

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Gyurcsó Gábor

**MOSONMAGYARÓVÁR
2025**

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
ALBERT KÁZMÉR MOSONMAGYARÓVÁRI KAR
ÁLLATTUDOMÁNYI TANSZÉK**

**WITTMANN ANTAL NÖVÉNY-, ÁLLAT- ÉS ÉLELMISZER- TUDOMÁNYI
MULTIDISZCIPLINÁRIS
DOKTORI ISKOLA**

DOKTORI ISKOLAVEZETŐ:

Dr. Varga László DSc
egyetemi tanár

UJHELYI IMRE ÁLLATTUDOMÁNYI DOKTORI PROGRAM

Programvezető:
Dr. Szabó Ferenc DSc
egyetemi tanár

Témavezetők:
Dr. Tossenberger János PhD
egyetemi tanár
Dr. Tóth Tamás PhD
kutatóprofesszor

**A VALIN ELLÁTÁS JELENTŐSÉGE A BROJLRECSIRKÉK
TAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

Készítette:
Gyurcsó Gábor

**Mosonmagyaróvár
2025**

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI

A brojlertakarmányokban használt fehérjeforrások egyre nagyobb mértékű drágulása miatt, kiemelt jelentőséggel bír a fehérjeszintek csökkentésének vizsgálata, amelyet az aminosav ellátás optimalizálásával lehet csak realizálni (Sterling és mtsai., 2003; Rezaei és mtsai., 2004; Harn és mtsai., 2019; Selle és mtsai., 2023; Cho és mtsai., 2024). A baromfitakarmányok fehérjetartalmának csökkentése nemcsak élettani és termelési előnyökkel járhat, hanem ökonómia- és környezetvédelmi szempontból is jelentős (Alleman és Leclercq, 2007; Chrystal és mtsai., 2020). A kisebb N-ürítés következtében ugyanis csökken a környezet N-terhelése, ami az intenzív állattenyésztéssel rendelkező országok egyik jelentős problémája (Williams, 1995; Belloir és mtsai., 2017; Ramos és Girish, 2018). A brojlertakarmányozásban az ipari úton előállított aminosavak használata már régóta a kutatások fókuszában áll, mivel ezek segítségével nemcsak a termelési és egyéb paramétereket (pl. húskihozatal, -összetétel, ellenállóképesség stb.) lehet javítani, hanem csökkenteni lehet az egyik legnagyobb költségtényezőt jelentő fehérjeforrások (pl. extrahált szójadara) részarányát is a takarmányreceptúrákban. A legújabb kutatási eredmények arra hívják fel a figyelmet, hogy a brojlercsirkék kukorica-szójadara alapú takarmányában a valin lehet potenciálisan a negyedik limitáló aminosav, így kellő számú pozitív kísérleti eredmény esetén a valin folyamatos és okszerű használata prognosztizálható (Etinne Corrent, 2009; Kidd és mtsai., 2015; Kaplan és Yildiz, 2017; Allameh és mtsai., 2019). A The European Green Deal (2020) releváns törekvései szerint az üvegház hatást okozó gázok csökkentését 2030-ig 55%-ban teszi kötelessé, 2050-ig pedig gyakorlatilag kötelezővé teszi a klíma semlegességet. A globális felmelegedésért felelős gázok közül kiemelkedik a széndioxid (CO₂) jelentősége más gázokhoz képest (N₂O, CH₄). A brojlercsirke tartásra vonatkozóan elsők között Nielsen és mtsai. (2011) adtak közre adatokat, amelyek szerint a brojlertartás karbonlábnyomát átlagosan 2,88 kg CO₂ eq (ekvivalens) értékűnek találták egységnyi (kg) súlygyarapodásra vonatkoztatva, amelyből 91% volt takarmány eredetű. A brojlereelőállítás CO₂ lábnyoma mellett a figyelem egyre jobban a nitrogén terhelésre és kibocsájtásra fog fókuszálni, amely ammónia formájában van jelen a termelési láncban. Tekintettel arra, hogy szoros korreláció van az ammónia kibocsájtás mértéke és a takarmányok

nyersfehérje tartalma között (Kriseldi és mtsai., 2018; Such és mtsai., 2021), a brojlertartás nitrogén terhelésének csökkentésének a legkézenfekvőbb módja a takarmányok nyersfehérje tartalmának a csökkentése (Caufal és mtsai., 2006; Ramos és Girish, 2018). Ebből adódóan kiemelt figyelmet kell fordítani az egyes genotípusok napi fehérje felvevő és fehérjeértékesítő képességére is (Harn és mtsai., 2019). Eddigi ismereteink szerint az intenzíven termelő brojlerek valin szükségletére vonatkozóan korlátozott számú irodalmi adat áll csak rendelkezésre és a vizsgálatok eredményei gyakran ellentmondanak egymásnak. Ezért a szükségleti értékeket az egyes régiókra jellemző takarmánybázishoz igazodó receptúrák alkalmazása mellett pontosítani szükséges.

A fentiek alapján szükségesnek látszik annak vizsgálata, hogy a takarmánykeverékek eltérő nyersfehérje és valin-tartalma, miként befolyásolja a brojlerkakasok élősúlyát, súlygyarapodását-, takarmány- és fehérjeértékesítését továbbá a brojlerelőállítás takarmányeredetű CO₂ lábnyomát.

2. CÉLKITŰZÉSEK

A bemutatott szakirodalmi adatokra építve annak vizsgálatát tűztük célul, hogy a kukorica-szójadara alapú diéták etetése mellett, a takarmánykeverékek eltérő nyersfehérje és valin-tartalma esetén, miként változik a brojlerkakasok élősúlya, súlygyarapodása-, takarmány- és fehérje-értékesítése továbbá a brojlerelőállítás takarmányeredetű CO₂ lábnyoma.

Célunk volt továbbá az is, hogy emészthetőségi vizsgálatokban a különböző fázisokban etetett valamennyi takarmány (fázisonként 7-, összesen 21 takarmány) nyersfehérje és aminosavtartalmának ileális emészthetőségét és abszorpcióját is meghatározzuk

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Doktori munkámban a csökkentett nyersfehérje tartalmú takarmányok eltérő kristályos valin kiegészítésének hatását vizsgáltam a termelési mutatókra, valamint a takarmány eredetű karbonlábnyomra vonatkozólag továbbá az etett takarmányok nyersfehérje és aminosav ileális emészthetőségét és abszorpcióját nagygenetikai potenciállal rendelkező Ross308 húshibrid esetében.

3.1. Teljesítményvizsgálatok

3.1.1. Kísérleti állatok és elhelyezésük

A kísérletek megfeleltek a kísérleti és egyéb tudományos célokra felhasznált állatok védelmére vonatkozó európai uniós előírásoknak (EU 2010/63/EU irányelv). A vizsgálatok az egykori Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Takarmányozástani Tanszékén kerültek beállításra, a Somogy Megyei Mezőgazdasági Hivatal Élelmiszerlánc-Biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóság engedélye alapján (ügyiratszám: SOI/31/446-7/2014) amely 2014. 04.02-2019.04.02 időintervallumra volt érvényes. A kísérletet összesen 1680 (30 madár/fülke), Ross308 húshibrid kakással (8 ismétlés×30 egyed = 240 madár/kezelés) végeztük el. A napos korban egyedi szárnyszámmal ellátott állatok mélyalmos nevelőfülkékben kerültek elhelyezésre, 12,5 madár/m² telepítési sűrűséggel. A terem hőmérsékletét, valamint a megvilágítás hosszát és intenzitását a hibrid igényeinek megfelelően állítottuk be a tenyésztő cég ajánlásainak megfelelően (Aviagen, 2014).

3.1.2. Kezelések, kísérleti takarmányok

A vizsgálatokban három fázisos takarmányozást alkalmaztunk, amelynek során 1-14 napos életkor között indító, 15-21 napos korban nevelő, 22-35 napos kor között pedig befejező takarmánykeverékeket etettünk. Az etetett takarmányok kukorica-szójadara alapon kerültek összeállításra. A kísérletben 7 kezelést alkalmaztunk. A pozitív kontroll (PC) kezelés esetében az etetett takarmánykeveréket az Aviagen (2014) és a régióban használatos kereskedelmi forgalomban etetett gyakorlati takarmányok ajánlásainak megfelelő nyersfehérje- és valin-tartalommal állítottuk össze (indító: 21% nyersfehérje, 1,20 g L-valin kiegészítés/kg takarmány; nevelő: 19% nyersfehérje, 0,70 g L-valin kiegészítés/kg takarmány, befejező: 18% nyersfehérje, 0,40 g L-valin kiegészítés/kg takarmány). Ez az indító szakaszban 1,08% összes valinnak (TV) és 1,00% ileálishan emészthető valinnak (SIDV), míg a nevelő szakaszban ezek a paraméterek 0,95% (TV) és 0,87% (SIDV), a befejező szakaszban pedig 0,88% (TV) és 0,80% (SIDV) voltak.

A további 6 kísérleti kezelés esetében csökkentett fehérje (LP) (19%-17%-16% nyersfehérje, előző sorrendben) és növekvő L-valin (V) tartalmú (LPV0, LPV1, LPV2, LPV3, LPV4 és LPV5) indító (0-0,50-1,00-1,50-2,00-2,50 g L-valin

kiegészítés/kg takarmány), nevelő (0-0,50-1,00-1,60-2,10-2,70 g L-valin kiegészítés/kg takarmány) és befejező (0-0,50-1,10-1,60-2,10-2,70 g L-valin kiegészítés/kg takarmány) takarmányokat állítottunk össze. A vizsgálat valamennyi szakaszában (indító, nevelő, befejező) a brojlertápok valin tartalmát lépcsőzetesen növeltük, melynek hatására a TV és a SIDV kezelésként +0,5 g/kg mennyiséggel nőtt. Ebből adódóan az indító, a nevelő és a befejező szakaszban a TV 8,6-11,1 g/kg takarmány (SIDV: 7,9-10,4g/kg takarmány), 7,7-10,2 g/kg takarmány (SIDV: 7,0-9,5 g/kg takarmány- illetve 7,3-9,8 g/kg takarmány (SIDV: 6,7-9,2g/kg takarmány) között változott. Az állatok a takarmányokat az indító szakaszban dercés, a nevelő és a befejező szakaszban granulált (3 mm) formában fogyaszthatták.

3.1.3. A kísérleti adatok felvételezése

A vizsgálat során a brojlercsirkék egyedi élősúlyát az etetett takarmányokhoz igazodóan a kísérlet 1., 14., 21. és 35. napján mértük egy állatmérő adapterrel bővített Sartorius CP16001S (Németország, Göttingen) mérleggel. Az elhullott állatok szárnyszámát, élősúlyát, az elhullás idejét és okát folyamatosan feljegyeztük. Az állatok takarmányfelvételét csoportosan (fűlkénként) mértük az élősúlymérések közötti időintervallumokban.

3.2. Emészthetőségi vizsgálatok

3.2.1. Kísérleti állatok és elhelyezésük

Az ileális emészthetőségi vizsgálatokat a kísérlet 14.-, 21.-, és 35. napján *post mortem* végeztük kezelésként és kísérleti szakaszonként 6-, azaz összesen 138 állattal. A három napos előkészítő szakasz végén a béltartalom gyűjtése a madarak kétfázisos széndioxidos kábítása, majd az azt követő elvéreztetése után történt. A kísérleti állatok elhelyezése megegyezett az *3.1.1 fejezetben* leírtakkal.

3.2.2. Kezelések, kísérleti takarmányok

A kezelések és a kísérleti takarmányok összetétele-, táplálóanyag- és aminosav tartalma megegyezett az *3.1.2 fejezetben* leírtakkal, a vizsgálatok utolsó 3 napjában azonban a diétákat titán dioxiddal (TiO₂) egészítettük ki. A madarak takarmányaikat változatlanul *ad libitum* fogyaszthatták. Ivóvíz nyílt víztükrös itatókból ugyancsak tetszés szerinti mennyiségben állt rendelkezésre.

3.2.3. A chymus gyűjtés módszertani leírása

A három napos előkészítő szakasz végén – amely alatt a brojlerek titán dioxiddal (TiO₂) kiegészített takarmányt fogyasztottak - a béltartalom gyűjtése a madarak kétfázisos széndioxidos kábítása, majd az azt követő elvéreztetése után történt a releváns állatvédelmi/állatjóléti szabályok betartása mellett.

Az állatok elvéreztetése után a hasüreget felnyitottuk, majd az ileumnak a Meckel-féle divertikulum (*diverticulum ductus vitellointestinalis*) és a *valvula ileorectalis* által határolt szakaszának caudális része közötti szakaszt kipreparáltuk. Ezt követően a bélszakaszban található béltartalmat haladéktalanul, óvatosan kinyertük. Az összegyűjtött minta súlyát grammnyi pontossággal megmértük és további feldolgozásig -18°C alatti hőmérsékleten tároltuk. A madarak élősúlyát közvetlenül a chymus gyűjtési procedúra megkezdése előtt mértük meg. Az analízisek megkezdése előtt az ileum-chymus mintákat 65 °C-on történő kíméletes szárítással készítettük elő a laboratóriumi vizsgálatokra.

3.3. Laboratóriumi vizsgálatok

3.3.1 Kémiai vizsgálatok

A takarmánykomponensek és a kísérleti takarmányok szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, nyersshamu-, kalcium- és foszfortartalmát a Magyar Szabvány (Magyar Takarmánykódex, 2004) előírásai szerint határoztuk meg. A nedvességtartalom a MSz 6830/377, a nyersfehérje-tartalom a MSZ 6830-4:1981, a nyerszsírtartalom a MSz 6830/6-78, a nyersrosttartalom a MSz 6830/7-81, a nyersshamutartalom a MSz 6830/8-78, a kalciumtartalom a MSz 6830/20-80, a foszfortartalom pedig a MSZ-ISO 6491 leírása alapján került meghatározásra. A takarmányok titán-dioxid-tartalmát az AOAC (1996) előírásainak megfelelően került meghatározásra. A takarmányok aminosav-analízisét Bech-Andersen és mtsai. (1990) leírása alapján végeztük el.

3.3.2 A takarmánykeverékek CO₂ lábnyomának kiszámítása

A kísérleti takarmányok széndioxid lábnyomát („carbon footprint”) a GFLI 2.0 (Global Feed LCA Institute) és az AFP 6.3 (Agri-footprint) adatbázis alapján számítottuk ki.

3.4 A kísérleti adatok statisztikai analízise

A statisztikai elemzéseket az SPSS Statistics for Windows v.20 szoftverrel (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA) végeztük. A normál eloszlást Kolmogorov–Smirnov tesztekkel elemeztük. Az átlagokat egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA Bonferroni korrekcióval) vagy Mann–Whitney nemparaméteres tesztekkel hasonlítottuk össze. A különbségeket min. $P < 0,05$ értéknél tekintettük statisztikailag igazoltnak.

A variancia-analízis általános modellje az alábbi volt:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (A \times B)_{ij} + e_{ijk}$$

ahol:

| | | |
|----------------|---|---|
| Y_{ijk} | = | függő változó; |
| μ | = | főátlag; |
| A_i | = | kezelés |
| B_j | = | ismétlések száma |
| $(A \times B)$ | = | kölcsönhatás a kezelés és az ismétlés között. |
| e_{ijk} | = | maradék hiba. |

A kísérleti takarmányok valin tartalma és az aminosavak emészthetősége- illetve abszorpciója közötti összefüggéseket nemlineáris regresszió-analízissel vizsgáltuk.

4. EREDMÉNYEK

4.1 A teljesítményvizsgálatok eredményei

A madarak élősúlyának és súlygyarapodásának változása

Vizsgálatainkban a brojlerek indulósúlya (1. életnap) valamennyi kezelésben azonos volt, ami előfeltétele az objektív kezeléshatás mérésének. A 14., 21. és 35. napi élősúlyokat vizsgálva egyaránt megállapítható, hogy az ajánlás szerint nyersfehérje- és valin-tartalmú diétát (PC) fogyasztó madarak esetében volt a legnagyobb (430 g, 1027 g, 2569 g). Ehhez képest a csökkentett fehérjetartalmú, valin-kiegészítés nélküli (LPV0) diétát fogyasztó madarak élősúlya valamennyi időpontban szignifikánsan ($P < 0.001$) kisebb volt (388 g, 917 g, 2385 g). A csökkentett fehérjetartalmú alapdiéta (LPV0) valinnal történő kiegészítése (LPV1, LPV2, LPV3, LPV4, és LPV5) a brojlerek élősúlyára nem volt szignifikáns hatással ($P > 0.05$). Az indító szakasz végén a csökkentett fehérjetartalmú takarmányokat (LPV0, LPV1, LPV2, LPV3, LPV4 és LPV5)

fogyasztó madarak élősúlyának átlaga 41 grammal maradt el a PC madarak súlyától (430 g/madár vs (389 g/madár). Ez a különbség a nevelőszakasz végén 98 g/madár (1027 g vs 929 g) a kísérlet végén pedig 141 g értékben stabilizálódott (2569 g vs 2428 g). A PC kezeléshez (2569 g/madár) viszonyítva a 35. életnapon a legkisebb élősúlyt a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli (LPV0) kezelés egyedeinél regisztráltuk, ahol a madarak élősúlya mindössze 2385 grammot ért el. Ez azt jelzi, hogy a mérsékelt fehérjebevitel valin hiánnyal párosítva markáns élősúly csökkenéssel jár együtt. Figyelemre méltó azonban, hogy addig amíg a 14. és 21. napon a PC madarak élősúlya egyaránt 9,5 - 9,5%-kal haladta meg a csökkentett fehérje tartalmú takarmányokat fogyasztó madarak átlagos élősúlyát, addig a kísérlet végén (35 nap) ez a különbség 7,2%-ra csökkent.

A PC kezelés egyedeinek napi átlagos súlygyarapodása az indító szakaszban (1-14 nap) 2,3 g/nap a nevelő szakaszban (15-21 nap) pedig 8,5 g/nappal volt nagyobb ($P < 0,001$), mint a LPV0 madaraké, ami relatíve 9,3% illetve 11,4% különbségnek felel meg. Ez a különbség a nevelés utolsó két hetében (22-35 nap) 4,3%-ra mérséklődött és statisztikailag már nem volt igazolható ($P > 0,05$). Ebben a nevelési szakaszban gyakorlatilag valamennyi kezelésben – függetlenül a diéták nyersfehérje-tartalmától és valin-kiegészítésétől azonos napi súlygyarapodást mértünk ($P = 0,085$). A kísérlet teljes időszaka alatt (1-35 nap) a PC madarak átlagos napi súlygyarapodása mindössze 4,8 g/nap értékkel haladta meg a LPV0 madarak súlygyarapodását ($P < 0,001$). Figyelemre méltó azonban, hogy a csökkentett fehérjetartalmú, de 1,1/1,0/1,05 g/kg valin-kiegészítést tartalmazó diétát (LPV2) fogyasztó madarak átlagos napi súlygyarapodása megegyezett a PC madarak súlygyarapodásával ($P > 0,05$), ami arra utal, hogy ebben a szakaszban a madarak fehérje és valin-szükséglete valójában már biztosított volt.

4.1.2. Takarmányfelvétel és takarmányértékesítés

Adataink szerint az indítótápok etetésének időszakában (1-14 nap) a madarak takarmányfelvétele valamennyi kezelésben azonos volt ($P > 0,05$). Hasonló tendenciák érvényesültek a nevelőtápok etetésének időszakában is, azzal a különbséggel, hogy ebben a fázisban az LPV1 kezelés madarai 6,2%-kal kevesebb takarmányt vettek fel, mint PC társaik ($P < 0,05$). A csökkentett fehérjetartalmú takarmányt fogyasztó madarak takarmányfelvétele valamennyi

kezelésben megegyezett ($P>0,05$). Azonos volt a LP diétákat fogyasztó madarak takarmányfelvétele a befejezőtápok etetésének időszakában (22-35 nap), valamint a kísérlet teljes ideje (1-35 nap) alatt is ($P>0,05$). Szükséges azonban megjegyezni, hogy a vizsgálatok teljes időszakában a LPV0 kezelés madarai 4,6%-kal kevesebb takarmányt vettek fel, mint PC társaik ($P>0,001$).

A madarak takarmányértékesítését vizsgálva azt találtuk, hogy statisztikailag is igazolható eltérések elsődlegesen az indító (1-14 nap) és nevelő (15-21 nap) fázisban voltak. Ezekben a fázisokban a PC madaraknak 4,5%-kal-, illetve 5,5%-kal kevesebb takarmányra volt szükségük egységnyi súlygyarapodás eléréséhez, mint LPV0 társaiknak ($P<0,05$). A befejező tápok etetésének időszakában a takarmányértékesítés (FCR) valamennyi kezelésben azonos volt ($P>0,05$), függetlenül a diéták fehérjetartalmától és valin-kiegészítésétől. Mindezek eredőjeként a kísérlet teljes időszaka alatt is a takarmányértékesítés (FCR) tekintetében nem volt statisztikailag igazolható különbség az egyes kezelések egyedei között ($P>0,05$).

4.1.3 Fehérjefelvétel és fehérjeértékesítés

Adataink alapján az ajánlás szerinti fehérjetartalommal összeállított takarmányt fogyasztó brojlerek (PC) a nevelés egyes fázisaiban 7,3 g/nap (indító), 20,2 g/nap (nevelő) illetve 31,9 g/nap (befejező) nyersfehérjét vettek fel, amely a kísérlet teljes időszakára vonatkozóan 19,7 g/nap nyersfehérje felvételt jelent. Ehhez képes a LPV0 madarak nyersfehérje felvétele 6,3 g/nap (indító), 17,2 g/nap (nevelő) illetve 26,8 g/nap (befejező) illetve az 1-35 életnap között 16,7 g/nap volt, ami összességében a 35 napos kísérlet alatt 15,2%-kal kisebb fehérjefelvételnek felel meg (LPV0 vs. PC). A különbségek valamennyi esetben statisztikailag is igazolhatóak voltak ($P<0,05$). A csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített takarmányt fogyasztó madarak átlagos napi nyersfehérjefelvétele valamennyi vizsgálati fázisban megegyezett a LPV0 kezelés madarainak nyersfehérje felvételével ($P>0,05$).

A PC kezelés kakasai egységnyi súlygyarapodás eléréséhez 268 g/kg (indító), 242 g/kg (nevelő) illetve 293 g/kg (befejező) nyersfehérjét használtak fel. Ezzel szemben az LPV0 madarak fajlagos fehérjeértékesítése 255 g/kg (indító), 230 g/kg (nevelő) illetve 257 g/kg (befejező) volt. A vizsgálatok teljes időszaka alatt (1-35 nap) ezek a madarak 1 kg súlygyarapodás eléréséhez 249 g nyersfehérjére

volt szükségük, amely a felvételhez hasonlóan ugyancsak 9,5%-kal kevesebb mint a PC madarak esetében mért érték. A különbségek valamennyi esetben szignifikánsak voltak ($P < 0,05$). A csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített takarmányt fogyasztó madarak átlagos nyersfehérje értékesítése 1,9%-kal (numerikusan) ugyan kedvezőbb volt, mint a LPV0 kezelésben mért érték, de az eltérés nem volt szignifikáns ($P > 0,05$). Amennyiben a csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített kezelések átlagos fehérje-értékesítését viszonyítjuk a PC madarakéhoz, úgy megállapítható, hogy ezen madarak egységnyi súlygyarapodást 11,2%-kal kevesebb fehérjéből állítottak elő ($P < 0,05$).

4.1.4 A fehérjecsökkentés hatása a brojlerek takarmány eredetű CO₂ lábnyomára

A kísérletben használt takarmánykeverékek CO₂ lábnyomát a GFLI 2.0 és a AFP 6.3 adatbázisok alapján számoltuk ki. Eredményeink szerint indító fázisban a pozitív kontroll (PC) takarmány 1,818 kg CO₂ eq/kg értékkel rendelkezett, ami a csökkentett fehérjetartalmú takarmánykeverékek (LPV0) esetében átlagosan 1,552 kg CO₂ eq./kg értékkel volt jellemezhető, és 14,6%-kal alacsonyabb, mint a PC bázis érték. Ezen különbség a nevelőtápok esetében 19,3% (1,629 kg CO₂ eq/kg vs 1,366 kg CO₂ eq/kg), a befejező tápok esetében pedig 20,9 % (1,538 kg CO₂ eq/kg vs 1,272 kg CO₂ eq/kg) volt.

Eredményeink azt mutatják, hogy az ajánlás szerint fehérjetartalommal összeállított takarmányt fogyasztó brojlerek (PC) a nevelés egyes fázisaiban 2,32 CO₂ eq/kg (indító), 2,09 CO₂ eq/kg (nevelő) illetve 2,48 CO₂ eq/kg (befejező) takarmány eredetű karbonlábnyom mellett állítottak elő egységnyi súlygyarapodást, ami a vizsgálatok 35 napja alatt 2,35 CO₂ eq/kg értékkel volt jellemezhető. Ehhez képest a csökkentett fehérjetartalmú takarmányt fogyasztó madarak (LPV0 és LPV1-5) súlygyarapodásának takarmány eredetű karbon lábnyoma átlagolva 2,07 CO₂ eq/kg (indító), 1,84 CO₂ eq/kg (nevelő) illetve 2,02 CO₂ eq/kg (befejező) volt, amely összességében 1,99 CO₂ eq/kg karbon lábnyomot eredményezett a 35 napos kísérlet alatt. Ez az érték 15,3%-kal kedvezőbb a PC kezelés esetében számított értéknél ($P < 0,001$). Ezzel az értékkel megegyezett a csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített takarmányt fogyasztó madarak súlygyarapodásának takarmány eredetű karbon lábnyoma is,

amely a 35 napig tartó vizsgálatok ideje alatt átlagosan 1,99 CO₂ eq/kg volt (P>0,05).

4.2 Az emészthetőségi vizsgálatok eredményei

Az emészthetőségi vizsgálatok során megállapított adatok elemzését az általunk vizsgált paraméterek közül - terjedelmi okok miatt - a nyersfehérjére-, valamint a baromfitakarmányozásban legfontosabb aminosavakra: a lizinre-, a metioninra-, a metionin+ cisztinre, a treoninra- és a valinra- továbbá az összes aminosavra (együttesen) terjesztem ki.

4.2.1 A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális emészthetősége az indítótápok etetésének időszakában (1.-14.nap)

Vizsgálataink szerint a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diéta (LPV0) esetében a **nyersfehérje** ileális emészthetősége 81,8% volt, ami 2,6%-kal jobb, mint a standard diéta (PC) értéke (79,2%, P<0,05). Az emészthetőség javulása az alacsonyabb fehérjeellátás melletti hatékonyabb abszorpcióval magyarázható. A valin kiegészítés hatására az emészthetőség tovább javult, és maximumát (83,9%) 10,4 g/kg valin tartalomnál érte el. Az összefüggés polinomiális egyenlettel írható le ($R^2 = 0,8445$). A **lizin** emészthetősége az LPV0 diétában 88,1% volt, 4%-kal meghaladva a PC értéket (84,1%, P<0,05). A lizin emészthetőségének maximumát (89,1%) 10,7 g/kg valin tartalom mellett értük el, az összefüggés mérsékelten erős ($R^2 = 0,6383$). A **metionin** emészthetősége az LPV0 diétában 95,0% volt, 2,3%-kal nagyobb, mint a PC értéke (92,7%, P<0,05). A maximum (95,9%) 11,5 g/kg valin mellett volt mérhető, az összefüggés mérsékelten erős ($R^2 = 0,5674$). A **metionin+cisztin** esetében az emészthetőség maximuma 89,8%, amelyet 11,4 g/kg valin tartalom mellett értünk el. A számított emészthetőségi maximum 5,2%-kal nagyobb, mint a PC érték

A **treonin** emészthetősége 77,1%-os volt az LPV0 diétában, 5,1%-kal jobb, mint a PC érték (72,0%, P<0,05). A maximumot (81,2%) 10,8 g/kg valin tartalomnál érte el, az összefüggés nagyon erős ($R^2 = 0,9627$). A **valin emészthetősége** a vizsgált tartományon kívül érte el a maximumot (87,2%), amit 12,0 g/kg valin mellett. Az összefüggés erős ($R^2 = 0,9938$).

4.2.2 A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális abszorpciója az indítótápok etetésének időszakában (1.-14.nap)

A 14. életnapon a PC kezelésben részesülő madarak naponta 9,4 g **nyersfehérjét** abszorbeáltak, míg a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítést nem tartalmazó diétát (LPV0) fogyasztó madarak csak 7,5 g-ot, ami 20,2%-os csökkenést jelentett ($P < 0,05$). A valin tartalom és a nyersfehérje abszorpciója közötti összefüggés polinomiális egyenlettel írható le melynek a vizsgált tartományon kívül esik a maximuma ($R^2 = 0,5918$). A lizin- a metionin-, a metionin+cisztin- és a treonin estében a csökkentett fehérjetartalmú diéta esetében a madarak csak numerikusan abszorbeáltak kevesebb aminosavat PC társaikhoz képest ($P \geq 0,05$), ami arra vezethető vissza, hogy ezen aminosavakból a csökkentett nyersfehérjetartalmú diéta (LPV0) azonos mennyiségű lizint-, metionint-, metionin+cisztint illetve treonint tartalmazott mint a PC madarak diétája. Ez azt jelzi, hogy amennyiben csökkentjük a diéták nyersfehérjetartalmát, de az aminosavakat kristályos formában az ajánlás szerinti nyersfehérje és aminosav tartalmú diéta (PC) aminosav szintjére egészítjük ki kristályos aminosavak felhasználásával, úgy az ezen aminosavak vonatkozásában az abszorbeált aminosav mennyiség nem fog csökkenni ($P < 0,05$). **Valin** esetében azonban az LPV0 diéta 28,3%-kal alacsonyabb abszorpciót eredményezett ($P < 0,05$). Az abszorpció maximuma a vizsgálat tartományon kívül esett, mivel a kristályos valin közel 100%-ban felszívódik. A valin abszorpciója a diéták valintartalmának növelésével polinomiális összefüggést mutatott ($R^2 = 0,9896$). Az **összes aminosav** abszorpciója a PC madarak esetében 9,2 g/nap, míg az LPV0 diéta esetében 7,2 g/nap volt, ami 21,7%-os csökkenést jelentett ($P < 0,05$). Az abszorpció maximuma 10,9 g/kg valin mellett realizálódott, ami 7,6 g/nap abszorpciót jelentett ($R^2 = 0,932$), de így is 17,4%-kal elmaradt a PC madarak értékétől.). Ez a különbség a súlygyarapodásban is megjelent: az LPV0 kezelésű madaraknál -8,5%-os csökkenés volt tapasztalható, ami azonban kisebb, mint az abszorpció különbség. Ez feltehetően azzal magyarázható, hogy a csökkentett fehérjetartalmú diétát fogyasztó madarak kevesebb aminosavat ürítettek vizelettel, így a ténylegesen hasznosítható aminosav mennyiség közötti eltérés kisebb volt

4.2.3 A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális emészthetősége a nevelőtápok etetésének időszakában (15.-21.nap)

A 15-21. napos nevelési szakaszban a **nyersfehérje** ileális emészthetősége a PC kezelés során 77,9% volt, ami közel azonos Barua és mtsai. (2020) által mért 79,9%-kal. A csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítést nem tartalmazó LPV0 kezelésnél az emészthetőség 79,5%-ot ért el, de ez a javulás nem bizonyult szignifikánsnak ($P \geq 0,05$). A valin kiegészítés (LPV0-LPV5) nem javította a fehérje emészthetőségét ($P \geq 0,05$). A fehérje emészthetőség maximumát (78,9%) 9,0 g/kg valin tartalomnál mértük, amely csak 1%-kal haladta meg a PC értékét, azonban az összefüggés mértéke gyenge ($R^2=0,2009$). A **lizin** emészthetősége a PC kezelés esetén 83,8%, az LPV0 csoportban 86,0% volt, a 2,2%-os javulás azonban nem volt szignifikáns ($P \geq 0,05$). Az LPV1 és LPV3 kezelések során a valin kiegészítés szignifikánsan növelte a lizin emészthetőségét ($P < 0,05$), amely így 3,8-3,3%-kal haladta meg a PC értékét. A lizin emészthetőség maximumát (86,5%) 8,4 g/kg valin mellett mértük. A valin és lizin emészthetősége közötti összefüggés gyenge ($R^2=0,1675$). A **metionin** emészthetősége a PC kezelésben 92,2%, az LPV0 csoportban 93,3% volt, a javulás azonban nem bizonyult szignifikánsnak ($P \geq 0,05$). A metionin emészthetőségi maximuma 93,5% volt 8,1 g/kg valin mellett. Az összefüggés mértéke gyenge ($R^2 = 0,3892$). A **metionin+cisztin** együttes emészthetősége szintén hasonló tendenciát mutatott, maximumát (86,7%) 5,3 g/kg valin mellett érte el, amely kívül esik az általunk vizsgálat tartományon és az összefüggés mértéke mérsékelten erős ($R^2=0,5271$). A **treonin** emészthetősége az LPV0 csoportban numerikusan javult (69,0% vs. 73,1%), de az eltérés nem volt szignifikáns ($P \geq 0,05$). Az emészthetőség maximuma 73,3% volt 8,8 g/kg valin mellett, amely 1,3%-kal nagyobb a PC értéknél. Az összefüggés nagyon gyenge ($R^2 = 0,0567$). A **valin** emészthetősége erős összefüggést mutatott a valin tartalommal ($R^2=0,7929$), maximumát (81,9%) 10,1 g/kg valin mellett érte el, 12,9%-kal meghaladva a PC értéket. Az **összes aminosav** emészthetősége nem mutatott szignifikáns eltérést a kezelések között ($P \geq 0,05$). Az emészthetőségi maximumot (80,9%) 8,5 g/kg valin mellett mértük, amely 2,0%-kal haladta meg a PC értékét. Az összefüggés nagyon gyenge volt ($R^2=0,0026$).

4.2.4 A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális abszorpciója a nevelőtápok etetésének időszakában (15.-21.nap)

A mérések szerint a 21. életnapon a PC csoport madarai 21,6 g **nyersfehérjét** abszorbeáltak naponta, míg az LPV0 kezelés esetében, amely kezelés csökkentett fehérjetartalmú és nem tartalmazott valin kiegészítést, az abszorpció 16,1 g-ra csökkent, 25,5%-kal elmaradva a PC értéktől ($P < 0,05$). A csökkentett fehérjetartalmú diéták esetében a valin szint és a nyersfehérje abszorpció között erős polinomiális összefüggés ($R^2 = 0,767$) állt fenn, a maximum 17,7 g/nap értékkel 10,2 g/kg valin tartalom mellett érhető el, ami 18%-kal alacsonyabb a PC madarak abszorpciójánál. **Lizin** esetében az LPV0 madarak 3,7%-kal több lizint abszorbeáltak (1110 mg/nap), mint a PC csoport (1070 mg/nap), ez szignifikáns eltérést mutatott ($P < 0,05$). A valin kiegészítés nem növelte tovább a lizin abszorpciót, jelezve, hogy a csökkentett fehérjetartalmú diéták lizin ellátása elegendő volt. **Metionin** abszorpciója az LPV0 madaraknál 35,4%-kal meghaladta a PC értéket ($P < 0,05$), míg a **metionin+cisztin** abszorpcióban nem volt különbség a kezelésekek között, tehát ezek az aminosavak elegendő mennyiségben álltak rendelkezésre. A **valin** abszorpciója az LPV0 csoportban 23,3%-kal kevesebb volt, mint a PC csoporté ($P < 0,05$). A valin abszorpciós maximuma 1088 mg/nap volt, 12 g/kg valin tartalom mellett, ami 20,9%-kal meghaladja a PC értéket, de a vizsgált tartományon kívül esik. A valin szint emelése erős összefüggést mutatott az abszorpcióval ($R^2 = 0,996$). **Az összes aminosav** abszorpciója a PC madaraknál 19,9 g/nap volt, míg az LPV0 csoportban 15,8 g/nap, ami 20,6%-os csökkenést jelentett ($P < 0,05$). A maximum 17,0 g/nap értékkel 9,5 g/kg valin mellett realizálódott, de ez is 14,6%-kal elmaradt a PC értéktől. Az összefüggés nagyon erős ($R^2 = 0,9422$). A csökkentett fehérjetartalmú diéták következtében az élősúly- és súlygyarapodás csökkenése mérsékelt volt: az LPV0 csoportban -4,1%, míg az LPV2 kezelésnél csak -0,6% eltérés jelentkezett. Ez feltételezhetően az indító fázisban leírtakkal magyarázható, azaz restriktív nyersfehérjeellátás esetén az urinális aminosav ürítés is kisebb lesz (Babinszky és mtsai., 2003; Whitacre és Tanner, 2018). Ezáltal a létfenntartásra és szövetépítésre rendelkezésre álló aminosavak között kisebb volt az eltérés, ami a súlygyarapodás kisebb mértékű csökkenésében tükröződött.

4.2.5 A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális emészthetősége a befejezőtápok etetésének időszakában (22.-35.nap)

A vizsgálatok adatai szerint a nevelési szakaszban (22.-35. nap) a PC kezelés esetén mértük a legalacsonyabb **nyersfehérje** emészthetőséget, amely 72,4% volt. Ettől statisztikailag igazolható módon ($P \geq 0,05$) nem tért el az LPV0 kezelés nyersfehérje emészthetősége (72,7%), amely csökkentett nyersfehérjetartalmú, de valin kiegészítést nem tartalmazott. Az LPV1-5 kezelések, amelyek valinnal kiegészítettek, szignifikánsan javították a nyersfehérje-emészthetőséget ($P < 0,05$) a PC és LPV0 kezelésekhez képest is, miközben az LPV1-5 kezelések között nem találtak további statisztikai különbséget ($P \geq 0,05$). A legkedvezőbb nyersfehérje emészthetőséget az LPV3 kezelés során mértük (78,8%), ami 6,4%-kal magasabb volt, mint a PC kezelésben mért érték (72,4%). A javulás valószínűleg az előző fázisokban tapasztaltakkal magyarázható, amely lehetővé tette a táplálóanyagok hatékonyabb felszívódását. A befejező fázisban a kristályos valin kiegészítése szignifikánsan ($P < 0,05$) javította a nyersfehérje emészthetőségét a PC és LPV0 kezelésekhez képest. A nyersfehérje emészthetőség maximuma (78,9%) 9,0 g/kg valin tartalom mellett érhető el, ami megegyezik az LPV3 kezelés értékével. Az összefüggés nagyon erős ($R^2 = 0,8766$). A **lizin** emészthetőség hasonló tendenciát mutatott, mint a nyersfehérje-emészthetőség. A PC madarak esetében 78,9%-os lizin emészthetőséget mértünk, míg az LPV0 kezelésnél 81,6%-ot, ami 2,7%-kal haladta meg a PC-t, de statisztikailag nem volt szignifikáns ($P \geq 0,05$). A valin dózis növelése szignifikáns növekedést eredményezett a lizin emészthetőségben ($P < 0,05$). Az LPV2 és LPV3 kezelések esetén mértük a legmagasabb lizin-emészthetőséget (86,2% és 86%), amelyek 7,3%-kal, illetve 7,1%-kal haladták meg a PC értékeit. A lizin-emészthetőség maximuma (86,4%) 9,0 g/kg valin tartalom mellett érhető el, ami megegyezik az LPV2 és LPV3 kezelések értékeivel. Az összefüggés mérhetően nagyon erős ($R^2 = 0,9661$). A **metionin** emészthetőség szintén hasonló eredményeket mutatott. A PC madarak esetében 89,3%-os metionin emészthetőséget mértünk, míg az LPV0 kezelésnél 88,9%-ot ($P \geq 0,05$). Az LPV2, LPV3, LPV4 és LPV5 kezelések során szignifikánsan magasabb metionin-emészthetőség volt megfigyelhető a PC, LPV0 és LPV1 kezelésekhez képest ($P < 0,05$), a legnagyobb értéket az LPV3 kezelésnél mértük (92,4%), 8,9 g/kg valin tartalom mellett. A metionin-emészthetőség maximuma

(92,4%) 9,1 g/kg valin tartalom mellett érhető el. Az összefüggés erős ($R^2 = 0,8596$). A **metionin+cisztin** emészthetősége a PC és LPV0 kezelések között nem mutatott szignifikáns különbséget (82,1% vs 82,0%, $P \geq 0,05$), de az LPV1-5 kezelések között szignifikáns javulás volt tapasztalható ($P < 0,05$). Az LPV3 és LPV5 kezelésekben mértük a legmagasabb metionin+cisztin emészthetőséget (85,0%). A maximumot (85,2%) 9,2 g/kg valin tartalom mellett érhetjük el, ami közel azonos az LPV3 és LPV5 kezelésekkel mért értékekkel. Az összefüggés mértéke erős ($R^2 = 0,7353$). A **treonin** emészthetőség az LPV0 kezelés esetén 7,5%-kal haladta meg (64,5% vs. 57,0%) a PC kezelésben mért értéket ($P \geq 0,05$). Az LPV1-2-3 kezelések esetén szintén emelkedett a treonin-emészthetőség a PC és LPV0 kezelésekhez képest, de szignifikáns eltérés nem volt megfigyelhető. A maximum (70,7%) 8,6 g/kg valin tartalom mellett érhető el, ami 0,2 g/kg-mal haladja meg a PC csoport befejezőtápjának valin tartalmát. Az összefüggés polinomiális egyenlettel írható le ($R^2 = 0,5167$). A **valin** emészthetőség szintén hasonló mintát mutatott, a PC és LPV0 kezelések között gyakorlatilag azonos (71,6% vs 72,0%, $P \geq 0,05$). Az LPV5 kezelés esetén azonban szignifikáns különbség volt (81,9%, $P < 0,05$). A maximumot (81,7%) 9,6 g/kg valin tartalom mellett érik el ami nagyon erős összefüggést mutat ($R^2 = 0,9294$), amely 10,1%-kal haladja meg a PC-madarak esetében mért értéket. Az LPV5 kezelés és a valin emészthetőség maximuma gyakorlatilag megegyezik (81,7% vs 81,9%). Az **összes aminosav** (triptofán nélkül) emészthetősége szintén hasonló trendet követett. A PC és LPV0 kezelések esetén mért emészthetőség azonos volt (73,3% vs 73,4%, $P \geq 0,05$). Az LPV1-5 kezelések során a valin kiegészítés szignifikánsan növelte az összes aminosav emészthetőségét ($P < 0,05$), a maximumot (79,6%) 9,1 g/kg valin tartalom mellett érhetjük el, ami 6,3%-kal haladja meg a PC kezelés eredményét. Az összefüggés a legtöbb aminosavnál megállapítottakhoz hasonlóan polinomiális ($R^2 = 0,8266$), és a maximum elérése 0,7 g/kg-val nagyobb valin tartalom mellett következik be.

4.2.6 A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális abszorpciója a befejezőtápok etetésének időszakában (22.-35.nap)

A vizsgálataink szerint a nevelési szakasz (22.-35. nap) 35. életnapján a PC kezelés madarai naponta 32,9 g **nyersfehérjét** abszorbeáltak. Ehhez képest a

csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítést nem tartalmazó diétát (LPV0) fogyasztó madarak esetében 20,7%-kal kisebb nyersfehérje abszorpció mérhető (26,1 g), ami statisztikailag is igazolható volt ($P < 0,05$). Valin kiegészítése esetén az LPV1-, LPV3- és LPV4 kezelésekben szignifikáns növekedés figyelhető meg a nyersfehérje abszorpcióban az LPV0-hoz képest ($P < 0,05$), de a PC-kezelésben mért nyersfehérje abszorpció szintjét nem érték el ($P > 0,05$). Az abszorpciós maximum 8,9 g/kg valin tartalom mellett érhető el, ami napi 29,3 g abszorbeált össz aminosavat jelentett, 10,9%-kal kevesebbet, mint a PC csoport esetében. Az összefüggés polinomiális egyenlettel írható le, amelynek erőssége nagyon magas ($R^2 = 0,9905$). A **lizin**-, a **metionin**-, a **metionin+cisztin**- és a **valin** abszorpció a csökkentett fehérjetartalmú, valin nélküli diéta (LPV0) esetén szignifikánsan alacsonyabb volt a PC kezeléssel összehasonlítva ($P < 0,05$). A valin kiegészítése növelte az abszorpciót, de a PC-kezelésben mért értékeket egyik kezelés sem érte el. A metionin és metionin+cisztin abszorpciója csak az LPV2, LPV4 és LPV5 kezelések esetén haladta meg szignifikánsan az LPV0 kezelés értékét ($P < 0,05$), de a PC csoportot nem érték el. A **treonin** vonatkozásában a PC és LPV0 madarak abszorpciója megegyezett ($P > 0,05$), de valin kiegészítés hatására az abszorbeált treonin mennyisége - az LPV5 kezelés kivételével - meghaladta a PC madarak esetében mért abszorpciót is ($P < 0,05$). A **valin** kiegészítés szintén javította a valin abszorpciót, amely az LPV3-, LPV4 és az LPV5 kezelésekben meghaladta a PC kezelés valin abszorpcióját is ($P < 0,05$). Számításaink szerint a valin abszorpció maximuma kívül esik az általunk vizsgált tartományon, de 11 g/kg valin tartalom mellett napi 1846 mg/nap szinten érhető el, ami 23,9%-kal haladja meg a PC kezelés abszorpcióját. Az összefüggés polinomiális egyenlettel írható le és a megbízhatóság rendkívül erős ($R^2 = 0,994$). A kísérletünk adatai szerint a PC kezelés madarai 35. életnapon napi 32,0 g **össz aminosavat** abszorbeáltak. Ezzel szemben a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítést nem tartalmazó diétát (LPV0) fogyasztó madarak napi össz aminosav-abszorpciója 25,2 g volt, ami 21,3%-kal elmaradt a PC madarak ileális aminosav-abszorpciójától ($P < 0,05$). Az abszorpciós maximumot 9,0 g/kg valin tartalom mellett mértük, és 28,6 g/nap abszorbeált össz aminosavat jelentett, ami 10,6%-kal elmarad a PC madarak által mért abszorpciótól. Az összefüggés erőssége nagyon szoros ($R^2 = 0,9576$). A különbség azonban nem volt hatással a madarak teljesítményére, mivel a

súlygyarapodás és a takarmányértékesítés minden kezelés esetében azonos volt. Ennek oka valószínűleg az élettani összefüggés, hogy a felesleges aminosavak a madarak szervezetében urinálisan ürülnek (Babinszky és mtsai., 2003), és az aminosavak ürítése a tényleges élettani szükséglet függvényében változik. A közel azonos teljesítményhez tehát az szükséges, hogy a madarak számára rendelkezésre álló hasznosítható aminosav mennyisége hasonló legyen.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

5.1 A teljesítményvizsgálatok eredményeiből levonható következtetések

A 35 napig tartó teljesítményvizsgálat során az ajánlás szerinti fehérje- és valin-tartalmú diétákat fogyasztó Ross-308 kakasok konszolidált-, a hibridstandardnak megfelelő súlygyarapodást-, takarmány-felvételt és takarmányértékesítést értek el. A diéták fehérjetartalmának (PC) fázisonkénti (indító, nevelő, befejező) 20 g/kg értékkel történő csökkentése – a lizin-, metionin+cisztein-, treonin- és triptofán-szint megtartása mellett (NC) - az állatok 21 napos koráig azok súlygyarapodásának csökkenésével és takarmányértékesítésük romlásával kell számolni, amit a valin-kiegészítés sem javít szignifikánsan. A nevelés utolsó szakaszában (22.-35.nap) a madarak súlygyarapodása és takarmányértékesítése valamennyi kezelésben megegyezik, azaz a csökkentett fehérjetartalom már nem befolyásolja hátrányosan a növekedésüket. A takarmányértékesítést az eltérő fehérje- és valin-tartalom a nevelés teljes időszakán (1.-35. nap) nem befolyásolja. A csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített takarmányt fogyasztó madarak egységnyi súlygyarapodást 11.2%-kal kevesebb fehérjéből képesek előállítani mint ajánlás szerint (PC) fehérje és valin-tartalmú diétákat fogyasztó társaik. A kedvezőbb fajlagos fehérjefelhasználásból adódóan a csökkentett fehérjetartalmú, valamint a csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített takarmányt fogyasztó madarak súlygyarapodásának takarmány eredetű karbon lábnyoma a 35 napig tartó vizsgálatok ideje alatt átlagosan 15.3%-kal kedvezőbb, mint PC társaiké. Kísérletünkben alkalmazott koncepció használható alternatíva lehet a takarmányozásból származó karbonlábnyom csökkentésére, amelyet további célirányos vizsgálatokban lenne érdemes megerősíteni. Eredményeink fontos információkat szolgáltattak a fenttartható, környezettudatos brojler előállítás továbbfejlesztéséhez, amelynek jelentősége

várhatóan tovább fog növekedni, amelynek alapfeltétele a takarmányból származó karbonlábnyom csökkentése.

5.2 Az emészthetőségi vizsgálatokból levonható emészthetőségi és abszorpciós következtetések

Az emészthetőségi vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy az *indítótápok etetésének időszakában (a 14. napon mérve)*, a csökkentett nyersfehérje-tartalmú kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó diéta aminosavtartalmának látszólagos ileális emészthetősége a legtöbb aminosav esetében szignifikánsan nagyobb, mint az ajánlás szerinti (Aviagen, 2014) nyersfehérje- és aminosav ajánlásainak figyelembevételével összeállított diéta (PC) esetében mérhető érték. A csökkentett aminosav tartalmú, de valinnal kiegészített diéták esetén a legtöbb aminosav ileális emészthetősége csak tendenciózusan nő ($P > 0,05$). A csökkentett aminosav tartalmú, de valinnal kiegészített diéták etetésekor az összes aminosav maximális emészthetősége meghaladja az ajánlás szerinti fehérje és aminosav tartalmú diéta esetében mért emészthetőséget. A vizsgálat időpontjában az ajánlás szerinti fehérje- és aminosav tartalmú takarmányt fogyasztó madarak (PC) nyersfehérje abszorpciójához képest, a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok nyersfehérje abszorpciója elmaradt. A lizin-, a metionin-, a metionin+cisztin- és a treonin esetében a csökkentett fehérjetartalmú-valin kiegészítést nem tartalmazó- valamint a valinnal kiegészített diétát fogyasztó madarak csak numerikusan abszorbeáltak kevesebb aminosavat ($P > 0,05$) PC társaikhoz képest. Valin esetében a csökkentett fehérjetartalmú, de valin kiegészítést nem tartalmazó állatok 28,3%-kal kevesebb valint abszorbeálnak, mint PC társaik.

A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták valin szintjének növelésével az abszorbeált valin mennyisége is növekedik, az összefüggés megbízhatósága igen erős (R^2 0,9896). Az ajánlás szerinti nyersfehérje és valin tartalmú diétát (PC) fogyasztó madarak össz aminosav abszorpciójához képest a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok 21,7%-kal kevesebb össz aminosavat abszorbeálnak. Az összes aminosav abszorpciós maximuma 17,4%-kal elmarad a PC madarak esetében mért értéktől. Az össz

aminosav abszorpcióban mért különbség a madarak élősúlyában- illetve súlygyarapodásában is megnyilvánul. A súlygyarapodás elmaradásának mértéke azonban az abszorpcióban mért eltéréstől kisebb.

Az emészthetőségi vizsgálatok eredményeinkből megállapítható **a nevelőtáp etetésének végén mérve (21. nap)**, hogy a csökkentett nyersfehérje-tartalmú kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó diéta aminosavtartalmának látszólagos ileális emészthetősége a legtöbb aminosav esetében szignifikánsan nagyobb, mint az ajánlás szerinti PC kezelés (Aviagen, 2014) nyersfehérje- és aminosav ajánlásainak figyelembevételével összeállított diéta (PC) esetében mérhető érték. A csökkentett nyersfehérje tartalmú alapdiéta (LPV0) kristályos valinnal történő kiegészítésekor a lizin, a treonin és a valin ileális emészthetősége szignifikánsan nő ($P < 0,05$), a nyersfehérje, metionin, a metionin+cisztin és az összes aminosav esetén azonban csak numerikus emészthetőségjavulás várható ($P > 0,05$). A valin maximális emészthetősége 12,9%-kal haladja meg az ajánlás szerinti fehérje és aminosav tartalmú diéta (PC) esetében mért emészthetőséget. A csökkentett aminosav tartalmú, de valinnal kiegészített diéták vonatkozásában az összes aminosav maximális emészthetősége 2,0%-kal haladja meg az ajánlás szerinti (PC) fehérje és aminosav tartalmú diéta esetében mért emészthetőséget, amelynek megbízhatósága azonban nagyon gyenge (R^2 0,0026). Ezek alapján megállapítható, hogy a kristályos valin kiegészítés ebben a szakaszban nincs hatással az összes aminosav emészthetőségére. Adataink szerint a vizsgálatok időpontjában a PC kezelés madarainak nyersfehérje abszorpciójától a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok nyersfehérje abszorpciója a 14,5%-kal marad el. Valin esetében a csökkentett fehérjetartalmú, de valin kiegészítést nem tartalmazó állatok 23,3%-kal kevesebb valint abszorbeálnak, mint a PC társaik. A PC kezelés madarainak össz aminosav abszorpciójához képest a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok 20,6%-kal kevesebb össz aminosavat abszorbeálására képesek. Az össz aminosav abszorpcióban mért különbség a madarak élősúlyában- illetve súlygyarapodásában is megnyilvánul. A súlygyarapodás elmaradásának mértéke az abszorpcióban mért eltéréstől kisebb. **A befejezőtáp etetésnek időszakában (a 35. életnapon mérve)** mért adatok alapján megállapítható, hogy a csökkentett nyersfehérje-tartalmú kristályos valin

kiegészítést nem tartalmazó diéta (LPV0) aminosavtartalmának látszólagos ileális emészthetősége a legtöbb aminosav esetében nem tér el szignifikánsan ($P > 0,05$) az ajánlás szerinti (Aviagen, 2014) nyersfehérje- és aminosav ajánlásainak figyelembevételével összeállított diéta (PC) esetében mért értékektől. A csökkentett nyersfehérje tartalmú alapdiéta (LPV0) kristályos valinnal történő kiegészítésekor a legtöbb aminosav ileális emészthetősége csak tendenciózusan nő ($P > 0,05$). Ugyanezen alapdiéta valinnal történő kiegészítésekor a treonin maximális emészthetősége 13,7%-kal haladja meg az ajánlás szerinti fehérje és aminosav tartalmú diéta esetében mért emészthetőséget. Az összes aminosav maximális emészthetősége 6,3%-kal nagyobb, mint a PC érték. A vizsgálatok időpontjában a PC kezelés madarai 20,7%-kal több nyersfehérjét abszorbeálnak naponta, mint a csökkentett fehérje-tartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó társaik. A lizin-, a metionin-, a metionin+cisztin és a treonin esetében a csökkentett fehérjetartalmú- valin kiegészítést nem tartalmazó diétát (LPV0) fogyasztó madarak szignifikánsan kevesebb ($P < 0,05$) aminosavat abszorbeálnak, mint PC társaik, amely a diéta valinnal történő kiegészítésekor sem változik. Valin esetében a csökkentett fehérjetartalmú, de valin kiegészítést nem tartalmazó diétát fogyasztó brojlerek 22,8%-kal kevesebb valint abszorbeáltak, mint a PC brojlerek. A PC kezelés madarai a 35. életnapon 21,3%-kal több össz aminosav abszorpcióra képesek, mint a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát LPV0 diétát fogyasztó állatok. Az össz aminosav abszorpcióban mért különbség a madarak súlygyarapodásban már nem nyilvánul meg, ami feltehetően a közel azonos mennyiségben rendelkezésre álló hasznosítható aminosav mennyiségére vezethető vissza.

Kísérletünkben alkalmazott koncepcióval nyert teljesítmény- illetve a nyersfehérje és az aminosavak emészthetőségére vonatkozó adatok jól használható alternatíva lehet a takarmányozásból származó karbonlábnyom csökkentésére, amelyet további célirányos vizsgálatokban lenne érdemes megerősíteni. Eredményeink fontos információkat szolgáltatnak a fenttartható, környezettudatos brojler előállítás továbbfejlesztéséhez, amelynek jelentősége várhatóan tovább fog növekedni, amelynek alapfeltétele a takarmányból származó karbonlábnyom csökkentése.

5.3 JAVASLATOK

A kísérletsorozat eredményei arra hívják fel a figyelmet, hogy nevelés első 3 hetében, azaz az indító és nevelőtápok etetésének időszakában a fehérjecsökkentés mértéke (20 g/kg) depresszíven hat a brojlerek növekedésére, ami azonban a nevelés utolsó két hetében eliminálódik, és a madarak a diéták nyersfehérjetartalmától függetlenül már azonos napi súlygyarapodásra képesek. Ezen összefüggés ismeretében az indító- és nevelőtápok etetésének időszakában célszerű lehet egy kisebb mértékű fehérjeredukció, a befejező fázisban alkalmazott fehérje- és aminosav szintek megtartása mellett.

Kísérleti eredményeink alapján indokoltnak látszik továbbá olyan teljesítmény és emészthetőségi vizsgálatok beállítása is, amelyet más nagy genetikai potenciállal rendelkező húshibrid brojlerrel végeznek el. Ilyen lehet pl. a Cobb500, amelynek piaci részesedése Magyarországon- illetve az Európai Unióban ugyan nem számottevő, az Amerikai Egyesült Államokban és Dél Amerikában azonban jelentős.

Mind tudományos- mind gyakorlati szempontból javasolható olyan párhuzamos vizsgálatok beállítása is, amelyek a két genotípus között fennálló különbségek karakterizálását- illetve a genetikai profilra alapozott takarmányozási technológiák további pontosítását szolgálják.

Az új fogyasztási trendek megváltozása miatt érdemes kiterjeszteni ezen vizsgálatokat lassú növekedésű brojlerekre is.

További kiegészítő vizsgálatok eredményei hozzájárulnának a takarmányok eltérő nyersfehérje és valin tartalmának optimalizálásához, valamint a brojlerelőállítás takarmány eredetű CO₂ lábnyomának csökkentéséhez is.

Az emészthetőségvizsgálatokat célszerű lenne N-retenció vizsgálatokkal is kiegészíteni. Ezen vizsgálatok eredményei informatív adatokat szolgáltatnának a N-emisszió mértékének csökkenthetőségéhez- illetve a kedvezőbb fehérjeértékesülés interpretálásához.

A költséghatékony és környezettudatos brojlerhús előállítás érdekében javasolható továbbá olyan vizsgálatok beállítása is, amelyek során a kereskedelmi forgalomban már kapható újabb kristályos aminosavak (pl. L-Arginin) hatása kerülne detektálásra a N-emisszió- és a takarmány eredetű CO₂ lábnyom csökkenthetősége érdekében.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az Aviagen (2014) nyersfehérje- és aminosav ajánlásainak figyelembevételével összeállított Ross-308 genotípusra vonatkozó brojlertakarmányok nyersfehérje tartalmának (indító: 210 g/kg takarmány, nevelő: 190 g/kg takarmány, befejező: 180 g/kg takarmány) fázisonként 20 g/kg takarmány értékkel történő csökkentésekor (a lizin-metionin+cisztin-, treonin- és triptofán-szint megtartása mellett) a madarak 21 életnapos koráig, azok súlygyarapodásának csökkenésével és takarmányértékesítésük szignifikáns mértékű romlásával kell számolni ($P < 0,05$), ami a diéták valin-kiegészítésének hatására sem javul. A nevelés utolsó szakaszában (21. – 35. életnap között) a Ross-308-as brojlerek súlygyarapodására és takarmányértékesítésére a csökkentett fehérjetartalomnak (indító: 190 g/kg takarmány, nevelő: 170 g/kg takarmány, befejező: 160 g/kg takarmány) már nincs depresszív hatása, és takarmányértékesítésüket sem befolyásolja hátrányosan ($P > 0,05$).
2. A befejezőtáp etetésének időszakában (22.- 35. életnap között) az Aviagen (2014) nyersfehérje- és aminosav ajánlásainak figyelembevételével összeállított Ross-308 genotípusra vonatkozó takarmánykeverékek esetében a kísérletben meghatározott ileálisan emészthető valin/lizin arány 0,72, amely 6% ponttal alacsonyabb, mint a legújabb hibrid-ajánlásban (Aviagen, 2022) deklarált érték (0,78). A csökkentett nyersfehérje tartalmú diétákat fogyasztó madarak, ezzel ekvivalens ileálisan emészthető valin/lizin arány mellett, a nevelés utolsó szakaszában azonos ($P > 0,05$) súlygyarapodást értek el, mint az Aviagen (2014) ajánlás alapján összeállított takarmánykeveréket fogyasztó madarak.

3. A csökkentett nyersfehérje tartalmú, valin kiegészítés nélküli, valamint a csökkentett nyersfehérje tartalmú de valinnal kiegészített (indító: +0,50-2,50 g/kg takarmány valin; nevelő: +0,50-2,70 g/kg takarmány valin; befejező: +0,50-2,70 g/kg takarmány valin) takarmányt fogyasztó madarak (Ross-308 genotípusú kakasok) egységnyi súlygyarapodást a kezelések átlagában 11,2%-kal kevesebb nyersfehérjéből képesek előállítani mint az Aviagen (2014) ajánlásainak figyelembevételével összeállított nyersfehérje és valin-tartalmú diétákat fogyasztó társaik. A kedvezőbb fajlagos fehérjefelhasználásból adódóan a madarak súlygyarapodásának takarmányeredetű karbon lábnyoma a 35. életnapig tartó vizsgálatok ideje alatt 15,3%-kal kedvezőbb, mint az Aviagen (2014) ajánlásainak figyelembevételével összeállított nyersfehérje tartalmú takarmányokat fogyasztó (indító: 210 g/kg takarmány vs nevelő: 190 g/kg takarmány vs befejező: 180 g/kg takarmány) társaik esetében.

4. A csökkentett nyersfehérje tartalmú, kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó takarmányok etetésekor, Ross-308 genotípusú brojlerkakasok esetében, a nyersfehérje ileális emészthetősége az indító takarmányok etetésekor (1.-14. életnap között) meghaladja ($P < 0,05$) az Aviagen (2014) ajánlásainak figyelembevételével összeállított nyersfehérje- és aminosav tartalmú diéták esetében mérhető értéket (indító: 81,8% vs 79,2%), amin a további kristályos valin kiegészítés már nem javít ($P > 0,05$). Befejező takarmányok etetésekor (22.-35. életnap között) a csökkentett nyersfehérjetartalmú kristályos valin kiegészítést tartalmazó takarmányok esetében a nyersfehérje ileális emészthetősége meghaladja ($P < 0,05$) a csökkentett nyersfehérje tartalmú valin kiegészítést nem tartalmazó és az Aviagen (2014) ajánlásainak figyelembevételével összeállított nyersfehérje- és aminosav tartalmú diéták esetében mérhető értéket, ami összes aminosav vonatkozásában is megállapítható.

5. Ross-308-as brojlerkakasokkal végzett vizsgálatban megállapítottuk, hogy a csökkentett nyersfehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli, valamint a csökkentett fehérjetartalmú de valinnal kiegészített (indító: +0,50-2,50 g/kg takarmány valin; nevelő: +0,50-2,70 g/kg takarmány valin; befejező: +0,50-2,70 g/kg takarmány valin) diéták etetésekor az összes aminosav emészthetőségének maximuma valamennyi vizsgálati szakaszban meghaladja az ajánlás szerinti fehérje és aminosav tartalmú diétákban mért emészthetőséget. Restriktív fehérjeellátás esetén az összes aminosav emészthetőségének maximuma és a takarmányok valin-tartalma között az indító és befejező fázisban igen szoros korreláció áll fent (indító: $R^2=0,9501$, befejező: $R^2 = 0,8266$).
6. A befejező fázisban (22.-35. életnap között, Ross-308 genotípus) a csökkentett nyersfehérje-tartalmú kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó diéta aminosav-tartalmának látszólagos ileális emészthetősége a legtöbb aminosav esetében már nem tér el szignifikánsan ($P>0,05$) az Aviagen (2014) nyersfehérje- és aminosav ajánlásainak figyelembevételével összeállított diéták esetében mért értékektől.
7. Az Aviagen (2014) nyersfehérje és aminosav ajánlásainak figyelembevételével összeállított takarmányokat fogyasztó Ross-308 genotípusú kakasok a 35. életnapon 21,3%-kal több összes aminosav abszorpcióra képesek, mint a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát fogyasztó társaik. Az összes aminosav abszorpcióban mért különbség a madarak súlygyarapodásában már nem nyilvánul meg, ami feltehetően a közel azonos mennyiségben rendelkezésre álló hasznosítható aminosav mennyiségére vezethető vissza.

7. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

Magyar nyelven megjelent tudományos közlemények:

Gyurcsó G., Tóth T., Fábíán J., Tossenberger J. (2011): Az L-valin kiegészítés hatása a pecsenyecsirkék élősúlyára. *Acta Agraria Kaposváriensis*. **Vol. 15 No2, 11-21.**

Gyurcsó G., Tossenberger T., Tóth T. (2019): A valin jelentősége a brojlercsirkék takarmányozásában (irodalmi összefoglaló). *Állattenyésztés és Takarmányozás* **68.1.**

Konferencia kiadványban teljes terjedelemben megjelent anyag:

Gyurcsó G., Tóth T., Fábíán J., Tossenberger J. (2011): Az L-valin kiegészítés hatása a brojlercsirkék természetes mutatóira. *LIII. Georgikon Napok Nemzetközi Tudományos Konferencia Szakmai Kiadványa*. **327-334.**

Idegen nyelven megjelent tudományos közlemény:

Gyurcsó G., T. Tóth, K. Tempfli, J. Tossenberger: The effects of different dietary crude protein and valine levels on the performance and dietary carbon footprint of Ross-308 roosters. *European Poultry Science (EPS)*. Elbírálás alatt! Várható megjelenés 2024Q4

8. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉN KÍVÜL MEGJELENT TUDOMÁNYOS ÉS ISMERETTERJESZTŐ KÖZLEMÉNYEK

Magyar nyelven megjelent tudományos és ismeretterjesztő közlemények:

Gyurcsó G. (2010): Baromfi takarmányok vajsav kiegészítése. *Szakma lapja- Baromfi*. **3.**

Gyurcsó G. (2010): Nem lehet elég korán kezdeni- a naposcsibék korai takarmányozásának követelményei. *Szakma lapja- Baromfi*. **6.**

Gyurcsó G. (2011): Az L-valin kiegészítés hatása a pecsenyecsirkék termelési paramétereire (1-28 napos kor között). *Szakma Lapja- Baromfi*. **6.**

Gyurcsó G. (2011): Hydro-Gel. *Agrárium*. **11-12.**

Gyurcsó G. (2012): Repülőstart a napos baromfinak. *Agrárágazat*. **4.**

Gyurcsó G. (2012): Repülőstart a Hydro-Gel-vel. *Kistermelők lapja*. **6.**

Gyurcsó G., Fábíán J., Locsmáncsi L., Tossenberger J. (2013): Lehetőségek a viziszárnyasok takarmányozásában. *Baromfiágazat* **4.**

Tóth T., Gyurcsó G. (2013): Tojóperiódus alatti Takarmányozás. *Értékálló aranykorona* **10**

Gyurcsó G., Fábíán J., Locsmáncsi L., Tossenberger J. (2015): Bízató eredmények a viziszárnyasok takarmányozásában. *Agrárágazat* **6.**

Tossenberger J., Gyurcsó G., Halas V., Németh K., Tischler A., Fábíán J., (2016): A viziszárnyasok takarmányozásának legújabb aspektusai. *Állattenyésztés és Takarmányozás* **65.4.**

Gyurcsó G., G. Kolozsi (2023): M-Prove, a hasznos takarmánykiegészítő- a költséghatékony és környezettudatos brojlernevelés szolgálatában – avagy évente 25 millió brojler nem tévedhet. *Baromfiágazat* **4.**

Idegen nyelven megjelent tudományos közlemény:

Tossenberger J., A. Lemme, G. Gyurcsó, L. Babinszky (2008): The effect of threonine supply on broiler performance. *Krmiva, 15. International Conference*. Croatia , Opatija, June 2-6.

Hazai konferencián bemutatott előadások

Gyurcsó G.: A hízott áru előállítás takarmányozási feladatai és lehetőségei. I. Libamáj Fesztivál, Orosháza, 2010

Gyurcsó G.: Költséghatékony baromfitakarmányozás. Baromfi Szakmai Road Show. Sarlópuszta, 2011

Gyurcsó G.: Bábólnai napos takarmányozási program és a Bábólna takarmány sor termelési eredményei. Baromfi Szakmai Road Show. Kerekegyháza, 2012

Gyurcsó G.: Madártetű-atka újra...más szemszögből-Újdonságok lehetőségek. 16. Tojásvilágnapi konferencia. 2014

Gyurcsó G.: Lehetőségek a viziszárnyasok takarmányozásában. Baromfi Szakmai Road Show. Vecsés, 2012

Gyurcsó G.: Lehetőségek a ludak takarmányozásában. XVII. Libanapok szakmai konferencia. Kiskunfélegyháza, 2015

Gyurcsó G.: A pulyka takarmányozás aktuális kérdései és az erre adott válaszok. British United Turkey konferencia, Lajosmizse, 2015

Gyurcsó G.: Új eredmények a viziszárnyasok takarmányozásában. Baromfi Szakmai Nap. Sarlóspuszta, 2015

Gyurcsó G.: Innovatív megoldások a napos baromfi korai tápálóanyag ellátásában. Smart Farm precíziós mezőgazdasági konferencia. Kaposvár, 2016

Gyurcsó G.: Lehetőségek a brojler takarmányozásban. Pravi Ritam szakmai konferencia. Horvátország, 2016

Gyurcsó G.: Figyelemfelkeltő gondolatok a viziszárnyasok takarmányozásában. XXVII. Farmer Expo baromfitenyésztési konferencia. Debrecen, 2018

Gyurcsó G.: A digitalizáció hatása a jövő baromfi termelésére. XXVIII. Farmer Expo baromfitenyésztési konferencia. Debrecen, 2019