

AZ AMMÓNIA EMISSZIÓ CSÖKKENTÉSÉNEK TAKARMÁNYOZÁSI LEHETŐSÉGEI A BAROMFI ÁGAZATBAN

DUBLECZ KÁROLY – KISS BRIGITTA – KESETE GOITOM TEWELDE – BARTOS ÁDÁM –
PÁL LÁSZLÓ – MAGYAR MARIANNA – BENEDEK ZSUZSANNA – SUCH NIKOLETTA

ÖSSZEFOGLALÁS

Köztudott, hogy az ammóniakibocsátás legfőbb forrása a mezőgazdaság és az állattenyésztés. Emiatt szükséges feladata a gazdálkodóknak, kutatóknak olyan gyakorlatok kidolgozása, amelyek segítségével a gazdasági állatok termelésének romlása nélkül csökkenthető az ammónia emisszió. A takarmányozás kulcsfontosságú tényezője ezeknek a törekvéseknek. Az ammóniakibocsátás mind környezetvédelmi, mind állatjóléti szempontból hátrányos a baromfiágazatnak. A madarakra gyakorolt lehetséges hatások közé tartoznak a légúti betegségek, vírusfertőzések, a termelés romlása és a nagyobb arányú elhullás. A baromfi istállóban az ammónia képződésének fő forrása a vizelettel ürülő húgysav-nitrogén. A takarmányozási technológiák közül megoldás lehet az aminosavval kiegészített, alacsony fehérjetartalmú tápok etetése, az ideális fehérje elv követése, a több hizlalási fázis alkalmazása, valamint olyan takarmány-adalékanyagok használata, amelyek csökkentik a nitrogénkiválasztást, a vizelet nitrogén arányát és ezáltal az ammónia felszabadulását a trágyából. Ebben az áttekintésben a baromfi fajokra jellemző alapértelmezett értékek, a legújabb irodalmi adatok és a különböző fajok, hasznosítási típusok nitrogén kiválasztásának sajátosságai kerülnek bemutatásra.

SUMMARY

Dublec, K. – Kiss, B. – Goitom Tewelde, K. – Bartos, Á. – Pál, L. – Magyar, M. – Benedek, Zs. – Such, N.: NUTRITIONAL ASPECTS FOR MITIGATING THE AMMONIA EMISSION OF THE POULTRY SECTOR

Since agriculture and animal farming is responsible mostly for ammonia emission, it is a very important task for the farmers and researchers to develop such practices that can be used to reduce ammonia emissions without compromising the production parameters. Among these practices nutrition is one of the most effective. Ammonia emission is a concern for the poultry industry from both environmental and animal welfare point of view. Potential effects on birds include respiratory diseases, viral infections, decreased production, and higher mortality. The main source of ammonia production in broiler houses is the uric acid nitrogen of urine. Among the nutritional possibilities feeding amino acid supplemented low protein diets, following the ideal protein concept in diet formulation, applying more fattening phases, and using different feed additives are known to mitigate the nitrogen excretion, the ratio of the urinary nitrogen and this way to lower the ammonia release from the manure. In this article the poultry specific default values and the latest literature data are discussed. The specific aspects of the different poultry species are also introduced.

AZ AMMÓNIA EMISSZIÓ, MINT KÖRNYEZETI PROBLÉMA

A levegő minőségének kérdése helyi, országos és EU-s léptékben is növekvő figyelem alatt áll. Az ammónia az egyik legjelentősebb légköri szennyező anyag, mely nagyobb távolságra is eljuthat, majd száraz vagy nedves ülepedés útján visszakerülhet a talajba és a felszíni vizekbe. Természetes ökoszisztémákban a mezőgazdasági tevékenységből származó ammónia nitrogén túltrágyázást okoz, hozzájárul a biológiai sokféleség csökkenéséhez, a környezet általános savasodásához és erdőpusztuláshoz vezet (Bittman és mtsai, 2014; Krupa, 2003) (1. ábra). A légkör a nagyon finom, porszerű anyagok koncentrációja összefüggést mutat az ammónia kibocsátással (Wu és mtsai, 2016; Giannakis, 2019), mivel a gáz halmazállapotú ammónia légkörbe kerülve, más vegyületekkel együtt, ammónium ionná alakulva 2,5 mikrométernél kisebb átmérőjű részecskékké (PM_{2,5}) alakul, melyek a széllel nagy távolságokra jutnak (Krupa, 2003, Sutton és mtsai, 2011). A képződött részecskék mérettartományától és kémiai összetételétől függ annak egészségkárosító mértéke (WHO, 2013; Schraufnagel és mtsai, 2019). A kis szemcseméretű szálló pornak és az ózonnak való kitettség világszerte körülbelül 4,55 millió korai halálesetért felelős évente, ebből 274 000-et (azaz 6%-ot) jegyeztek az Európai Unióban (Lelieveld és mtsai, 2018). Ehhez a szennyezéshez a mezőgazdaság nagy mértékben járul hozzá az ammónia kibocsátáson keresztül (Behera és mtsai, 2010).

1. ábra A mezőgazdaságból származó ammóniakibocsátás és az ammónia átalakulásának környezeti következményei a nitrogénciklusban (Sigurdson és mtsai, 2018)

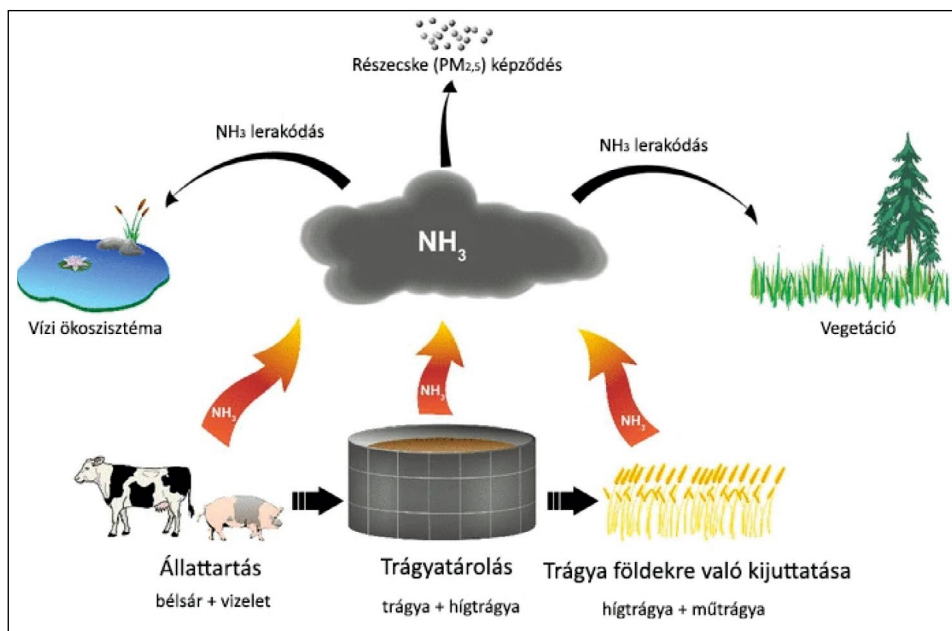


Figure 1. Ammonia emission from agriculture and environmental consequences of the ammonia transformation in the nitrogen cycle (Sigurdson et al, 2018)

Magyarország 2022. évi légszennyező leltárjelentése szerint az országos ammónia kibocsátás 92%-a mezőgazdasági eredetű, melynek közel fele (49%) a trágya kezelése, 16 %-a a szerves trágyák szántóföldi kijuttatása, 31 %-a pedig a műtrágyázás során jut a levegőbe. Az egyes gazdasági állatfajok trágyakezelésével összefüggő kibocsátáshoz a baromfitartás 13 %-ban járul hozzá (IIIR, 2022).

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) 2023. júniusában tette közzé az éves elemzését az EU tagállamai által szolgáltatott légszennyezési adatokról. Eszerint a leginkább problémás terület a légszennyező anyagok közül továbbra is az ammóniakibocsátás. A jelentés szerint az NH_3 emisszió csökkentési kötelezettségeit 16 ország már 2021-re tudta teljesíteni. Ezek Belgium, Ciprus, Csehország, Észtország, Finnország, Franciaország, Németország, Görögország, Olaszország, Málta, Hollandia, Lengyelország, Románia, Szlovákia, Szlovénia és Spanyolország. Akiknek még további 10% csökkentési kötelezettségük van Ausztria, Bulgária, Dánia, Magyarország, Írország, Lettország, Litvánia, Luxemburg, Portugália és Svédország. Magyarországnak emellett még a kis szemcseméretű szálló por tekintetében van csökkentési elmaradása, aminek kialakulása közvetlen kapcsolatban áll az ammónia emisszióval, hiszen a szekunder részecskék a légkörbe jutó gáznemű kibocsátások kémiai reakciói során keletkeznek. Az Európai Bizottság Harmadik Tiszta Levegő Kitekintés című tanulmánya arra a következtetésre jutott, hogy a jelenleg érvényben lévő intézkedések nem elegendőek az NH_3 -kibocsátás olyan mértékű csökkentésére, amely a kibocsátáscsökkentési kötelezettségvállalások teljesítéséhez szükséges, és több tagállamban további intézkedéseket kell bevezetni. Ezek főként az állatok elhelyezésére és takarmányozására, a trágya tárolására és a földön való kiszórására vonatkozó bevált gyakorlatokat, valamint a fenntartható műtrágyahasználatra vonatkoznak. (EEA, 2023). Egy 2023-as nemzetközi műhold alapú kimutatás szerint az Unió csökkentési stratégiák hatékonyak voltak. A legnagyobb kibocsátás csökkenés Közép- és Kelet-Európában (-38%) és Nyugat-Európában (-37%), kisebb csökkenés Észak- (-17%) és Dél-Európában (-7,6%) volt megfigyelhető 2013-2020 között (Tichý és mtsai, 2023).

Az állati trágyából felszabaduló ammónia nagy része a karbamid hidrolíziséből származik (Varel és mtsai, 2006). A felesleges N kiválasztási folyamata baromfinál eltér az emlősökétől, a nitrogén anyagcsere végterméke esetükben nem karbamid, hanem húgysav. A húgysavval sokkal több energia távozik a szervezetből, mint az emlősöknél a karbamiddal. Baromfinál nehézséget jelent, hogy kloákájuk lévén a bélsár és a vizelet keverten, együtt ürül ki a szervezetből, emiatt nehéz az ürülék és a vizelet nitrogén különválasztása. Azonban abból a tényből kiindulva, hogy a baromfi vizeletében a N-forgalom végtermékei közül a húgysav fordul elő a legnagyobb mennyiségben (70-80%), a kevert ürülék húgysav tartalmából következtetni lehet a vizelettel ürülő nitrogén mennyiségére (O'dell és mtsai, 1960; Juhász és Schmidt, 2002). A húgysav és az ammónia nitrogén tartalmának összege O'Dell és mtsai (1960), valamint Tasaki és Okumura (1964) szerint is szoros korrelációt mutat a vizelet összes nitrogén tartalmával. A húgysav és karbamid hidrolízisét mikrobiális eredetű ureáz enzim végzi, vagyis a trágyából az ammónia felszabadulása bakteriális tevékenység következménye (Zhang és mtsai, 1991). Az NH_3 képződését közvetlenül olyan tényezők szabályozzák, mint a pH, a hőmérséklet és az alom nedvességtartalma (Elliott és Collins, 1982). Az ürülék szárazanyag tartalmának növelése pozitívan hat az alomminőségre, ami

csökkentheti a talpbetegségek kialakulását, valamint az ammónia felszabadulását (Brouček és mtsai, 2015).

A baromfitartásból származó ammónia emisszió mértékét alapvetően meghatározzák, így a kibocsátás-csökkentési intézkedéseknek a következő területeket kell érinteniük:

- a telepi nitrogén menedzsment a teljes N-ciklus figyelembevételével;
- az állatállomány takarmányozási stratégiái;
- állattartási technikák;
- trágyatárolási technikák;
- és a trágya kijuttatási technikák.

A továbbiakban ezek közül csupán a takarmányozási aspektusokat tekintjük át.

CSÖKKENTETT FEHÉRJETARTALMÚ TÁPOK ETETÉSE

A baromfi és sertéstápokban több évtizede használjuk a lizint és a metionint a tápok fehérjetartalmának komplettálására. Napjainkban már a kristályos treonin, a valin, az izoleucin, az arginin és a triptofán is a takarmányipar rendelkezésére áll. A kristályos aminosavak kiegészítésével folyamatosan csökkenthető a tápok fehérjetartalma, többnyire azok ára is. A kisebb fehérjetartalmú tápok etetésének gazdaságosságát általában a fehérjetakarmányok, döntően a szójadara és a kristályos aminosavak ára határozza meg.

A rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján a sertés és a baromfi fajok között a tápok fehérjesszintjének csökkenthetősége lényegesen különbözik. Sertésnél több kutatási eredmény is arról számol be, hogy kristályos aminosav kiegészítőkkal akár 4%-os fehérjecsökkentés is megvalósítható a termelési eredmények romlása nélkül (Figueroa és mtsai, 2003; Kerr és mtsai, 2003). Ezzel szemben a baromfi fajoknál a tápokban a fehérjetartalom csökkentésekor számos esetben romló termelési paraméterekről számoltak be. Ennek részben az a magyarázata, hogy a fehérjecsökkentett tápokban megváltozó aminosav arányok miatt, egyes nem esszenciális aminosavak hiányával kell számolni. Azok a kísérletek, amelyekben a kontroll és a fehérjecsökkentett tápok emészthető lizintartalma megegyezett, továbbá mindkét tápra jellemző volt, hogy az aminosav arányok megfeleltek az ideális fehérje elvre vonatkozó ajánlásoknak, azt bizonyították, hogy tojtyúkokkal, brojlercsirkékkel átlagosan 2%-os fehérjecsökkentés valósítható meg a termelési eredmények romlása nélkül.

A hazánkban meghatározó baromfi fajok és hasznosítási típusok esetében az 1. táblázatban látható táp fehérje szint csökkentési kategóriákat lehet definiálni az irodalmi adatok és a tenyésztői ajánlások alapján. A fehérjecsökkentés megvalósításakor a 2. táblázatban látható aminosav kiegészítések indokoltak a hazai tápok összetétele alapján. Amennyiben a fehérje szint csökkenés nem párosul növekvő mértékű aminosav kiegészítéssel, akkor ugyan kisebb N-ürítéssel számolhatunk, de a fehérje hasznosulása romlik és emiatt az összes ürített nitrogénen belül nő az ammónia képződést generáló, ún. TAN (total ammoniacal nitrogen) hányad. Ez egyértelműen kedvezőtlen az ammónia emisszió szempontjából.

1. táblázat

Baromfi tápok fehérjecsökkentésének indikatív értékei (Bittman és mtsai, 2014)

Faj (16)	Fázis (17)	1. kategória (1)	2. kategória (2)	3. kategória (3)
		(kismértékű) (4)	(közepes mértékű) (5)	(nagymértékű) (6)
Brojlercsirke (7)		<i>Bittman és mtsai (2014)</i>		
	indító (12)	22-23	21-22	20-21
	nevelő (13)	21-22	20-21	19-20
	befejező (14)	20-21	19-20	18-19
Tojótyúk (8)		Tenyésztői ajánlás alapján (Hy-Line, 2018)		
	18-40 hét (15)	17	16,5	15,5
	40 hét <	16	15,5	14,5
		Hybrid guidelines (2015)		
	0-4 hét	27	26,5	25,5
	5-8 hét	24,5	24	23
	9-12 hét	22	21,5	20,5
	13-16 hét	18,5	18	17
	16 hét <	16	15,5	14,5
Kacsa (10)		Tenyésztői ajánlás alapján (Cherry Valley, 2017)		
	indító I.	21-22	20-21	19-20
	indító II.	19-20	18-19	17-18
	nevelő	17,5-18,5	16,5-17,5	15,5-16,5
	befejező	16-17	15-16	14-15
Jérce (11)		Tenyésztői ajánlás alapján (Hy-Line, 2018)		
	indító I.	19,5	19	18
	indító II.	17,5	17	16
	nevelő	16,5	16	15
	befejező	15	14,5	13,5
	tojó előkészítő (16)	16	15,5	14,5

Table 1. Indicative values of the protein reduction in poultry feeds (Bittman et al, 2014)

1. category (1); 2. category (2); 3. category (3); to a small extent (4); to a medium extent (5); to a high extent (6); broiler chicken (7); laying hens (8); turkey (9); duck (10); pullet (11); starter (12); grower (13); finisher (14); 18-40 week (15); species (16); phase (17)

2. táblázat

Csökkentett fehérjetartalmú baromfi tápok szükséges aminosav kiegészítése

Faj (16)	Fázis (17)	1. kategória (1)	2. kategória (2)	3. kategória (3)
		kismértékű (4)	közepes mértékű (5)	nagymértékű (6)
Brojler- +csirke (7)	indító (12)	MET, LYS, THR, VAL	MET, LYS, THR, VAL	MET, LYS, THR, VAL, ILE, ARG
	nevelő (13)	MET, LYS, THR, VAL	MET, LYS, THR, VAL	MET, LYS, THR, VAL, ILE, ARG
	befejező (14)	MET, LYS, THR, VAL	MET, LYS, THR, VAL	MET, LYS, THR, VAL, ILE, ARG
Tojóttyúk (8)				
	18-40 hét (15)	MET, LYS, THR, VAL, ILE	MET, LYS, THR, VAL, ILE, ARG	MET, LYS, THR, ILE, VAL
	40 hét <	MET, LYS	MET, LYS, THR, ILE	MET, LYS, THR, VAL, ILE, ARG
Pulyka (9)				
	0-4 hét	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR, VAL	MET, LYS, THR, VAL, ILE
	5-8 hét	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR, VAL
	9-12 hét	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR, VAL	MET, LYS, THR, ILE, VAL, ARG
	13-16 hét	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR, VAL, ARG
	16 hét <	MET, LYS	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR, ARG
Kacsa (10)				
	indító I.	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR, VAL
	indító II.	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR, VAL
	nevelő	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR, VAL
	befejező	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR, VAL
Jérce (11)				
	indító I.	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR, ILE, VAL	MET, LYS, THR, ILE, VAL, ARG
	indító II.	MET, LYS, THR, ILE	MET, LYS, THR, ILE	MET, LYS, THR, ILE, VAL, ARG
	nevelő	MET, LYS, THR, ILE	MET, LYS, THR, ILE	MET, LYS, THR, ILE
	befejező	MET, LYS	MET, LYS	MET, LYS, THR, ILE
	tojó előkészítő (16)	MET, LYS, THR	MET, LYS, THR, ILE	MET, LYS, THR, ILE, VAL

MET = metionin, LYS = lizin, THR = treonin, VAL = valin, ILE = izoleucin, ARG = arginin,

Table 2. Required amino acid supplementation of the reduced protein containing poultry feeds

1. category (1); 2. category (2), 3. category (3); to a small extent (4); to a medium extent (5); to a high extent (6); broiler chicken (7); laying hens (8); turkey (9); duck (10); pullet (11); starter (12); grower (13); finisher (14); 18-40 week (15); species (16); phase (17)

AZ IDEÁLIS FEHÉRJE ELV ALKALMAZÁSA

Az ideális fehérje elv lényege, hogy az állatok a termelési szint és a létfenntartás szükségletének változása miatt eltérő arányban igénylik a különböző aminosavakat (D'Mello, 1994). Az aminosav arányokat a lizinhez, a termékelőállítás esetében általában elsődlegesen limitáló aminosavhoz viszonyítjuk és arra törekszünk, hogy valamennyi esszenciális aminosav meghaladja a szükségletet, illetve lehetőség szerint a többlet is minimális legyen (Lemme, 2003). Ennek az a gyakorlati jelentősége, hogy a N-ürítés és ammónia emisszió mértékét az ideális fehérje elvtől történő nagyobb eltérések, a hiányok és a többletek egyaránt megnövelik és elsősorban a vizelet eredetű N arányát befolyásolják. A gyakorlatban a recepitúrálás során lehet az aminosav arányokra vonatkozóan is korlátokat megadni.

A HIZLALÁSI FÁZISOK SZÁMA

A baromfi fajok esetében ez az ammónia emissziót befolyásoló lehetőség kisebb mozgásteret jelent mert a hústípusú baromfi fajoknál (brojlercsirke, pecsénye kacsá, pecsénye liba) rövid a hizlalási idő és eleve 3-4 fázisú hizlalást végeznek a termelők. A pulykahizlalásban is 6 illetve 8 fázis tekinthető általánosnak. A termelési fázisok számának növelését a tápgyártási és logisztikai kapacitások is limitálják.

TAKARMÁNYADALÉKANYAGOK

Az exogén enzimek közül az NSP-bontóknak (xilanáz, glükánáz, celluláz stb.), a proteázoknak és a fitáznak van emészthetőséget befolyásoló hatása. Ezek az enzimek elsősorban a fehérje emészthetőségét és ezáltal a fajlagos mutatókat javítják. Hatásuk annyiban releváns az ammónia emisszió szempontjából, hogy használatukkal csökkenthető a N-ürítés mértéke.

Bizonyos előflórás készítmények úgyszintén módosíthatják az állatok nitrogén ürítését és az ürülék N-tartalmú anyagainak arányát. A probiotikumokban található mikrobák egyrészt fehérje bontó enzimeket termelnek, amelyek javítják az emészthetőséget, másrészt a patogén baktériumok számát csökkentik és ezáltal a kisebb lesz az elhullás, a megbetegedések kialakulásának és a gyulladásos immunválasz reakciók kockázata. Ezáltal javulnak a termelési eredmények, az állomány N-retenciója (Reis és mtsai., 2017). A probiotikumok, kiürülve az állat szervezetéből módosíthatják az alom mikroflóráját is (Such és mtsai, 2021a).

Az előzőekben említett takarmányozási tényezők közül a termelési eredmények romlása nélkül a leghatékonyabban a tápok fehérjetartalmának csökkentése befolyásolja az ammónia emissziót. A különböző ammónia emissziót csökkentő takarmányozási módszerek hatása egy szintig additívnek tekinthető. A gyakorlatban például kombinálva használják a csökkentett fehérjetartalmú tápok és a különböző enzimeket, probiotikumokat.

BAROMFI FAJOK TAN ÜRÍTÉSE

Az ammónia emissziós leltár készítésekor a sertés és a baromfi fajok esetében is általánosan 70%-os TAN default értékkel számolnak. A genetikai előrehaladás azonban mindkét monogasztrikus állatcsoportban jelentős volt az elmúlt évtizedekben. Folyamatosan javult az állatok takarmányértékesítése, N-retenciója és ezáltal nem csupán a N-ürítése, hanem azon belül a vizelettel távozó karbamid vagy húgysav részaránya is. A 3. táblázatban a rendelkezésre álló kutatási eredmények és azok egyéb korcsoportoknak történő megfeleltetése látható. A számok azt mutatják, hogy ezen a téren komoly tartalékaink vannak a hazai leltár pontosítása terén.

3. táblázat

Különböző baromfi fajok TAN ürítése (Dublecz és mtsai, 2021)

Faj	TAN
Brojlercsirke (1)	45%
Kacsa előnevelés (2)	47%
Kacsa hizlalás (3)	47%
Pulyka előnevelő (4)	45%
Pulyka hizlalás bak (5)	50%
Pulyka hizlalás tojó (6)	40%
Jércenevelés (7)	40%
Tojótyúk (8)	40%

Table 3. TAN excretion of different poultry species

broiler chicken (1); duck pre-rearing (2); duck fattening (3); turkey pre-rearing (4); turkey fattening of males (5); turkey fattening of females (6); pullet growing (7); laying hen (8)

FAJI SPECIALITÁSOK

Brojlercsirke

A brojlercsirkék nitrogén hasznosítása az összes baromfifaj közül a leginkább kutatott. A csirkéket általában vegyes ivarban hizlaljuk, a jércék és a kakasok növekedési erélyben megnyilvánuló különbsége a rövid hizlalási idő miatt nem számottevő. A tenyésztőszervezetek takarmányozási ajánlása alapján a nevelési fázisok során az állatok eltérő nyersfehérje tartalmú takarmányt igényelnek. Ennek mennyisége a szükségleti értékek változásával az életkor előrehaladtával csökken. Irodalmi adatok szerint bojlercsirkék és a tojótyúkok nitrogén retenciója közel 50-60%-os, ezt azonban egyes nitrogén emisszió csökkentést célzó takarmányozási stratégiával lehet befolyásolni. Az egyik leginkább kutatott takarmányozási stratégia a nyersfehérje csökkentés aminosav kiegészítéssel. A 4. táblázat az ehhez kapcsolódó kutatási eredményeket mutatja be.

Egyéb takarmányozási módszerek is léteznek a nitrogén ürítés befolyásolására. A takarmány-adalékanyagok, például enzimek, probiotikumok és szerves savak használata úgyszintén javítja az állatok N-retencióját (5. táblázat).

4. táblázat

Kutatási eredmények a brojlercsirke tápok nyersfehérje csökkentésének témájában

Kutatás	Táp	Fehérjeszint	Aminosav- kiegészítés	Nitrogén űrités	Teljesítmény-mutatók
<i>Blair és mtsai</i> (1999)	kukorica/ búza/ szója	20%-ról 18%-ra a nevelő fázis- ban	lizin, metionin, treonin, triptofán	27%-os csökkenés a napi nitrogén űritésben	Nincs statisztikailag igazolható különbség a testtömegben
<i>Ullrich és mtsai</i> (2018)	kukorica/ szójadara	22,0-20,5-20%- ról 20,2-18,6- 18,1%-ra a 3 fázis során	lizin, arginin	15,2%-os csökkenés a nitrogén űritésben	Statisztikailag igazol- ható javulás a testtö- meg esetén
<i>Such és mtsai</i> (2021b)	kukorica/ búza/ szójadara	21,3-20,4%-ról 19,4-18,3%-ra a nevelő és befejező fázis- ban	lizin, metionin, treonin, valin, izoleucin, arginin	23%-os csökkenés a nitrogén űritésben	Nincs statisztikailag igazolható különbség a termelési paraméte- rek esetén
<i>Strifler és mtsai</i> (2022)	kukorica/ búza/ szójadara	22,6-20,8- 18,9%-ról 21,2- 19,8-17%-ra a 3 fázis során	lizin, metionin, valin, treonin, arginin, izoleucin	12%-os javu- lás a nitrogén retencióban	Nincs statisztikailag igazolható különbség a termelési paraméte- rek esetén
<i>Malomo és mtsai</i> (2013)	kukorica / szójadara	22%-ról 16%-ra a teljes terme- lési időben	metionin, lizin	65%-os csökkenés a nitrogén űritésben	Csökkent testtömeg és takarmányfogyasz- tás
<i>Rezaei és mtsai</i> (2004)	kukorica / szójadara	20,8-18,1%-ról 18,4-16,4%-ra a nevelő és befejező fázis- ban	lizin	K:0,868 LP:0,758 g/ nap	Csökkent a testtömeggyarapodás és a takarmányfelvétel
<i>Attia és mtsai</i> (2020)	kukorica/ szójadara	18%-ról 15%- ra a befejező fázisban	metionin, lizin	21%-os csök- kenés nitro- gén űritésben	Nem befolyásolta a termelési paraméte- reket

Table 4. Research on the reduction of crude protein content of poultry feeds

Tojóttyúk

A tápok nyersfehérje szintjének csökkentését tojóttyúkok esetén körütekintően kell elvégezni a termeléssel összefüggő élettani sajátosságok miatt. A tojóttyúkok termelését nagymértékben befolyásolja a jércenevelés hatékonysága. A tojóttyúkok specialitása a többi állatfajhoz képest, hogy táplálóanyag szükségletük a nap folyamán is jelentősen változik, ami azzal magyarázható, hogy a tojásképződés jelentős részben az éjszakai órákban történik, amikor a tyúkok nem fogyasztanak takarmányt. *Boorman és mtsai* (2013) szerint a tojásfehérje-szintézis napszaki változása miatt a tyúkok fehérjeszükséglete a nap bizonyos szakaszaiban nagyobb és kisebb is lehet, mint amennyit a takarmányadag tartalmaz. A tyúk kalcium, foszfor, energia és fehérje igényének napszaki változása miatt már a gyakorlatban is elterjedtek az ún. osztott takarmányozási technológiák, amikor kétfajta tápot etetnek. A délelőtti táp több fehérjét és energiát, míg a délután etetett takarmány több kalcium forrást tartalmaz. Ezzel

5. táblázat

Kutatási eredmények a vizelet nitrogén ürítés arányának befolyásolásával kapcsolatosan

Kutatás	Táp	Módszer	Vizelet nitrogén arány	Nitrogén ürítés	Teljesítmény-mutatók
<i>Such és mtsai</i> (2021a)	kukorica/ szója	pre- és probiotikum kiegészítés	12%-os vizelet nitrogén arány csökkenés probiotikum etetés hatására	nem változott	Nincs statisztikailag igazolható különbség a termelési paraméterekben
<i>Such és mtsai</i> (2023)	kukorica/ búza/ szója	probiotikum/ szimbiotikum kiegészítés	25,6%-os vizelet nitrogén arány csökkenés probiotikum etetés hatására	nem változott	Nincs statisztikailag igazolható különbség a termelési paraméterekben
<i>Woyengo és mtsai</i> (2010)	kukorica/ szója	fitáz kiegészítés	nincs adat	6,6% javulás a nitrogén retencióban	Statisztikailag igazolható javulás a termelési paraméterekben

Table 5. Research on the manipulation of the rate of urinary nitrogen excretion

a módszerrel csökkentett fehérjefelvétel mellett sem romlik a tojástermelés, javul viszont a tyúkok N-retenciója.

Alagawany és mtsai (2016) vizsgálatai során a különböző nyersfehérje tartamú tápokon metionin és probiotikum kiegészítések alkalmazásának hatását vizsgálták a nitrogén ürítésére és retenciójára. Eredményeik szerint a 18% fehérjetartalmú kontroll táppal szemben a 16%-os nyersfehérje szintű takarmánykeverék 1,95g-ról 1,57g-ra csökkentette a tyúkok nitrogén ürítését. Ezáltal javult a N-retenció is javult 0,34g-ról 0,62g/napra. A probiotikum kezelés esetén hasonló szignifikáns hatásról számoltak be, a nitrogénürítés 1,55-ről 1,06g/nap-ra változott, ellentétben a retencióval, ami a kontrolltáp esetén 0,50g/nap, probiotikum kezelés esetén pedig 0,95g/nap volt.

A madarak életkora és termelési szintje nagymértékben befolyásolhatja a fehérje szükségletet. A jércenevelés során például nem cél az intenzív növekedés és a takarmánnyal felvett fehérje nagyobb részben létfenntartásra fordítódik. A tojótyúkoknál viszont a tojással kiválasztott jelentős fehérje miatt már a termékbé épülő nitrogén válik dominánssá. A táp százalékában kifejezett fehérjetartalom a madarak életkorának növekedésével azért csökken, mert az állatok növekedési üteme csökken, takarmányfelvevő kapacitása viszont nő (*Bertechini*, 2012). Ezt támasztja alá *Soares és mtsai* (2017) munkája, ahol a jércék napi létfenntartó nitrogén szükségletét 294, 331 és 355 mg/ttkg^{0,67}-nak találták az indító, nevelő és befejező fázisokban. A jércék nitrogén retenciója pedig 3200, 2633 és 1826 mg/ttkg^{0,67} volt. Mivel a jércékkel eleve kis fehérjetartalmú tápokot etetünk, a N-ürítés csökkentése érdekében végzett kutatásokat ezzel a baromfi csoporttal nem végeztek.

Pulyka

Pulykával már sokkal kevesebb kísérleti eredménnyel találkozunk. A pulyka takarmányozás specialitása, hogy a nevelés két fázisú. Az előnevelést erre szakosodott telepeken végzik, majd 6 hetesen kerülnek az állatok a hizlaló telepekre. Úgyszintén jellemző a pulyka fajra a nagy ivari dimorfizmus. Emiatt a tojókat és

6. táblázat

Kutatási eredmények a tojó tápok nyersfehérje csökkentésének témájában

(Chalova, 2016)

Kutatás	Táp	Fehérjeszint	Aminosav- kiegészítés	Nitrogén- űrités	Teljesítmény-mutatók
<i>Blair és mtsai</i> (1999)	kukorica/ búza/ szója	17%-ról 13,5%-ra termelés alatt	lizin, metionin, treonin, triptofán	35%-os csökkenés a napi nitrogén űritésben	Nincs statisztikailag igazolható különbség a tojástermelésben és minőségben 13,5 és 17%-os fehérjeszint esetén
<i>Summers</i> (1993)	kukorica/ búza/ szója	19-17%-ról 11%-ra	lizin, metionin	40%-os csökkenés nitrogén űritésben	Nincs statisztikailag igazolható különbség a tojástermelésben, azonban a tojástömeg csökkent 11%-os fehérjeszint esetén a 19%-os képest
<i>Latshaw és Zhao</i> (2011)	kukorica/ kukorica glutén/ búza/ szója	17-ről 13 g nyersfehérje/ nap	lizin, metionin, treonin, triptofán, izoleucin, valin, fenil-alanin	30%-os csökkenés nitrogén űritésben	Nincs statisztikailag igazolható különbség a tojástermelésben, de nőtt a takarmányfogyasztás
<i>Sloan és mtsai</i> (1995)	kukorica/ szójadara	15,5%-ról 12,7%-ra	metionin	16%-os csökkenés nitrogén űritésben	A tojás mérete és a termelés csökkent
<i>Keshavarz és Austic</i> (2004)	kukorica/árpa/ szójadara	16%-ról 13%-ra	metionin, lizin, triptofán, izoleucin, valin	45%-os csökkenés nitrogén űritésben	Nincs különbség a tojástermelésben, tojástömegben és takarmányfogyasztásban. Alacsonyabb takarmányértékesítés

Table 6. Research results on the reduction of crude protein content of laying hen feeds (Chalova, 2016)

a bakokat elkülönítetten, eltérő ideig és végsúlyra hizlaljuk. Mindezek a jellegzetességek természetesen a takarmányozást is érintik.

A rendelkezésre álló kutatási eredmények alapján ha az alapvető aminosav-szükségletek teljesülnek, akkor a tápok nyersfehérje-tartalma csökkenthető (*Sell és mtsai*, 1994; *Waibel és mtsai*, 1995; *Boling és Firman*, 1997; *Kidd és mtsai*, 1997; *Waldroup és mtsai*, 1997). Mivel a pulyka esetében is jelentős volt az új genotípusok, hibridek teljesítmény növekedése, *Applegate és mtsai* (2008) azt vizsgálták, hogy hizlalás egyes fázisaiban 1-2%-os nyersfehérje szint növelésének, illetve a lizin, metionin és a treonin szükségletet (*NRC*, 1994) 10%-kal meghaladó biztosítása, milyen módon befolyásolja a bakpulykák súlygyarapodását, a mellhús kihozattal és a N-űritést. A kezelések nem befolyásolták a pulykák súlygyarapodását, takarmányfelvételt, a fajlagos takarmányfelhasználást és a mellhúskihozattal sem. Ugyanakkor, ha a lizin és a metionin mellett a tápok treonint is tartalmaztak, akkor 10,8%-kal csökkent az alom N-tartalma. *Lingens és mtsai* (2021) szerint a

pulykák nitrogén hasznosításának javítása során problémát jelent, hogy az ileális emésztési együtthatókat brojlercsirkékkel határozták meg. Egyes kutatások során megállapították azonban, hogy az emésztési együtthatók különböznek a pulykák és brojlerek esetén, aminek orvoslására javaslatokat is megfogalmaztak (Kluth, 2006; Kozłowski, 2011; 2012). Lingens és mtsai (2021) vizsgálatai során 3%-os fehérjecsökkentést (18-15%) végeztek lizin- és metionin-kiegészítéssel. Ennek során a kísérleti tápok standardizált csípőbélben emészthető aminosavak (SID) alapján állították össze (Lemme és mtsai, 2004a, 2004b, 2020). Eredményeik szerint a teljesítményparamétereket negatívan befolyásolták a kezelések. Megállapították, hogy az emésztési együtthatók különbözősége befolyással lehetett a fehérjecsökkentés hatékonyságára (Kluth, 2006 ;Kozłowski, 2011; 2012). Ezzel ellentétben Kluth és Rodehutscord (2006) a szójadara emészthetőségének vizsgálata során nem számolt be lényeges különbségekről brojlercsirkék, pulykák és pekingi kacsák között.

Kacsa

Hazánkban a pecsenyekacsa termelés a legdinamikusabban növekvő szegmense a baromfi ágazatnak. A brojlercsirkéhez hasonlóan a kacsák hizlalása is vegyes ivarban történik. A Pekingi típusú pecsenyekacsa esetében nincs lényeges eltérés a két ivar növekedése között. A kacsák N-ürítéséről több kutatás és összefoglaló tanulmány is született (Adeola, 2006). Az emésztőrendszer fejlődése a növekedés során eltérő a brojlerek és a víziszárnyasok esetében (Jamroz és mtsai, 2001, 2002, 2004), és különbségek vannak az aminosavak emésztőképességében is a brojlerek és kacsák között (Kluth és Rodehutscord, 2006). Ebből következik, hogy a brojlercsirkékkel meghatározott emésztési együtthatók nem feltétlenül alkalmazhatók kacsákra (Akinde és mtsai, 2010). Akinde és mtsai (2010) vizsgálatai során megállapították, hogy a kacsák endogén nitrogén-ürítése, a kacsa testtömegétől és életkorától függően lényegesen meghaladja a brojlercsirkékkel mért értékeket. Xie és mtsai (2017) eredményei alapján az emészthető aminosav alapon összeállított, kristályos aminosavakkal kiegészített 15%-os nyersfehérje tartalmú táp etetése nem befolyásolta kedvezőtlenül a pekingi kacsák súlygyarapodását és testösszetételét. A 13,54%-os nyersfehérje tartalmú táp etetése esetén már nőtt a hasúri zsír mennyisége. Egyes kacsatípusok fehérjeszükséglete is azonban eltérhet a hasznosítási típus szerint. Baéza és mtsai (2012) mulard kacsák fehérjeszükségletének megállapítására végeztek kísérletet. Minden termelési fázisban 5 fehérjeszintet alkalmaztak. Ennek során megállapították, hogy a nagyobb fehérjetartalmú takarmányok etetésekor romlott a fehérje hasznosulása és a 23,8, 15,4 és 13,8%-os fehérjeszintek bizonyultak a legkedvezőbbnek az indító, nevelő és befejező fázisban. A fehérje szint csökkentése az indító fázisban 42%-ról 54%-ra, a nevelő fázisban 42%-ról 47%-ra, a befejező szakaszban pedig 45%-ról 79%-ra növelte a kacsák N-retencióját. Ennek következtében az ürülék nitrogéntartalma a takarmány nitrogéntartalmával lineárisan úgyszintén növekedett. Dublec és mtsai (2018) eredményei alapján a kacsák kevésbé érzékenyen reagálnak a tápok fehérjeszintjének változására, mint a brojlercsirkék. Kísérletükben még a 2,5%-os fehérjecsökkentett táp sem eredményezett változást a termelési paraméterekben, viszont 60 Ft-al csökkentette az egy kacsára jutó takarmányköltséget.

KÖVETKEZTETÉSEK

A baromfi ágazat a hazai agrárgazdaság egyik meghatározó jelentőségű szegmense, az export és a hazai lakosság állati fehérjével történő ellátása szempontjából egyaránt. A termékelőállítás hatékonyságának folyamatos javításán túl valamennyi állattenyésztési ágazatban egyre nagyobb súllyal esik latba a fenntarthatósági és környezetvédelmi szempontok figyelembevétele. Ebből a szempontból az ammónia emisszió az egyik legégetőbb probléma. Jelen cikkünkben a különböző baromfi fajokra vonatkozóan rendelkezésre álló takarmányozási lehetőségeket mutatjuk be. Természetesen a takarmányozáson túl, számos egyéb tényező, a tartástechnológia, az alom minősége, a trágyatárolás és trágya szántóföldre történő kijuttatása úgyszintén hatással van az elillanó ammónia mennyiségére. Az Agrárminisztérium megbízásából, az elmúlt években több kutatóintézetrel együttműködve telepi szintű ammónia kalkulátort is kifejlesztettünk a sertés és baromfitartó gazdák részére. Ezekkel az ingyenesen hozzáférhető internetes felületű kalkulátorokkal az állattartók maguk is tudják értékelni jelenlegi helyzetüket és segítséget kapnak a lehetséges ammónia emisszió csökkentési alternatívákról.

IRODALOMJEGYZÉK

- Adeola, O. (2006): Review of research in duck nutrient utilization. *Int. J. Poult. Sci.*, 5. 201-218.
- Akinde, O. A. – Kluth, H. – Rodehutsord, M. (2010): Studies on the inevitable losses of nitrogen in Pekin ducks. *Arch. Geflügelk.*, 74. 233-239.
- Alagawany, M. – Abd El-Hack M. E. – Arif, M. (2016): Individual and combined effects of crude protein, methionine, and probiotic levels on laying hen productive performance and nitrogen pollution in the manure. *Env. Sci. Pollut. Res.*, 23. 22906–22913.
- Applegate, T. – Powers, A. – Angel, R. – Hoehler, D. (2008): Effect of amino acid formulation and amino acid supplementation on performance and nitrogen excretion in turkey toms. *Poult. Sci.*, 87. 514-520.
- Attia, Y. A. – Bovera, F. – Wang, J. – Al-Harhi, M. A. – Kim, W. K. (2020): Multiple amino acid supplementations to low-protein diets: Effect on performance, carcass yield, meat quality and nitrogen excretion of finishing broilers under hot climate conditions. *Animals*, 10. 973.
- Baéza, E. – Bernadet, M. D. – Lessire, M. (2012): Protein requirements for growth, feed efficiency, and meat production in growing mule ducks. *J. Appl. Poult. Res.*, 21. 21-32.
- Behera, S. N. – Sharma, M. (2010): Investigating the potential role of ammonia in ion chemistry of fine particulate matter formation for an urban environment. *Sci. Total Environ.*, 408. 3569–3575.
- Bertechini, A. G. (2012): *Nutrição de monogástricos*. p 301. Lavras, Brazil: Editora UFLA. ISBN: 978-85-8127-016-6
- Bittman, S. – Dedina, M. – Howard, C. M. – Oenema, O. – Sutton, M. A. (eds) (2014): Options for ammonia mitigation: Guidance from the UNECE task force on reactive nitrogen. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK; ISBN: 978-1-906698-46-1
- Blair, R. – Jacob, J. P. – Ibrahim, S. – Wang, P. (1999): A quantitative assessment of reduced protein diets and supplements to improve nitrogen utilisation. *J. Appl. Poult. Res.*, 8. 25-47.
- Boling S. D. – Firman J. D. (1997): A low-protein diet for turkey poults. *Poult. Sci.*, 76. 1298-1301.
- Boorman, K. N. (2013): Dietary constraints on nitrogen retention. Protein deposition in animals: Proceedings of Previous Easter Schools in Agricultural Science Butterworths, London, 147-166.
- Brouček, J. – Čermák, B. (2015): Emission of harmful gases from poultry farms and possibilities of their reduction. *Ekologia Bratislava*, 34. 89–100.

- Chalova, V. I. – Kim, J. H. – Patterson, P. H. – Ricke, S. C. – Kim, W. K. (2016): Reduction of nitrogen excretion and emissions from poultry: a review for conventional poultry. *World Poult. Sci. J.*, 72. 509-520.
- D'Mello, J. P. F. (1994): Responses of growing poultry to amino acids. In *Amino acids in animal nutrition* (ed. JPF D'Mello 2nd edition) pp. 205–244. CAB International, Wallingford, UK.
- Dublecz, F. – Bustyaházai, L. – Pócza, Sz. – Takaró, V. – Husvéth, F. – Pál, L. – Márton, A. – Such, N. – Koltay, I. – Dublec, K. (2018): A broiler csirke és a pecsényekacsa ileális aminosav-emésztőképességének összehasonlítása. Konferenciakiadvány, 1-5. XXIV. Ifjúsági Tudományos Fórum, 2018. május 24. Keszthely
- Dublecz, K. – Benedek, Zs. – Koltay, I. A. (2021): Húshasznú baromfi fajok és különböző genotípusú sertésekre vonatkozó kutatási feladatok támogatása. Kutatási jelentés, Agrárminisztérium.
- EEA, European Environment Agency (2023): Briefing no. 15/2023, Air pollution in Europe: 2023 reporting status under the National Emission reduction Commitments Directive. ISBN: 978-92-9480-586-7. doi: 10.2800/149724
- Elliott, H. A. – Collins, N. E. (1982): Factors affecting ammonia release in broiler houses. *Am. Soc. of Agric. Eng. Trans.*, 25. 413–418.
- Figuerola, J. L. – Lewis, A. J. – Miller, P. S. – Fischer, R. L. – Diedrichsen, R. M. (2003): Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine. *J. Anim. Sci.*, 81. 1529–1537.
- Giannakis, E. – Kushta, J. – Bruggeman, A. – Lelieveld, J. (2019): Costs and benefits of agricultural ammonia emission abatement options for compliance with European air quality regulations. *Environ. Sci. Eur.*, 31. 93. doi: 10.1186/s12302-019-0275-0
- IIR (2022): Hungary Informative Inventory Report 1990-2020; <https://cdr.eionet.europa.eu/hu/un/clrtap/iir/envyjdna/>
- Jamroz, D. – Jakobsen, K. – Orda, J. – Skorupińska, J. – Wiliczekiewicz, A. (2001): Development of the gastrointestinal tract and digestibility of dietary fibre and amino acids in young chickens, ducks and geese fed diets with high amounts of barley. *Comp. Physiol. Biochem.*, 130. 643-652.
- Jamroz, D. – Jakobsen, K. – Bach Knudsen, K. C. – Wiliczekiewicz, A. – Orda, J. (2002): Digestibility and energy value of non-starch polysaccharides in young chickens, ducks and geese, fed diets containing high amounts of barley. *Comp. Physiol. Biochem.*, 131. 657-668.
- Jamroz, D. – Wiertelicki, T. – Wiliczekiewicz, A. – Orda, J. – Skorupińska, J. (2004): Dynamics of yolk sac resorption and post-hatching development of the gastrointestinal tract in chickens, ducks and geese. *J. Anim. Phys. Anim. Nutr.*, 88. 239-250.
- Juhász, A. – Schmidt, J. (2002): Apparent and true digestibility of protein and amino acids in poultry feeds: I. Methods of determining protein and amino acid digestibility in poultry. *Acta Agron. Óváriensis*, 44. 87–94.
- Kerr, B. J. – Southern, L. L. – Bidner, T. D. – Friesen, K. G. – Easter, R. A. (2003): Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition. *J. Anim. Sci.*, 81. 3075–3087.
- Keshavarz, K. – Austic, R. E. (2004): The use of low-protein, low-phosphorus, amino acid- and phytase-supplemented diets on laying hen performance and nitrogen and phosphorus excretion. *Poult. Sci.*, 83. 75-83.
- Kidd, M. T. – Kerr, B. J. – England, J. A. – Waldroup, P. W. (1997): Performance and carcass composition of large white toms as affected by dietary crude protein and threonine supplements. *Poult. Sci.*, 76. 1392-1397.
- Kluth, H. – Rodehutscord, M. (2006): Comparison of amino acid digestibility in broiler chickens, turkeys, and pekin ducks. *Poult. Sci.*, 85. 1953–1960.
- Krupa, S. (2003): Effects of atmospheric ammonia (NH₃) on terrestrial vegetation: a review. *Envir. Poll.*, 124.179–221.
- Latshaw, J. D. – Zhao, L. (2011): Dietary protein effects on hen performance and nitrogen excretion. *Poult. Sci.*, 90. 99-106.

- Lelieveld, J. – Haines, A. – Pozzer, A. (2018): Age-dependent health risk from ambient air pollution: a modelling and data analysis of childhood mortality in middle-income and low-income countries. *Lancet Planet Health*. 2. (7) e292–e300.
- Lemme, A. (2003): The “Ideal Protein Concept” in broiler nutrition 1. Methodological aspects - Opportunities and limitations. *AminoNews*. 2-9. Available at https://www.researchgate.net/publication/284800241_The_Ideal_Protein_Concept_in_broiler_nutrition_1_Methodological_aspects_-_Opportunities_and_limitations (verified 24 January 2022).
- Lemme, A. (2020): Turkey Times. In *Proceedings of the 14th Turkey Science and Production Conference*, Chester, UK, 4–6. March, 79–86.
- Lemme, A. – Frackenpohl, U. – Petri, A. – Meyer, H. (2004a): Effects of reduced dietary protein concentrations with amino acid supplementation on performance and carcass quality in turkey toms 14 to 140 days of age. *Int. J. Poult. Sci.*, 3. 391–399.
- Lemme, A. – Ravindran, V. – Bryden, W. L. (2004b): Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. *World's Poult. Sci. J.*, 60. 423–438.
- Lingens, J. B. – Abd El-Wahab, A. – de Paula Dorigam, J. C. – Lemme, A. – Brehm, R. – Langeheine, M. – Visscher, C. (2021): Evaluation of methionine sources in protein reduced diets for turkeys in the late finishing period regarding performance, footpad health and liver health. *Agriculture*, 11. 901.
- Malomo, G. A. – Bolu, S. A. – Olutade, S. G. (2013): Effects of dietary crude protein on performance and nitrogen economy of broilers. *Sus. Agric. Res.*, 2. 52–57.
- O'dell, B. L. – Woods, W. D. – Laerdal, Osm. A. – Muniz Jeffay A. – Savage, J. E. (1960): Distribution of the major nitrogenous compounds and amino acids in chicken urine. *Poult. Sci.*, 39. 426–432.
- Reis, M. P. – Fassani, E. J. – Garcia, A. A. P. – Rodrigues, P. B. – Bertechini, A. G. – Barrett, N. – Persia, M. E. – Schmidt, C. J. (2017): Effect of *Bacillus subtilis* (DSM 17299) on performance, digestibility, intestine morphology, and pH in broiler chickens. *J. Appl. Poult. Res.*, 26. 573–583.
- Rezaei, M. H. – Moghaddam, N. – Pour Reza, J. – Kermanshahi, H. (2004): The effects of dietary protein and lysine levels on broiler performance, carcass characteristics and N excretion. *Int. J. Poult. Sci.*, 3. 148–152.
- Schraufnagel, D. – Balmes, J. – De Matteis, S. – Hoffman, B. – Kim, W. J. – Perez-Padilla, R. – Rice, M. – Sood, A. – Vanker, A. – Wuebbles, D. (2019): Health benefits of air pollution reduction. *Ann. Am. Thorac. Soc.*, 16. 1478–1487.
- Sell, J. L. – Jeffrey, M. J. – Kerr, B. J. (1994): Influence of amino acid supplementation of low-protein diets and metabolizable energy feeding sequence on performance and carcass composition of toms. *Poult. Sci.*, 73. 1867–1880.
- Sloan, D. R. – Harms, R. H. – Barnard, D. – Nordstedt, R. (1995): Effect of diet on feces composition and the implications on environmental quality. *J. Appl. Poult. Res.*, 4. 379–383.
- Soares, L. – Kazuo Sakomura, N. – Cesar de Paula Dorigam, J. – Liebert, F. – Quintino do Nascimento, M. – Batista, J. – Fernandes, K. (2019): Nitrogen maintenance requirements and potential for nitrogen retention of pullets in growth phase. *J. Anim. Phys. Anim. Nutr.*, 103. 1168–1173.
- Striffler, P. – Horváth, B. – Such, N. – Zsarnóczy, S. – Dublec, K. – Pál, L. (2022): Eltérő nyersfehérje- és energiaszintű takarmányok hatása brojler kakasok termelési eredményeire, nitrogénretenciójára és az ürülék nitrogénformáira. XXVIII. Ifjúsági Tudományos Fórum, Keszthely, tanulmánykötet, 1-7.
- Such, N. – Csitári, G. – Stankovics, P. – Wágner, L. – Koltay, I. A. – Farkas, V. – Pál, L. – Striffler, P. – Dublec, K. (2021a): Effects of probiotics and wheat bran supplementation of broiler diets on the ammonia emission from excreta. *Animals*, 11. 2703.
- Such, N. – Pál, L. – Striffler, P. – Horváth, B. – Koltay, I. A. – Rawash, M. A. – Farkas, V. – Mezőlaki, Á. – Wágner, L. – Dublec, K. (2021b): Effect of feeding low protein diets on the production traits and the nitrogen composition of excreta of broiler chickens. *Agriculture*, 11. 781.
- Such, N. – Mezőlaki, Á. – Rawash, M. A. – Tewelde, K. G. – Pál, L. – Wágner, L. – Schermann, K. – Poór, J. – Dublec, K. (2023): Diet composition and using probiotics or symbiotics can modify the

- urinary and faecal nitrogen ratio of broiler chicken's excreta and also the dynamics of in vitro ammonia emission. *Animals*, 13. 332.
- Summers, J. D. (1993): Reducing nitrogen excretion of the laying hen by feeding lower crude protein diets. *Poult. Sci.*, 72. 1473-1478.
- Sutton, M. – Howard, C. – Erisman, J. – Billen, G. – Bleeker, A. – Grennfelt, P. – Grizzetti, B. (Eds.). (2011): *The european nitrogen assessment: Sources, effects and policy perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tasaki, I. – Okumura, J. (1964): Effect of protein level of diet on nitrogen excretion in fowls. *J. Nutr.*, 83. 34–38.
- Tichý, O. – Eckhardt, S. – Balkanski, Y. – Hauglustaine, D. – Evangelidou, N. (2023): Decreasing trends of ammonia emissions over Europe seen from remote sensing and inverse modelling. EGUSphere, preprint repository. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-641>
- Ullrich, C. – Langeheine, M. – Brehm, R. – Taube, V. – Siebert, D. – Visscher, C. (2018): Influence of reduced protein content in complete diets with a consistent arginine–lysine ratio on performance and nitrogen excretion in broilers. *Sustainability*, 10. 3827.
- Varel, V. H. – Wells, J. E. – Miller, D. N. (2006): Combination of a urease inhibitor and a plant essential oil to control coliform bacteria, odour production and ammonia loss from cattle waste. *J. Appl. Microbiol.*, 102. 472-477.
- Waibel, P. E. – Carlson, C. W. – Liu, J. K. – Brannon, J. A. – Noll, S. L. (1995): Replacing protein in corn-soybean turkey diets with methionine and lysine. *Poult. Sci.*, 74. 1143-1158.
- Waldroup, P. W. – England, J. A. – Waldroup, A. L. – Anthony, N. B. (1997): Response of two strains of large white male turkeys to amino acid levels when diets are changed at three- or four-week intervals. *Poult. Sci.*, 76. 1543-1555.
- WHO - World Health Organization (2013): Health effects of particulate matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and Central Asia. Available online: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf. (accessed on 04.14.2021)
- Woyengo, T. A. – Slominski, B. A. – Jones, R. O. (2010): Growth performance and nutrient utilization of broiler chickens fed diets supplemented with phytase alone or in combination with citric acid and multcarbohydrase. *Poult. Sci.*, 89. 2221-2229.
- Wu, Y. – Gu, B. – Erisman, J. W. – Reis, S. – Fang, Y. – Lu, X. – Zhang, X. (2016): PM_{2.5} pollution is substantially affected by ammonia emissions in China. *Environ. Pollut.*, 86–94.
- Xie, M. – Jiang, Y. – Tang, J. – Wen, Z. G. – Zhang, Q. – Huang, W. – Hou, S. S. (2017): Effects of low-protein diets on growth performance and carcass yield of growing White Pekin ducks. *Poult. Sci.*, 96. 1370-1375.
- Zhang, R. – Ishibashi, K. – Day, D. L. (1991): Experimental study of microbial decomposition in liquid swine manure, and generation rates of ammonia. in *Proceedings of the Livestock Waste Management Conference, American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, MI, USA. 23–26 April

Érkezett: 2023. július

A szerzők címe: Dublec K. – Kiss B. – Goitom Tewelde K. – Bartos Á. – Pál L. – Magyar M. – Benedek Zs. – Such N.
Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Takarmányozási és Takarmányozás-élettani Tanszék

Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus, Department of Animal Nutrition and Nutritional Physiology
H-8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.
dublecz.karoly@uni-mate.hu