding on egg production traits compared to conventional feeding reference (1); egg production (%) (2); egg weight (g) (3); egg mass (g/day) (4); feed intake (g/day) (5); energy intake (MJ/hen) (6); protein intake (g/hen) (7); Ca-intake (g/hen) (8); feed conversion ratio (kg/kg) (9); no data (10); significant increase ($p < 0.05$) (11); significant decrease ($p < 0.05$) (12); no significant effect ($p > 0.05$) (13)

Chah és Moran (1985) az állatoknak külön-külön kínált darált kukorica alapú energiaforrást (11,7 MJ/kg AME, 8% nyersfehérje; 0,75% Ca), pelletált fehérje koncentrátumot (50% nyersfehérje, 10,46 MJ/kg AME, 0,2% Ca) és osztrigahéj pelyhet. A hagyományos takarmányozáshoz (11,7 MJ/kg MJ/kg AME, 18% nyersfehérje, 3,75% Ca) képest hasonló takarmányfelvételt, tojástermelést és tojástömeget mértek a kísérletben. A tojások Haugh-egysége nem különbözött, míg a héjszilárdság javult a szabadon válogató takarmányozás hatására a kontrollhoz képest. Egy hasonló vizsgálatban *Olver és Malan* (2000) darált kukorica helyett egész kukoricát kínált, granulált fehérje koncentrátummal és takarmánymésszel jércéknek hét hetes kortól és a tojástermelési teljesítményt a 80. élethétig rögzítették. A tojásrakási időszak alatt nem volt különbség a takarmányfelvételben vagy a tojástermelésben, de a szabadon válogató takarmányozású csoportban nagyobb tojástömeget és tojáshéj vastagságot, valamint kedvezőbb takarmány-

értékesítést figyeltek meg. A szabadon válogató takarmányozás hatásai változóak voltak a madarak között *Forbes és Covasa* (1995) kísérletében, ami az állományban megnövekedett heterogenitást eredményezett. Több kutatócsoport is gyengébb tojásmínőségről, kedvezőtlen tollazatról és megnövekedett takarmányfelvételtől számolt be a szabadon válogató takarmányozási rendszerben etetett állományoknál (*Tauson és Elwinger*, 1986; *Al Bustany és Elwinger*, 1988). *Farrell és mtsai* (1981) takarmányozáshoz képest kedvezőbb takarmány-értékesítést tapasztaltak, amikor három szabadon választható, energiában gazdag takarmányt kínáltak: 100% kukorica, 60% kukorica 40% maniókával keverve és 94% kukorica 6% pálmaolajjal keverve. A tojástermelési intenzitás és a tojások tömege hasonló volt, míg a takarmányfelvétel kisebb, a takarmány-értékesítés pedig kedvezőbb volt a hagyományos takarmányozással összehasonlítva.

4. Egész szemű gabonás keverékre alapozott rendszer ("loose-mix feeding")

Az un. "loose-mix" etetési rendszerben az egész szemű gabona teljes értékű tojó takarmánykeverékkel vagy fehérje koncentrátummal együtt keverten kerül etetésre (2. táblázat).

2. táblázat: Az egész szemű gabonás keverékre alapozott („loose-mix”) takarmányozás hatása a tojástermelési paraméterekre a hagyományos takarmányozással összehasonlítva

Irodalmi forrás (1)	Egész gabona arány (2)	Tojás termelés (%) (3)	Tojássúly (g/tojás) (4)	Tojássúly (g/nap) (5)	Tak. felvétel (g/tyúk) (6)	Ca-felvétel (g/tyúk) (7)	FCR (kg/kg) (8)
<i>Ouart és mtsai</i> (1986)	37%	= (13)	=	=	=	na (10)	=
<i>Umar Faruk és mtsai</i> (2010a)	50%	=	=	=	=	na	=
<i>Benett és Classen</i> (2003)	60%	- (12)	+ (11)	na	+	na	+
<i>Henuk és mtsai</i> (2000)	60%	na	na	na	-	-	-
<i>Blair és mtsai</i> (1973)	70%	=	na	na	-	-	-
<i>Robinson</i> (1985)	75%	-	+	na	+	na	+
<i>Umar Faruk és mtsai</i> (2010b)	75%	=	=	na	-	na	na

+: szignifikáns csökkenés; -: szignifikáns növekedés; =: nincs szignifikáns különbség; na : nincs adat; FCR: takarmány-értékesítés

Table 2: Effects of loose-mix feeding on egg production traits compared to conventional feeding reference (1); ratio of whole grain (2); egg production (%) (3); egg weight (g) (4); egg mass (g/day) (5); feed intake (g/day) (6); Ca-intake (g/hen) (7); feed conversion ratio (kg/kg) (8); no data (10); significant increase ($p < 0.05$) (11); significant decrease ($p < 0.05$) (12); no significant effect ($p > 0.05$) (13)

A technológia alkalmazása során kimutatott előnyök nagy részben köszönhetők az egész szemű gabona révén létrejövő emésztés-élettani hatásoknak (Svihus, 2011). Az egész szemű gabona által a zúzógyomor mérete növekedhet, működése intenzívebbé válik. A gyomortartalom kémhatása savasabb, a fehérjeemésztés nagyobb hatékonysággal zajlik. A jobb zúzóműködés hormonális úton elősegíti a hasnyál előállítását, a hasnyállal ürülő enzimek aktivitásának növekedését és így valamennyi táplálóanyag emésztésének javulását (Svihus, 2011). A technológia vizsgálata során több ellentmondásos eredmény is született (Molnár és mtsai, 2018b). A 45% egész szemű búzának a teljes értékű tojótakarmányba történő bekeverése változatlan tojástermelést és takarmány-értékesítést eredményezett (Ouart és mtsai, 1986). Umar Faruk és mtsai (2010a) 50:50% arányban keverték az egész szemű gabonát és a fehérje koncentrátumot (121 g keverék/nap/tyúk). A kísérleti kezeléssel etetett tyúkok hasonló takarmányfelvételt, tojástermelést, tojástömeget és takarmány-értékesítést mutattak, mint a hagyományos rendszerben etetett tyúkok. Az egész szemű gabona 60%-ra növelt aránya, amelyben a gabona árpa volt, csökkentette a tojástermelést, de növelte a takarmányfelvételt és a tojások tömegét, kedvezőtlenebb takarmány-értékesítést okozva az azonos mennyiségű darált árpát tartalmazó takarmányhoz képest (Bennett és Classen, 2003). Henuk és mtsai (2000) a 60% egész szemű búzát és 40% granulált fehérje koncentrátumot tartalmazó keverékkel hasonló tojástermelési %-ot és tojástömeget, de kisebb takarmányfelvételt és kedvezőbb takarmány-értékesítést mértek a teljes értékű dercés takarmánnyal szemben. Az egész szemű gabonafélék arányának 75%-ra való növelése (búza és zab) és a fehérje koncentrátum 25%-ra történő csökkentése a keverékben csökkentette a tojástermelést, növelte a takarmányfelvételt és az elhullási arányt (Robinson, 1985) a hagyományos technológiához képest. Egy hasonló "loose-mix" rendszerben, ahol különböző egész szemű gabonaféléket (búza, árpa és kukorica) kevertek fehérje koncentrátummal és osztrigahéj-grittel 70:23:7 % arányban, Blair és mtsai (1973) hasonló tojástermelést, de kisebb takarmányfelvételt és kedvezőbb takarmány-értékesítést mutatott ki, mint a hagyományos dercés takarmányozás során. Ezek az ellentétes eredmények rávilágítanak arra, hogy az egész szemű gabonafélék (50-70%) és a fehérje koncentrátum relatív aránya döntő tényező a "loose-mix" takarmányozási rendszerben.

5. Osztott takarmányozási rendszer ("sequential feeding" vagy "split feeding")

A szakaszos vagy gyakoribb nevén osztott etetési rendszerben a délelőtti és délutáni időszakban különböző összetételű takarmányt ugyanabban az etetőben adják az állatoknak és ezért ez lehet a legmegfelelőbb alternatív rendszer a nagyüzemi tojástermelés számára. Az osztott takarmányozási rendszernek két típusa jött létre. Az első, egész szemű gabonát nem alkalmazó típusban a technológiai ajánláshoz képest az állatok a délelőtti folyamán egy energiában és fehérjében gazdagabb, illetve Ca-ban szegényebb, míg a délutáni folyamán energiában és fehérjében szegényebb, Ca-ban gazdagabb keveréket fogyasztanak (Lee és Ohh, 2002). A második, 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 álatok szükségletét. A délután során egy energiában szegény, de fehérjében és Ca-ban gazdag keverék etetésére kerül sor (*Umar-Faruk és mtsai*, 2011).

A két rendszer értékeléséhez érdemes megvizsgálni, hogy a napi ovulációs-ovipozíciós ciklus során az energia, a fehérje és aminosav, illetve a Ca-szükséglet hogyan viszonyul a leírt napszakos ellátáshoz. Mindkét osztott technológiában a délelőtti folyamán a délutánhoz képest egy energiában gazdagabb takarmány etetése történik. A szikbe transzportálódó lipoproteinek folyamatosan szintetizálódnak a májban és felhalmozódnak a tüszőben (*Péczely*, 1987), így a szik fejlődéséhez az ovulációig nem kapcsolódik energiaszükségleti csúcs. A szabadon válogató technológia vizsgálata során a hagyományos technológiával összehasonlítva azt tapasztalták, hogy a tojótyúkok energia felvétele nagyobb volt a délelőtti folyamán, az ovipozíció időszakában, illetve amikor az ovulált szik a petevezető infundibulum és magnum részében volt, mint a délutáni és későbbi napszakban (*Chah és Moran*, 1985). Ezek az eredmények indokolhatják az osztott rendszerek energia megosztásának napszakos elterését.

A két osztott rendszer legnagyobb különbsége a tojótyúkok fehérje- és aminosav-ellátása tekintetében áll fenn. Az első típusú osztott etetési rendszer elmélete azon alapul, hogy a tojásfehérje és a héjhártya fehérjéinek szintézise miatt a tojótyúk nagyobb mennyiségű aminosavat igényel a reggeli ovuláció után (*Hiramoto és mtsai*, 1990; *Muramatsu és mtsai*, 1991). A fehérjeszintézis sebessége kb. kétszer akkora, amikor a tojás a petevezető tojásfehérjét termelő magnum részében van, összehasonlítva a petevezető más részében tartózkodó tojással (*Hiramoto és mtsai*, 1990). Egy szabadon válogató etetést vizsgáló kísérlet során a tojótyúkok nagyobb mértékben a fehérje granulátumot preferálták a nagy energia tartalmú dercés keverékkel és az osztriga héjjal szemben, amikor a petesejt a magnumban volt (*Chah és Moran*, 1985). *Chah és Moran* (1985) szabadon válogató és hagyományos etetés összehasonlítása során két óránként mérte a tojók fehérje felvételét, ami a fentiekben ismertetett energia felvételhez hasonlóan alakult. A tojás fehérjemirigyben való jelenléte idején a válogató csoport kísérleti állatai esetében nagyobb mennyiségű fehérje felvételt mértek, mint amikor az uterusban volt a tojás. Ezzel szemben számos kísérleti eredmény nem támasztja alá azt a hipotézist, hogy a madár számára elsősorban a délelőtti fehérje és aminosav felvétel kulcsfontosságú, azaz a délelőtti szakaszban a tojótyúk fehérje és aminosav felvétele legyen nagyobb a délutáni időszakhoz képest. A nap első felében fehérjedús, majd a második felében fehérjeszegény takarmány osztott etetése hasonló tojástermelést eredményezett, mint a nap folyamán állandó fehérjeszintű takarmány etetése (*Penz és Jensen*, 1991; *Keshavarz*, 1998a; 1998b). Az osztott etetés során etetett 13% nyersfehérje tartalmú délelőtti és 16% nyersfehérje tartalmú délutáni takarmány hasonló tojástermelési %-ot, tojástömeget és takarmányértékesítést eredményezett, mint az ellentétes fehérje szintű keverékek (délelőtti 16%, délután 13% nyersfehérje tartalmú keverék) alkalmazása (*Keshavarz*, 1998a). A kísérletben a tojótyúkok délutáni fehérjebevitelére mindkét kezelési csoportban nagyobb volt, mivel a délelőtti és a délutáni takarmányfelvétel közel 40-60%-os arányban oszlott meg mindkét nyersfehérje kombináció esetében. A délutáni takarmány nagyobb fehérje koncentrációja a második típusú osztott rendszerben nem volt hatással a tojástermelésre, a tojástömegre,

a takarmányértékesítésre a hagyományos takarmányozáshoz képest (*Umar-Faruk és mtsai*, 2011). A délutáni takarmány nagyobb fehérjetartalmának biológiai magyarázata ebben a technológiában hiányzik, de indok az lehet, hogy az egész szemű gabonafélék alacsony fehérjetartalmát kompenzálja. Összességében 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. A petevezető fehérjemirigyében zajló fehérjeszintézis és –szekréció folyamata is ezt erősíti meg. A magnum mirigyei annak hatására ürítik váladékukat, hogy a magnumban előrehaladó, formálódó tojás nyomást gyakorol a nyálkahártyára (*Péczely*, 1987). Egyszerre a nyálkahártya redők kb. harmada érintkezik a tojással és üríti mirigyeit, míg a további kétharmadnyi redő mirigyeiben a következő tojásba szekretálódó fehérjék szintézise zajlik. A tojás áthaladását követően elegendő idő, kb. 25 óra, áll rendelkezésre a kiürült mirigyek regenerációjára, új fehérjék szintézisére (*Péczely*, 1987).

Mindkét osztott etetési technológiában a Ca-ellátás fő időszaka a délután, a délelőtti órákban etetett takarmány Ca-tartalma kicsi. A tojótyúkoknál az energia és fehérje szükséglet napszakos változásához képest sokkal kifejezettebb a Ca-igény napszakos változása. Ha összehasonlítjuk a madarak takarmányfogyasztását a napszakok szerint, nagy különbséget figyelhetünk meg a tojásrakásban lévő és tojást nem tojó madarak esetében. A tojásrakásban lévő madarak takarmányfogyasztása esetében két takarmányfelvételi maximum írható le (*Keshavarz*, 1998a). Az első a fényszakas kezdetétől 4-6 óra múlva, míg a nagyobb 14-16 óra múlva mérhető. A második takarmányfelvételi csúcs tojáshéjképződés alatti speciális Ca- igényhez kapcsolódik, és nem közvetlenül az energiaigény növekedéséhez vagy az éjszakai energiaraktározáshoz (*Mongin és Sauveur*, 1974). A reggeli órákban történő ovipozíció esetén a tojáshéjképződés során főként a „sötét periódusra” esik és éjszaka zajlik, a Ca-szükséglet ilyenkor a legnagyobb. 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), segítheti a tojáshéj meszesedésének folyamatát, 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.

A tojássárgájával és a -fehérjével ellentétben, a Ca-ban gazdag tojáshéj csak kis mennyiségű foszfort (P) tartalmaz (*Nys és Guyot*, 2011). Amikor a madarak kénytelenek mobilizálni a Ca-ot a medulláris csontból, ezzel egyidejűleg foszfor is felszabadul, nagyon nagy hányada viszont nem tud beépülni a tojáshéjba és a környezetbe ürül (*Nys és Guyot*, 2011). Az éjszakai héjképződés során a csontból kioldódó P pótlása miatt másnap a délelőtti időszakban ezért nagyobb mennyiségű P szükséges (*Nys és Guyot*, 2011). A délelőtti és délutáni P-szükségletek egymáshoz való aránya ezért ellentétes a Ca-szükségletek arányával. Ebből kifolyólag az osztott etetési rendszer takarmánykeverékei nagyobb hasznosítható P-szintet biztosítanak a tojótyúk számára a délelőtti fázisban a délutáni

fázishoz képest (*Umar Faruk, és mtsai, 2010a; Keshavarz és mtsai, 1998b; Molnár és mtsai, 2018b*).

Az osztott takarmányozási rendszerben több szerző, köztük saját kutatócsoportunk is a tojótyúkok csökkent napi takarmányfelvételét figyelte meg a hagyományos technológiával való összehasonlításban (*Leeson és Summers, 1978; Lee és Ohh, 2002; Horváth és mtsai, 2024*). A délelőtti időszakban egész szemű búzát alkalmazó osztott etetési rendszer esetében több kutatás szintén kisebb napi takarmányfelvételtől számolt be a kontroll etetéssel összehasonlítva (*Umar Faruk, és mtsai, 2010a; Traineau, és mtsai, 2013*). Voltak azonban olyan kísérletek is, amelyekben a tojótyúkok takarmányfelvétele nem különbözött az osztott és a hagyományos takarmányozási rendszerben (*Molnár és mtsai, 2018b; Poudel és mtsai, 2022*). Az étkezési tojást termelő tojótyúkokkal végzett kutatások (*de Los Mozos és mtsai, 2015; Molnár és mtsai, 2018b; Poudel és mtsai, 2022*) mellett brojler szülőpár tojók (*van Emous és Mens, 2021; van Emous, 2023*) esetében is kimutatták, hogy az osztott etetéssel a tojástermelési intenzitás, illetve a tojástömeg hasonló szinten tartható, mint a hagyományos takarmányozási technológiában. Egyes szerzők viszont trendszerűen jobb tojástermelési intenzitásról ($p=0,058$), illetve szignifikánsan ($P<0,05$) nagyobb napi termelt tojástömegről számoltak be az osztott technológiával etetett tojótyúkok esetében a kontroll takarmányozással összehasonlítva (*Jahan és mtsai, 2024*). Az osztott etetési rendszerben a kontrollhoz képest kedvezőbb takarmányértékesítés volt tapasztalható számos korábbi kísérletben, ami a gyakorlati üzemeltetés során ökonómiai előnyt is biztosíthat (*Lee és Ohh, 2002; Umar Faruk, és mtsai, 2010a; Traineau és mtsai, 2013*). Az eredmények között találhatóak nem ketreces rendszerből származók is. Hy-Line Brown tojók takarmányértékesítését szignifikánsan javította az osztott etetési rendszer a hagyományos etetéshez képest szabadtartású technológiában, a 34-53. élethét közötti időszakban, (*Jahan és mtsai, 2024*). Saját ketreces modell kísérletünkben az általunk kifejlesztett osztott takarmányozási rendszer a csúcstermelés időszakában (29-40. élethét) kisebb takarmányfelvétel mellett a hagyományos takarmányozási technológiával megegyező tojástermelési intenzitást és tojássúlyt, így kedvezőbb takarmány-értékesítést biztosított (3. táblázat), illetve mélyalmos üzemi körülmények között is (29-38. élethét) alkalmas volt a

3. táblázat: Tojástermelési jellemzők a hagyományos (kontroll) és az osztott etetési technológia összehasonlítása során modell kísérletben (29-40. élethét; átlag $\pm$ SEM; Horváth és mtsai, 2024)

Kezelés ¹ (1)	Tojástermelési intenzitás (%) (2)	Tojássúly (g) (3)	Napi tojássúly (g/nap) (4)	Takarmány-értékesítés (kg/kg) (5)
Kontroll etetés (6)	98,5 $\pm$ 0,4	60,1 $\pm$ 0,6	59,1 $\pm$ 0,6	1,93 $\pm$ 0,01
Osztott etetés (7)	98,0 $\pm$ 0,2	60,3 $\pm$ 0,7	59,0 $\pm$ 0,7	1,83 $\pm$ 0,02
Szignifikancia (8)	NS ² (9)	NS	NS	$p<0,001$

¹K – hagyományos etetés (kontroll), O – osztott etetés; n=23/kezelés; ²NS – nem szignifikáns ($p>0,05$)

Table 3: Egg production parameters of hens in commercial and split-feeding model system (29-40 weeks of age; means $\pm$ SEM; Horváth et al., 2024)

treatment (1); egg production (%) (2); egg weight (g) (3); egg mass (g/day) (4); feed conversion ratio (kg/kg) (5); control feeding (6); split-feeding (7); significance (8); non-significant ($p>0,05$) (9)

hagyományos takarmányozási technológiához hasonló tojástermelés eredmények (tojástermelési intenzitás, tojássúly, takarmány-értékesítés) elérésére (Horváth és mtsai, 2024).

Az egész szemű gabona etetésére alapozott osztott takarmányozás hatásait a tojástermelési teljesítmény paramétereire több kísérlet eredményei alapján a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat: **Egész szemű gabona etetésére alapozott osztott takarmányozás hatása a teljesítmény jellemzőkre a hagyományos takarmányozással összehasonlítva**

Irodalmi forrás (1)	Tojás termelés (%) (2)	Tojás súly (g) (3)	Tojás súly (g/nap) (4)	Tak. felvétel (g/tyúk) (5)	Energia felvétel (MJ/tyúk) (6)	Fehérje felvétel (g/tyúk) (7)	Ca-felvétel (g/tyúk) (8)	FCR (kg/kg) (9)
<i>Blair és mtsai (1973)</i>	=	=	na (10)	+ (10)	=	+	+	na
<i>Umar Faruk és mtsai (2010a)</i>	=	=	=	- (12)	-	-	na	-
<i>Umar Faruk és mtsai (2010b)</i>	=	=	=	= (13)	na	na	na	=
<i>Umar Faruk és mtsai (2011)</i>	=	=	=	-	-	na	na	-
<i>Traineau és mtsai (2013)</i>	=	+	=	-	-	na	na	-

-: szignifikáns csökkenés +: szignifikáns növekedés, .=: nincs szignifikáns különbség; na: nincs adat; FCR: takarmány-értékesítés

Table 4: Effects of split-feeding based on whole grain on egg production traits compared to conventional feeding

reference (1); egg production (%) (2); egg weight (g) (3); egg mass (g/day) (4); feed intake (g/day) (5); energy intake (MJ/hen) (6); protein intake (g/hen) (7); Ca-intake (g/hen) (8); feed conversion ratio (kg/kg) (9); no data (10); significant increase ($p < 0.05$) (11); significant decrease ($p < 0.05$) (12); no significant effect ($p > 0.05$) (13)

A reggel etetett egész szemű gabona, mint energiaforrás, kombinálva a délután etetett nagyobb fehérje tartalmú takarmányokkal a legtöbb vizsgálatban javították a tojóttyúk takarmány-értékesítését. A vizsgálatok során megnövekedett takarmányfelvételt csak akkor tapasztaltak, amikor a gabonafélék (búza, árpa és kukorica) és a délután etetett fehérjében gazdag granulátum *ad libitum* állt rendelkezésre, de a tojástermelés ilyenkor is a hagyományos takarmányozási rendszerhez hasonló volt (Blair és mtsai, 1973). Amikor azonban korlátozták a takarmányfelvételt (121 g/nap), illetve a gabonaféléket és a fehérjekoncentrátumot 50:50% arányban adták, a takarmányfelvétel kisebb volt és a takarmányértékesítés nagymértékben javult a hagyományos vagy az egész szemű gabonás rendszerhez képest (Umar Faruk és mtsai, 2010a). Ebben a vizsgálatban a tojástermelés, a tojások tömege és a megtermelt napi tojástömeg minden vizsgált takarmányozási rendszerben hasonló volt. Az egész szemű búza etetése hozzájárult a takarmány-értékesítés

javulásához, mivel elősegítette a zúzógyomor működését és ezen keresztül a hatékonyabb emésztési folyamatokat. A tyúkok tojástermelését, a tojástömeget és a takarmányfelvételt nem befolyásolta, amikor az egész szemű búza arányát 50%-ról 75%-ra emelték a délelőtti takarmányban (*Umar Faruk és mtsai*, 2010b). Mindkét kezelés a hagyományos takarmányozáshoz hasonló a tojástermelési intenzitást és takarmány-értékesítést eredményezett. Figyelemre méltó, hogy a búzafogyasztás és a tojások tömege kisebb volt, amikor darált búzát etettek egész szemű búza helyett, a tojástermelés és a tojástömeg pedig változatlan maradt. A darált búza vagy kukorica 100%-os alkalmazása, vagy 80:20% arányban egész búzával való keverése csökkentette a tojások tömegét és a megtermelt napi tojástömeget anélkül, hogy befolyásolta volna a tojástermelést az egész búzás osztott etetéshez képest (*Traineau és mtsai*, 2013). A darált gabonafélék etetése az osztott rendszerben az egész szemű búzához képest kevésbé volt hatékony a takarmány-értékesítés tekintetében, de még mindig jobb volt, mint a hagyományos dercs takarmány etetése (*Traineau és mtsai*, 2013). A tojótyúkoknak a délelőtti folyamán vagy a délután kiosztott, mészkő grittet tartalmazó tápok energia- és fehérjeszintjének változása nem befolyásolta a takarmányfelvételt, a tojástermelést és a tyúkok testtömegét (*Traineau és mtsai*, 2015).

Az osztott rendszert vizsgáló korai tanulmányok a technológia pozitív hatását mutatták ki a tojáshéj minőségi jellemzői közül a tojáshéj vastagságára, törésszilárdságára (*Lee és Ohh*, 2002) és a héj deformációjára (*Leeson és Summers*, 1978). A későbbi kísérletek eredményei már nem egységesek. Idős, 83 hetes korú tojótyúkokban az osztott etetési rendszer, amikor a tojáshéjképződés időszakában nagyobb Ca-tartalmú takarmányt etettek, nagyobb tojáshéjvastagságot eredményezett, mint a hagyományos takarmányozás (*Molnár és mtsai*, 2017). *Keshavarz* (1998b) nem mutatott ki nagyobb tojáshéj vastagságot a kontroll csoporthoz képest (3,8% Ca), amikor a tojótyúkok délutáni keverékének Ca-tartalma meghaladta a délelőtti keverékét (de: 2,0% és du: 5,0%). Az osztott etetés hatására nem változott a tojáshéj vastagsága *Jahan és mtsai* (2024) kísérletében a hagyományos etetéssel összehasonlítva. A délutáni nagyobb Ca-tartalmú kiegyensúlyozó takarmány az osztott rendszerben szintén biztosította a kontrollhoz hasonló normál héjképződést és minőséget *Umar Faruk és mtsai* kísérleteiben (2010a; 2010b). Brojler szülőpár tojókkal végzett vizsgálatok során az osztott rendszer nem befolyásolta a tojáshéj minőségét (*van Emous és Mens*, 2021; *van Emous*, 2023). A 60-80 hetes életkorú Hy-LineW-36 tyúkok tojásai között kisebb arányban voltak lágyhéjúak az osztott etetésű csoportban, mint a hagyományos kezelési csoportban (*Poudel és mtsai*, 2022). Az osztott technológiával etetett tyúkok csoportjában kisebb volt a repedt vagy sérült tojások százalékos aránya, mint a kontroll csoportban (*Molnár és mtsai*, 2017). A tojás frissességet jelző Haugh-egység mérőszáma osztott etetés hatására nem változott a kontroll takarmányozással összevetve *Molnár és mtsai* (2018a, 2018b) vizsgálataiban.

Az osztott takarmányozás előnyei között megemlíthető, hogy segítségével csökkenthető a tojók által naponta felvett nyersfehérje, nitrogén (N) és P mennyisége, illetve az ürülék N és P koncentrációjának, a N és a P emissziójának csökkentése által a hagyományos takarmányozáshoz képest kisebb környezetterhelő hatás is elérhető. Az osztott takarmányokkal etetett tojótyúkok N-felvétele kisebb volt, mint a hagyományos takarmánnyal etetett madarak esetében *Leeson és Summers*

(1978) korai kísérletében. A délelőtti és délutáni osztott takarmányok 16-10%-os nyersfehérje-koncentrációja csökkentette a teljes fehérje- és N-felvételt, valamint növelte az állatok N-retencióját a 16% nyersfehérje tartalmú kontroll takarmányokhoz képest (Keshavarz, 1998b). Saját kísérleteink során kimutattuk, hogy az osztott takarmányozási rendszerben termelő tojtyúkrok nem csak kevesebb N-t bocsátanak ki a környezetükbe, elsősorban a kisebb N-felvételük miatt, mint a hagyományos takarmányozásban részesülők, hanem az ürülékben jelen lévő N-formák koncentrációja is kedvezőbb (5. táblázat; Horváth és mtsai, 2024). Eredményeink alapján az ammónia emisszió szempontjából előnyösebb az osztott technológiában keletkező ürülék, amely kisebb koncentrációban tartalmazza az NH_4^+ - és húgysav-N összegeként számított vizelet-N-t.

Az osztott technológia hatására mért 70%-os látszólagos ileális N-emészthetőséggel szemben a kontroll csoportban szignifikánsan nagyobb, 80%-os emészthetőséget mérték ($P < 0,001$; Jahan és mtsai (2024). A foszfor forgalmához kötődő vizsgálatok közül Keshavarz (1998b) kísérletében az osztott kezelése közötti eltérések ellenére sem talált különbséget a kísérleti állatok P-retenciójában (23 és 17% közötti átlagok). Az osztott etetési technológia organikus tartásban a tojtyúkrok kisebb P-emisszióját eredményezte a hagyományos technológiával összehasonlítva (van Krimpen és mtsai, 2018)

Keshavarz (1998b) tanulmánya számolt be a sápcsonthamu tartalmának méréséről, melyben az osztott, délelőtti és délután eltérő P-ellátás nem befolyásolta szignifikánsan a sápcsonthamu tartalmát. Molnár és mtsai (2018c) kísérletében az osztott etetés, melyet a tojók 75. és 92. élethéte között alkalmazott, nem járt a sápcsonthamutörésszilárdságának, Ca- és P- tartalmának szignifikáns eltéréseivel a kontroll etetéshez képest. A kutató csoport megvizsgálta 21-85. élethét között a tojók sápcsonthamutörésszilárdságát és nem találtak különbséget az osztott és a hagyományos technológia összehasonlításában. Poudel és mtsai (2022) egy

5. táblázat: Az ürülék szárazanyag-tartalma és N-formáinak koncentrációja hagyományos (kontroll) és osztott etetési technológia esetén (29-40.élethét; átlag $\pm$ SEM; Horváth és mtsai, 2024)

Kezelés ¹ (8)	Szárazanyag (%) (1)	Bélsár-N (2)	NH_4^+ -N (3)	Húgysav-N (4)	Vizelet-N ² (5)	Összes N (6)
		mg/g sz.a (7)				
K (9)	20,18 $\pm$ 0,62	21,73 $\pm$ 0,43	7,12 $\pm$ 0,10	21,39 $\pm$ 0,20	28,51 $\pm$ 0,28	50,24 $\pm$ 0,54
O (10)	21,60 $\pm$ 0,41	20,53 $\pm$ 0,29	6,63 $\pm$ 0,10	20,11 $\pm$ 0,19	26,75 $\pm$ 0,25	47,28 $\pm$ 0,47
Szignifika- ncia (11)	NS ³ (12)	$p < 0,05$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$

¹ K-hagyományos (kontroll) etetés, O – osztott etetés; ² az NH_4^+ -N és húgysav-N összege; ³ NS – nem szignifikáns ($P > 0,05$)

Table 5: Dry matter content and concentration of nitrogen forms in the excreta in commercial and split-feeding system (29-40 weeks of age; mean $\pm$ SEM; Horváth et al., 2024)

dry matter (1); feces nitrogen (2); NH_4^+ -nitrogen (3); uric acid-nitrogen (4); urinary-nitrogen (5); total nitrogen (6); mg/g dry matter (7); treatment (7); control treatment (9); split-feeding treatment (10); significance (11); non-significant - $p > 0.05$ (12)

későbbi életszakaszban, a 70. és 79. élethét időszakában nem tudott kimutatni szignifikáns különbségeket a sípcsont törésszilárdságában, átmérőjében, hosszában és súlyában az osztott, illetve a hagyományos etetés között.

Az osztott takarmányozási rendszer takarmánykeverékeinek összetétele ár-előnyt biztosíthat a hagyományos rendszer hasonló összetételű tápjainak árával szemben. Saját modell kísérletünkben csak az alapanyagok árával számolva a hagyományos takarmánykeverék árához viszonyítva az osztott rendszer tápjain alapuló napi adag ára 4%-os költségcsökkenést jelentett az osztott tápok javára (Horváth és mtsai, 2024). Egy friss publikáció a témában az általunk kimutatott takarmányköltség csökkenést kismértékben meghaladó, 6%-os csökkenést mutatott ki az osztott tápok javára a hagyományossal összehasonlítva (Hwang és mtsai, 2025), ami a kétféle technológiával elért hasonló termelési eredmények esetében szintén megerősíti, hogy az osztott technológia alkalmazásával gazdasági előny érhető el. Az osztott rendszer működtetéséhez szükséges azonban minden istállóhoz egy-egy külön takarmánytároló siló a délelőtti és a délutáni takarmánykeverékek számára. Számításaink szerint ez az extra beruházási költség hazai viszonyok között egy közepes méretű telep esetében az említett kedvezőbb takarmányozási költségeket alapul véve kb. egy év alatt megtérülhet.

5. Következtetések és javaslatok

Az alternatív takarmányozási technológiákról rendelkezésre álló tudományos ismereteink alapján elmondható, hogy a bemutatott rendszerek képesek a hagyományos rendszerrel összehasonlítva hatékonyabban kielégíteni a tojástermelés táplálóanyag- és Ca-szükségletét. A nagyüzemi tojástermelés számára legnagyobb potenciál az osztott technológia alkalmazásában van, ami a hagyományos rendszerhez hasonló tojástermelést és tojásmínőséget biztosíthat kisebb takarmányfelvétel és kedvezőbb takarmányértékesítés mellett. További előny az osztott rendszer hagyományosnál kisebb környezetterhelő hatása, lehetséges szerepe a N és ammónia emisszió csökkentésében. Az osztott rendszer további vizsgálatára, fejlesztésére számos területen szükség van, hiszen nincsenek tudományos igényű, specifikus javaslatok az egyes genotípusok eltérő takarmányozására, illetve a tojóciklus különböző szakaszaira vonatkozó ajánlásokat illetően. Ugyancsak hiányoznak a széles körű tudományos vizsgálatok az egyes alternatív tartástechnológiákban, mélyalmos, madárházaz, szabadtartásos rendszerekben termelő tojótyúkók számára.

6. Köszönetnyilvánítás

A jelen cikkben szereplő saját kutatásunk (Horváth és mtsai, 2024) az Innovációs és Technológia Minisztérium Kooperatív Doktori Program doktori hallgatói ösztöndíj programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült (KDP-6-3/PALY-2021).

7. Felhasznált irodalom

- Al Bustany, Z. – Elwinger, K. (1988): Whole grains, unprocessed rapeseed and β -glucanase in diets for laying hens. *Swedish J. Agric. Res.*, 18. 31–40.
- Bennett, C. D. – Classen, H. L. (2003): Performance of two strains of laying hens fed ground and whole barley with and without access to insoluble grit. *Poult. Sci.*, 82. 147–149. <https://doi.org/10.1093/ps/82.1.147>
- Blair, R. – Dewar, W.A. – Downie, J. N. (1973): Egg production responses of hens given a complete mash or unground grain together with concentrate pellets. *British Poult. Sci.*, 14. 373–377.
- Bouvarel, I. – Nys, Y. – Lescoat, P. (2011): Hen nutrition for sustained egg quality, In: Improving the safety and quality of eggs and egg products: Volume 1: Egg chemistry, production and consumption. Editors: Nys, Y. – Bain, M. – Van Immerseel, F., ITAVI, Centre INRA de Tours, F-37380 Nouzilly, France, 261–299.
- Chah, C. C. (1972): A study of the hen's nutrient intake as it relates to egg formation. M.S. Thesis, University of Guelph, Guelph, ON, Canada
- 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. <https://doi.org/10.3382/ps.0641696>
- de Los Mozos de, J. – Navarro-Villa, A. – García-Ruiz, A. I. (2015): Splitfeeding 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.
- Etches, R. J. (1987): Calcium logistics in the laying hen. *J. Nutr.*, 117. 619–628. <https://doi.org/10.1093/jn/117.3.619>
- Farrell, D. J. – Hamid, R. – Hutagalung, R. I. (1981): Free-choice feeding of laying hens in the humid tropics. *Trop. Anim. Prod.*, 6. 22–29.
- Forbes, J. M. – Covasa, M. (1995): Application of diet selection by poultry with reference to whole cereals. *World's Poult. Sci. J.*, 51. 149–165. <https://doi.org/10.1079/WPS19950010>
- Henuk, Y. – Thwaites, C. J. – Hill, M. K. – Dingle, J. G. (2000): The effect of fluctuating environmental temperature on responses of laying hens to choice feeding in a single feeder. In: Proceedings of the Australian Poultry Symposium, Editors: Pym, R.A.E et al., University of Sydney, Sydney, 117–120.
- Hiramoto, K. – Muramatsu, T. – Okumura, J. (1990): Protein synthesis in tissues and in the whole body of laying hens during egg formation. *Poult. Sci.*, 69. 264–269. <https://doi.org/10.3382/ps.0690264>
- Horváth, B. – Striffler, P. – Such, N. – Wágner, L. – Dublec, K. – Baranyay, H. – Bustyaháza, L. – Pál, L. (2024): Developing a more sustainable protein and amino acid supply of laying hens in a split feeding system. *Animals*, 14. 3006. <https://doi.org/10.3390/ani14203006>
- Hwang, H. – 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. *Poult. Sci.*, 105100, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105100>
- 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. 2163. <https://doi.org/10.3390/app14052163>
- Karunajeewa, H. (1978): The performance of cross-bred hens given free choice feeding of whole grains and a concentrate mixture and the influence of source of xanthophylls on yolk colour. *British Poult. Sci.*, 19. 699–708. <https://doi.org/10.1080/00071667808416532>
- 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. <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. *Poult. Sci.*, 77. 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 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. 417–424. <https://doi.org/10.1080/00071667808416496>
- Leeson, S. – Summers, J. D. (1979): Dietary self-selection by layers. *Poult. Sci.*, 58. 646–651. <https://doi.org/10.3382/ps.0580646>
- Molnár, A. – Maertens, L. – Ampe, B. – Buyse, J. – Zoons, J. – Delezie, E. (2017): Supplementation of fine and coarse limestone in different ratios in a split feeding system: effects on performance, egg quality, and bone strength in old laying hens. *Poult. Sci.*, 96. 1659–1671. <https://doi.org/10.3382/ps/pew424>
- 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. <https://doi.org/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. 88–101. <https://doi.org/10.3382/ps/pex255>
- Molnár, A. – Maertens, L. – Ampe, B. – Buyse, J. – Zoons, J. – Delezie, E. (2018c): Effect of different split-feeding treatments on performance, egg quality, and bone quality of individually housed aged laying hens. *Poult. Sci.*, 97. 88–101. <https://doi.org/10.3382/ps/pex255>
- Mongin, P. – Sauveur, B. (1974): Voluntary food and calcium intake by the laying hen. *British Poult. Sci.*, 15. 349–359. <https://doi.org/10.1080/00071667408416118>
- 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. *Comp. Biochem. Physiol. B, Comp. Biochem.*, 141–146. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(91\)90019](https://doi.org/10.1016/0305-0491(91)90019)
- Nys, Y. – Guyot, N. (2011): Egg formation and chemistry. In: *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products*, Editors: Nys, Y. – Bain, M. – Immerseel, F.V., Woodhead Publishing, 83–132. <https://doi.org/10.1533/9780857093912.2.83>
- Olver, M. D. – Malan, D. D. (2000): The effect of choice-feeding from 7 weeks of age on the production characteristics of laying hens. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 30. 110–114.
- Quart, M. D. – Marion, J. E. – Harms, R. H. (1986): Influence of wheat particle size in diets of laying hens. *Poult. Sci.*, 1015–1017. <https://doi.org/10.3382/ps.0651015>
- Péczei, 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. 1714–1721. <https://doi.org/10.1093/ps/81.11.1714>
- Penz, A. M. – Jensen, L. S. (1991): Influence of protein concentration, amino acid supplementation, and daily time of access to high- or low-protein diets on egg weight and components in laying hens. *Poult. Sci.*, 70. 2460–2466. <https://doi.org/10.3382/ps.0702460>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115153>
- Robinson, D. (1985): Performance of laying hens as affected by split time and split composition dietary regimens using ground and unground cereals. *British Poult. Sci.*, 26. 299–309. <https://doi.org/10.1080/00071668508416818>
- Schneider, W. J. (2009): Receptor-mediated mechanisms in ovarian follicle and oocyte development. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 163. 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2008.11.032>

- Sinclair-Black, M. – Garcia, R. A. – Ellestad, L. E.* (2023): Physiological regulation of calcium and phosphorus utilization in laying hens. *Front. Physiol.*, 14. 1112499. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1112499>
- Svihus, B.* (2011): The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poult. Sci. J.*, 67. 207–224. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000249>
- Tauson, R. – Elwinger, K.* (1986): Prototypes for application of choice feeding in caged laying hens using flat chain feeders. *Acta Agric. Scand.*, 36. 129–146. <https://doi.org/10.1080/00015128609436518>
- Traineau, M. – Bouvarel, I. – Mulsant, C. – Roffidal, L. – Launay, C. – Lescoat, P.* (2015): Modulation of energy and protein supplies in sequential feeding in laying hens. *Animal*, 9. 49–57. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002092>
- 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. *Poult. Sci.*, 92. 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.* (2010a): Sequential feeding using whole wheat and a separate protein-mineral concentrate improved feed efficiency in laying hens. *Poult. Sci.*, 89. 785–796. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00360>
- Umar Faruk, M. – Bouvarel, I. – Meme, N. – Roffidal, L. – Tukur, H.M. – Nys, Y. – Andlescoat, P.* (2010b): Adaptation of wheat and protein-mineral concentrate intakes by individual hens fed ad libitum sequential or in loose-mix systems. *British Poult. Sci.*, 51. 811–820. <https://doi.org/10.1080/00071668.2010.532772>
- Umar Faruk, M. – Bouvarel, I. – Mallet, S. – Ali, M.N. – Tukur, H.M. – Nys, Y. – Lescoat, P.* (2011): Is sequential feeding of whole wheat more efficient than ground wheat in laying hens. *Animals*, 5. 230–238. <https://doi.org/10.1017/S1751731110001837>
- van Emous, 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. *Poult. Sci.*, 100. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101419>
- van Emous, R.A.* (2023): Effects of feeding strategies during lay on broiler breeder production performance, eggshell quality, incubation traits, and behavior. *Poult. Sci.*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102630>
- van Krimpen, M. M. – van Binnendijk, G. P. – van Emous, M. A.* (2018): Effect of split-feeding in organic layers on phosphorus excretion and eggshell quality (in Dutch). In: Wageningen Livestock Research Report 1120, Wageningen, the Netherlands.

Érkezett: 2025. május

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