

**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS**

**GYURCSÓ GÁBOR**

**MOSONMAGYARÓVÁR  
2025**

**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:**  
**Prof. Dr. Tossenberger János PhD**  
egyetemi tanár  
**Dr. Tóth Tamás PhD**  
kutatóprofesszor

**A VALINELLÁTÁS JELENTŐSÉGE A BROJLERCSIRKÉK  
TAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

**Készítette:**  
**Gyurcsó Gábor**

**Mosonmagyaróvár  
2025**

**A VALINELLÁTÁS JELENTŐSÉGE A BROJLERCSIRKÉK  
TAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

**Írta:  
GYURCSÓ GÁBOR**

Készült a Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer- tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola Ujhelyi Imre Állattudományi Doktori Programja keretében.

**Témavezetők:**

Prof. Dr. Tossenberger János, egyetemi tanár

Dr. Tóth Tamás, kutatóprofesszor

Elfogadásra javaslom (igen / nem) (aláírás)

Elfogadásra javaslom (igen / nem) (aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton.....%-ot ért el,

Mosonmagyaróvár,

.....  
**a Szigorlati Bizottság Elnöke**

**Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)**

Első bíráló : Dr. Áprily Szilvia PhD igen/nem (aláírás)

Második bíráló : Dr. Torma Timea PhD igen/nem (aláírás)

**A jelölt az értekezés nyilvános vitáján ..... -ot ért el.**

Mosonmagyaróvár,

**A Bírálóbizottság elnöke**

**Doktori (PhD) oklevél minősítése: .....**

**Az EDT elnöke**

**RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE**

CP:	Nyersfehérje
FCR:	Fajlagos takarmányértékesítés
PC:	Pozitív kontroll
TV:	Összes valin
SID:	Standardizált ileális emészthetőség
SIDV:	Standardizált ileális valin emészthetőség
LPV0:	Csökkentett fehérjetartalmú kezelések kristályos L-valin kiegészítés nélkül
LPV1-5:	Csökkentett fehérjetartalmú kezelések kristályos L-valin kiegészítéssel
TSAA:	Összes kéntartalmú aminosav
M+C:	Metionin+Cisztin
GFLI:	Global Feed LCA Institute
AFP:	Agri-footprint
N:	Nitrogén
CO <sub>2</sub> :	Szén-dioxid
CO <sub>2</sub> eq:	Szén-dioxid ekvivalens
N <sub>2</sub> O:	Dinitrogén-oxid
CH <sub>4</sub> :	Metán
AME <sub>n</sub> :	Nitrogénre korrigált látszólagos metabolizálható energia
Ca:	Kalcium
P total:	Totál foszfor
P dig:	Emészthető foszfor
RMSE:	Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>1. BEVEZETÉS</b>	1
<b>2. A TÉMA IRODALMI ÁTTEKINTÉSE</b>	3
2.1 Az aminosavak szerepe a brojlercsirkék takarmányozásban	3
2.2 Az aminosavak metabolizmusának főbb jellemzői	5
2.3 A baromfitakarmányok fehérje- és aminosavértékelése	7
2.4 Az esszenciális aminosavak szerepe a brojlerek takarmányozásában	12
2.5 A valin takarmányozási jelentősége	25
2.5.1 A valin jelentősége a brojlercsirkék takarmányozásában 1-21. napos kor között	26
2.5.2 A valin jelentősége a brojlercsirkék takarmányozásában 21-42. napos kor között	38
2.5.3 A valin jelentősége a brojlercsirkék takarmányozásában 42-56. napos kor között	47
2.6 A takarmányozás hatása a brojlertermelés karbon-lábnyomára	49
<b>3. A KÍSÉRLET CÉLKITŰZÉSEI</b>	51
<b>4. SAJÁT VIZSGÁLATOK</b>	51
<b>5. ANYAG ÉS MÓDSZER</b>	52
5.1 Teljesítményvizsgálatok	52
5.1.1 Kísérleti állatok és elhelyezésük	52
5.1.2 Kezelések, kísérleti takarmányok	52
5.1.3 A kísérleti adatok felvételezése	60
5.2 Emészthetőségi vizsgálatok	60
5.2.1 Kísérleti állatok és elhelyezésük	60
5.2.2 Kezelések, kísérleti takarmányok	60
5.2.3 A chymus gyűjtés módszertani leírása	61
5.3 Laboratóriumi vizsgálatok	61

5.3.1	Kémiai vizsgálatok	61
5.3.2	A takarmánykeverékek CO <sub>2</sub> lábnyomának kiszámítása	62
5.4	A kísérleti adatok statisztikai analízise	62
<b>6. EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉSÜK</b>		63
6.1	A teljesítményvizsgálatok eredményei	63
6.1.1	A madarak élősúlyának és súlygyarapodásának változása	63
6.1.2	Takarmányfelvétel és takarmányértékesítés	66
6.1.3	Fehérjefelvétel és fehérjeértékesítés	68
6.1.4	A fehérjecsökkentés hatása a brojlerek takarmány eredetű CO <sub>2</sub> lábnyomára	71
6.2	A teljesítményvizsgálatok eredményeinek megbeszélése	74
6.3	Az emészthetőségi vizsgálatok eredményei	81
6.3.1	A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális emészthetősége az indítótápok etetésének időszakában (1-14. nap)	82
6.3.2	A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális abszorpciója az indítótápok etetésének időszakában (1-14. nap)	93
6.3.3	A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális emészthetősége a nevelőtápok etetésének időszakában (15-21. nap)	98
6.3.4	A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális abszorpciója a nevelőtápok etetésének időszakában (15-21. nap)	109
6.3.5	A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális emészthetősége a befejezőtápok etetésének időszakában (22-35. nap)	114
6.3.6	A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális abszorpciója a befejezőtápok etetésének időszakában (22-35. nap)	126

<b>7. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK</b>	131
7.1 A teljesítményvizsgálatok eredményeiből levonható következtetések	131
7.2 Az emészthetőségi vizsgálatok eredményeiből levonható emészthetőségi és abszorpciós következtetések	132
7.3 Javaslatok	137
<b>8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK</b>	139
<b>9. ÖSSZEFOGLALÁS</b>	141
<b>10. SUMMARY</b>	147
<b>11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS</b>	153
<b>12. IRODALOMJEGYZÉK</b>	154
<b>13. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK</b>	171
13.1 A disszertáció témakörében megjelent közlemények	171
13.2 A disszertáció témakörén kívül megjelent közlemények	172

**TÁBLÁZATJEGYZÉK**

1.	Fontosabb takarmánykomponensek aminosav tartalmának látszólagos ileális emészthetősége (%)	4
2.	Az emészthető metioninellátás hatása a brojlerek teljesítményére	18
3.	A kísérlet során alkalmazott aminosav szintek	27
4.	A kísérlet során alkalmazott kezelések	34
5.	A valin hatása a brojlercsirkék teljesítményére 1-21. napos kor között (áttekintő összegzés-1)	36
6.	A valin hatása a brojlercsirkék teljesítményére 1-21. napos kor között (áttekintő összegzés-2)	37
7.	Különféle aminosav arány ajánlások	41
8.	A valin hatása a brojlercsirkék teljesítményére 21-42. napos kor között (áttekintő összegzés-1)	45
9.	A valin hatása a brojlercsirkék teljesítményére 21-42. napos kor között (áttekintő összegzés-2)	46
10.	Az indító takarmányok (1-14. nap) összetétele, számított energia- és analizált táplálóanyagtartalma	54
11.	Az indító takarmányok (1-14. nap) analizált aminosavtartalma (g/kg takarmány)	55
12.	A nevelőtápok (15-21. nap) összetétele, számított energia- és analizált táplálóanyagtartalma	56
13.	A nevelőtápok (15-21. nap) analizált aminosavtartalma (g/kg takarmány)	57
14.	A befejezőtápok (22-35. nap) összetétele, számított energia- és analizált táplálóanyagtartalma	58
15.	A befejezőtápok (22-35. nap) analizált aminosavtartalma (g/kg takarmány)	59
16.	A takarmányok eltérő L-valin kiegészítésének hatása a Ross308 brojlerekakások élősúlyára (g) és súlygyarapodására (g/nap)	65

17.	A takarmányok eltérő L-valin kiegészítésének hatása a Ross308 brojlerkakasok takarmányfelvételére (g/nap) és takarmányértékesítésére (kg/kg)	67
18.	A takarmányok eltérő valin kiegészítésének hatása a Ross308 brojlerek napi fehérje felvételére (g/nap) és fehérjeértékesítésére (kg/kg)	70
19.	A takarmánykeverékek karbonlábnyoma (CO <sub>2</sub> eq/kg)	72
20.	A takarmányok fehérje csökkentésének és valin kiegészítésének hatása a Ross308 brojlerek súlygyarapodásának takarmányeredetű fajlagos karbonlányomára (CO <sub>2</sub> eq/kg súlygyarapodás)	73
21.	Az indítótápok (1-14. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális emészthetősége (%)	83
22.	Néhány aminosav ileális emészthetőségének maximuma az indítótáp etetésének időszakában (1-14. nap)	92
23.	Az indítótápok (1-14. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális abszorpciója (mg/nap)	94
24.	A nevelőtápok (15-21. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális emészthetősége (%)	99
25.	Néhány aminosav ileális emészthetőségének maximuma a nevelőtápok etetésének időszakában (15-21. nap)	108
26.	A nevelőtápok (15-21. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális abszorpciója (mg/nap)	111
27.	A befejezőtápok (22-35. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális emészthetősége (%)	115
28.	Néhány aminosav ileális emészthetőségének maximuma a befejezőtápok etetésének időszakában (22-35. nap)	125
29.	A befejezőtápok (22-35. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális abszorpciója (mg/nap)	127

**ÁBRAJEGYZÉK**

1.	A páros vakbél eltávolításának elvi vázlata	9
2.	Az ileum kanül implantálásának elvi vázlata	10
3.	A baromfi vastagbél (colon) kanül implantálásának elvi vázlata	10
4.	A valinellátás és a nyersfehérje ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor	84
5.	A valinellátás és a lizin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor	86
6.	A valinellátás és a metionin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor	87
7.	A valinellátás és a metionin+cisztin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor	88
8.	A valinellátás és a treonin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor	89
9.	A valinellátás és a valin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor	90
10.	A valinellátás és az összes aminosav ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor	91
11.	A valinellátás és a nyersfehérje ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor	95
12.	A valinellátás és a valin ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor	96

13.	A valinellátás és az összes aminosav ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítópok (1-14. nap) etetésekor	97
14.	A valinellátás és a nyersfehérje ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor	100
15.	A valinellátás és a lizin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor	101
16.	A valinellátás és a metionin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor	103
17.	A valinellátás és a metionin+cisztin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor	104
18.	A valinellátás és a treonin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor	105
19.	A valinellátás és a valin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor	106
20.	A valinellátás és az összes aminosav ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor	107
21.	A valin-ellátás és a nyersfehérje ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor	112
22.	A valinellátás és a valin ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor	112
23.	A valinellátás és az összes aminosav ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor	113
24.	A valinellátás és a nyersfehérje ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor	116

25. A valinellátás és a lizin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor 118
26. A valinellátás és a metionin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor 119
27. A valinellátás és a metionin+cisztin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor 121
28. A valinellátás és a treonin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor 122
29. A valinellátás és a valin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor 123
30. A valinellátás és az összes aminosav ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérje- tartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor 124
31. A valin-ellátás és a nyersfehérje ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor 128
32. A valinellátás és a valin ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor 129
33. A valin-ellátás és az összes aminosav ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor 130

## 1. BEVEZETÉS

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., 2020; Cho és mtsai., 2024). A baromfitakarmányok fehérjetartalmának csökkentése nemcsak élettani és termelési előnyökkel járhat, hanem ökonómiai- 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, 2018a). 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, húsösszetétel, 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 Toghyani., 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 klímasemlegességet. A globális felmelegedésért felelős gázok közül kiemelkedik a szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) jelentősége más gázokhoz képest (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>). A brojlercsirke tartásra vonatkozóan elsők között Nielsen és mtsai. (2011) adtak közre adatokat, amelyek szerint a brojlertartás karbonlábnyomát átlagosan 2,88 kg CO<sub>2</sub> eq (ekvivalens) értékűnek találták egységnyi (kg) súlygyarapodásra vonatkoztatva, amelyből 91% volt takarmány eredetű. A brojlerelőállítás CO<sub>2</sub> lábnyoma mellett a figyelem egyre jobban a nitrogén terhelésre és kibocsátásra fog fókuszálni, amely ammónia formájában van jelen a termelési láncban. Tekintettel arra, hogy szoros korreláció van az ammónia kibocsátás mértéke és a takarmányok nyersfehérjetartalma között (Kriseldi és mtsai., 2018; Such és mtsai., 2021), a brojlertartás nitrogén terhelés csökkentésének a legkézenfekvőbb módja a takarmányok nyersfehérjetartalmának a csökkentése (Coufal és mtsai., 2006; Ramos és Girish, 2018b). 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 valintartalma, miként befolyásolja a brojlerkakasok élősúlyát, súlygyarapodását, takarmány- és fehérjeértékesítését továbbá a brojlerelőállítás takarmányeredetű CO<sub>2</sub> lábnyomát.

## 2. A TÉMA SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉSE

### 2.1 Az aminosavak szerepe a brojlercsirkék takarmányozásában

A gazdasági haszonállatok takarmányozásában a fehérjeszükséglet alapvetően aminosav szükségletet jelent, így a kutatók figyelmét elsősorban a gazdasági haszonállatok aminosav szükségletének pontosítására irányul. Ahhoz, hogy a madár a lehető legoptimálisabb aminosavellátásban részesüljön, a takarmányozási szakembereknek ki kellett dolgoznia olyan szisztematikus rendszereket, amelyekkel a lehető legpontosabban ki tudják elégíteni az állatok tényleges aminosav szükségletét azok hasznosítási típusától, korától és nemétől függően. A brojlercsirkék aminosav szükségletét számos tényező befolyásolhatja. Ezek közé tartoznak a különféle takarmányozási tényezők, mint pl. a takarmány fehérje- és energiatartalma, de ide lehet sorolni az olyan környezeti tényezőket, mint az állategészségügy, telepítési sűrűség, etető és itató férőhely, valamint a hő és a hideg által okozott stressz is (Baker és mtsai., 1996). A takarmányozásban általában azt a fehérje adagot tartjuk optimálisnak, amellyel az esszenciális és nem esszenciális aminosav szükséglet kielégíthető. Ehhez az ideális fehérje elv nyújt megbízható támpontot. Az ideális fehérje-elmélet alkalmazásának egyik legnagyobb előnye, hogy ha változás történik az aminosav szükségletben az esszenciális aminosavak egymáshoz való aránya ettől függetlenül konstans marad (Kidd 2019). Az ideális fehérjében az aminosavak lizinhez viszonyított arányát adjuk meg. Ezt a rendszert az 1980-as évek végén kezdték el alkalmazni. Kidolgozói azt is megállapították, hogy nem csak az aminosavak egymáshoz való aránya fontos egy takarmányban, hanem az is, hogy a takarmányalapanyagok aminosavtartalma milyen mértékben

emészthető az ileum (csípőbél) végéig. Néhány takarmánykomponens aminosavtartalmának ileális emészthetősége az *1. táblázatban* látható (Larbier és Leclerq, 1994). A táblázat adataiból kitűnik, hogy az egyes komponensek aminosav emészthetőségében számottevő különbségek lehetnek.

Az elmúlt évtizedben az aminosavak ileális emészthetőségére több releváns és megbízható adatbázis épült ki és vált széles körben elérhetővé (pl. SFR, CVB, Evonik). Erre alapozva az ideális fehérjeelmélet alkalmazása és alkalmazhatósága is egyre pontosabbá vált. Pontosabb információt kaphatnánk az aminosavak „biológiai értékéről”, ha a takarmányok hasznosítható aminosavtartalmával számolnánk. Erre vonatkozóan azonban még napjainkban is csak nagyon kevés megbízható adat áll rendelkezésünkre, amiért a gyakorlati takarmányozás szempontjából elsődlegesen csak az ileum végéig felszívódott aminosav mennyiségének van jelentősége.

**1. táblázat: Fontosabb takarmánykomponensek aminosavtartalmának látszólagos ileális emészthetősége (%) (Larbier és Leclerq, 1994 nyomán)**

<b>Komponensek</b>	<b>Lizin</b>	<b>Metionin+Cisztin</b>	<b>Treonin</b>
Kukorica	85	90	86
Búza	81	87	82
Árpa	78	80	76
Borsó	91	82	80
Szójadara	91	88	89
Repcedara	79	87	86
Napraforgódara	84	89	86
Tolliszt <sup>1</sup>	62	65	71
Húsliszt <sup>1</sup>	85	74	84

<sup>1</sup>Figyelembe véve az Európai Unió és Magyarország szabályozásait (pl. 999/2001/EK, 45/2012. (V. 8.) VM rendelet, 2017/893, EU 2021/1372)

Ismert az is, hogy amennyiben az etetett takarmányban a táplálóanyagok/aminosavak mennyisége és aránya eltér az optimálistól, az a fehérjebeépülés csökkenéséhez és a zsírbeépülés növekedéséhez vezethet (Emmert és Baker, 1997). Többen leírták, hogy a genetikailag determinált izomfejlődés maximuma többlet fehérje illetve aminosav etetéssel nem léphető túl, amennyiben az életfenntartás és húsképzés aminosav szükséglete már kielégítésre került (Selle és mtsai., 2020). Ilyen esetben a többlet fehérje/aminosav részben a zsírképzésben fog hasznosulni, illetve részben emésztetlen N formájában kiürül a szervezetből (Swatson és mtsai., 2002). Ebből következik, hogy minél jobban ismerjük a felhasználásra kerülő alapanyagok ileálisan emészthető aminosavtartalmát, annál pontosabban tudunk optimális aminosavtartalmú takarmányokat összeállítani.

## **2.2 Az aminosavak metabolizmusának főbb jellemzői**

A fehérjéket peptid kötéssel aminosavak láncolata alkotja. A kapcsolódó aminosavak számától függően előfordulhatnak akár több millió molekula tömegű fehérjék is (Efimov, 1993). Az aminosavak olyan szerves vegyületek, amelyek molekulájában aminocsoport (-NH<sub>2</sub>) és karboxilcsoport (-COOH) egyaránt előfordul.

Az állati szervezetben az aminosavak szintézise három forrásból történhet. Ezek a források az endogén fehérjékből származó aminosavak, az úgynevezett *de novo* szintetizált aminosavak és a takarmánnyal felvett fehérjékből származó aminosavak (McNab, 1994).

A takarmányfehérjét az emésztőrendszer enzimeji bontják le aminosavakká. Ezek az enzimek a pepszin, tripszin, kimotriszpin. Az

aminosavak felszívódásának a fő helyszíne a vékonybél. A vékonybélben belül az éhbél disztális és a csípőbél proximális szakasza (Husvéth, 2005). Az aminosavak emésztése történhet aktív transzporttal, amely energiát és karrier molekulákat is igényel. Az L izomer aminosavak nagyobb hatásfokkal szívódnak fel, mint a D konfigurációjú aminosavak (Bárdos, 2005). Ez utóbbiak felszívódása passzív diffúzióval történik. Az aminosavak facilitált (passzív) diffúzióval jutnak át a mucosasejt basalis membránján, majd bekerülnek a vérbe, ahol a vér szabad aminosavtartalmának egy részét adják. A felszívódott aminosavak többsége a portális keringésen keresztül a májba jut. Az aminosavakból a májban keletkezhetnek szintézis útján fehérjék, mint például a fibrinogén. Az aminosavak dezaminálódhatnak és transzamilálódhatnak is, vagy dekarboxileződésük is előfordulhat, amelynek ugyancsak fő helyszínéül a máj tekintendő (Husvéth, 2005). A transzaminálás folyamatában az aminosavról leválik annak aminocsoportja, egy  $\alpha$ -ketosavra átkerülve egy másik aminosavat, valamint ketosavat képez. A folyamat reverzibilis, transzaminázok katalizálják, amelyek koenzimje a B<sub>6</sub>-vitamin származéka (pl. aszparaginsav traszamináz, alanin transzamináz). A folyamat jelentősége kettős, a citoplazmában a glutaminsavban összegyűjtött aminocsoportok bármikor felhasználhatók, másrészt a szervezet ily módon ketosavakból aminosavakat tud előállítani (Orlowski és Meister, 1970).

A legtöbb dezaminálás transzaminálási reakcióban valósul meg. Az ezt katalizáló enzim aktív centrumában piridoxál-foszfát található, amely a B<sub>6</sub>-vitamin származéka. Ennek aldehidcsoportja képes kapcsolatot létesíteni az aminosav aminocsoportjával. Ez víz hatására elbomlik és

ketosav lép ki a komplexből, míg az aktív centrumban piridoxamin-foszfát marad vissza (Walsh és Wright, 1995). Oxidatív dezaminálás során ammónia keletkezik. A glutaminsav oxidatív dezaminálását katalizáló dehidrogenáz enzim jelentős szerepet játszik a folyamatban. Az aminocsoport eltávolításakor a NAD<sup>+</sup> koenzim redukálódik és egy könnyen hidrolizálódó aminosav köztiterméken keresztül  $\alpha$ -keto-glutársav és ammónia keletkezik. A felszabaduló ammónia karbamid formájában ürül ki a szervezetből (Toldrá, 2007).

A dezaminálás során keletkező szénlánc főként a citrátkörön keresztül alakul szén-dioxiddá és vízzé. Az aminosavak hét fő intermedier molekulává (piruvát,  $\alpha$ -keto-glutársav, szukcinil-KoA, fumársav, oxálcetsav, acetyl-KoA, acetoacetát) bontódnak le (Ravindran és mtsai., 1999). Az aminosavak a szén-dioxid kilépése után aminokká alakulnak. Az aminokat biogén aminoknak nevezzük, mert számos képviselőjük fontos biológiai funkciókat tölt be.

Az aminosavak anyagforgalmának végterméke madarakban a húgysav, amely a vizelettel ürül a szervezetből.

### **2.3 A baromfitakarmányok fehérje- és aminosavértékelése**

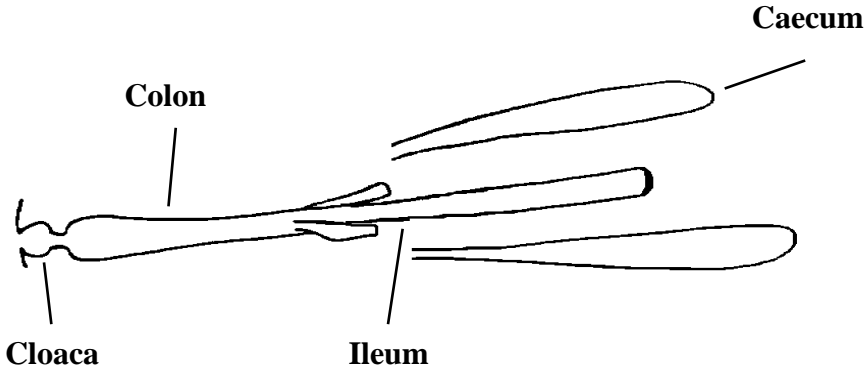
A nagyteljesítményű modern húshibridek esetében fontos olyan fehérje/aminosav ellátás biztosítása, amely mellett a madarak genetikai teljesítőképessége optimálisan kihasználható, az a legkevésbé terheli meg az állatok intermedier anyagcseréjét, és egyúttal minimalizálható a nitrogén-kibocsátás mértéke is. A brojlerek optimális fehérje/aminosav ellátása akkor valósítható meg a legkönnyebben, ha a tápok összeállításakor nem nyersfehérje- vagy összes aminosavtartalommal, hanem a takarmánykomponensek emészthető aminosav tartal-

mával számolunk. Az egyes takarmánykomponensek aminosav tartalmának más és más az emészthetősége. A takarmányokat napjainkban nem csak gazdasági és teljesítmény alapon-, hanem fenntarthatósági és környezetvédelmi szempontok figyelembevételével kell összeállítani. Az okszerű takarmányozás alapvető eleme, hogy ismerjük a receptúrálás során felhasznált alapanyagok emészthetőségét.

A takarmányokban fellelhető aminosavak emészthetősége alapján határozza meg az adott fehérje forrás biológiai értékét. Ebből adódóan a takarmányfehérjék minősítésének az aminosavak emészthetőségén, illetve a takarmánykeverékek emészthető aminosavtartalmán kell alapulnia. Számos kutatás foglalkozott az aminosavak emészthetőségének a megállapításával (Sibbald, 1987; McNab, 1994; Ravindran és mtsai. 1999; Parsons, 2002; Lemme és mtsai., 2004). Az aminosavak emészthetőségének mérésére használatos módszerek a baromfinál azonban közel sem olyan egységesek, mint pl. a sertésnél, ahol az utóbbi évtizedekben egyértelművé vált, hogy a takarmányreceptúrákat az ileálisan emészthető aminosavtartalom alapján célszerű összeállítani.

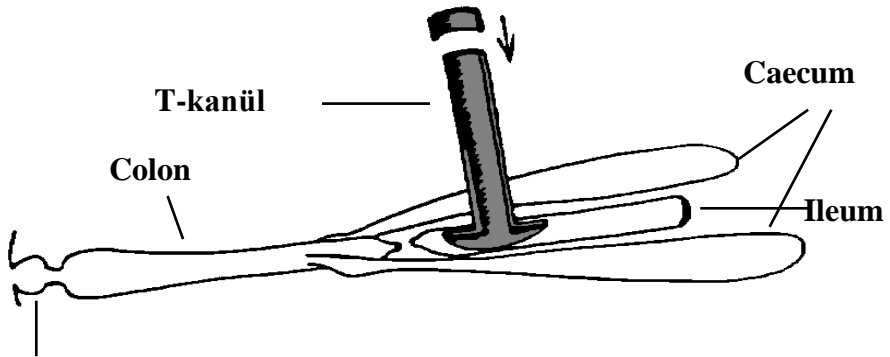
Baromfi esetében többféle módszer ismeretes az aminosavak emészthetőségének megállapítására. A legrégebben használatos és egyúttal a legegyszerűbb eljárás az ürülékgyűjtésén alapuló „emészthetőség” mérése. Egy másik módszer a madarak vakbélirtásán (caecectomizáció) alapul (Payne, 1968, Johns és mtsai, 1986a,b, Green és mtsai., 1987a,b), és az ürülékgyűjtésre alapozott módszertől annyiban tér el, hogy a vizsgálatok előtt a kísérleti állatok páros vakbélét műtéti úton eltávolítják (*1. ábra*).

**1. ábra: A páros vakbél eltávolításának elvi vázlata (Tossenberger és Horák, 2015 nyomán)**

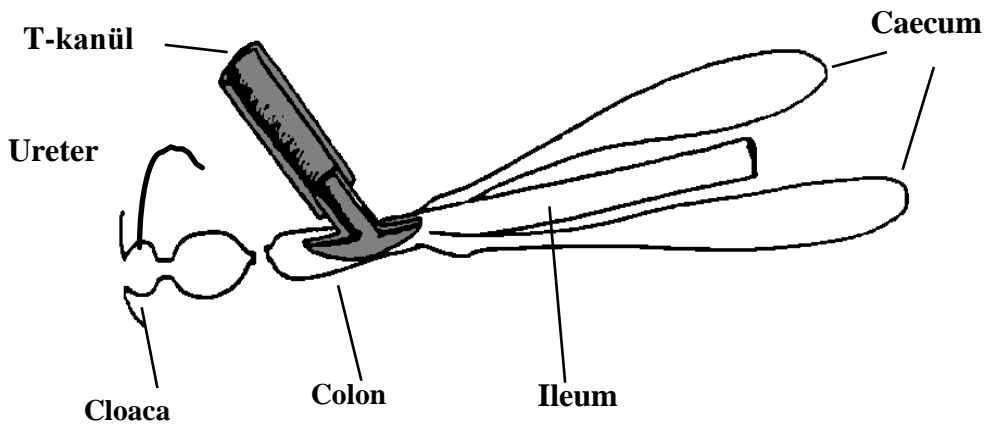


Mindkét módszernél a madarak által ürített aminosav mennyiségének meghatározása az ürülék aminosavtartalma alapján történik. Ebből adódóan ezek a módszerek jelentős hibaforrással terheltek, mert a vizsgálati anyag (ürülék) magában foglalja azon aminosavakat is, amelyek felszívódtak az emésztőtraktusból, a feleslegben lévő hányadék a vizelettel kiválasztásra kerül és a bélsárral a kloákában keveredve az ürülékkel távozik a szervezetből. Az urinálisan ürített aminosavak mennyiségének ismerete illetve szétválasztása a bélsárral/chymussal ürített aminosavak mennyiségétől azért fontos, mert néhány újabb kísérleti adat arra hívja fel a figyelmet, hogy a baromfi– ellentétben a korábbi több évtizedes felfogással – jelentős mennyiségű aminosavat üríthet a vizeletében (Babinszky és mtsai., 2003). E hibaforrás kiküszöbölésére, a legújabb vizsgálati módszerek már kanülözési technikákon alapulnak. Ezen módszerek alkalmazása esetén lehetőség nyílik a vizelet és a béltartalom illetve bélsár elkülönített gyűjtésére, ami lehetővé teszi a fentebb említett hibaforrás kiküszöbölését is. Attól függően, hogy a kanült a béltraktus mely szakaszába implantálják, beszélhetünk az ileális (2. ábra) vagy a bélsárból mért emészthetőség meghatározásáról (3. ábra).

2. *ábra: Az ileum kanül implantálásának elvi vázlata (Tossenberger és Horák, 2015 nyomán)*



3. *ábra: A baromfi vastagbél (colon) kanül implantálásának elvi vázlata (Tossenberger és Horák, 2015 nyomán)*



A kanülözési technikák alkalmazása során a műtéti beavatkozás előtt a madarakat koplaltatják. A teljes felgyógyulás után (10 nap) állítható kísérletbe (Van Leeuwen és mtsai., 2000). Az egyik legjelentősebb probléma a beavatkozással, hogy kifejlett állatokon lehet csak

elvégezni a beavatkozást. Tekintettel arra, hogy az aminosavak emészthetősége az életkortól is függ, a korszpecifikus emészthetőségi adatok meghatározása érdekében más módszer szükséges (Khalil és mtsai., 2021). Erre szolgálnak a *post mortem* vizsgálatok, amelyek módszertanát Payne és mtsai (1968) és Varnish és Carpenter (1975) dolgozták ki elsők között. A módszer lényege, hogy az állatokat kíméletes módon, a releváns állatvédelmi/állatjóléti szabályok betartása mellett túlaltatják. Az eljárás során kiemelt figyelmet kell fordítani a beavatkozás módjára mivel a stresszes (sokkos) állapotban lévő állatok bélcsatornájában mucosa lelökődés fordulhat elő, ami a megnövekedett endogén nitrogén (aminosav) ürítés miatt befolyásolhatja a fehérjék és aminosavak emészthetőségét (Low, 1980). Kíméletes beavatkozás révén (túlaltatás esetén) azonban a nevesített probléma módosító hatása eliminálható, így a módosító hatás sem érvényesül (Rodehutsord és Dieckmann., 2005).

Baromfi esetében a módszer lényege, hogy a chymust az ileumnak a Meckel–féle divertikulum (*diverticulum ductus vitellointestinalis*) és a *valvula ileorectalis* által határolt szakaszának caudális részéből gyűjtik. Nagy előnye, hogy kiküszöböli azt a problémát, ami a fiatal állatok kanülözési nehézségéből adódik. Az eljárással informatív adatok nyerhetők a különböző korú baromfi (pl. brojler) esetében is a táplálóanyagok/aminosavak ileális emészthetőségéről, amelyek jól felhasználhatók a különböző korú/súlyú madarak emészthető táplálóanyag szükségletének pontosításához.

## **2.4 Az esszenciális aminosavak szerepe a brojlerek takarmányozásában**

A nagy teljesítményű brojlerek takarmányozásában legnagyobb jelentőséggel az esszenciális aminosavak közül a lizin, metionin +cisztin, a treonin és triptofán bír. A madarak teljesítményének növekedésével párhuzamosan azonban egyre több esszenciális aminosav válhat limitálóvá. Ebből adódóan napjainkban számos kutatás foglalkozik a brojlerek valin illetve arginin és izoleucin szükségletének megállapításával is.

A **lizin** szükségletre vonatkozóan már számos irodalmi adat áll rendelkezésre (Kidd és mtsai., 1997; Leclercq, 1998; Fatufe és mtsai., 2004; Ravindran és mtsai., 2001; Corzo és mtsai., 2006; Garcia és mtsai., 2007; Waguespack és mtsai., 2009; Dozier és mtsai. 2009, Dozier és Payne, 2012; Bernal és mtsai., 2014; Cemin és mtsai., 2017; Tahira és mtsai., 2018). Ezen túlmenően a legfontosabb tenyésztőcégeknek (pl. Aviagen, 2022a; Cobb, 2022; Hubbard, 2022) is vannak a lizin szükségletre vonatkozó ajánlásai, amelyek alapvetően genetikai profilra adaptált ajánlásoknak tekinthetők.

Ismert, hogy a modern brojlereknek nagyobb az aminosav igénye a korábbi évek ajánlásaihoz képest (Kidd és mtsai, 2004a; Dozier és mtsai., 2008). Ismertté vált továbbá az is, hogy a takarmányok nyersfehérje- és aminosavtartalma nagyban befolyásolja a vágott test összetételét is. A megnövelt fehérje- és esszenciális aminosavtartalmú takarmányadag etetése a rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján pozitív hatású a vágott test fehérjetartalmára és egyben csökkenti annak zsírtartalmát (Donaldson és mtsai., 1956; Donaldson, 1985; Mabray és Waldroup, 1981; Cabel és mtsai., 1987). Egyes kutatások arra hívják

fel a figyelmet, hogy a takarmányok lizintartalmának önmagában is van ilyen hatása, mert ha túlságosan megemeljük a takarmányok lizin szintjét úgy csökkentjük a vágott test fehérjetartalmát és növeljük annak zsírtartalmát (Sibbald és Wolynetz, 1986). A mellhús kihozatal szempontjából döntő jelentősége van a takarmányok lizin azon belül is az ileálisan emészthető lizintartalmának, mert a mellhús lizin tartalma szintén jelentős (Scott és mtsai., 1969; Summers és mtsai., 1988). Ebből következik, hogy a takarmányok lizintartalma limitálhatja a madarak mellhús kihozatalát (Hickling és mtsai., 1990; Acar és mtsai., 1991). Az esszenciális aminosavak alacsony szintje (elsősorban a liziné), vagy nem megfelelő aránya szintén nagy jelentőséggel bír a madarak végsúlyára és takarmányértékesítésére. A fent leírtakból következik, hogy a madarak lizin ellátásának pontossága önmagában is nagyban befolyásolja a brojlercsirke nevelés gazdaságosságát. Ezért a brojlercsirkék lizin szükségletének a pontosítására már számos kutatás látott napvilágot. Ilyen irányú vizsgálatokat végeztek Dozier és mtsai., 2009. A kísérlet célja annak vizsgálata volt, hogy meghatározzák az emészthető lizin szükségletet Ross jércék és kakasok esetében, 14. és 28. napos életkor között. A kutatók arra az eredményre jutottak, hogy a kakasok és jércék ideális emészthető lizin szükséglete 11 g/kg és 10 g/kg (adatok az előző sorrendben) az optimális testsúlygyarapodás és takarmányértékesítés függvényében. Hasonló vizsgálatokat végeztek Rostagno és mtsai. (2007), akik Cobb brojlereknél vizsgálták a madarak lizin szükségletét ivaronként. Arra az eredményre jutottak, hogy 10-21. napos kor között a kakasok és jércék emészthető lizin szükséglete 11,6 g/kg és 11,2 g/kg, 22-35 napos kor között pedig 11,0 g/kg és 10,4 g/kg (sorrendben). Ezek az értékek nagyon közel állnak Dozier és mtsainak

(2009) vizsgálataiban megállapított adatokhoz. Hasonló tendenciát mutatott ki Han és Baker (1994), akik megállapították, hogy 22-43. napos kor között a brojlersirkék emészthető lizin szükséglete 4,5%-kal nagyobb a testtömeg gyarapodás, és 8,2%-kal pedig a takarmányértékesítés függvényében a hímivar javára. Fontos annak értékelése is, hogy egyes brojlerhibridek lizin szükséglete különbözik-e, és ha igen akkor milyen mértékben tér el egymástól. Erre a kérdésre Dozier és mtsainak (2010) eredményei adnak választ, akik az előző kísérlet adatait felhasználva tovább folytatták a brojlersirkék emészthető lizin szükségletére vonatkozó kutatásaikat. Vizsgálataikban arra voltak kíváncsiak, hogy mekkora a Ross308 és Cobb700 genetikai hátterű madarak emészthető lizin szükséglete 28.-42. napos kor között, azaz abban az időszakban amikor a legnagyobb a madarak takarmányfelvétele. Eredményeik szerint a Ross308 kakasok számára ideális emészthető lizintartalmat 9,88; 10,53; 9,39 és 9,62 g/kg-ban állapították meg az ideális testsúlygyarapodás, takarmányértékesítés, vágás és mellhús kihozatal függvényében (adatok az előző termelési paraméterek sorrendjében). Az előző paraméterek tekintetében a Cobb700-as kakasok takarmányainak ideális emészthető lizin tartalma pedig a 9,65; 10,12; 10,29 és 9,87 g/kg volt (sorrendben). Összesítve, a két genotípus kakasai (Ross308, Cobb700) számára 4-6 hetes kor között az ideális emészthető lizin szükséglet 10,01 g/kg és 9,95 g/kg volt a növekedés maximalizálása és a vágási kihozatal vonatkozásában. Más kutatási eredménnyel összehasonlítva az általuk megállapított emészthető lizin szükséglet nagyobb 21-42 napos kor között, mint pl. Han és Baker (1994), Leclercq (1998) illetve Mack és mtsai. (1999) által megállapított emészthető lizin szintek.

A nagy súlyra való hizlalás esetén kiemelkedő jelentősége van a mellhús kihozatalnak is. A fejezet bevezetőjében már említésre került, hogy az alkalmazott lizin szintnek szignifikáns hatása van a mellhús kihozatalra (Acar és mtsai., 1991; Bilgili és mtsai., 1992; Kidd és mtsai., 1998; Corzo és mtsai., 2006; Sterling és mtsai., 2006). Dozier és mtsainak (2008) a kísérletében fontos cél volt, hogy meghatározzák az emészthető lizin szükségletet a 49 és 63 napos Ross708 brojler kakasok és jércék esetében. Az eredmények szerint a kakasok ideális emészthető lizin szükséglete 8,8 g/kg, míg ez az érték a jércéknél 8,1 g/kg. Corzo és mtsai. (2002 és 2003) hasonló eredményre jutottak, akik 8,5 g/kg-ban állapították meg a Ross308 brojler kakasok lizin szükségletét 42-56 napos kor között. Ez az eredmény megegyezik az NRC (1996) ajánlásával, de összességében nem használható a Ross708 kakasok nagysúlyra való hizlalásakor.

A fenti vizsgálatok már az 1990-es években felhívták a figyelmet a lizin igen fontos takarmányozási jelentőségére, és ezt a későbbiek során a kutatók pontosították nemcsak a fajtákra, de az ivarra vonatkozóan is. A modern, nagyteljesítményű brojlerek növekedési potenciálja egyre növekvő tendenciát mutat, ennek oka az a piaci elvárás, hogy a madarak 42 napos korra elérjék genetikai teljesítőképességük határát, úgy, hogy a mellhús kihozatal is a lehető legoptimálisabb legyen a legkedvezőbb áron és a legjobb minőségben (Fanatico és mtsai., 2007). A húsminőség kérdése egy komplex témakör, amelyre hatással vannak a genetikai, a környezeti tényezők és a takarmányozás is (Fletcher, 2007). A fajtaválasztás is befolyásolhatja a minőséget, mert a lassú növekedésű fajták jobb húsminőséget produkálnak, mint az intenzív fajták (Guan és mtsai., 2013; Sarsenbek és mtsai., 2013). Ebből következik, hogy a

takarmányozás intenzitása is hatással van a húsminőségre (Zhao és mtsai., 2009; Wang és mtsai., 2013).

A **metionin** általában az első számú limitáló aminosavnak tekintendő a kukorica-szójadara alapú brojler takarmányok esetében (Dozier és Mercier, 2013). A metionin hatással van a fehérjeszintézis intenzitására, a zsírsanyagcserére és az oxidatív állapotra is (Nukreaw és mtsai., 2011; Chen és mtsai., 2013). Ezt a kutatási eredményt támasztják alá Del Vesco és mtsai. (2015) és Conde-Aguilera és mtsainak (2016) kutatásai is, akik arról számolnak be, hogy az intenzív növekedésű madarak metionin ellátása hatással van a húsminőségre és az antioxidáns rendszerre. Ishibashi és Kametake (1985) a metionin szükséglet és a brojlercsirkék természetes teljesítmény mutatói közötti összefüggéseket vizsgálták. Arra a megállapításra jutottak, hogy a nagyteljesítményre képes brojlercsirkék súlygyarapodására és takarmányfelvételére hatással van a takarmány metionintartalma. Ezt a kutatási eredményt számos hasonló eredmény igazolja (Weerden és mtsai., 1976; Leo és mtsai., 1989; Mendonca és Jensen, 1989a; Kalinowski és mtsai., 2003; Rosen, 2007; Nukreaw és mtsai., 2011). Fontos azonban megjegyezni, hogy a metionin szükségletet befolyásolja a takarmány táplálóanyag tartalma, a madarak kora, ivara, fiziológiai állapota és a környezet is (Dozier és mtsai., 2008).

A brojlercsirkék metionin igényének pontosításával már számos kutatás foglalkozott az elmúlt évtizedekben. Erre vonatkozóan a *2. táblázatban* mutatok be adatokat Lu (2012) munkája alapján.

A lizin és a metionin+cisztein aminosav-szükségletek megállapítására irányuló vizsgálatokkal egy időben felgyorsultak azon vizsgálatok is, amelyek a nagy teljesítményre képes brojlerek **treonin** szükségletének megállapítására irányultak (Kidd, 2000). A treonin teljesítménynövelő hatásán túlmenően fontos szerepet tölt be a szervezet

immunrendszerének megfelelő működtetésében, de szükséges a tollasodáshoz, a glicin hasznosulásához, továbbá a hőstressz kivédésében is jelentősége lehet (Kidd, 2000, Kidd és mtsai. 2004b). Brojlerekkel végzett vizsgálataiban Barkley és Wallis (2001) megállapították, hogy a madarak treonin-szükségletét korukon túlmenően az etetett takarmány nyersfehérjetartalma is nagymértékben befolyásolja. A szerzők adatai szerint gabona-földimogyoró dara alapú takarmánykeverékek összes treonintartalmának 5,7 g/kg-ról 7,2 g/kg-ra történő növelésekor szignifikánsan javult a madarak súlygyarapodása és takarmányértékesítése is. A treonin szint további növelése (7,7 g/kg-ra) azonban már nem járt együtt a madarak teljesítményének további növekedésével. A fenti szerzők hasonló teljesítménynövekedést találtak a búza-szójadara alapú takarmánykeverékek összes treonintartalmának 7,2 g/kg-ra történő növelésekor is.

## 2. táblázat: Az emészthető metionin-ellátás hatása a brojlerek teljesítményére

FORRÁS	GENOTÍPUS, IVAR	NEVELÉSI IDŐSZAK	METIONIN SZINT	METIONIN+CISZTIN SZINT	HATÁS
<i>Lumpkins és mtsai. (2007)</i>	Cobb500 (kakas/jérce)	8-16.		7,1 g/kg	súlygyarapodás ↑ maximális növekedés ↑
	Cobb500 kakas/jérce	8-18.		6,7 g/kg	súlygyarapodás ↑ maximális növekedés ↑
	Cobb500 kakas/jérce	21-42.		5,5/5,6 g/kg	súlygyarapodás ↑ maximális növekedés ↑
<i>Garcia és Batal (2005)</i>	Cobb500 kakas	1-21.		8,3 g/kg	súlygyarapodás ↑
<i>Ojano–Dirain és Waldroup (2002)</i>	Cobb500 kakas	1-42.	4,4 g/kg		súlygyarapodás ↑, Takért. ↓, mellhús ↑
<i>Chamrupollert és mtsai. (2002b)</i>	Ross308 kakas	8-14.	5,2 g/kg		Takért. ↓
	Ross308 jérce		4,5 g/kg		Takért. ↓
	Ross308 kakas		5,4 g/kg		súlygyarapodás ↑
	Ross308 jérce		4,8 g/kg		súlygyarapodás ↑
<i>Waldroup és mtsai. (1979)</i>	n.a.	1-21.	5,5 g/kg	8,8 g/kg	súlygyarapodás ↑, Takért. ↓
<i>Oliveira és mtsai. (2005)</i>	Avian Farm kakas	1-21.		8,7/8,9 g/kg	súlygyarapodás ↑, Takért. ↓
<i>Pack és Schutte, (1995)</i>	n.a	14-34./38.		8,5/8,9 g/kg	Takért. ↓, mellhús ↑
<i>Rodrigueiro és mtsai. (2000)</i>	Hubbard kakas/jérce	22-42.		9,0/8,6 g/kg	súlygyarapodás ↑, Takért. ↓
	Hubbard kakas/jérce	43-56.		7,6/7,4 g/kg	súlygyarapodás ↑, Takért. ↓

Jelmagyarázat: = változatlan, ↓ csökkent, ↑ nöött; Takért.= fajlagos takarmányértékesítés (kg/kg)

Shan és mtsai. (2003) különböző hőmérsékleten (25 °C és 35 °C) tartott brojlereken vizsgálták a takarmányok treonin-tartalmának hatását az állatok növekedésére és takarmányértékesítésére. A kísérletsorozat eredményei szerint a nevelés első felében a 25 °C-on tartott madarak a takarmánykeverékek 7,3 g/kg treonintartalma, a 35 °C-on tartott madarak pedig a takarmánykeverékek 7,5 g/kg treonintartalma mellett érték el a legnagyobb élőtömeget. A nevelés második felében a madarak a legnagyobb teljesítményt a takarmányok 7,4 g/kg (25 °C) illetve 7,2 g/kg treonintartalma mellett produkálták (35 °C). A nevelés első felében mért többlet nyilvánvalóan azzal hozható összefüggésbe, hogy ebben a periódusban a környezet 35 °C-os hőmérséklete közelebb állt az állatok hőmérséklet igényéhez (komfortzóna) így a többlet treonin kedvezőbb teljesítményt is eredményezett. A nevelés végén azonban a 35 °C-on tartott madarak élősúlya – kezelésektől függetlenül – is kisebb volt, a treonin kiegészítés viszont arányaiban is kisebb teljesítmény-többlettel (súlygyarapodás) járt együtt. Ezen adatok arra hívják fel a figyelmet, hogy extrém magas hőmérséklet esetén (pl. nyári hőstressz) a madarak a takarmányok nagyobb treonin szintje esetén sem képesek akkora gyarapodást elérni, mint optimális hőmérséklet mellett, kisebb treonin szint biztosításakor. Szükségesnek tartom azonban megjegyezni, hogy a két különböző hőmérsékleten tartott madarak a maximális teljesítményüket a takarmányok közel azonos treonintartalma mellett érték el.

A brojlerek aminosav – így treonin – szükségletét a genotípus illetve a potenciális teljesítőképességük is befolyásolhatja (Rosa és mtsai., 2001a). Ezért a takarmánykeverékek treonintartalmának beállításakor a genotípus igényét is célszerű figyelembe venni. Ezt egyértelműen

igazolják Rosa és mtsai. (2001a) adatai is. A szerzők vizsgálataikban három genotípus kakasainak (Hyline W-36, Arbor Acres és High Yield) teljesítményét hasonlították össze. A kísérletsorozatban hat treonin szint (6,3; 6,7; 7,1; 7,5; 7,9 és 8,3 g/kg) hatását vizsgálták. A kísérlet adatai szerint a High Yield, illetve az Arbor Acres hasonló teljesítményt értek el, bár a High Yield madarak növekedése alacsony treonin szint mellett is jobb volt. Ezen madarak (High Yield) esetében  $6,8 \pm 0,1$  g/kg treonin mennyiség kellett a legnagyobb testtömeggyarapodásra és  $6,9 \pm 0,1$  g/kg treonin a legkedvezőbb takarmányhasznosításra. Az Arbor Acres brojlerek a takarmánykeverékek  $6,9 \pm 0,1$  g/kg treonintartalma mellett érték el a legnagyobb testtömeggyarapodást és  $6,8 \pm 0,1$  g/kg treonintartalom mellett a legjobb takarmányértékesítést. A két vonal záró élősúlyában és takarmányértékesítésében statisztikailag is igazolható eltérés nem volt megállapítható. Ez azt jelzi, hogy a közel azonos genetikai potenciállal rendelkező madarak aminosav, így treonin szükséglete is közel azonos. A fenti szerzők kísérletsorozatuk egy másik részében a treoninellátás hatását az ivar függvényében vizsgálták High Yield madarak esetében. A kísérletsorozat eredménye szerint az eltérő treonin szintek esetében mindkét ivarnak hasonló volt a teljesítménye, de a hús minőségében illetve az abdominális zsír mennyiségében szignifikáns különbségek mutatkoztak. A két ivar takarmányértékesítésére a takarmánykeverékek eltérő treonintartalma azonos hatást fejtett ki. A treonin mint limitáló aminosavnak, nagy jelentősége van a brojlerek tollasodásában is. A treonin felvétel és a tollasodás intenzitása között ugyanis szoros pozitív korreláció áll fent (Dozier és mtsai., 2000). Kukorica-földimogyoródara alapú takarmányok treonintartalmának

5,6 g/kg-ról 7,4 g/kg-ra történő emelésekor a gyorsan tollasodó brojlerek növekedése is javult. A lassan tollasodó brojlereknél azonban a treonin kiegészítésnek nem volt szignifikáns hatása a madarak növekedésére.

Kidd és mtsai. (1999) a gazdasági tényezőket is figyelembe véve próbálta megállapítani 42-56 napos brojlerek treonin szükségletét. A kísérletében arra keresett választ, hogy hol van az a határ, ahol a brojlerek takarmányának treonintartalma még a maximális nyereséget tudja elérni. A vizsgálatok adatai szerint a maximális profit abban az esetben volt realizálható, amikor a takarmánykeverékek össz treonintartalma 8,1 g/kg volt.

Mint azt korábban már ismertettem, a lizin, a metionin és a treonin egyaránt hatással lehet a húsminőségre. Kidd és mtsai. (2004b) három különböző genotípus esetében értékelte a treonin vágott test minőségére gyakorolt hatását (A: többhasznú vonal; B: nagy termelésű vonal; C: nagy termelésű vonal). A madarak a vizsgálatok alatt eltérő treonintartalmú (a treonintartalmat 5,2 g/kg-ról 8,7 g/kg-ra növelték) takarmányokat fogyaszthattak. A szerzők megállapításai szerint a C (nagy termelésű) kezelés egyedei érzékenyebbek voltak a treonin kiegészítésre, mint az A és B vonal egyedei. Abdominális zsír mennyiségét tekintve az A csoport relatíve több abdominális zsírt termelt, mint a B és C vonal. Mind a három vonalnál különböző volt a testtömeg növekedés (A: 78,2; B:75,1; C:72,9 g/nap). A C vonal egyedeinek takarmányhasznosítása kedvezőbb volt, de nagyobb volt ezen állatoknál a mellizom tömege is. A vizsgálatok adatai szerint az optimális testtömeg gyarapodáshoz és legnagyobb mellizom nagyság

eléréshez a takarmánykeverékekben 7,1 g/kg és 7,4 g/kg treonin mennyiség ajánlható.

Alleman és mtsai. (1999) zsírosodásra hajlamos és zsírosodásra kevésbé hajlamos brojler kakasokon vizsgálták a takarmányok treonintartalmának hatását a súlygyarapodásra és a fehérjebeépülésre. A szerzők arra a megállapításra jutottak, hogy abban az esetben amennyiben a zsírosodásra nem hajlamos vonalhoz tartozó madarak takarmányai legalább 4,3 g/kg emészthető treonint tartalmaznak az abdominális zsír mennyisége nem változik. Ezen brojlereknek a legnagyobb melltömeg eléréséhez 4,8 g/kg emészthető treoninra volt szüksége. Az ennél nagyobb treonintartalom már nem volt hatással a mell tömegére. A zsírosodásra hajlamos madarak esetében az abdominális zsír mennyisége – függetlenül a takarmánykeverékek treonintartalmától azonos volt. A takarmánykeverékek eltérő treonin tartalma a mellizom méretére sem volt szignifikáns hatással. Ezen adatok azt jelzik, hogy a takarmánykeverékek treonintartalmának a vágott áru minőségére kifejtett hatása attól függően változhat, hogy a madarak milyen genetikai tulajdonságokkal rendelkeznek.

Ismert, hogy a **triptofán** ugyancsak esszenciális aminosav a baromfifélék számára, amely sokféle metabolikus folyamatban vesz részt. Ez az aminosav a legkisebb mennyiségben található a szervezetben, de meghatározó szerepe van a fehérjeszintézis folyamataiban (Rose és mtsai., 2001b). Determinálja továbbá a madarak viselkedését is, mert a szerotonin szintézise ugyancsak triptofánból történik, triptofán-hidroxidáz majd az aromás-aminosav-dekarboxiláz enzim segítségével (Shea és mtsai, 1991; Huether és mtsai., 1992; Mench és Shea, 1995). A szerotonin negatív hatással van

a madarak takarmányfelvételére (Lacy és mtsai., 1982). A triptofán nagy koncentrációban megtalálható a membrán proteinekben (Schiffer és mtsai., 1992), ami azért fontos mivel a triptofán a niacin prekuzora (Baker és mtsai., 1973). A szervezetben a niacinnak mintegy 50%-a szintetizálódik triptofánból. Hatvan mg triptofánból kb. 1 mg niacin képződik. Ezt az értéket nevezik niacin-ekvivalensnek (Corzo és mtsai., 2005). A triptofán továbbá hatással van a lipid szintre is (Akiba és mtsai, 1988; Rogers és Pesti 1990). A fentiek okán a brojlercsirkék triptofán szükségletének ismerete fontos kérdés, ismerve ezen aminosav fiziológiai jelentőségét. Az erre irányuló vizsgálatok azonban gyakran ellentmondanak egymásnak (Wilkening és mtsai., 1947; Klain és mtsai., 1960; Oh és mtsai, 1972; Freeman, 1979; Smith és Waldroup, 1988; Rosa és mtsai., 2001b; Corzo és mtsai, 2005). Így pl. West és mtsai. (1952) régebbi kutatásaikban arra a megállapításra jutottak, hogy a brojlercsirkék ideális triptofán szükséglete 1,9 g/kg, ezzel szemben Hewit és Lewis (1972) 1,7 g/kg-ot tartottak ideális triptofán szintnek a brojlerek takarmányában. A kutatási eredmények összességében azonban arra hívják fel a figyelmet, hogy a metionin a lizin, valamint a treonin után a triptofán a brojlercsirkék takarmányozása esetén a negyedik limitáló aminosav a kukorica és szójadara alapú takarmányok esetén (Rogers és Pesti, 1990; Dozier és mtsai., 2000; Rosa és mtsai., 2001b).

A szelekciós munka hatékonysága nagy mértékben fejlődött az elmúlt évtizedben a brojlercsirkék esetében is. Magyarországon forgalmazott hibridek közül a Ross308 és Cobb500 brojlerek terjedtek el. A Ross308 brojler kakashok esetében 35 napos korban a végsúly 2007 és 2014 között 5,1%-os növekedést mutatott, miközben a fajlagos takarmány-

értékesítés 0,03 kg/kg-os javulását regisztrálták (Aviagen, 2014). A teljesítmény további javulása volt megfigyelhető 2014 és 2022 között, amely a végsúly tekintetében újabb 6,9%-os növekedést, valamint a fajlagos takarmány-értékesítésben 0,15 kg/kg-os javulást eredményezett 35 napos korban (Aviagen, 2022a). Hasonló fejlődés tapasztalható a Cobb500-as genotípus esetében is. Ebből következően a kutatókat is intenzíven foglalkoztatja a különböző genotípusok és ivarok táplálóanyag és így triptofán szükséglete (Siegel és mtsai., 1984; Ajang és mtsai., 1993; Pesti és mtsai., 1994; Smith és Waldroup, 1988). Az erre vonatkozó releváns kutatási eredményekben azonban több ellentmondó adat is található. Freeman (1979) eredménye szerint pl. az ideális triptofán szint a hímivarú és nőivarú brojlercsirkéknek 1-7. napos kor között 2,4 g/kg és 2,2 g/kg. Ennél valamivel kisebb érték található az NRC 1994-es kiadványában: amely 0-3 hetes kor között 2,0 g/kg volt. Ennél még alacsonyabb szintet deklarált Smith és Waldroup (1988), de már csak megbecsülni tudták a madarak triptofán szükségletét 1-20. napos kor közötti intervallumban. Eredményeik szerint ebben a korban a brojlercsirkék triptofán szükséglete nagyobb, mint 1,6 g/kg. Rosa és mtsai (2001b) kutatásaikban a különböző genotípusokat illetve az ivarhatást is értékelték a triptofán igény meghatározásakor. Eredményeik szerint a lassabb növekedésű (Classic) és intenzív növekedésű (High Yield) Arbor Acres fajta esetében az ideális triptofán szint a kakasoknál és a jércéknél 1,8 g/kg és 1,7 g/kg-ban állapítható meg, 1-18. napos kor között. Ugyanakkor a Ross308 hibrid különböző ivarainál az ideális triptofán szükséglet egységesen 1,7 g/kg-ban deklarálták. A felsorolt irodalmi adatok arra hívják fel a figyelmet, hogy a triptofán az anyagcserében betöltött fontos szerepe

miatt létfontosságú a brojlercsirkék takarmányában. Megállapítható továbbá az is, hogy a takarmány összetételétől függően a harmadik vagy a negyedik limitáló aminosavnak tekintendő. A rendelkezésre álló adatok meglehetősen ellentmondásosak, így a triptofán szükséglet megállapítása további pontosításra szorul, amelyet a madarak teljesítményének növekedése is indokoltá tesz.

Tekintettel arra, hogy a lizin a metionin, a treonin és a triptofán mellett a közeljövőben a valin várhatóan nagyobb szerephez fog jutni a gazdasági haszonállatok többségének a takarmányozásában – így a brojler a takarmányozásában is - a valinnal kapcsolatos ismereteket részletesebben – külön fejezetben - mutatom be, tekintettel arra, hogy ezt az aminosavat a takarmányipar is nagyobb mértékben fogja használni. Racionális használatához pedig objektív ismeretekre van szükség. Ebből adódóan disszertációm keretében ilyen vizsgálatokat végeztem, ezzel is támogatva a brojlerelőállítás hatékonyságának növeléséhez szükséges ismeretek körét.

## **2.5 A valin takarmányozási jelentősége**

A gazdaságos brojlercsirke hizlalás egyik előfeltétele az ideális aminosav összetételre optimalizált takarmánykeverékek etetése. A takarmányipar a takarmánykeverékek aminosavtartalmának optimalizálására széleskörben négy ipari úton előállított aminosavat (L-lizin-HCl, DL-metionin, L-treonin, L-triptofán) használ. Néhány kutatási eredmény azonban arra hívja fel a figyelmet, hogy a brojlercsirkék kukorica-szójadara alapú takarmányában a valin lehet a potenciális negyedik/ötödik limitáló aminosav, így kellő számú pozitív kísérleti eredmény esetén a valin általános használata is

prognosztizálható (Han és mtsai., 1992; Fernandez és mtsai., 1994). A főbb takarmány komponensek folyamatos drágulásával egyidejűleg a szakemberek figyelme az úgynevezett „least-cost” takarmány összeállítás felé fordult (Burnham és Gous, 1992; Kidd és mtsai., 2004a; Corzo és mtsai., 2008). Ennek része az aminosavak optimális szintjének beállítása, amelynek révén fehérje csökkentés érhető el, mérsékelve ezzel a környezet nitrogén terhelését is. Tekintettel arra, hogy az eddigi szakirodalmi adatok alapján a brojlerek esetében a valin tekintendő a negyedik/ötödik limitáló aminosavnak, szükségesnek látszik további olyan kísérletek beállítása, amelyek eredményei hozzájárulnak a nagy teljesítményre képes madarak valin szükségletének pontosításához és ezáltal lehetővé teszik a madarak potenciális növekedési erélyének optimális kihasználását.

A következő fejezetekben az eddig rendelkezésre álló fontosabb hazai és nemzetközi irodalmi adatok alapján a brojlercsirkék valin szükségletét, továbbá az alkalmazott valin szintek hatását mutatom be a madarak teljesítménymutatóira és gazdaságossági eredményeire termelési szakaszonként.

### **2.5.1 A valin jelentősége a brojlercsirkék takarmányozásában 1-21. napos kor között**

Az első tudományos közlemények a takarmányok valintartalmának hatásáról a húscsirkék vonatkozásában több évtizeddel ezelőtt jelentek meg (Bhargava és mtsai., 1970; Farran és Thomas., 1990). Az első vizsgálatokban, a 1970-es évek elején azonban nem csak takarmányozási, hanem állategészségügyi szempontból is vizsgálták a valin kiegészítés jelentőségét. Bhargava és mtsai. (1970) arra voltak

kíváncsiak, hogy a valin és metionin (L- és D-izomer) kiegészítésnek milyen hatása van a napos állatok antitest termelésére abban az esetben, ha a madarakat a 4. napon megfertőzték élő vagy formalinnal előlt B1-es Newcastle vírussal. A kisebb valin szintnél (5,0 g/kg) alacsony, nagyobb valin szintnél (15 g/kg) magas antitest titerértéket mértek, mind az élő, mind pedig az előlt vakcina esetében. A takarmány valintartalmának növelése, pozitívan hatott a takarmányértékesítésre és az antitestképzésre is. Összességében, a kutatók arra a megállapításra jutottak, hogy a különböző szintű metionin és valin kiegészítés hatása megjelenik az ellenanyagtermelésben is.

Egy másik kísérletben Farran és Thomas (1990) Ross×Arbor Acres kakasokkal végeztek vizsgálatot 3. hetes életkorig. Hét napos korig valin és izoleucin hiányos takarmányt kaptak az állatok. A kísérleti takarmányokban különböző leucin-izoleucin-valin szinteket állítottak be (lásd. 2. táblázat). A szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy ha folyamatosan növelik a valin szintet, akkor ennek pozitív hatása van az élősúlyra és egyben javul a takarmányértékesítés is.

**3. táblázat: A kísérlet során alkalmazott aminosav szintek (Farran Thomas, 1990 alapján)**

VIZSGÁLATOK	AMINOSAVAK	AMINOSAV SZINTEK				
Vizsgálat I.	Leucin, g/kg	10,0	10,8	12,0	13,2	14,0
	Izoleucin, g/kg	5,1	5,9	7,1	8,3	9,1
	<b>Valin, g/kg</b>	<b>6,3</b>	<b>7,2</b>	<b>8,3</b>	<b>9,5</b>	<b>10,3</b>
Vizsgálat II.	Leucin, g/kg	11,2	12,0	13,2	14,4	15,2
	Izoleucin, g/kg	6,1	6,7	7,6	8,5	9,1
	<b>Valin, g/kg</b>	<b>7,5</b>	<b>7,9</b>	<b>8,5</b>	<b>9,1</b>	<b>9,5</b>

A fentebb említett szerzőknél alacsonyabb valin szinteket vizsgáltak Baker és mtsai. (1996) és azt tapasztalták, hogy a súlygyarapodás és a fehérjebeépülés lineárisan nő a valin szintek emelésével. Eredményeik szerint a brojlercsirkék takarmányában 10-20. életnapos kor között 55% és 70% az ideális valin arány a lizinhez viszonyítva.

Más vizsgálataikban - három kísérletben - Farran és Thomas (1992) azt értékelték, hogy a brojlercsirkék aminosav ellátásának (köztük a valin kiegészítésnek) milyen hatása van a természetes termelési mutatókra és egyéb élettani paraméterekre. Az első kísérletben tanulmányozták a három elágazó láncú aminosavban hiányos takarmány (egy vagy több aminosav esetében egyszerre) teljesítményre gyakorolt hatásait 3 hetes brojlerkakasoknál. Az aminosav szintek a következőképpen alakultak: leucin: 9,6 g/kg és 14,6 g/kg, izoleucin: 5,2 g/kg és 8,2 g/kg, valin: 6,5 és 9,5 g/kg. A 3 aminosav előbb említett kisebb értékei esetén 344 g-os élősúlyt és 1,59 kg/kg-os fajlagos takarmányértékesítést mértek. Az említett természetes teljesítménymutatók nem javultak, amikor az aminosav szinteket a nagyobb értékekre emelték. A legkedvezőbb eredményeket (435 g-os élősúly és 1,41 kg/kg-os takarmányértékesítés) a legnagyobb aminosav szintek kombinációi esetében regisztrálták. A hiányos valin és túlzott izoleucin- illetve leucin esetében toll- és lábrendellenességeket tapasztaltak. Az első kísérlet adatai alapján a második kísérletben a valin hiány toll-fehérje, toll-aminosav, illetve a csont kalcium szintjére gyakorolt hatását vizsgálták. Három kezelést alakítottak ki. Elágazó szénláncú aminosav hiányos takarmány (9,6 g/kg leucin, 5,2 g/kg izoleucin, 6,3 g/kg valin), valin hiányos takarmány (13,7 g/kg leucin, 8,2 g/kg izoleucin, 6,3 g/kg valin) és valinnal kiegészített takarmány (13,7 g/kg leucin, 8,2 g/kg izoleucin, 8,3 g/kg

valin). Megállapították, hogy a valin hiány jelentősen rontotta a madarak takarmányértékesítését (1,69 kg/kg), csökkentette az élősúlyt (243 g) a csont kalciumtartalmát (134 mg/g szárazcsont). A valin hiány továbbá mérsékelte a toll ciszteintartalmát, viszont fokozta az aszparaginsav, glutaminsav, metionin, tirozin, hisztidin és lizin szintjét. Az eredmények alapján arra lehetett következtetni, hogy a valin hiány hatása hátrányosabb volt, mint a csökkentett leucin, izoleucin és valin együttesen. Mivel Farran és Thomas (1992) több kísérletben is arra a következtetésre jutottak, hogy a takarmányok valin hiánya negatív hatással lehet a madarak teljesítményére és a csontok fejlődésére, ezért még ebben az évben (1992-ben) újra beállítottak egy harmadik kísérletet, amelyben azt tanulmányozták, hogy a takarmányok valintartalmának a csökkentése milyen hatással van a brojlercsirkék lábdeformációjára. A kísérleti takarmányok aminosav szintjei megegyeztek az előző kísérletben (2. kísérlet) alkalmazott értékekkel. Eredményeik szerint a valin kiegészítésben részesült madarak súlygyarapodása meghaladta a többi csoportét. A másik két csoport esetében a súlygyarapodásban nem volt különbség a kezelések között. A valin hiány esetében tollasodási rendelleniséget és lábdeformációt tapasztaltak. A második kísérlethez hasonlóan a valin hiányos takarmány esetében mérték a legalacsonyabb csont hamu- és kalciumtartalmat. A vérplazma elágazó láncú aminosav szintje szorosan korrelált a takarmányok aminosav szintjeivel. A legkisebb plazma hidroxiprolin szintet a valin hiányos takarmány esetében mérték, ami csökkenést okozhatott a csontok kollagén tartalmának lebontásában. Valin hiány mellett háromszor nagyobb Ca kiválasztást mértek, mint valin kiegészítés esetén, illetve a Ca vizelettel való

kiválasztása növekedett, ami arra enged következtetni, hogy a valin hiány a hústípusú szülőpárok tojáshéj képződési zavarát is előidézheti, továbbá abnormális csontnövekedést is tapasztaltak.

Több kísérletben, melyekben a brojlerek elágazó szénláncú aminosav szükségletét tanulmányozták, a treonin szerepét is kiemelték, de egységesen hangsúlyozták, hogy a TSAA (Total Sulphur Amino Acid, összes kéntartalmú aminosav), a lizin, a metionin és a treonin után a valin lehet a negyedik limitáló aminosav olyan kukorica-szójadara alapú diéták esetében, amelyek állati eredetű mellékterméket nem tartalmaznak (Kidd és mtsai., 1999; Kidd és mtsai., 2004c)

Az is megállapításra került, hogy az állati eredetű melléktermékek használata esetén ugyanakkor az izoleucin lehet a negyedik limitáló aminosav a valinnal együtt. Fontos megemlíteni, hogy ez olyan országokban okozhat problémát, ahol az állati eredetű melléktermékek használata megengedett.

Újabb keletű vizsgálatainkban Kidd és mtsai. (2015) az ideális valin/lizin arányt értékelték a brojlertakarmányokban úgy, hogy összehasonlították az eredményeiket Dridi és mtsai. (Kidd és mtsai., 2015, cit. Dridi és mtsai.) kutatásaival. A két kísérletben egységesen Cobb500-as nőivarú egyedekkel dolgoztak. Dridi és mtsai. (Kidd és mtsai., 2015) kísérletükben a következő emészthető valin/lizin arányt állították be 14-28. nap között: 64, 67, 70, 73, 76, 79 és 82. Ezzel szemben Kidd és mtsai. (2015) kísérletükben 14-28. napos kor között a következő valin+izoleucin/lizin arányt alkalmazták 63, 66, 69, 72, 77. Eredményeik szerint az emészthető valin és izoleucin, lizinhez viszonyított 77 és 69-es aránya 14-28. nap között növelte a madarak súlygyarapodását. A takarmányfelvételt és a takarmányértékesítést a

valin+izoleucin/lizin arányok nem befolyásolták. Ezzel ellentétben Dridi és mtsai (Kidd és mtsai., 2015) nem állapítottak meg szignifikáns különbséget az egyes kezelések között.

Egyes kutatási eredmények arról is beszámolnak, hogy nemcsak az állati melléktermékkel kiegészített takarmányok esetén, de kukorica és szójadara alapú takarmányoknál is a valin és izoleucin a következő limitáló aminosav a metionin, lizin és treonin után (Berres és mtsai., 2010b), így Berres és mtsai. (2010b) kísérletükben tanulmányozták a növekvő valin és leucin/lizin arányát a 14. és 35. életnap között. 1755, Cobb500-as brojlerkakat etettek kukorica és szójadara alapú takarmányokkal, melyek 11,0 g/kg emészthető lizint tartalmaztak. Az alaptakarmányt alacsony izoleucin/lizin arány (65%) mellett fehérje korlátozás és szintetikus aminosav felhasználása nélkül állították össze. A kísérleti takarmányoknál szintetikus lizint, metionint illetve treonint használtak. A metionin+cisztin és treonin/lizin 75% és 65% arányok mellett, a takarmányok valinban szegények voltak (valin/lizin arány 70%). Fokozatosan növekvő valin és izoleucin kiegészítést alkalmaztak, hogy a következő kezelési arányokat elérjék: 75 és 65%, 80 és 65%, 70 és 68%, 70 és 71%, 75 és 68%, 80 és 71% (valin/izoleucin arányok) minden fázis esetében. A szerzők az indító fázisban (14-21. nap) találtak szignifikáns különbséget a madarak vizsgált teljesítménymutatóiban. Az alaptakarmányt fogyasztó madarak takarmányfelvétele csökkent, míg a súlygyarapodás és a fajlagos takarmány-értékesítés javult, amikor a valin és izoleucin/lizin arány növekedett.

Hasonló metodikával két kísérletet állítottak be Tavernari és mtsai. (2013). A kísérletek során használt genotípus és ivar, Cobb500 kakas

volt. Az első kísérletben a különböző takarmányok valin/lizin arányát (69-72-75-77-81-84) vizsgálták a madaraknál 8-21. napos kor között. A kontroll takarmány 11,5 g/kg lizint tartalmazott. Az első kísérleti szakasz eredményei szerint az indító fázisban a valin arány növelésével javult a súlygyarapodás és a takarmányértékesítés, azonban a takarmányfelvétel nem változott, ami azt jelzi, hogy a valintartalomnak elsősorban a takarmányértékesítésre van szignifikáns hatása. A legkedvezőbb valin/lizin arány az indító fázisban 77% volt.

Egy másik kutatásban Corzo és mtsai. (2009) ugyancsak a valin és az izoleucin hatását vizsgálták Ross708 kakasokon, 1-21. napos életkor között. A kísérletben a negatív kontroll takarmány valin és izoleucintartalmát fokozatosan emelték. Amennyiben a negatív kontrollhoz 1,5 g/kg valint adtak akkor a takarmányreceptúra valintartalma megegyezett a pozitív kontrolléval, de hasonló volt a 1,5 g/kg izoleucin kiegészítés esetében is. Ezen kívül kialakítottak egy kísérleti takarmányt, amelyben 0,75 g/kg valint és 0,75 g/kg izoleucint adtak a negatív kontrollhoz. A kísérlet során azt tapasztalták, hogy ha csak egymagában az izoleucint vagy a valint emelték, akkor nem javultak a vizsgált teljesítménymutatók, azonban a kettő együttes növelésekor már egyértelműen kedvező hatást tapasztaltak a negatív kontroll kezelés egyedeihez képest. A takarmányhasznosítás is javult, de szintén csak abban az esetben, ha a két aminosavat együttesen emelték. Ezzel ellentétben, a takarmányfelvételben és az elhullásban nem tapasztaltak összefüggéseket a vizsgált kezelések hatására.

Corzo és mtsai. (2008) szintén a takarmány valintartalmának a hatását vizsgálták, de már Ross308 kakasoknál, és a vizsgálati időpontokat is kibővítették 1-14., 14-28. és 28-42. napos korra. Indító fázisban az

alaptakarmány valintartalma 7,5 g/kg-volt és ezt a szintet emelték 11,5 g/kg-ra, kezelésként 0,8 g/kg-ént növelve. A kísérlet eredményei szerint a legjobb eredményeket indító fázisban 10 g/kg összes valin szint elérésével érték el, ami 9,1 g/kg emészthető valin szintnek felel meg. Bae és mtsai. (1999) hasonló kísérletet állítottak be 7-24. napos kor között, 5 növekvő valin szint mellett. Arra a megállapításra jutottak, hogy a valin igény 7,6 g/kg és 7,7 g/kg valin szintek mellett biztosítható. Ehhez hasonló eredményre jutott Rodehutsord és Fatufe (2005) is. A kutatók 2-3 hetes brojlersírkékkal végzett kísérletükben kezeléseknél 10 összes valin szintet határoztak meg, 5,6 g/kg és 15,6 g/kg között. Lineáris növekedést tapasztaltak a madarak növekedésében és a fehérjebeépülésben a valin szintek emelkedésével. Összességében, arra a megállapításra jutottak, hogy 8,1 g/kg valinra van szüksége az állatoknak 14-21. napos kor között. Ennek ellentmondanak Corzo és mtsainak. (2008) vizsgálati eredményei, akik 1-14. napos kor között 10 g/kg-ban adták meg a takarmány összes valintartalmát, de még nevelő fázisban (14-28. napos kor között) is lényegesen magasabb (9,5 g/kg) valin szintet ajánlottak.

Megállapításra került az is, hogy még a szükségleti szintek elérésére használt ipari, kristályos aminosav kiegészítés mellett is olykor az alacsonyabb fehérjetartalmú tápok etetése visszafogottabb teljesítményt eredményezhet. Ennek a negatív hatásnak az oka még nem pontosan tisztázott, de lehetséges, hogy egy bizonyos fehérje szint alatt a nem esszenciális aminosavak válnak limitálóvá. Ezt vizsgálták kísérletükben Berres és mtsai. (2010a). A kutatás tárgya, a csökkentett fehérjetartalmú takarmányok valin, izoleucin, glicin és glutamin egyedi vagy kombinált kiegészítésének tanulmányozása volt. A 42 napos

etelési kísérletet 2016 db Ross308-as brojlerrel végezték el, 8 kezelés és 9 ismétlés (28 madár/ketrec) mellett. A kontroll takarmányt fehérjetartalom csökkentés nélkül és 155% vagy 158%-os glicin és szerin/lizin arány mellett állították össze. A kísérleti kezeléseket a 4. táblázat tartalmazza.

**4. táblázat: A kísérlet során alkalmazott kezelések (Berres és mtsai., 2010a alapján)**

	K E Z E L É S E K							
	A	B	C	D	E	F	G	H
L-Valin	-	+	+	+	+	+	+	+
L-Izoleucin	-	-	-	-	-	+	+	+
L-Glicin	-	-	+	-	+	-	+	+
L-Glutamin	-	-	-	+	+	-	-	+

A kísérleti takarmányok nyersfehérjetartalma 1-7. napos kor között 237-262 g/kg között, a következő fázisban 8-21. napos kor között 207,4-226,6 g/kg volt. A glicin és glutamin kiegészítés növelte az élősúlyt és javította a fajlagos takarmány-felhasználást. A glicinnek tulajdonított jótékony hatások leginkább a növekedés korai fázisában voltak tapasztalhatóak. Az eredmények szerint a madarak a maximális teljesítmény optimumát 1-7. napos kor között 10,9 g/kg-os összes valin és 63,6 g/kg összes glutaminsav mellett érték el. Ebben az időszakban nőtt a madarak súlygyarapodása és csökkent a takarmányértékesítése. Az 1-3 hét összesített teljesítmény adatai szerint a legoptimálisabb aminosav szint a 9,4 g/kg összes valin és 8,5 g/kg összes izoleucin, mert ezeknél a beállított aminosav szinteknél szignifikánsan javult a madarak takarmányértékesítése.

Szükséges megjegyezni, hogy a rendelkezésre álló szakirodalmi adatok elsődlegesen a valin kiegészítésnek a madarak teljesítményére kifejtett hatásával foglalkoznak. Az aminosavak emészthetőségére vonatkozóan viszonylag szerény számú adat áll csak rendelkezésre. Ezen vizsgálatok többnyire a brojlertakarmányozásban használatos főbb takarmány komponensek aminosav emészthetőségére terjedtek ki (Bragg és mtsai. 1969; Huang és mtsai. 2006; Huang és mtsai. 2007; Adedokun és mtsai. 2007; Szczurek, 2010; Bandegan és mtsai. 2011; Zafar és mtsai. 2016; Hemetsberger és mtsai. 2021). Teljesértékű takarmánykeverékek vonatkozásában még kevesebb szakirodalmi forrás lelhető fel. Ezen közlemények azonban alapot szolgáltatnak saját vizsgálati eredményeink interpretálásához is (Kluth és Rotehutsord, 2006; Greenhalgh és mtsai., 2022).

A valin kiegészítéssel a 0-21 napos kor között végzett brojlercsirke kísérletek áttekintő eredményeit az 5. és 6. *táblázatban* foglaltam össze.

## 5. táblázat: A valin hatása a brojlersirkék teljesítményére 1-21. napos kor között (áttekintő összegzés-1)

SZERZŐ	GENOTÍPUS, IVAR	NEVELÉSI IDŐSZAK	VALIN SZINT	HATÁS
<i>Bhargava és mtsai. (1970)</i>	Hampshire (kakas) és Single Comb White Leghorn jérce	1-18.	5,0 g/kg és 15 g/kg (össz)	5,0 g/kg: antitest titer ↓, 15,0 g/kg: antitest titer ↑ és Takért. ↓
<i>Farran és Thomas (1990)</i>	Ross×Arbor Acres (kakas)	1-21.	8,8 g/kg és 9,0 g/kg (össz)	testsúly ↑ (8,0 g/kg) és Takért. ↓ (9,0 g/kg)
<i>Farran és Thomas (1992)</i>	Ross×Arbor Acres (kakas)	1-21.	8,8 g/kg össz valin és 9,0 g/kg (össz)	testsúly ↑ és Takért. ↓
<i>Farran és Thomas (1992)</i>	Ross×Arbor Acres (kakas)	1-21.	9,5 g/kg (össz)	súlygyarapodás ↓ és Takért. ↑
<i>Farran és Thomas (1992)</i>	Ross×Arbor Acres (kakas)	1-21.	8,3 g/kg (össz)	súlygyarapodás ↑ (8,3 g/kg) alatta (6,3 g/kg) hidroxiprolin ↓ vese Ca kiválasztás ↑
<i>Baker és mtsai. (1996)</i>	n.a.	10-20.	55% Val/Liz (össz)	súlygyarapodás ↑ és valin beépülés ↑
<i>Bae és mtsai. (1999)</i>	Arbor Acres (kakas)	7-24.	7,6 g/kg és 7,7 g/kg (össz)	súlygyarapodás ↑
<i>Corzo és mtsai. (2008)</i>	Ross308 (kakas)	1-14.	10,0 g/kg össz valin és 9,1 g/kg (emészthető)	súlygyarapodás ↑ és Takért. ↓ takarmányfelvétel ↓

Jelmagyarázat: = változatlan, ↓ csökkent, ↑ nőtt; Takért.= fajlagos takarmányértékesítés (kg/kg)

**6. táblázat: A valin hatása a brojlersirkék teljesítményére 1-21. napos kor között (áttekintő összegzés-2)**

SZERZŐ	GENOTÍPUS, IVAR	NEVELÉSI IDŐSZAK	VALIN SZINT	HATÁS
<i>Rodehutsord és Fatufe (2005)</i>	Ross308 (kakas)	14-21.	8,1 g/kg (össz)	súlygyarapodás ↑ és Takért. ↓ testfehérje ↑
<i>Corzo és mtsai. (2009)</i>	Ross708 (kakas)ú	1-21.	1,5 kg/t valin a takarmányban (és/vagy 1,5 kg/t Ile)	súlygyarapodás (önmagában nem csak Ile-val) ↑, Takért. (önmagában nem csak Ile-val) ↓, csak valin: vérglükóz ↑, össz fehérje ↑, valin ↑, Ile ↓
<i>Berres és mtsai. (2010a)</i>	Cobb500 (kakas)	14-21.	75% Val és 68% Ile /Liz (emészthető)	takarmányfelvétel =, súlygyarapodás ↑, Takért. ↓
<i>Berres és mtsai. (2010b)</i>	Ross308 (kakas)	1-21.	0-7 napos kor között 10,9 g/kg Val+ 63,6 g/kg Glu (össz) és 0-21 napos kor között 9,4 g/kg Val+8,5 g/kg Ile (össz)	0-7 napos kor között súlygyarapodás ↑, Takért. ↓
<i>Tavernari és mtsai. (2013)</i>	Cobb500 (kakas)	1-21	77% Val/Liz (emészthető)	élősúly =, Takért. ↓,
<i>Kidd és mtsai. (2015)</i>	Cobb500 (jérce)	14-28.	77% és 69 % (Val/Liz és Ile/Liz) (emészthető)	súlygyarapodás ↑
<i>Kidd és mtsai. (2015) (cit. Dridi és mtsai.)</i>	Cobb500 (jérce)	14-28.	64, 67, 70, 73, 76, 79 és 82% Val/Liz (össz)	vizsgált paraméterek (=)

Jelmagyarázat: = változatlan, ↓ csökkent, ↑ nőtt; Takért. = fajlagos takarmányértékesítés (kg/kg)

## **2.5.2 A valin jelentősége a brojlercsirkék takarmányozásában 21-42. napos kor között**

Egy korábbi vizsgálatban Mendonca és mtsai. (1989b) két kísérletet állítottak be egymást követően. Az első kísérlet vizsgálati szakasza 21-42. napos életkor között volt. A kísérleti brojlercsirke takarmányreceptúrák kukorica-szójadara alapúak voltak. A takarmányok nyersfehérjetartalma 200 g/kg és 160 g/kg volt, amelyet 1,0 g/kg vagy 2,0 g/kg valinnal egészítettek ki. A második kísérletben a kontroll takarmány szintén 200 g/kg nyersfehérjetartalmú volt, és szintén beállítottak egy 160 g/kg nyersfehérjét tartalmazó kísérleti takarmányt is, amelyet 2,0 g/kg valinnal és izoleucinnal egészítettek ki, vagy (egy másik kezelési csoportnál) kihagyták ezeket az aminosav kiegészítéseket. A kísérlet eredményei szerint az első kísérletben a valin kiegészítésnek nem volt szignifikáns hatása a brojlerek teljesítményére, de a 2,0 g/kg valin kiegészítés növelte a madarak abdominális zsírjának mennyiségét. A második kísérlet eredményei szerint a 2,0 g/kg valin kiegészítés szintén nem volt hatással a madarak súlygyarapodására, de szignifikánsan növelte azok takarmányfogyasztását. Ennél a kísérletnél a valin kiegészítés hatására az abdominális zsír mennyisége nem nőtt. Fontos kiemelni, hogy az izoleucin hiány szignifikánsan csökkentette a húscsirkék élősúlyát és megnövelte a takarmányfogyasztást és a hasúri zsír mennyiségét is.

A valin szükséglet megállapítása nem csak a brojlercsirke nevelés első időszakában fontos, hanem a nevelés teljes időszakában is kiemelt jelentőséggel bír. Ezt vizsgálták Berres és mtsai. (2010a) akik nemcsak a nevelés első szakaszában (14-21. nap) fókuszáltak a valin szükséglet megállapítására, hanem 21-28. és 28-35. napos kor között is. A kísérleti metodika megegyezett az indító szakaszéval, ahol fokozatosan növekvő

valin és izoleucin kiegészítést alkalmaztak: 75 és 65%, 80 és 65%, 70 és 68%, 70 és 71%, 75 és 68%, 80 és 71% valin és izoleucin arányok mellett. Az eredmények szerint az alkalmazott aminosav arányok nem voltak szignifikáns hatással a takarmányfelvételre, továbbá a testsúlyra és a takarmányértékesítésre sem.

Tavernari és mtsai. (2013) a következő valin/lizin arányokat alkalmazták az állatok nevelő-befejező szakaszaiban: 70-73-76-79-82-85%. A kontroll takarmány 10,1 g/kg lizint tartalmazott. A második kísérleti szakasz eredményei szerint a 73% valin/lizin aránynál szignifikánsan csökkent a madarak élősúlya és takarmányértékesítése. A további valin/lizin arány emelés már nem okozott depresszív hatást a madarak teljesítményére. A szerzők vizsgálták a vágási kihozatalt is, azonban a különböző valin/lizin arány szintén nem volt hatással a madarak vágási kihozatalára. Az eredmények szerint az ideális valin/lizin arány 30-42. napos kor között 76%. Hasonló eredményeket közöltek Agostini és munkatársai (2015), akik a Cobb500 brojlercsirkék esetében az ideális valin/lizin arányt vizsgálták a 12–28. napos kor közötti időszakban. Vizsgálatuk során a kontrolltakarmány 11,0 g/kg lizint tartalmazott, 176 g/kg nyersfehérje mellett. Eredményeik alapján a növekedés szempontjából az optimális valin/lizin arány 0,73, míg a takarmány-értékesítés vonatkozásában 0,75 volt. A szerzők vizsgálták a vágási kihozatalt is, azonban megállapították, hogy a különböző valin/lizin arányok hasonlóan az előző publikációhoz ismételen nem volt hatással a madarak vágási kihozatalára. Ez az arány közel azonos Berres és mtsai. (2010a) adataival, akik 21-42. napos kor között 75%-os ideális valin/lizin arányt javasoltak. Ezzel ellentétben Etienne Corrent (2009) 21-42. életnap között arra a megállapításra jutott, hogy legkedvezőbb súlygyarapodás, mellkihozatal és

takarmányhasznosítás eléréséhez a legoptimálisabb a 81% valin/lizin arány biztosítása. Ez valamivel nagyobb Tavernari és mtsai. (2013) (77%) és Berres és mtsai. (2010a) (75%) eredményénél.

A takarmánykeverékekben használt fehérjeforrások egyre nagyobb mértékű drágulása miatt, a nevelés teljes időszakára nézve kiemelt jelentőséggel bír a fehérje csökkentésének a lehetősége, amelyet a minél pontosabb aminosav ellátással lehet csak megoldani. Ezért Berres és mtsai (2010b), az indító (1-7. és 7-21. nap) fázisnál bemutatott vizsgálati metodikával értékelték a különféle valin és egyéb aminosav (izoleucin, glicin és glutamin) kiegészítés hatását a madarak teljesítményére csökkentett fehérjetartalmú takarmányok etetése mellett. A kísérleti takarmányok nyersfehérjetartalma 22-35. napos kor között 195,7-217,5 g/kg, míg 36-42. napos kor között pedig 186,6-202,4 g/kg volt. A glutaminsav kiegészítésben részesült brojlerek az egész kísérlet alatt kedvezőbb növekedési paramétereket mutattak a többi csoport egyedeihez képest. A hozzáadott izoleucin, glutamin és glicin növelte a mellhús kihozatalt azokhoz a kísérleti csoportokhoz viszonyítva, ahol csak valin volt biztosítva. Az izoleucin kiegészítés szintén növelte a mellhús mennyiségét. Csökkentett fehérjetartalmú takarmány glicin és glutaminsav kiegészítésével jó növekedést és mellhús mennyiséget érhetnek el, ami a nem esszenciális aminosav szintézishez nélkülözhetetlen nitrogén (N) megfelelő mennyiségben való jelenlétét jelzi. E kísérlet kapcsán azonban érdemes megjegyezni, hogy ilyen fehérjetartalmú takarmányoknál tényleges fehérje hiányról nem beszélhetünk, hiszen a ma piacon elérhető konvencionális brojler keveréktakarmányok még ennél is kisebb fehérjetartalommal kerülnek forgalomba.

Taherkhani és mtsai. (2008) kutatásaikban 400 darab, Ross308 vegyes ivarú állományt állítottak be és azt értékelték, hogy a különböző aminosav ajánlások alapján összeállított takarmányok etetésének milyen hatása van a madarak teljesítményére és vágási kihozatalára, 21-42. napos kor között. A vizsgált ajánlások a az IICP (Illinois Ideal Chick Protein, 1994) az NRC (1994), a RPAN (Rhone Poulenc Animal Nutrition, 1993) és a FeedStuff (1999) voltak. Az aminosav ajánlások összesített értékszámait a 7. táblázatban láthatók.

**7. táblázat: Különféle aminosavarány ajánlások (Taherkhani és mtsai., 2008 nyomán)**

AMINOSAVAK	F O R R Á S			
	RPAN (1993)	IICP (1994)	NRC (1994)	FEEDSTUFF (1999)
Lizin	100	100	100	100
Metionin+Cisztin	81	75	72	80
Metionin	48	37	38	46
Treonin	67	62	74	62
Valin	85	80	82	89
Arginin	108	108	110	110
Triptofán	19	17	18	18
Izoleucin	75	69	73	75
Leucin	144	109	109	116
Hisztidin	35	35	32	32
Fenilalanin+Tirozin	105	105	122	128

Minden kísérletben szereplő takarmányt izokalorikusan állítottak össze, amelyek egységesen 3200 kcal/kg (~13,40 MJ/kg) metabolizálható

energiát ( $AME_n/kg$ ), illetve 162,5 g/kg nyersfehérjét tartalmaztak. Eredményeik szerint az IICP, NRC és a Feedstuff aminosav arány ajánlásai között nem volt szignifikáns különbség a brojlerkakasok és jércék takarmányfelvételére, és élősúlyára. A RPAN kísérleti csoport egyedei ivartól függetlenül szignifikánsan rosszabb eredményt értek el a többi csoporthoz képest, amely magyarázható pl. a tág leucin/lizin aránnyal. Összességében megállapítható, hogy mivel az összes esszenciális aminosav esetében az IICP arányok alacsonyabbak, vagy közel hasonlóak az NRC által megadotthoz, így a maximális súlygyarapodás és legjobb takarmányértékesítés eléréséhez az IICP modell ideális aminosavarányai elegendőek. A mellhús kihozatal vizsgálatakor arra a következtetésre jutottak, hogy a Feedstuff aminosav arány ajánlásait használva a kakasok és jércék mellhús kihozatala szignifikánsan nagyobb lett az IICP, NRC és RPAN ajánlásaihoz képest. A kísérlet eredményei azt mutatják, habár az eltérő ivarú madaraknak eltérő a testösszetétele és ennek következtében az aminosav szükséglete is, a különböző ideális aminosav arányokra hasonlóképpen reagálnak.

Az előző kísérlet adatai bebizonyították, hogy nem csak az egyes valin ajánlások között lehetnek különbségek, de a kísérletek kiértékelésénél azt is figyelembe kell vennünk, hogy milyen statisztikai módszert használunk az adatok elemzésére. Erre végeztek vizsgálatot Duarte és mtsai. (2014), akik kísérletükben különböző regressziós modellekkel értékelték ki az adatokat. Az alkalmazott modellek: négyzetes, exponenciális és lineáris voltak. Egységesen 1920, Cobb500 kakast vontak be a kísérletükbe, és hat különböző emészthető valin szintet állítottak be (7,192 g/kg, 7,729 g/kg, 8,265 g/kg, 8,802 g/kg, 9,339 g/kg és 9,876 g/kg). Eredményeik szerint abban az esetben, ha az adatokat négyzetes modellel elemezték, úgy a legideálisabb emészthető valin szint 8,16 g/kg. Ha exponenciális modellt

használtak, akkor a legideálisabb 8,48 g/kg emészthető valin szint volt. A lineáris modell használatakor az eredmény 9,03 g/kg emészthető valin szint esetében volt a legkedvezőbb. Mindhárom esetben javult a takarmányértékesítés és a hizlalási végsúly is a vizsgált termelési időszak alatt (21-42. napos kor között).

Egy másik vizsgálatban Corzo és mtsai. (2007) Ross708-as madarakkal végeztek kísérletet a valin szükséglet megállapítására 21-42. napos kor között. Adataik szerint a valin kiegészítésnek szignifikáns hatása volt a madarak súlygyarapodására és az abdominális zsír mennyiségére. Arra a következtetésre jutottak, hogy minimum 7,4 g/kg emészthető valinszint (8,2 g/kg összes valin) kell a nagy teljesítményű brojlereknek 21-42. nap között. Ennél alacsonyabb valin szükségleti értéket állapítottak meg kísérletükben Thornton és mtsai. (2006), amelyet Ross508-as csirkékkel végeztek el 21-42. napos kor között. Három összes valin szintet vizsgáltak (6,4 g/kg; 7,2 g/kg és 8,4 g/kg) és arra a megállapításra jutottak, hogy a kísérlet során a madarak 7,2 g/kg takarmány valintartalom mellett tudták a genetikai teljesítőképességük maximumát nyújtani.

Corzo és mtsai. (2008) a már említett kísérletükben nem csak az indító fázis (1-14. nap) valin szükségleti értékét vizsgálták, hanem a szerzők értékelték a 14-28. és 28-42. nap közötti termelési időszakot is. Nevelő szakaszban 7,3 g/kg-ról emelték a takarmány valintartalmát 10,8 g/kg-ra, a lépték 0,7 g/kg volt. Befejező szakaszban az alaptakarmány valintartalma 6,4 g/kg volt és ezt a szintet emelték 9,9 g/kg-ra, a lépték szintén 0,7 g/kg volt. A kísérletben alkalmazott metodikát az előző fejezetben már ismertettük. Az eredmények szerint nevelő szakaszban az optimális érték 9,5 g/kg összes valin volt, ami 8,6 g/kg emészthető valin szintnek felel meg. Befejező fázisban az optimális összes valin szint 8,5 g/kg, amely 7,8 g/kg emészthető valin szinttel ekvivalens.

Corzo és mtsai. (2011) egy másik vizsgálatukban 1008, RossTP16-os kakast állítottak be. A kísérlet célja a befejező fázisban (28-42. napos kor között) etetett L-valin kiegészítés hatásának értékelése volt. A szerzők lineáris összefüggést találtak az L-valin adagolás és a súlygyarapodás között. Az L-valin emelésével csökkent a testsúly. A legkedvezőbb súlygyarapodás az 7,8 g/kg emészthető valin szintnél mutatkozott. Az elhullásra nem volt hatása a brojler takarmányok L-valin kiegészítésének. Összefoglalva megállapították, hogy 0,52 kg kristályos valin/tonna takarmány szintig nincs hatása az L-valin kiegészítésnek. Az e felett használt mennyiség negatív hatását a többi limitáló aminosav helytelen aránya okozhatja és 0,78 kg/t mennyiségnél romlik a takarmányhasznosítás a legnagyobb mértékben, valószínűleg a takarmánykeverékben kialakult izoleucin és arginin hiány miatt. Az L-valin hatását a vágott testre szintén igazolták a vizsgálatban.

Kidd és mtsai. (2015) eredményei szerint 28-42. napos kor között az elágazó szénláncú aminosavak nem befolyásolták a brojler teljesítményét. A takarmányfelvételre és a takarmányértékesítésre a vizsgálatban alkalmazott valin+izoleucin/lizin arányoknak nem volt hatása, azonban kölcsönhatást tapasztaltak az elágazó szénláncú aminosav ellátás és a combhús kihozatal között. Továbbá vizsgálták a valin és izoleucin hatását a zsírsavszintézisre és arra következtetésre jutottak, hogy a kisebb valin és izoleucin szintek gátolják a máj zsírsavszintézisét és a zsírsavak  $\beta$ -oxidációját.

Ebben az életszakaszban a fentebb leírtakhoz hasonlóan Zuprizal és mtsai. (1993), Angkanaporn és mtsai. (1996), Kadim és mtsai. 2002, Szcurek, (2009), Toghyani és mtsai. (2015) végeztek emészthetőségi vizsgálatokat, amelyek eredményei támpontot szolgáltatnak saját vizsgálati eredményeink értelmezésében is.

A valin kiegészítéssel végzett brojlercsirke kísérletek (21-42. napos kor között) fontosabb eredményeit összegzi a 8. és 9. táblázat.

## 8. táblázat: A valin hatása a brojlersirkék teljesítményére 21-42. napos kor között (áttekintő összegzés-1)

SZERZŐ	GENOTÍPUS, IVAR	NEVELÉSI IDŐSZAK	VALIN SZINT	HATÁS
<i>Mendonca és Jensen (1989b)</i>	n.a	21-42.	takarmányhoz 1,0 g/kg és 2,0 g/kg valin kiegészítés	abdominális zsír↑
<i>Mendonca és Jensen (1989b)</i>	n.a	21-42.	takarmányhoz 2,0 g/kg valin és izoleucin kiegészítés	takarmányfogyasztás↑
<i>Thornton és mtsai (2006)</i>	Ross508 (kakas és jérce)	21-42.	7,2 g/kg össz valin	súlygyarapodás ↑ és takarmányfogyasztás ↓
<i>Corzo és mtsai. (2007)</i>	Ross708 kakas	21-42.	8,2 g/kg (össz valin) és 7,4 g/kg (emészthető)	súlygyarapodás ↑
<i>Taherkhani és mtsai. (2008)</i>	Ross308 (kakas és jérce)	21-42.	IICP (Val/Liz 80%), NRC (Val/Liz 82%), Feedstuff (Val/Liz 89%) és RPAN (Val/Liz 85%) ideális fehérje arány ajánlások	IICP súlygyarapodás ↑ és Takért. ↓, RPAN negatív hatás a többi ajánláshoz képest (tág Leu/Liz arány miatt), Feedstuff mellhús ↑
<i>Corzo és mtsai. (2008)</i>	Ross308 (kakas)	14-28. és 28- 42.	nevelő 9,5 g/kg össz valin (8,6 g/kg em. valin), befejező 8,5 g/kg össz valin (7,8 g/kg em. valin)	14-28 nap között: súlygyarapodás ↑ és Takért. ↓, 28-42 nap között: súlygyarapodás ↑ és Takért. ↓ takarmányfelvétel ↓ vágási kihozatal ↑ mellhús ↑ combhús ↑
<i>Etienne Corrent (2009)</i>	n.a.	21-42.	8,0 g/kg Val/Liz (emészthető)	súlygyarapodás ↑, Takért. ↓, mellhús ↑
<i>Berres és mtsai. (2010a)</i>	Cobb500 (kakas)	21-28., 28-35.	75% Val és 65% Ile /Liz (emészthető)	súlygyarapodás = Takért. = takarmányfelvétel =
<i>Berres és mtsai. (2010b)</i>	Ross308 (kakas)	21-42.	22-35 napos kor között: 9,0 g/kg Val+18,3 g/kg Gly+ 45,9 g/kg Glu (össz), 35-42 napos kor között: 9,2 Val g/kg+8,3 g/kgIle+18,5 g//kg Gly+68,7 g/kg úGlu (össz)	22-35 napos kor között: súlygyarapodás ↑, Takért. ↓, 35-42 napos kor között: termelési mutatók =, mellhús ↑, abdominális zsír ↓

Jelmagyarázat: = változatlan, ↓ csökkent, ↑ nőtt; Takért.= fajlagos takarmányértékesítés (kg/kg)

**9. táblázat: A valin hatása a brojlersírkék teljesítményére 21-42. napos kor között (áttekintő összegzés-2)**

SZERZŐ	GENOTÍPUS, IVAR	NEVELÉSI IDŐSZAK	VALIN SZINT	HATÁS
<i>Corzo és mtsai. (2011)</i>	Ross TP16 (kakas)	28-42.	0,52 kg/t valin a takarmányban	élősúly =, Takért. =, vágási kihozatal =, mellhús =, további emelés negatív hatás
<i>Tavernari és mtsai. (2013)</i>	Cobb500 (kakas)	30-42.	7,6 g/kg Val/Liz(emészthető)	30-42 nap: élősúly nem változik, Takért. ↓ vágási kihozatal =
<i>Duarte és mtsai. (2014)</i>	Cobb (kakas)	22-42.	8,16 g/kg (négyzetes), 8,48 g/kg (exponenciális) és 9,03 g/kg (lineáris) (emészthető)	súlygyarapodás ↑, Takért. ↓, mellhús ↑
<i>Kidd és mtsai. (2015)</i>	Cobb500 (jérce)	28-42.	77% és 69 % (Val/Liz és Ile/Liz) (emészthető)	28-42 napos kor között nincs hatás a természetes mutatókra, comb kihozatalra pozitív interakció 72% Val/Liz aránynál
<i>Kidd és mtsai. (2015) (cit. Dridi és mtsai, nem publikált adatok)</i>	Cobb500 (jérce)	14-28.	64, 67, 70, 73, 76, 79 és 82% Val/Liz (össz)	vizsgált paraméterek (=)
<i>Kidd és mtsai. (2015)</i>	Cobb500 (jérce)	14-28.	77% és 69 % (Val/Liz és Ile/Liz) (emészthető)	súlygyarapodás ↑
<i>Kidd és mtsai. (2015)</i>	Cobb500 (jérce)	14-28.	64, 67, 70, 73, 76, 79 és 82% Val/Liz (össz)	vizsgált paraméterek (=)

Jelmagyarázat: = változatlan, ↓ csökkent, ↑ nőtt; Takért.= fajlagos takarmányértékesítés (kg/kg)

### **2.5.3 A valin jelentősége a brojlercsirkék takarmányozásában 42-56. napos kor között**

A kiélezett gazdasági verseny szükségessé teszi a baromfiipar számára, hogy esetlegesen olyan vevői igényeket is kielégítsenek, amelyek speciálisnak tekinthetők a piacon. Így szükséges lehet olyan nagyszűlyú brojlercsirkék tartása is, amelyeket akár 56 napos életkorban értékesítenek. Az ilyen kései vágásnál még jobban előtérbe kerül a gazdaságosság, hiszen a madár életkora előrehaladtával nagymértékben romlik a takarmányértékesítése, ami már veszélyeztetheti a hízalás eredményességét. A brojlercsirkék valin szükségletének minél pontosabb kielégítése ebben az esetben is fontos lehet.

Erre vonatkozóan végeztek kísérletet Corzo és mtsai. (2004). Az előtetési szakaszban 42. napos korig minden kísérletben szereplő madár azonos takarmányt kapott. Az etetett brojler keveréktakarmányok kukorica-extrahált szójadara alapúak voltak, és kontroll takarmány valintartalma 6,0 g/kg volt. A szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy a legoptimálisabb a 7,3 g/kg valin szint (6,7 g/kg emészthető valin), amely meghaladja az NRC (1994) ajánlását (7,0 g/kg).

Dridi és mtsai. (cit. Kidd és mtsai. 2015, nem publikált adatok) is folytatták az előző két nevelési periódusban már bemutatott kísérletüket és 42-56. napos kor között is vizsgálták a madarak valin szükségletét. Hasonlóan az előző periódushoz (28-42. nap), a beállított valin/lizin arányok ugyanazok voltak (65, 68, 71, 74, 77, 80 és 83%). Arra a megállapításra jutottak, hogy nincs pozitív lineáris vagy négyzetes összefüggés a beállított különféle valin/lizin arányok között, azaz további vizsgálatok szükségesek a szükségleti értékek pontosítására.

Ezen két kísérlet eredménye alapján azonban nem célszerű messzemenő következtetést levonni a brojlercsirkék valin szükségletére vonatkozóan 42-56. napos kor között. Hiányoznak azok az egzakt és részletes vizsgálatok, amelyek alapján pontosítani lehetne a brojlercsirkék valin szükségletét ezen hizlalási szakaszban.

A bemutatott eredményekből összegzésként megállapítható, hogy az elmúlt 10-15 évben számos kísérletet végeztek a brojlerek valin szükségletének pontosításra. Ez arra utal, hogy a nagy teljesítményre képes húshibridek takarmányozása során valószínűsíthetően valóban a valin lesz az az aminosav, amely - a limitáló sorban negyedikként - teljesítményt korlátozó aminosavvá léphet elő. A potenciális valin hiány elsősorban a kukorica-szója bázisú diéták esetén várható, tekintettel arra, hogy ezen diéták fő komponenseinek relatíve alacsony a valintartalma. A rendelkezésre álló kísérletek zömmel Ross308 és Cobb500 hibridekkel kerültek beállításra „Ross308” dominanciával tekintettel arra, hogy a brojlerhús előállításánál ennek a két genotípusnak van a legnagyobb jelentősége. A feldolgozott irodalmi adatok alapján megállapítható az is, hogy a kísérleti adatok nagyon gyakran ellentmondanak egymásnak. A valin potenciális negyedik limitáló aminosavként történő „előrelépése” azonban a brojlerek teljesítményének további növekedésével nagy biztonsággal valószínűsíthető. Ezért a madarak genetikai kapacitásának optimális kihasználása érdekében mind ökonómiai, mind ökológiai szempontból indokoltnak látszik további pontosító vizsgálatok beállítása is.

Tekintettel arra, hogy a brojlerelőállítás karbon lábnyomának több mint háromnegyede takarmányozási eredetű, szükségesnek tartom annak rövid

áttekintését is, hogy okszerű takarmányozásával miként lehet hozzájárulni a brojlerelőállítás CO<sub>2</sub> lábnyomának csökkentéséhez, tekintettel arra, hogy vizsgálataimban ezen tényező hangsúlyosan szerepelt a valin ellátás hatásának vizsgálata mellett.

## **2.6 A takarmányozás hatása a brojlertermelés karbonlábnyomára**

A The European Green Deal (2020) releváns törekvései szerint az üvegházhatást 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 szén-dioxid jelentősége más gázokhoz képest (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>). Érdekes azonban felhívni a figyelmet arra, hogy az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EFA) 2019-es felmérése alapján a mezőgazdaság 10,55%-ban felel az üvegházhatású gázok kibocsátásáért. Az Európai Unió 27 tagállamában 2007-ben az állattenyésztésből származó üvegházhatású gázok teljes kibocsátásának (szén-dioxid-egyenértékben kifejezve) megoszlása az egyes állatfajok szerint: a tejelő teheneké 32%, a húsmarháké 28%, a sertésállományé 26%, a baromfi- 11%, míg a kecskeágazat 3%-kal járult hozzá. A brojlercsirke tartásra vonatkozóan elsők között Nielsen és mtsai. (2011) adtak közre adatokat, amelyek szerint a brojlertartás karbonlábnyomát átlagosan 2,88 kg CO<sub>2</sub> eq értékűnek találták egységnyi (kg) súlygyarapodásra vonatkoztatva, amelyből 91% volt takarmány eredetű. A brojler előállítás CO<sub>2</sub> lábnyoma mellett a figyelem egyre jobban a nitrogén terhelésre és kibocsátásra fog fókuszálni, amely elsődlegesen ammónia formájában van jelen a termelési láncban. Tekintettel arra, hogy szoros korreláció van az ammónia kibocsátás mértéke és a takarmányok nyersfehérjetartalma

között (Ingemann és mtsai. 2011, Kriseldi és mtsai. 2018; Such és mtsai. 2021), a brojlertartás nitrogén terhelésének csökkentésének a legkézenfekvőbb módja a takarmányok nyersfehérjetartalmának a csökkentése (Coufal és mtsai., 2006; Ramos és Girish, 2018b). 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.

### **3. A KÍSÉRLETEK CÉLKITŰZÉSEI**

A bemutatott szakirodalmi adatokra építve annak vizsgálatát tűztük célul, hogy a kukorica-szójadara alapú diéták etetése mellett, a takarmánykeverékek eltérő nyersfehérje- és valintartalma esetén, miként változik a brojlerkakasok élősúlya, súlygyarapodása-, takarmány- és fehérjeértékesítése továbbá a brojlerelőállítás takarmányeredetű CO<sub>2</sub> 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.

### **4. SAJÁT VIZSGÁLATOK**

A célkitűzésekben megfogalmazott kérdések megválaszolására modell teljesítményvizsgálatokat- és emészthetőségi vizsgálatokat állítottunk be. 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 Agrár- és Környezettudományi 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.

## **5. ANYAG ÉS MÓDSZER**

### **5.1. Teljesítményvizsgálatok**

#### **5.1.1. Kísérleti állatok és elhelyezésük**

A vizsgálatokat az egykori Kaposvári Egyetem Takarmányozástani Tanszék állatházának baromfikísérleti laboratóriumában végeztük el (30 madár/fülke), összesen 1680, Ross308 húshibrid kakással (8 ismétlés×30 egyed = 240 madár/kezelés). A napos korban egyedi szárnyszámmal ellátott állatok mélyalmos nevelőfülkékben kerültek elhelyezésre, 12,5 madár/m<sup>2</sup> telepítési sűrűséggel. A terem hőmérsékletét, valamint a megvilágítás hosszát és intenzitását a hibrid igényeinek megfelelően állítottuk be a tenyésztő cég ajánlásainak megfelelően (Aviagen, 2014).

#### **5.1.2. 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 valintartalommal állítottuk össze (indító: 210 g/kg nyersfehérje, 1,20 g/kg L-valin kiegészítés/kg takarmány; nevelő: 190 g/kg nyersfehérje, 0,7 g/kg L-valin kiegészítés/kg takarmány, befejező: 180 g/kg nyersfehérje, 0,4 g/kg L-valin kiegészítés/kg takarmány). Ez az indító szakaszban 10,5 g/kg összes

valinnak, míg a nevelő szakaszban 9,1 g/kg, a befejező szakaszban pedig 8,4 g/kg voltak.

A további 6 kísérleti kezelés esetében csökkentett fehérje (LP) (190 -170-160 g/kg 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 brojler takarmánykeverékek valintartalmát lépcsőzetesen növeltük, melynek hatására a valintartalom kezelésként 0,5 g/kg takarmány mennyiséggel nőtt. Ebből adódóan az indító, a nevelő és a befejező szakaszban az összes valin (TV) (az előző sorrendben) 8,7-11,3 g/kg takarmány, 7,6-10,3 g/kg takarmány- illetve 7,3-10,0 g/kg takarmány között változik. A takarmányok kalkulált ileálisan emészthető valintartalma (SIDV) az indító, a nevelő és a befejező szakaszban pedig (az előző sorrendben) 7,9-10,4 g/kg takarmány, 7,0-9,5 g/kg takarmány illetve 6,7-9,2 g/kg takarmány volt. Az állatok a takarmányokat az indító szakaszban dercés, a nevelő és a befejező szakaszban granulált (3 mm) formában fogyaszthatták. A kísérleti takarmánykeverékek összetétele, számított energia és SID valintartalma illetve analizált táplálóanyagtartalma a *10.-12.-14. táblázatban*, aminosavtartalma (azon belül valintartalma) pedig a *11.-13.-15. táblázatban* látható.

**10. táblázat: Az indító takarmányok (1-14. nap) összetétele, számított energia és SID valin- továbbá analizált táplálóanyag tartalma**

Komponensek (g/kg)	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>						
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5
Kukorica	560,2	632,4	633,9	634,3	634,8	635,3	635,6
Extr. szójadara	354,0	292,0	290,0	289,0	288,0	287,0	286,0
Növényi olaj	38,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
MCP	15,3	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7
Takarmánymész	14,1	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4
Premix (kg) <sup>2</sup>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Takarmánysó	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
DL-metionin	3,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lizin-HCl	3,4	5,2	5,2	5,3	5,3	5,3	5,4
L-Treonin	1,2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1
<b>L-Valin</b>	<b>1,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,5</b>	<b>2,0</b>	<b>2,5</b>
L-Triptofán	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Összesen</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>
<b>Táplálóanyagok</b>							
AMEn (MJ/kg) <sup>3</sup>	12,60	12,60	12,60	12,60	12,60	12,59	12,59
Nyersfehérje (g/kg)	209,8	190,2	189,8	189,9	189,9	189,8	190,0
Nyerszsír (g/kg)	63,8	52,7	52,9	52,8	52,7	52,6	52,8
Nyersrost (g/kg)	35,6	33,2	33,1	33,0	33,0	32,9	32,8
SID valin (g/kg) <sup>3</sup>	10,0	7,9	8,4	8,9	9,4	9,9	10,4
Ca (g/kg)	10,1	9,9	10,0	10,1	10,0	10,2	10,0
<b>Pösszes (g/kg)</b>	<b>7,1</b>	<b>7,0</b>	<b>7,1</b>	<b>6,9</b>	<b>7,0</b>	<b>6,9</b>	<b>6,8</b>

<sup>1</sup> PC=pozitív kontroll; LPV0 = csökkentett fehérjeszint L-valin kiegészítés nélkül; LPV1 = csökkentett fehérjeszint + 0,5 g/kg L-valin kiegészítés; LPV2 = csökkentett fehérjeszint + 1,0 g/kg L-valin kiegészítés; LPV3 = csökkentett fehérjeszint + 1,5 g/kg L-valin kiegészítés 3; LPV4 = csökkentett fehérjeszint + 2,0 g/kg L-valin kiegészítés; LPV5 = csökkentett fehérjeszint + 2,5 g/kg L-valin kiegészítés.

<sup>2</sup>: Hozzáadott ásványi anyagok, vitaminok a takarmányban (kg): Mn, 120 mg; I, 1 mg; Fe, 40 mg; Zn, 100 mg; Se 0,30 mg; Cu, 18 mg; A-vitamin, 13 500 NE; D3-vitamin, 5000 NE; E-vitamin, 75 mg; K3-vitamin, 3 mg; B1-vitamin, 3 mg; B2-vitamin, 9 mg; B6-vitamin, 4,5 mg; B12-vitamin, 0,03 mg; biotin, 0,15 mg; folsav, 1,5 mg; nikotsav, 60 mg; pantoténsav, 15 mg; kolin, 1600 mg; Kokcidiosztatikumok: 45 mg narazin; nikarbazin 45 mg.

<sup>3</sup>: számított érték

**11. táblázat: Az indító takarmányok (1-14. nap) analizált aminosavtartalma (g/kg)**

Aminosavak	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>						
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5
Aszparaginsav	21,2	18,8	18,9	18,7	18,6	19,0	18,7
Treonin	8,9	9,1	9,0	9,3	9,0	9,2	9,3
Szerin	11,0	9,7	9,5	9,6	9,8	9,7	9,9
Glutaminsav	41,1	33,8	33,5	33,4	33,5	33,3	33,6
Prolin	12,8	11,8	12,0	11,9	11,8	11,5	11,6
Glicin	8,7	7,6	7,5	7,7	7,8	7,4	7,6
Alanin	10,7	9,7	9,9	9,5	10,0	9,6	9,5
Cisztin	3,5	2,8	2,7	2,6	2,7	2,8	2,9
<b>Valin</b>	<b>10,5</b>	<b>8,7</b>	<b>9,2</b>	<b>9,8</b>	<b>10,2</b>	<b>10,8</b>	<b>11,3</b>
Metionin	6,4	6,5	6,4	6,3	6,6	6,5	6,4
Izoleucin	8,7	7,7	7,8	7,6	7,9	7,8	7,7
Leucin	16,6	15,3	15,1	15,4	15,5	15,2	15,4
Tirozin	6,5	6,0	6,1	5,9	6,2	6,1	5,9
Fenilalanin	9,4	8,9	8,8	8,7	8,9	8,8	8,7
Hisztidin	5,1	4,5	4,4	4,5	4,5	4,4	4,6
Lizin	12,6	12,7	12,6	12,6	12,7	12,8	12,6
Arginin	13,6	11,5	11,7	11,6	11,4	11,6	11,5

<sup>1</sup>PC=pozitív kontroll; LPV0 = csökkentett fehérjeszint L-valin kiegészítés nélkül; LPV1 = csökkentett fehérjeszint + 0,5 g/kg L-valin kiegészítés; LPV2 = csökkentett fehérjeszint + 1,0 g/kg L-valin kiegészítés; LPV3 = csökkentett fehérjeszint + 1,5 g/kg L-valin kiegészítés 3; LPV4 = csökkentett fehérjeszint + 2,0 g/kg L-valin kiegészítés; LPV5 = csökkentett fehérjeszint + 2,5 g/kg L-valin kiegészítés.

**12. táblázat: A nevelőtápok (15-21. nap) összetétele, számított energia és SID valin- továbbá analizált táplálóanyag tartalma**

Komponensek (g/kg)	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>						
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5
Kukorica	605,0	678,9	678,3	678,7	679,0	679,3	679,7
Extr. szójadara	305,0	241,0	240,0	239,0	238,0	237,0	236,0
Növényi olaj	47,0	34,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
MCP	14,7	15,0	15,0	15,0	15,0	15,1	15,1
Takarmánymész	12,1	12,3	12,3	12,3	12,4	12,4	12,4
Premix (kg) <sup>2</sup>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Takarmánysó	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
DL-metionin	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Lizin-HCl	2,6	4,4	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5
L-Treonin	0,8	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7
<b>L-Valin</b>	<b>0,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,6</b>	<b>2,1</b>	<b>2,7</b>
L-Triptofán	0,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Összesen</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>
<b>Táplálóanyagok</b>							
AMEn (MJ/kg) <sup>3</sup>	13,09	13,09	13,12	13,11	13,11	13,10	13,10
Nyersfehérje (g/kg)	190,1	170,1	169,8	170,2	170,0	170,3	170,4
Nyerszsír (g/kg)	73,6	62,5	63,5	63,6	63,4	63,4	63,6
Nyersrost (g/kg)	33,4	30,9	30,8	30,7	30,7	30,6	30,5
SID valin (g/kg) <sup>3</sup>	8,7	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
Ca (g/kg)	9,0	9,1	9,2	8,9	9,1	9,0	8,9
<b>Pösszes (g/kg)</b>	<b>6,8</b>	<b>6,6</b>	<b>6,7</b>	<b>6,6</b>	<b>6,5</b>	<b>6,7</b>	<b>6,6</b>

<sup>1</sup> PC=pozitív kontroll; LPV0 = csökkentett fehérjeszint L-valin kiegészítés nélkül; LPV1 = csökkentett fehérjeszint + 0,5 g/kg L-valin kiegészítés; LPV2 = csökkentett fehérjeszint + 1,0 g/kg L-valin kiegészítés; LPV3 = csökkentett fehérjeszint + 1,6 g/kg L-valin kiegészítés 3; LPV4 = csökkentett fehérjeszint + 2,1 g/kg L-valin kiegészítés; LPV5 = csökkentett fehérjeszint + 2,7 g/kg L-valin kiegészítés.

<sup>2</sup> Hozzáadott ásványi anyagok, vitaminok a takarmányban: Mn, 120 mg; I, 1 mg; Fe, 40 mg; Zn, 100 mg; Se 0,30 mg; Cu, 18 mg; A-vitamin, 13 500 NE; D3-vitamin, 5000 NE; E-vitamin, 75 mg; K3-vitamin, 3 mg; B1-vitamin, 3 mg; B2-vitamin, 9 mg; B6-vitamin, 4,5 mg; B12-vitamin, 0,03 mg; biotin, 0,15 mg; folsav, 1,5 mg; nikotsav, 60 mg; pantoténsav, 15 mg; kolin, 1600 mg; kokcidiosztatikumok: 45 mg narazin; nikarbazin 45 mg.

<sup>3</sup> számított érték

**13. táblázat: A nevelőtápok (15-21. nap) analizált aminosavtartalma (g/kg)**

Aminosavak	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>						
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5
Aszparaginsav	19,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
Treonin	8,1	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Szerin	10,0	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6
Glutaminsav	36,4	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6
Prolin	12,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Glicin	7,8	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
Alanin	9,8	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Cisztin	3,5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
<b>Valin</b>	<b>9,1</b>	<b>7,6</b>	<b>8,1</b>	<b>8,6</b>	<b>9,2</b>	<b>9,7</b>	<b>10,3</b>
Metionin	6,4	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Izoleucin	7,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
Leucin	15,5	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1
Tirozin	5,7	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
Fenilalanin	8,4	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
Hisztidin	6,1	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Lizin	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
Arginin	11,8	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2

<sup>1</sup>PC=pozitív kontroll; LPV0 = csökkentett fehérjeszint L-valin kiegészítés nélkül; LPV1 = csökkentett fehérjeszint + 0,5 g/kg L-valin kiegészítés; LPV2 = csökkentett fehérjeszint + 1,0 g/kg L-valin kiegészítés; LPV3 = csökkentett fehérjeszint + 1,6 g/kg L-valin kiegészítés 3; LPV4 = csökkentett fehérjeszint + 2,1 g/kg L-valin kiegészítés; LPV5 = csökkentett fehérjeszint + 2,7 g/kg L-valin kiegészítés.

**14. táblázat: A befejezőtápok (22-35. nap) összetétele, számított energia és SID valin- továbbá analizált táplálóanyag tartalma**

Komponensek (g/kg)	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>						
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5
Kukorica	627,6	702,56	702,5	702,9	702,3	702,8	703,1
Extr. szójadara	281,0	216,0	215,0	214,0	213,0	212,0	211,0
Növényi olaj	53,0	40,0	40,0	40,0	41,0	41,0	41,0
MCP	13,5	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,9
Takarmánymész	10,2	10,4	10,4	10,4	10,5	10,5	10,5
Premix (kg) <sup>2</sup>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Takarmánysó	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
DL-metionin	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Lizin-HCl	2,1	3,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1
L-Treonin	0,6	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>L-Valin</b>	<b>0,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>1,1</b>	<b>1,6</b>	<b>2,1</b>	<b>2,7</b>
L-Triptofán	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Összesen</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>	<b>1000,0</b>
<b>Táplálóanyagok</b>							
AMEn (MJ/kg) <sup>3</sup>	13,39	13,40	13,39	13,39	13,41	13,41	13,40
Nyersfehérje (g/kg)	180,2	159,9	160,1	160,1	159,9	159,9	160,0
Nyerszsír (g/kg)	80,0	68,9	68,8	68,7	69,9	70,0	69,7
Nyersrost (g/kg)	32,3	29,7	29,8	29,6	29,5	29,5	29,4
SID valin (g/kg) <sup>3</sup>	8,0	6,6	7,1	7,6	8,1	8,6	9,1
Ca (g/kg)	8,0	8,1	7,9	8,2	8,0	8,1	7,9
<b>P<sub>összes</sub> (g/kg)</b>	<b>6,3</b>	<b>6,2</b>	<b>6,3</b>	<b>6,2</b>	<b>6,3</b>	<b>6,4</b>	<b>6,2</b>

<sup>1</sup> PC=pozitív kontroll; LPV0 = csökkentett fehérjeszint L-valin kiegészítés nélkül; LPV1 = csökkentett fehérjeszint + 0,5 g/kg L-valin kiegészítés; LPV2 = csökkentett fehérjeszint + 1,1 g/kg L-valin kiegészítés; LPV3 = csökkentett fehérjeszint + 1,6 g/kg L-valin kiegészítés 3; LPV4 = csökkentett fehérjeszint + 2,1 g/kg L-valin kiegészítés; LPV5 = csökkentett fehérjeszint + 2,7 g/kg L-valin kiegészítés.

<sup>2</sup> Hozzáadott ásványi anyagok, vitaminok a takarmányban: Mn, 120 mg; I, 1 mg; Fe, 40 mg; Zn, 100 mg; Se 0,30 mg; Cu, 18 mg; A-vitamin, 13 500 NE; D3-vitamin, 5000 NE; E-vitamin, 75 mg; K3-vitamin, 3 mg; B1-vitamin, 3 mg; B2-vitamin, 9 mg; B6-vitamin, 4,5 mg; B12-vitamin, 0,03 mg; biotin, 0,15 mg; folsav, 1,5 mg; nikotsav, 60 mg; pantoténsav, 15 mg; kolin, 1600 mg.

<sup>3</sup> számított érték

## 15. táblázat: A befejezőtápok (22-35. nap) analizált aminosavtartalma (g/kg)

Aminosavak	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>						
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5
Aszparaginsav	17,4	14,7	14,8	14,9	14,7	14,6	14,7
Treonin	6,6	6,9	6,8	6,7	6,8	6,9	7,0
Szerin	9,6	8,1	8,0	8,2	8,0	8,1	8,2
Glutaminsav	33,4	29,4	29,7	29,6	29,5	29,4	29,7
Prolin	10,2	9,7	9,6	9,8	9,5	9,8	9,7
Glicin	7,3	6,3	6,2	6,1	6,3	6,4	6,2
Alanin	9,3	8,5	8,7	8,5	8,6	8,4	8,3
Cisztin	3,0	2,7	2,8	2,6	2,9	2,8	2,7
<b>Valin</b>	<b>8,4</b>	<b>7,3</b>	<b>7,8</b>	<b>8,4</b>	<b>8,9</b>	<b>9,4</b>	<b>10,0</b>
Metionin	5,6	5,5	5,4	5,3	5,6	5,4	5,5
Izoleucin	7,45	6,5	6,6	6,7	6,5	6,6	6,4
Leucin	15,2	14,0	14,1	14,2	14,0	14,3	14,2
Tirozin	6,0	5,1	5,0	5,2	5,1	5,3	5,2
Fenilalanin	8,5	7,4	7,3	7,4	7,5	7,4	7,6
Hisztidin	5,4	4,7	4,8	4,6	4,7	4,5	4,7
Lizin	10,6	10,5	10,4	10,6	10,4	10,3	10,4
Arginin	11,7	9,7	9,6	9,5	9,7	9,8	9,6

<sup>1</sup> PC=pozitív kontroll; LPV0 = csökkentett fehérjeszint L-valin kiegészítés nélkül; LPV1 = csökkentett fehérjeszint + 0,5 g/kg L-valin kiegészítés; LPV2 = csökkentett fehérjeszint + 1,1 g/kg L-valin kiegészítés; LPV3 = csökkentett fehérjeszint + 1,6 g/kg L-valin kiegészítés 3; LPV4 = csökkentett fehérjeszint + 2,1 g/kg L-valin kiegészítés; LPV5 = csökkentett fehérjeszint + 2,7 g/kg L-valin kiegészítés.

### **5.1.3. A kísérleti adatok felvételezése**

A vizsgálat során a brojlersirkék 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.

## **5.2. Emészthetőségi vizsgálatok**

### **5.2.1. 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 126 állattal. A három napos előkészítő szakasz végén a béltartalom gyűjtése a madarak kétfázisos szén-dioxidos kábítása, majd az azt követő elvéreztetése után történt. A kísérleti állatok elhelyezése megegyezett az *5.1.1 fejezetben* leírtakkal.

### **5.2.2. Kezelések, kísérleti takarmányok**

A kezelések és a kísérleti takarmányok összetétele-, táplálóanyag- és aminosavtartalma megegyezett az *5.1.2 fejezetben* leírtakkal, a vizsgálatok utolsó 3 napjában azonban a diétákat titán-dioxiddal (TiO<sub>2</sub>) egészítettük ki. A madarak takarmányaikat változatlanul *ad libitum* fogyaszthatták. Ivóvíz nyílt víztükrös itatókból ugyancsak tetszés szerinti mennyiségben állt rendelkezésre.

### 5.2.3. A chymus gyűjtés módszertani leírása

A három napos előkészítő szakasz végén – amely alatt a brojlerek titán-dioxiddal (TiO<sub>2</sub>) kiegészített takarmányt fogyasztottak - a béltartalom gyűjtése a madarak kétfázisos szén-dioxidos 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.

## 5.3. Laboratóriumi vizsgálatok

### 5.3.1 Kémiai vizsgálatok

A takarmánykomponensek és a kísérleti takarmányok szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, nyershamu-, kalcium- és foszfortartalmát a Magyar Szabvány előírásai szerint határoztuk meg. A nedvességtartalom a MSz 6830/377, a nyersfehérjetartalom a MSZ 6830-4:1981, a nyerszsírtartalom a MSz 6830/6-78, a nyersrosttartalom a MSz 6830/7-81, a nyershamutartalom 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 aminosavanalízisét Bech-Andersen és mtsai. (1990) leírása alapján végeztük el.

### 5.3.2 A takarmánykeverékek CO<sub>2</sub> lábnyomának kiszámítása

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

### 5.4 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;
$\mu$	=	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 valintartalma és az aminosavak emészthetősége illetve abszorpciója közötti összefüggéseket nemlineáris regresszió-analízissel vizsgáltuk.

## 6. EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉSÜK

### 6.1 A teljesítményvizsgálatok eredményei

A teljesítményvizsgálatok eredményeit a 16. – 20. táblázatokban foglaltam össze.

#### 6.1.1 A madarak élősúlyának és súlygyarapodásának változása

A takarmányok eltérő fehérje- és valin kiegészítésének hatása a Ross308 brojlerkakasok élősúlyára- illetve a napi súlygyarapodásra a 16. táblázatban látható. Vizsgálatomban 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 valintartalmú 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 fehérjetartalmú takarmányokat fogyasztó madarak átlagos élősúlyát, addig a kísérlet végén (35 nap) ez a különbség 7,2%-ra csökkent.

Adataim szerint (16. táblázat) 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 nyersfehérjetartalmától 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.

**16. táblázat. A takarmányok eltérő L-valin kiegészítésének hatása a Ross308 brojlerkakasok élősúlyára (g) és súlygyarapodására (g/nap)**

Paraméterek	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>							P érték	RMSE <sup>2</sup>
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5		
<b>Élősúly (g)</b>									
1. nap	42,2	42,1	42,5	42,4	42,2	42,3	42,4	0,139	0,3
14. nap	429,7 <sup>a</sup>	387,6 <sup>b</sup>	383,8 <sup>b</sup>	388,6 <sup>b</sup>	387,3 <sup>b</sup>	399,6 <sup>b</sup>	387,5 <sup>b</sup>	<0,001	13,7
21. nap	1 026,9 <sup>a</sup>	917,4 <sup>b</sup>	920,0 <sup>b</sup>	938,0 <sup>b</sup>	926,6 <sup>b</sup>	949,8 <sup>b</sup>	922,4 <sup>b</sup>	<0,001	29,6
35. nap	2 569,2 <sup>a</sup>	2 384,9 <sup>b</sup>	2 418,5 <sup>b</sup>	2 468,4 <sup>b</sup>	2 434,9 <sup>b</sup>	2 432,8 <sup>b</sup>	2426,1 <sup>b</sup>	<0,001	55,7
<b>Súlygyarapodás (g/nap)</b>									
1-14. nap	27,0 <sup>a</sup>	24,7 <sup>b</sup>	24,4 <sup>b</sup>	24,6 <sup>b</sup>	24,9 <sup>b</sup>	25,5 <sup>ab</sup>	24,7 <sup>b</sup>	<0,001	1,0
15-21. nap	83,3 <sup>a</sup>	74,8 <sup>b</sup>	75,4 <sup>b</sup>	77,6 <sup>b</sup>	76,3 <sup>b</sup>	77,5 <sup>b</sup>	75,6 <sup>b</sup>	<0,001	3,0
22-35. nap	109,0	104,5	106,5	108,4	107,7	105,6	106,2	0,085	3,3
1-35. nap	71,7 <sup>a</sup>	66,9 <sup>b</sup>	67,9 <sup>b</sup>	69,3 <sup>ab</sup>	68,4 <sup>b</sup>	68,3 <sup>b</sup>	68,0 <sup>b</sup>	<0,001	1,6

<sup>1</sup>PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1,20 g/kg, nevelő szakaszban: 0,70 g/kg, befejező szakaszban: 0,40 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül

LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0,50 g/kg, nevelő szakaszban: 0,50 g/kg, befejező szakaszban: 0,50 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,00 g/kg, nevelő szakaszban: 1,00 g/kg, befejező szakaszban: 1,10 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,50 g/kg, nevelő szakaszban: 1,60 g/kg, befejező szakaszban: 1,60 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV4: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,00 g/kg, nevelő szakaszban: 2,10 g/kg, befejező szakaszban: 2,10 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,50 g/kg, nevelő szakaszban: 2,70 g/kg, befejező szakaszban: 2,70 g/kg L-valin kiegészítéssel

<sup>2</sup>RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a,b: azonos soron belül az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek (min. P<0,05)

### 6.1.2. Takarmányfelvétel és takarmányértékesítés

A takarmányok eltérő nyersfehérje és valin kiegészítésének hatását a brojlerkakasok takarmányfelvételére és takarmányértékesítésére a 17. táblázatban foglaltam össze. Adataim 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, 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 az LPV0 és az LPV1-5 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 találtam, 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 ( $P>0,05$ ).

**17. táblázat: A takarmányok eltérő L-valin kiegészítésének hatása a Ross308 brojlerkakasok takarmányfelvételére (g/nap) és takarmányértékesítésére (kg/kg)**

Paraméterek	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>							P érték	RMSE <sup>2</sup>
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5		
<b>Takarmányfelvétel (g/nap)</b>									
1-14. nap	34,2	32,9	32,4	33,0	32,5	32,8	33,1	0,174	1,4
15-21. nap	104,0 <sup>a</sup>	98,7 <sup>ab</sup>	97,6 <sup>b</sup>	99,7 <sup>ab</sup>	99,9 <sup>ab</sup>	100,9 <sup>ab</sup>	99,9 <sup>ab</sup>	0,030	3,6
22-35. nap	174,5 <sup>a</sup>	165,4 <sup>ab</sup>	164,4 <sup>b</sup>	165,2 <sup>b</sup>	167,0 <sup>ab</sup>	166,8 <sup>ab</sup>	163,5 <sup>b</sup>	0,007	5,9
1-35. nap	90,8 <sup>a</sup>	86,6 <sup>b</sup>	86,0 <sup>b</sup>	86,4 <sup>b</sup>	87,4 <sup>ab</sup>	87,8 <sup>ab</sup>	86,0 <sup>b</sup>	0,001	2,4
<b>Takarmányértékesítés (kg/kg)</b>									
1-14. nap	1,28 <sup>b</sup>	1,34 <sup>ab</sup>	1,34 <sup>ab</sup>	1,35 <sup>a</sup>	1,31 <sup>ab</sup>	1,30 <sup>ab</sup>	1,35 <sup>a</sup>	0,006	0,04
15-21. nap	1,28 <sup>b</sup>	1,35 <sup>a</sup>	1,34 <sup>a</sup>	1,33 <sup>ab</sup>	1,34 <sup>a</sup>	1,34 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>	0,001	0,03
22-35. nap	1,62	1,60	1,60	1,60	1,56	1,60	1,59	0,180	0,04
1-35. nap	1,46	1,48	1,48	1,48	1,46	1,47	1,48	0,165	0,02

<sup>1</sup> PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1,20 g/kg, nevelő szakaszban: 0,70 g/kg, befejező szakaszban: 0,40 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül

LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0,50 g/kg, nevelő szakaszban: 0,50 g/kg, befejező szakaszban: 0,50 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,00 g/kg, nevelő szakaszban: 1,00 g/kg, befejező szakaszban: 1,00 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,50 g/kg, nevelő szakaszban: 1,60 g/kg, befejező szakaszban: 1,60 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV4: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,00 g/kg, nevelő szakaszban: 2,10 g/kg, befejező szakaszban: 2,10 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,50 g/kg, nevelő szakaszban: 2,70 g/kg, befejező szakaszban: 2,70 g/kg L-valin kiegészítéssel

<sup>2</sup> RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a,b: azonos soron belül az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek (min. P<0,05)

### 6.1.3 Fehérjefelvétel és fehérjeértékesítés

A takarmánykeverékek eltérő nyersfehérje- és valintartalmának hatását a madarak a napi nyersfehérjefelvételre (g/nap) és a fehérjeértékesítésére (g/kg) a 18. táblázatban foglaltam össze. Adataim alapján az ajánlás szerinti fehérjetartalommal összeállított takarmányt fogyasztó brojlerok (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) a 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 fehérjeértékességét viszonyítjuk a PC madarakéhoz, úgy megállapítható, hogy ezen madarak egységnyi súlygyarapodást 11,2%-kal kevesebb fehérjéből állítottak elő ( $P<0,05$ ).

**18. táblázat: A takarmányok eltérő valin kiegészítésének hatása a Ross308 brojlerek napi fehérjefelvételére és (g/nap) és fehérjeértékesítésére (kg/kg)**

Paraméterek	KEZELÉSEK <sup>1</sup>							P érték	RMSE <sup>2</sup>
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5		
<b>Fehérjefelvétel (g/nap)</b>									
1.-14. nap	7,30 <sup>a</sup>	6,30 <sup>b</sup>	6,20 <sup>b</sup>	6,30 <sup>b</sup>	6,20 <sup>b</sup>	6,25 <sup>b</sup>	6,30 <sup>b</sup>	<0.001	0.27
15.-21. nap	20,20 <sup>a</sup>	17,20 <sup>b</sup>	17,00 <sup>b</sup>	17,30 <sup>b</sup>	17,40 <sup>b</sup>	17,50 <sup>b</sup>	17,40 <sup>b</sup>	<0.001	0.64
22.-35. nap	31,90 <sup>a</sup>	26,80 <sup>b</sup>	26,60 <sup>b</sup>	27,00 <sup>b</sup>	27,00 <sup>b</sup>	27,00 <sup>b</sup>	26,50 <sup>b</sup>	<0.001	0.97
1.-35. nap	19,70 <sup>a</sup>	16,70 <sup>b</sup>	16,50 <sup>b</sup>	16,70 <sup>b</sup>	16,80 <sup>b</sup>	16,80 <sup>b</sup>	16,60 <sup>b</sup>	<0.001	0.46
<b>Fehérjeértékesítés (kg/kg)</b>									
1.-14. nap	268 <sup>a</sup>	255 <sup>b</sup>	252 <sup>b</sup>	255 <sup>b</sup>	249 <sup>b</sup>	245 <sup>b</sup>	256 <sup>ab</sup>	0.002	0.01
15.-21. nap	242 <sup>a</sup>	230 <sup>b</sup>	226 <sup>b</sup>	224 <sup>b</sup>	228 <sup>b</sup>	227 <sup>b</sup>	230 <sup>b</sup>	<0.001	0.01
22.-35. nap	293 <sup>a</sup>	257 <sup>b</sup>	250 <sup>b</sup>	247 <sup>b</sup>	251 <sup>b</sup>	256 <sup>b</sup>	248 <sup>b</sup>	<0.001	0.01
1.-35. nap	275 <sup>a</sup>	249 <sup>b</sup>	244 <sup>b</sup>	241 <sup>b</sup>	246 <sup>b</sup>	246 <sup>b</sup>	244 <sup>b</sup>	<0.001	0.01

<sup>1</sup>PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1,20 g/kg, nevelő szakaszban: 0,70 g/kg, befejező szakaszban: 0,40 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül

LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0,50 g/kg, nevelő szakaszban: 0,50 g/kg, befejező szakaszban: 0,50 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,00 g/kg, nevelő szakaszban: 1,00 g/kg, befejező szakaszban: 1,00 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,50 g/kg, nevelő szakaszban: 1,50 g/kg, befejező szakaszban: 1,60 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV4: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,00 g/kg, nevelő szakaszban: 2,10 g/kg, befejező szakaszban: 2,00 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,50 g/kg, nevelő szakaszban: 2,70 g/kg, befejező szakaszban 2,70 g/kg L-valin kiegészítéssel

<sup>2</sup>RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a,b: azonos soron belül az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek (min. P<0.05)

#### **6.1.4 A fehérjecsökkentés hatása a brojlerek takarmány eredetű CO<sub>2</sub> lábnyomára**

A kísérletben használt takarmánykeverékek CO<sub>2</sub> lábnyomát a GFLI 2.0 és a AFP 6.3 adatbázisok alapján számoltam ki (*19. táblázat*). Eredményeim szerint, indító fázisban a pozitív kontroll (PC) takarmány 1,818 kg CO<sub>2</sub> eq/kg értékkel rendelkezett, ami a csökkentett fehérjetartalmú takarmánykeverékek (LPV0) esetében átlagosan 1,552 kg CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> eq/kg vs. 1,366 kg CO<sub>2</sub> eq/kg), a befejező tápok esetében pedig 20,9 % (1,538 kg CO<sub>2</sub> eq/kg vs. 1,272 kg CO<sub>2</sub> eq/kg) volt. A *20. táblázatban* foglaltam össze a kísérleti takarmányok eltérő fehérjetartalmának és az eltérő valin kiegészítés hatását a brojler kakasok súlygyarapodásának takarmány eredetű fajlagos karbon lábnyomára (CO<sub>2</sub> eq).

Eredményeim azt mutatják, hogy az ajánlás szerinti fehérjetartalommal összeállított takarmányt fogyasztó brojlerek (PC) a nevelés egyes fázisaiban 2,32 CO<sub>2</sub> eq/kg (indító), 2,09 CO<sub>2</sub> eq/kg (nevelő) illetve 2,48 CO<sub>2</sub> eq/kg (befejező) takarmány eredetű karbonlábnyom mellett állítottak elő egységnyi súlygyarapodást, ami a vizsgálatok 35 napja alatt 2,35 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> eq/kg (indító), 1,84 CO<sub>2</sub> eq/kg (nevelő) illetve 2,02 CO<sub>2</sub> eq/kg (befejező) volt, amely összességében 1,99 CO<sub>2</sub> eq/kg karbon lábnyomot eredményezett a 35 napos kísérlet alatt. Ez az érték 15,53%-kal kedvezőbb a PC kezelés esetében számított értéknél (P<0,001).

**19. táblázat: A takarmánykeverékek karbon lábnyoma (CO<sub>2</sub> eq/kg)**

Nevelési szakasz	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>						
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5
<b>Indító (1-14. nap)</b>	1,818	1,553	1,551	1,551	1,552	1,553	1,554
<b>Nevelő (15-21. nap)</b>	1,629	1,362	1,366	1,366	1,367	1,368	1,369
<b>Befejező (22-35. nap)</b>	1,538	1,269	1,270	1,271	1,273	1,274	1,275

<sup>1</sup>PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1,20 g/kg, nevelő szakaszban: 0,70 g/kg, befejező szakaszban: 0,40 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül

LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0,50 g/kg, nevelő szakaszban: 0,50 g/kg, befejező szakaszban: 0,50 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,00 g/kg, nevelő szakaszban: 1,00 g/kg, befejező szakaszban: 1,00 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,50 g/kg, nevelő szakaszban: 1,50 g/kg, befejező szakaszban: 1,60 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV4: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,00 g/kg, nevelő szakaszban: 2,10 g/kg, befejező szakaszban: 2,00 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,50 g/kg, nevelő szakaszban: 2,70 g/kg, befejező szakaszban 2,70 g/kg L-valin kiegészítéssel

**20. táblázat: A takarmányok fehérje csökkentésének és valin kiegészítésének hatása a Ross308 brojlek súlygyarapodásának takarmányeredetű fajlagos karbon lábnyomára (CO<sub>2</sub> eq/kg súlygyarapodás)**

Nevelési szakasz	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>							P	RMSE <sup>2</sup>
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5		
1-14. nap	2,32 <sup>a</sup>	2,08 <sup>b</sup>	2,07 <sup>b</sup>	2,10 <sup>b</sup>	2,04 <sup>b</sup>	2,01 <sup>b</sup>	2,09 <sup>b</sup>	<0.001	0.07
15-21. nap	2,09 <sup>a</sup>	1,83 <sup>b</sup>	1,83 <sup>b</sup>	1,82 <sup>b</sup>	1,83 <sup>b</sup>	1,83 <sup>b</sup>	1,87 <sup>b</sup>	<0.001	0.05
22-35. nap	2,48 <sup>a</sup>	2,03 <sup>b</sup>	2,03 <sup>b</sup>	2,03 <sup>b</sup>	1,99 <sup>b</sup>	2,04 <sup>b</sup>	2,02 <sup>b</sup>	<0.001	0.05
1-35. nap	2,35 <sup>a</sup>	1,99 <sup>b</sup>	1,99 <sup>b</sup>	1,99 <sup>b</sup>	1,96 <sup>b</sup>	1,98 <sup>b</sup>	2,00 <sup>b</sup>	<0.001	0.04

<sup>1</sup>PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1,20 g/kg, nevelő szakaszban: 0,70 g/kg, befejező szakaszban: 0,40 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül

LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0,50 g/kg, nevelő szakaszban: 0,50 g/kg, befejező szakaszban: 0,50 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,00 g/kg, nevelő szakaszban: 1,00 g/kg, befejező szakaszban: 1,00 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,50 g/kg, nevelő szakaszban: 1,50 g/kg, befejező szakaszban: 1,60 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV4: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,00 g/kg, nevelő szakaszban: 2,10 g/kg, befejező szakaszban: 2,00 g/kg L-valin kiegészítéssel

LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,50 g/kg, nevelő szakaszban: 2,70 g/kg, befejező szakaszban: 2,70 g/kg L-valin kiegészítéssel

<sup>2</sup>RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a,b: azonos soron belül az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek (min. P<0.05)

## 6.2 A teljesítményvizsgálatok eredményeinek megbeszélése

Szakirodalmi adatokból ismert, hogy még a szükségleti szintek elérésére használt ipari úton előállított, kristályos aminosav kiegészítés mellett is olykor az alacsonyabb fehérjetartalmú tápok etetése visszafogottabb teljesítményt eredményezhet. Ennek a negatív hatásnak oka még nem pontosan tisztázott, de az lehetséges, hogy egy bizonyos fehérjeszint alatt a nem esszenciális aminosavak válnak limitálóvá. Corzo és mtsai. (2008) különböző valin szintek hatását vizsgálták Ross308 brojlerkakasoknál. Eredményeik szerint a legjobb teljesítményt indító fázisban (1-14. napos kor között) 10,0 g/kg összes valin szint elérésével érték el, ami 9,1 g/kg emészthető valin szintnek felel meg, 200 g/kg nyersfehérjetartalom mellett. Ezzel szemben Berres és mtsai (2010b) összesített teljesítmény adatai szerint a legoptimálisabb aminosav szint a 10,9 g/kg összes valin és 63,6 g/kg összes glutamin, 0-7. napos kor között. Az alkalmazott aminosav szinteknél szignifikánsan javult a madarak súlygyarapodása ( $P < 0,05$ ), azonban a takarmányértékesítésben nem mutatkozott statisztikailag igazolható különbség ( $P > 0,05$ ). Meg kell említeni azonban, hogy ennél a kísérletnél a takarmányok fehérjetartalma nagyobb volt (0-7. nap, 237-262 g/kg között) az Aviagen Ross308 (2014) ajánlásához képest (0-10. nap, 230 g/kg nyersfehérje), továbbá az etetett diéták a gyakorlatban általánosan alkalmazott értékekhez képest is magasabb fehérjetartalmúak voltak. Saját kísérletem fontos célkitűzése ugyancsak a fehérjecsökkentés melletti optimális valin kiegészítés megállapítása volt. Eredményeim szerint a pozitív kontroll (PC) csoport (210 g/kg nyersfehérje, 10,8 g/kg TV és kalkulált 10,0 g/kg SIDV) adta a legjobb eredményt mind súlygyarapodás, mind fajlagos takarmányértékesítés tekintetében 1-14. napos kor között. A fehérjecsökkentés (190 g/kg) hatására és a valin szint

lépcsőzetes emelése ellenére ezen madarak teljesítménye a pozitív kontroll (PC) csoport eredményéhez képest szignifikánsan kisebb volt. A fehérje csökkentett és valin kiegészítés nélküli (LPV0), valamint a fehérje csökkentett, de valinnal kiegészített LPV1-5 kezelések között nem volt szignifikáns különbség, ami a többi esszenciális aminosav hiányára is utalhat.

Rodehutschord és Fatufe (2005) kísérletükben arra a megállapításra jutottak, hogy az állatoknak 14-21. napos kor között 8,1 g/kg összes valinra van szüksége 195 g/kg fehérjeszint mellett. Ennél nagyobb arányt tartottak szükségesnek Corzo és mtsai. (2008). Eredményeik szerint 14-28. napos korban 192 g/kg nyersfehérjetartalom mellett az optimális valin szükségleti érték 9,5 g/kg összes valin, illetve 8,6 g/kg emészthető valin volt. Ehhez hasonló eredményeket írtak le Berres és mtsai. (2010b) is. Fontos azonban kiemelni, hogy a takarmányok nyersfehérjetartalma szintén nagyobb értékre volt beállítva (8-21. nap 209,6-226,6 g/kg nyersfehérje között) az Aviagen Ross308 (2014) technológiájához (11-21. napos kor között 215 g/kg nyersfehérje) és a legtöbb kereskedelemben kapható brojlertakarmányok értékeihez képest is. Rodehutschord és Fatufe (2005) által optimálisnak tartott 8,1 g/kg összes valin szinthez viszonyítva magasabb értéket állapítottam meg (9,5 g/kg TV) szinte azonos nyersfehérjetartalom esetén.

Amirdahri és mtsai. (2020) vizsgálataik során Cobb500 jércéket használtak és 21 napos korig vizsgálták az indító fázis különböző valin kiegészítésének hatását 190 g/kg-os nyersfehérje szint mellett. Eredményeik szerint minimum 78% emészthető valin/lizin arányt ajánlanak Cobb500 jércék szükségleteként 8-21. napos kor között, amely jól egyezik a saját kísérletünkben alkalmazott LPV4 kezelés szintjével.

Érdemes megjegyezni, hogy a szerzők által ajánlott 78% emészthető valin/lizin arány jó egyezőséget mutat a saját vizsgálatom PC takarmányának kalkulált aminosavtartalmával (1-14. napos kor között 79% és 15-21. napos kor között 80%) amely saját vizsgálatom alapján a legjobb eredményeket adták, de nagyobb fehérjetartalom mellett. Hasonló megállapításra jutottak Schedle és mtsai. (2019) is (80% emészthető valin/lizin), akik ugyancsak 21. napos korig vizsgálták a valin kiegészítés hatását csökkentett fehérjetartalom esetén (196 g/kg).

Corzo és mtsai (2008) Ross308 brojlerekkel végzett kísérletei során, 28-42. napos kor között az alaptakarmány (nyersfehérje: 170 g/kg) összes valin (TV) tartalmát lépcsőzetesen (0,7 g/kg-os növeléssel) 6,4 g/kg-ról 9,9 g/kg-ra emelték. Eredményeik szerint az optimális TV szint 8,5 g/kg (7,8 g/kg SIDV), amely javította a brojlercsirkék napi átlagos súlygyarapodását és a takarmányértékesítését. Berres és mtsainak (2010b) kísérletében az etetett takarmányok nyersfehérjetartalma (22-35. napos kor között) 195,7-217,5 g/kg között változott. A glutamin kiegészítésben részesített brojlerok az egész vizsgálat alatt kedvezőbb növekedési paramétereket mutattak a többi csoport egyedeihez képest. Csökkentett fehérjetartalmú alaptakarmány glicin és glutamin kiegészítésével kedvezőbb növekedést és mellhús mennyiséget értek el, ami a nem esszenciális aminosav szintézishez nélkülözhetetlen nitrogén (N) megfelelő jelenlétét mutatja. Eredményeik szerint a legkedvezőbb teljesítmény a 9,0 g/kg TV +18,3 g/kg összes glicin és összes szerin+ 45,9 g/kg összes glutamin kombinációval érhető el. E kísérlet kapcsán azonban érdemes megjegyezni, hogy ilyen fehérjetartalmú takarmányoknál tényleges fehérjehiányról valószínűleg nem beszélhetünk, mivel napjainkban a konvencionális brojler keveréktakarmányok még ennél is

kisebb fehérjetartalommal kerülnek forgalomba. A nevesített TV érték kismértékben meghaladja azt a valin szintet, amit Corzo és mtsai. (2008) is optimálisnak találtak (TV: 8,5 g/kg), a takarmányok kisebb fehérjetartalma mellett.

Az Aviagen (2014) hibrid standard ajánlásaihoz viszonyítva [(indító: 11,0 g/kg takarmány összes valin (TV) és 9,6 g/kg takarmány emészthető valin (SIDV), 230 g/kg takarmány nyersfehérje; nevelő: 10,0 g/kg takarmány TV és 8,7 g/kg takarmány SIDV, 215 g/kg takarmány nyersfehérje; befejező: 9,0 g/kg takarmány TV és 7,8 g/kg takarmány SIDV, 195 g/kg takarmány nyersfehérje)] a pozitív kontroll (PC) csoport madarai a 35. napra 319 grammal nagyobb átlagos élősúlyt értek el (PC: 2569 g vs. Aviagen: 2250 g), miközben fajlagos takarmányértékesítésük is kedvezőbb volt, 0,1 kg/kg-os eltéréssel (PC: 1,46 kg/kg vs. Aviagen: 1,56 kg/kg). Az Aviagen (2014) hibrid standard értékeihez képest az LPV0-5 kezelések madarainak az átlagos élősúlya ugyancsak meghaladta a standard által megadott értéket, és takarmányértékesítési mutatóik is kedvezőbbek voltak (lásd. 16. és 17. táblázat adatai). Vizsgálatom utolsó szakaszában a legjobb eredményt ugyancsak a pozitív kontroll (PC) takarmánnyal etetett madarak érték el 8,8 g/kg TV és 8,0 g/kg SIDV és 190 g/kg nyersfehérje szint alkalmazásával. Ezen összes és emészthető valin értékek Corzo és mtsai. (2008) és Berres és mtsai. (2010b) által megállapított értékek között helyezkednek el. Corzo és mtsai. (2008) és Berres és mtsai. (2010b) eredményeinél viszont alacsonyabb ideális összes valin szintet állapított meg Kaplan és Yildiz (2017) kísérletében (TV: 8,2 g/kg), ami jól egyezik viszont az NRC (1994) ajánlásával. Az intenzíven termelő brojlerscirkék diétájában a TV és SIDV érték mellett kiemelt fontossággal bír az aminosavak optimális arányainak beállítása az ideális

fehérje elv alapján. Eredményeim szerint 22-35. napos kor között a pozitív kontroll takarmány (PC) eredményezte a legjobb teljesítményt és élőszúlyt, súlygyarapodás és takarmányértékesítés tekintetében, összehasonlítva Taherkhani és mtsai. (2008) kísérletei eredményeivel 22-35. napos kor között az IICP (1994) és saját pozitív kontroll (PC) takarmányunk összes aminosav arányai jó egyezést mutatnak, azonban a metionin, treonin és leucintartalomban már jelentősebb eltérés volt. Fontos kiemelni, hogy amíg Taherkhani és mtsai. (2008) 42. napos életkorig vizsgálták a madarak teljesítményét addig saját kísérletemet 35. napos életkorban lezártam. Ezen kívül a takarmányok nyersfehérjetartalma is eltérést mutat, mivel Taherkhani és mtsai. (2008) a vizsgálatban etetett diétákat 162,5 g/kg nyersfehérjetartalommal állították össze, addig ez saját kísérletemben a PC kezelésnél az 180 g/kg volt. Szükséges megjegyezni, hogy az LPV0 és LPV1-5 kezeléseknél alkalmazott 160 g/kg nyersfehérje a valin kiegészítés lépcsőzetes emelése ellenére sem javította szignifikáns ( $p > 0,05$ ) mértékben a Ross308 kakasok teljesítményét. Az irodalmi adatok alapján már említésre került, hogy az optimális lizin ellátás létfontosságú a brojlercsirkék teljesítménye szempontjából, de ezenkívül a valin az izoleucin és a leucin közötti kölcsönhatások hozzájárulnak az emészthető valin és az emészthető lizin arányának különbségéhez. Ezt vizsgálta Agostini és mtsai. (2019). Eredményeik szerint a legjobb súlygyarapodás 28 napos korig 73 emészthető valin/lizin arány mellett érhető el, ami 35 napos korig is igaz. Ez az arány jó egyezőséget mutat 22-35. életnap között megállapított eredményeimmel, de alatta marad az Aviagen (2022a) ajánlásaihoz képest (78).

Az Aviagen (2022b) hibrid standard ajánlásaihoz viszonyítva [(indító: 10,0 g/kg takarmány emészthető valin (SIDV), 230 g/kg takarmány

nyersfehérje; nevelő: 9,1 g/kg takarmány SIDV, 215 g/kg takarmány nyersfehérje; befejező: 8,4 g/kg takarmány SIDV, 195 g/kg takarmány nyersfehérje)], a pozitív kontroll (PC) csoport madarai a 35. napra 128 grammal nagyobb élősúlyt értek el (PC: 2569 g vs. Aviagen: 2441 g). Ugyanakkor a fajlagos takarmányértékesítés tekintetében a PC csoport esetében kedvezőtlenebb eredmény figyelhető meg, +0,07 kg/kg-os eltéréssel (PC: 1,46 kg/kg vs. Aviagen: 1,36 kg/kg). Az LPV0-5 kezelések madarainak az élősúlya hasonlóan alakult az Aviagen (2022b) hibrid standard által meghatározott értékekhez, azonban a takarmányértékesítési mutatók, a PC csoporthoz hasonlóan, nem mutattak kedvezőbb értéket a standardhoz viszonyítva.

A csökkentett fehérjetartalmú takarmányok etetése hatással lehet az állatok fehérjeértékesítésére is. Ilyen vizsgálatokat végeztek Harn és mtsai. (2019) Ross308 brojler kakasokkal. Kísérletükben a madarak egységes indító takarmányt fogyaszthattak 1-11. napos kor között 216 g/kg fehérjetartalommal, majd a nevelő (11-28. nap) és befejező (28-35. nap) takarmányok nyersfehérjetartalmát fokozatosan csökkentették. Adataik szerint a takarmányok fehérjetartalmának csökkenésével a nevelő fázisban (11-28. nap) 4,1%-10,8%-15,0%-kal, a befejező fázisban (28-35. nap) pedig 5,3%-12,6%-17,5%-kal csökkent a madarak takarmányfelvétele, azaz a madarak többlet takarmány felvételével nem kompenzálták a csökkent fehérjetartalomból adódó deficitet, tekintettel arra, hogy a diéták izokalorikusak voltak. A fehérjeértékesítést vizsgálva viszont arra a megállapításra jutottak, hogy a csökkentett nyersfehérjetartalmú diétákat fogyasztó madarak esetében javult azok nyersfehérje értékesítése. A nevelő fázisban az egységnyi (1 kg) súlygyarapodáshoz felhasznált nyersfehérje mennyisége 300 g/kg takarmány értékről 260 g/kg takarmány értékre csökkent, ami több mint 13%-os javulást jelent. A befejező

szakaszban (28-35. nap) a fajlagos nyersfehérje felhasználás 380 g/kg takarmányról 300 g/kg-ra javult, amely viszont 23,1%-os javulásnak felel meg. Ezen adatok tendenciájukban jó hasonlatosságokat mutattak saját adataimmal, amikor is a csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített kezelések átlagos fehérjeértékesítése a PC madarak fehérjeértékesítéséhez képest 11,2%-kal kedvezőbb volt ( $P < 0,05$ ). Szükséges megjegyezni, hogy saját vizsgálatomban a PC madarak fehérjeértékesítése az idézett forráshoz képest mind a nevelő a befejező fázisban is kedvezőbb volt (300 g/kg vs. 242 g/kg; 380 g/kg vs. 293 g/kg), bár az egyes szakaszok hossza nem volt teljesen szinkronban. Hasonló eredményekre jutottak Abou-Elkhair és mtsai. (2020) is. Összevetve a releváns tudományos közlemények adatait saját adataimmal megállapítható, hogy a diéták fehérjetartalmának csökkentése a fehérjehasználtság javulásával járhat együtt.

A csökkentett fehérjetartalmú diéták etetése a kedvezőbb fehérjeértékesítéssel társítva hatással lehet a termelőkörnyezet takarmány eredetű környezeti lábnyomára is, amely napjainkban egyre nagyobb jelentőséggel bír, és egyre inkább a takarmányozási kutatások fókuszába kerül. Ezzel összefüggésben Nielsen és mtsai. (2011) megállapították, hogy a brojler-előállítás fajlagos környezeti lábnyoma 2,88 kg CO<sub>2</sub> eq/kg, amelyből 2,62 kg CO<sub>2</sub> eq származik a takarmányból a nevelés teljes időszaka alatt abban az esetben, ha a madarak végsúlya 2,23 kg, a takarmányértékesítés (FCR) pedig 1,72 kg/kg. Ezt megelőzően Pelletier és mtsai. (2008) 1,4 kg CO<sub>2</sub> eq értéket állapítottak meg, de hasonló adatokat publikáltak Cederberg és mtsai. (2009) is. A két utóbbi publikált érték alacsonyabbnak mondható az általam megállapított értéknél a nevelés teljes időszaka alatt (PC: 2,35 kg CO<sub>2</sub> eq vs. fehérjecsökkentett LPV0 és LPV1-5: 1,99 kg CO<sub>2</sub> eq) azonban fontos kiemelni, hogy az eltelt időszak alatt a madarak genetikai teljesítő képessége nagymértékben javult. Szükséges azt is megjegyezni, hogy a

takarmánykeverékek konkrét CO<sub>2</sub> eq lábnyomára vonatkozóan egyelőre korlátozott számú irodalmi adat áll csak rendelkezésre, mert a vizsgálatok többsége az életciklus elemzésen keresztül mutatja be a brojler termelés CO<sub>2</sub> eq terhelését. A szakirodalmi adatok nagy része abban azonban megegyezik, hogy a termelésen belül a takarmányozás okozza CO<sub>2</sub> eq terhelés legjelentősebb hányadát (Nielsen és mtsai., 2011; Kalhor és mtsai., 2016; Kiss, 2022). Nielsen (2011) ezt még annyiban is konkretizálja, hogy a takarmányok feleltek a CO<sub>2</sub> eq lábnyom 91%-ért a termelés során. Más források (Kiss, 2022) szerint a takarmányozásból származó CO<sub>2</sub> a nyári rotáció során közel 70% (1,492 kg CO<sub>2</sub> eq/kg) volt, ami a téli rotációk esetén 63%-ra csökkent (1,496 CO<sub>2</sub> eq/kg). Az idézett források számszerűsített adatai nagy hasonlóságot mutatnak a kísérletünkben használt PC takarmányok kalkulált CO<sub>2</sub> lábnyomával (1,328 kg CO<sub>2</sub> eq/kg), ami fehérjecsökkentés hatására tovább mérsékelhető, ezáltal csökkenthető a brojlerelőállítás takarmány eredetű környezeti lábnyoma is.

### **6.3 Az emészthetőségi vizsgálatok eredményei**

Az emészthetőségi vizsgálatok során megállapított adatok elemzését az általam 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. A többi aminosavra vonatkozó emészthetőségi illetve abszorpciós érték azonban a releváns táblázatokban ugyancsak bemutatásra kerül. Az emészthetőségi vizsgálatok eredményeinek összehasonlítása a szakirodalomban közölt adatokkal viszonylag szűk alapra korlátozódik, mivel az ilyen típusú vizsgálatok az egyes alapanyagok ileális emészthetőségét, illetve ritkábban abszorpcióját elemzik.

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

A vizsgált kezeléseknek az indítótakarmányok nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális emészthetőségére kifejtett hatását a 21. táblázatban foglaltam össze. Adataim szerint ebben a nevelési szakaszban (1-14. nap) a PC kezelés esetében a nyersfehérje ileális emészthetősége 79,2% volt, ami jó egyezőséget mutat Greenhalgh és mtsai. (2022) hasonló fehérjetartalmú takarmányok etetésekor mért értékeivel, amelyek azonos/hasonló metodikával kerültek meghatározásra. Kluth és Rodehutsord (2006) szintén hasonló metodikával végzett kísérletükben kukorica alapú takarmányok emészthetőségét vizsgálták 14. napos életkorban. Eredményeik szerint az alaptakarmányuk nyersfehérje emészthetősége 84,0% volt. Ezzel jó egyezőséget mutat a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diéta (LPV0) esetében mért nyersfehérje emészthetőség, amely 81,8% volt. A 2,6%-kal kedvezőbb emészthetőségi érték (PC vs. LPV0) statisztikailag is igazolható volt ( $P < 0,05$ ). A javulás valószínűsíthetően arra az ismert törvényszerűsége vezethető vissza, amely szerint szűkös táplálóanyagellátás esetén hatékonyabb abszorpcióra lehet számítani, amely az állatok valós táplálóanyag szükségletének kielégítését hivatott támogatni (Kakuk és Schmidt, 1988; Dublicz, 2011; Liu és mtsai. 2016). Amennyiben a valin kiegészítés nélküli takarmánykeverékeket (LPV0) növekvő dózisban kristályos valinnal egészítettem ki, úgy a nyersfehérje emészthetősége numerikusan ugyan javult, de annak mértéke statisztikailag nem volt igazolható ( $P > 0,05$ ).

**21. táblázat****Az indítótápok (1-14.nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális emészhetősége (%)**

Megnevezés	KEZELÉSEK <sup>1</sup>							RMSE <sup>3</sup>	P
	PC	LPV0	LPV 1	LPV 2	LPV 3	LPV 4	LPV 5		
Nyersfehérje	79,2 <sup>b</sup>	81,8 <sup>a</sup>	82,7 <sup>a</sup>	84,2 <sup>a</sup>	83,7 <sup>a</sup>	83,4 <sup>a</sup>	83,6 <sup>a</sup>	2,0	0,001
<b>Aminosavak</b>									
Lizin	84,1 <sup>b</sup>	88,1 <sup>a</sup>	88,5 <sup>a</sup>	89,2 <sup>a</sup>	89,0 <sup>a</sup>	88,6 <sup>a</sup>	89,2 <sup>a</sup>	2,2	<0,001
Metionin	92,7 <sup>b</sup>	95,0 <sup>a</sup>	95,3 <sup>a</sup>	95,0 <sup>a</sup>	96,2 <sup>a</sup>	95,8 <sup>a</sup>	95,9 <sup>a</sup>	1,4	<0,001
Met+Cisz	84,4 <sup>b</sup>	88,2 <sup>ab</sup>	88,8 <sup>a</sup>	88,6 <sup>a</sup>	90,3 <sup>a</sup>	89,3 <sup>a</sup>	89,9 <sup>a</sup>	2,4	<0,001
Treonin	72,0 <sup>b</sup>	77,1 <sup>a</sup>	78,4 <sup>a</sup>	80,7 <sup>a</sup>	80,9 <sup>a</sup>	80,8 <sup>a</sup>	81,1 <sup>a</sup>	4,0	<0,001
<b>Valin</b>	<b>79,3<sup>b</sup></b>	<b>81,0<sup>b</sup></b>	<b>82,4<sup>b</sup></b>	<b>84,5<sup>a</sup></b>	<b>85,5<sup>a</sup></b>	<b>86,3<sup>a</sup></b>	<b>87,0<sup>a</sup></b>	<b>3,2</b>	<b>&lt;0,001</b>
Leucin	79,5 <sup>b</sup>	83,6 <sup>a</sup>	83,6 <sup>a</sup>	85,4 <sup>a</sup>	85,6 <sup>a</sup>	84,9 <sup>a</sup>	85,6 <sup>a</sup>	2,6	<0,001
Izoleucin	79,1 <sup>b</sup>	82,3 <sup>ab</sup>	82,7 <sup>ab</sup>	84,2 <sup>a</sup>	84,1 <sup>a</sup>	83,6 <sup>a</sup>	84,4 <sup>a</sup>	2,3	0,002
Arginin	87,0	88,1	88,2	89,3	88,8	88,5	89,7	1,1	0,074
Hisztidin	73,4	76,2	77,2	79,0	77,8	78,1	79,2	2,4	0,043
Fenilalanin	78,5 <sup>b</sup>	83,4 <sup>a</sup>	83,7 <sup>a</sup>	85,6 <sup>a</sup>	85,5 <sup>a</sup>	84,9 <sup>a</sup>	85,8 <sup>a</sup>	3,1	<0,001
Glicin	72,0 <sup>b</sup>	74,2 <sup>ab</sup>	75,3 <sup>ab</sup>	77,6 <sup>a</sup>	77,8 <sup>a</sup>	77,7 <sup>a</sup>	78,7 <sup>a</sup>	2,8	0,001
Prolin	78,1 <sup>b</sup>	81,3 <sup>ab</sup>	81,9 <sup>ab</sup>	83,7 <sup>a</sup>	83,6 <sup>a</sup>	83,3 <sup>a</sup>	83,0 <sup>a</sup>	2,3	<0,001
Aszparaginsav	74,6 <sup>c</sup>	77,6 <sup>bc</sup>	79,4 <sup>ab</sup>	81,3 <sup>ab</sup>	81,1 <sup>ab</sup>	81,2 <sup>ab</sup>	82,1 <sup>a</sup>	3,2	<0,001
Cisztin	69,2 <sup>b</sup>	72,6 <sup>ab</sup>	73,5 <sup>ab</sup>	73,5 <sup>ab</sup>	76,7 <sup>a</sup>	73,7 <sup>ab</sup>	75,7 <sup>a</sup>	2,9	0,003
Szerin	76,0 <sup>b</sup>	78,8 <sup>a</sup>	80,0 <sup>a</sup>	81,6 <sup>a</sup>	81,9 <sup>a</sup>	81,4 <sup>a</sup>	82,0 <sup>a</sup>	2,6	0,001
Glutaminsav	84,9 <sup>b</sup>	84,9 <sup>b</sup>	87,0 <sup>ab</sup>	89,1 <sup>a</sup>	88,3 <sup>a</sup>	87,3 <sup>ab</sup>	88,5 <sup>a</sup>	1,7	<0,001
Alanin	79,0 <sup>b</sup>	82,1 <sup>ab</sup>	82,4 <sup>ab</sup>	84,2 <sup>a</sup>	84,7 <sup>a</sup>	84,4 <sup>a</sup>	84,9 <sup>a</sup>	2,5	<0,001
Tirozin	73,2 <sup>b</sup>	77,4 <sup>ab</sup>	77,8 <sup>ab</sup>	79,8 <sup>a</sup>	79,7 <sup>a</sup>	79,3 <sup>a</sup>	80,2 <sup>a</sup>	2,9	<0,001
<b>Össz aminosav<sup>2</sup></b>	<b>79,4<sup>b</sup></b>	<b>82,1<sup>ab</sup></b>	<b>83,0<sup>ab</sup></b>	<b>84,8<sup>a</sup></b>	<b>84,7<sup>a</sup></b>	<b>84,6<sup>a</sup></b>	<b>84,5<sup>a</sup></b>	<b>2,3</b>	<b>&lt;0,001</b>

<sup>1</sup> PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1,20 g/kg, nevelő szakaszban: 0,70 g/kg, befejező szakaszban: 0,40 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül, LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0,50 g/kg, nevelő szakaszban: 0,50 g/kg, befejező szakaszban: 0,50 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,00 g/kg, nevelő szakaszban: 1,00 g/kg, befejező szakaszban: 1,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,50 g/kg, nevelő szakaszban: 1,60 g/kg, befejező szakaszban: 1,60 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV4 : indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,00 g/kg, nevelő szakaszban: 2,10 g/kg, befejező szakaszban: 2,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,50 g/kg, nevelő szakaszban: 2,70 g/kg, befejező szakaszban 2,70 g/kg L-valin kiegészítéssel

<sup>2</sup> triptofán nélkül

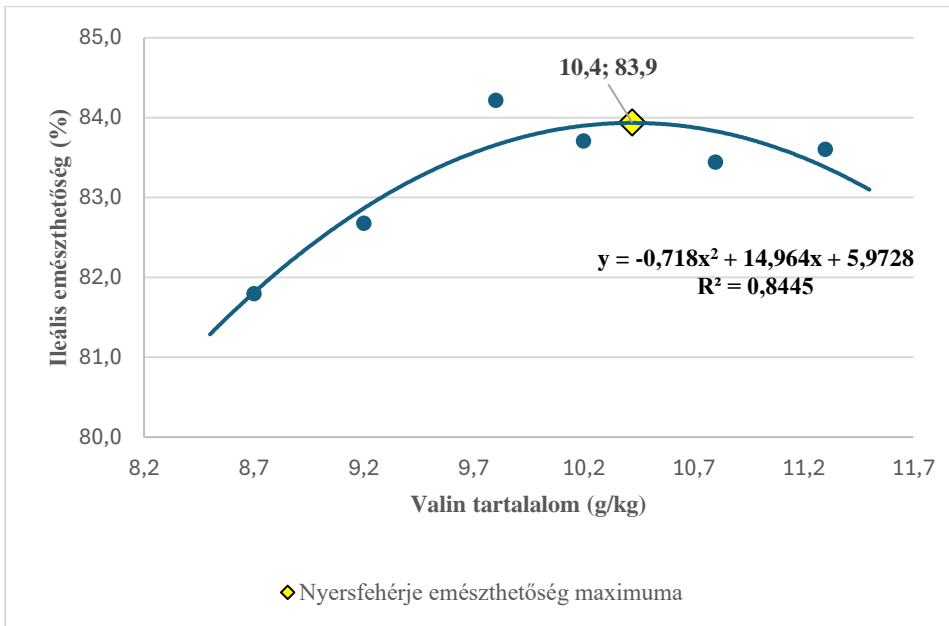
<sup>3</sup> RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a, b, c: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

A csökkentett nyersfehérje tartalmú diéták (LPV0, LPV1, LPV2, LPV3, LPV4, LPV5) valintartalmának és fehérje emészthetőségének összefüggései a 4. ábrán láthatók. Számításaim alapján megállapítható, hogy ezen diéták valintartalma és a nyersfehérje emészthetősége közötti összefüggés polinomiális egyenlettel írható le ( $y = -0,718x^2 + 14,964x + 5,9728$ ), amely igen erős összefüggést mutat ( $R^2 = 0,8445$ ). A fehérje emészthetősége maximumát (83,9%) a diéták 10,4 g/kg valintartalma mellett éri el (4. ábra), amely közel azonos a PC indító diéta valintartalmával. Az emészthetőség maximuma 4,7%-kal haladja meg a PC-kezelés esetében mért értéket (22. táblázat).

#### 4. ábra

**A valinellátás és a nyersfehérje ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor**



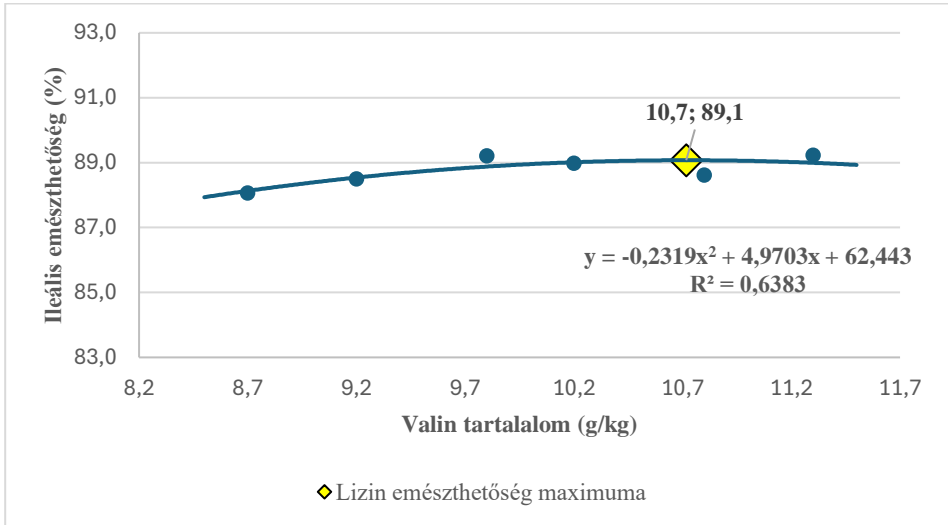
Adataim alapján megállapítható, hogy a vizsgált csökkentett fehérjetartalom mellett, a takarmány valintartalmának növelésével a nyersfehérje emészthetősége nő, majd a görbe elér egy maximális értéket. Ezt követően a felszívódás hatékonysága stagnál, vagy csökken. Az abszorpciós maximumok megadása azért fontos, mert ez az a pont, amely esetében a takarmánnyal felvett fehérjék ileális emészthetősége a vizsgált szituációban a leghatékonyabb.

A **lizin** esetében hasonló tendenciák érvényesültek. Amíg a PC madarak esetében 84,1 % lizin emészthetőséget mértünk, addig a csökkentett nyersfehérjetartalmú, kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó indítótápot fogyasztó madarak esetében (LPV0) a lizin emészthetősége 88,1% volt és 4,0% ponttal haladta meg PC társaik esetében mért emészthetőséget ( $P < 0,05$ ). Kluth és Rodehutschord (2006) ennél alacsonyabb emészthetőséget állapított meg lizin esetében (84,0%). A valin dózis növelése a lizin ileális emészthetőségét – hasonlóan a nyersfehérje esetében megállapítottakkal – csak numerikusan növelte, annak mértéke nem volt szignifikáns ( $P > 0,05$ ).

A csökkentett nyersfehérjetartalmú takarmánykeverékek (LPV0, LPV1, LPV2, LPV3, LPV4, LPV5) valintartalmának és a lizin emészthetőségének összefüggését a 5. ábrán mutatom be. Vizsgálataim során megállapítottam, hogy a valintartalom és a lizin ileális emészthetősége közötti összefüggés ugyancsak polinomiális egyenlettel írható le, amely azonban csak mérsékelten erős összefüggést mutat ( $R^2 = 0,6383$ ). Ebben az esetben a lizin emészthetősége maximumát (89,1%) a diéták 10,7 g/kg valintartalma mellett éri el (5. ábra), amely 0,2 g/kg értékkel meghaladja a PC indító diéta valintartalmát. A lizin emészthetőségének maximuma 5,0 %-kal nagyobb, mint a PC-madarak esetében mért emészthetőség (22. táblázat). A PC madarak esetében 92,7 % **metionin emészthetőséget** állapítottam meg, ami a LPV0 indítótápot fogyasztó madarak esetében 2,3%-kal 95,0%-ra növekedett ( $P < 0,05$ ).

### 5. ábra

*A valinellátás és a lizin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor*



A további kezelésekben hasonló tendenciák érvényesültek, mint a nyersfehérje és a lizin esetében, azaz a valin szintek növekedésével a metionin emészthetősége csak tendenciózusan (numerikusan) nőtt ( $P > 0,05$ ).

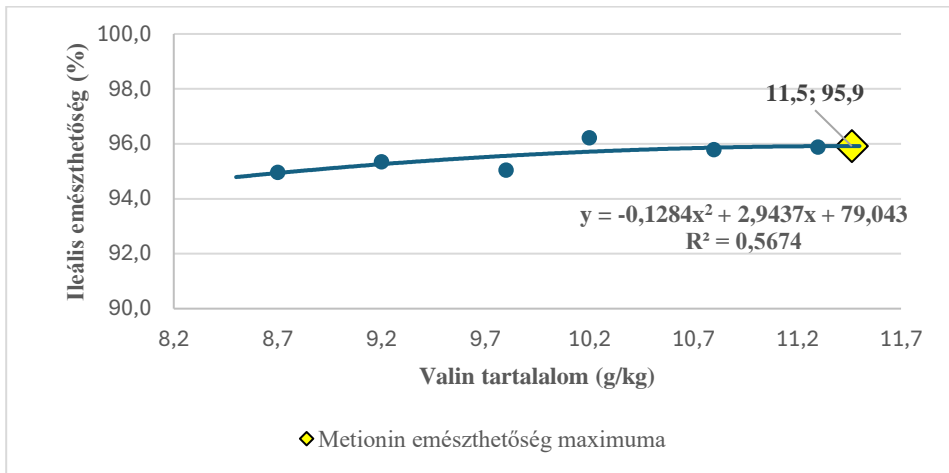
Amennyiben a két kéntartalmú aminosav (**metionin+cisztin**) emészthetőségét együttesen vizsgáltuk, úgy a LPV0 kezelésben 3,8%-kal nagyobb emészthetőség volt mérhető ( $P < 0,05$ ), amely különbség a **treonin** esetében 5,1%-ra emelkedett (72,0% vs. 77,1%). A különbség mindkét aminosav esetében szignifikáns volt ( $P < 0,05$ ). A valin esetében mért 1,7% különbség azonban nem volt statisztikailag igazolható ( $P > 0,05$ ). Ez utóbbi feltehetően azzal volt magyarázható, hogy amíg a PC madarak takarmánya kristályos valint is tartalmazott - amely esetében közel 100%-os felszívódással lehet számolni -, addig az LPV0 diétában csak fehérjében kötött valin áll rendelkezésre, amelynek eleve kisebb az emészthetősége (Tenke és mtsai., 2023). Szükséges megjegyezni, hogy a többi aminosav esetében (lizin, metionin, treonin) valamennyi diéta (PC és LP-diéták)

tartalmazott kristályos aminosavat, így azok jobb emészthetőségéből adódó hatás nem jelentkezhetett.

A csökkentett nyersfehérjetartalmú takarmánykeverékek valintartalmának és a metionin emészthetőségének összefüggése a 6. ábrán látható. Adataim alapján megállapítható, hogy a valintartalom és a metionin ileális emészthetősége közötti összefüggés mérsékeltén erős ( $R^2 = 0,5674$ ). Az emészthetőség maximumát (95,9%) a diéták 11,5 g/kg valintartalma mellett éri el (6. ábra), amely a vizsgálati tartomány felső határán van és 1,0 g/kg értékkel nagyobb, mint a PC érték. A metionin emészthetőségének maximuma 3,2%-kal nagyobb volt, mint a PC-madarak esetében mért emészthetőség (22. táblázat).

### 6. ábra

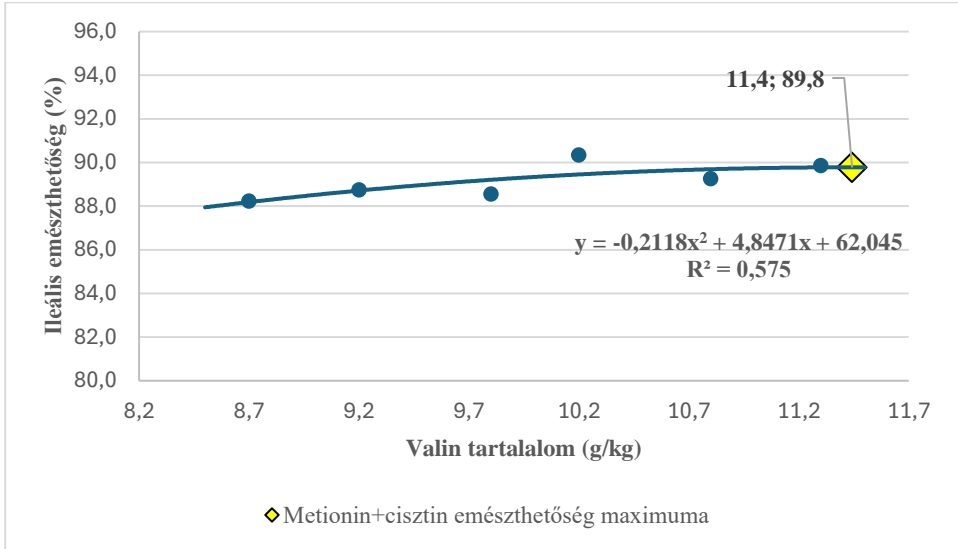
*A valinellátás és a metionin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor*



Hasonló tendenciák érvényesülnek a metionin+cisztein esetében is, azzal a különbséggel, hogy a két aminosav együttes emészthetőségének maximuma 89,8%, amelyet 11,4 g/kg valintartalom mellett ér el (7. ábra). A számított emészthetőségi maximum 5,2%-kal nagyobb, mint a PC érték (22. táblázat).

**7. ábra**

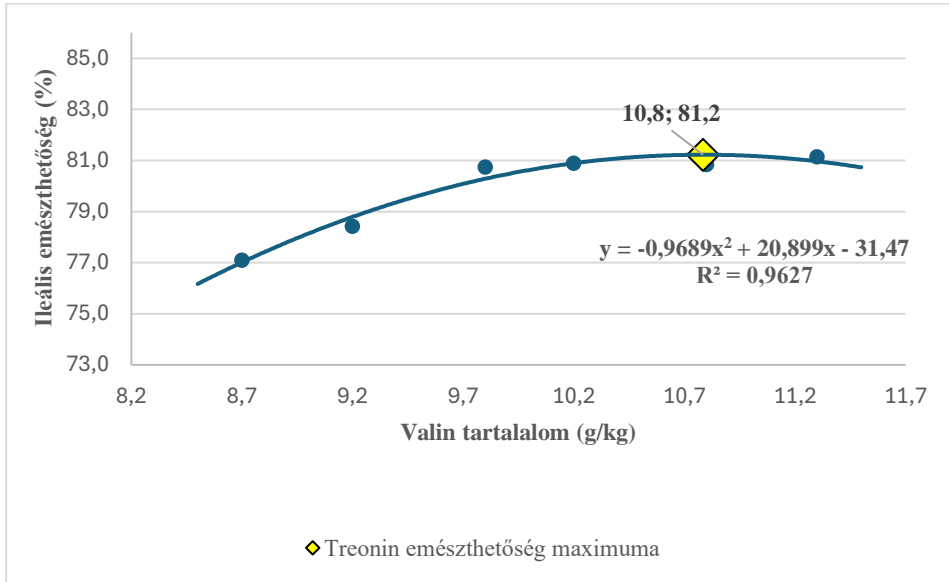
***A valinellátás és a metionin+cisztin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor***



A diéták valintartalma és a **treonin** ileális emészthetőségének összefüggését a 8. ábra mutatja. A két vizsgálati paraméter közötti összefüggés igen erős ( $R^2 = 0,9627$ ). Az emészthetőség maximumát (81,2%) a diéták 10,8 g/kg valintartalma mellett éri el, amely 0,3 g/kg értékkel nagyobb, mint a PC csoport indítótápjának valintartalma. A treonin emészthetőségének maximuma pedig 9,2%-kal haladta meg a PC madarak esetében mért értéket, amely egyúttal a legnagyobb különbséget jelenti a vizsgált aminosavak vonatkozásában (22. táblázat).

**8. ábra**

**A valinellátás és a treonin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor**

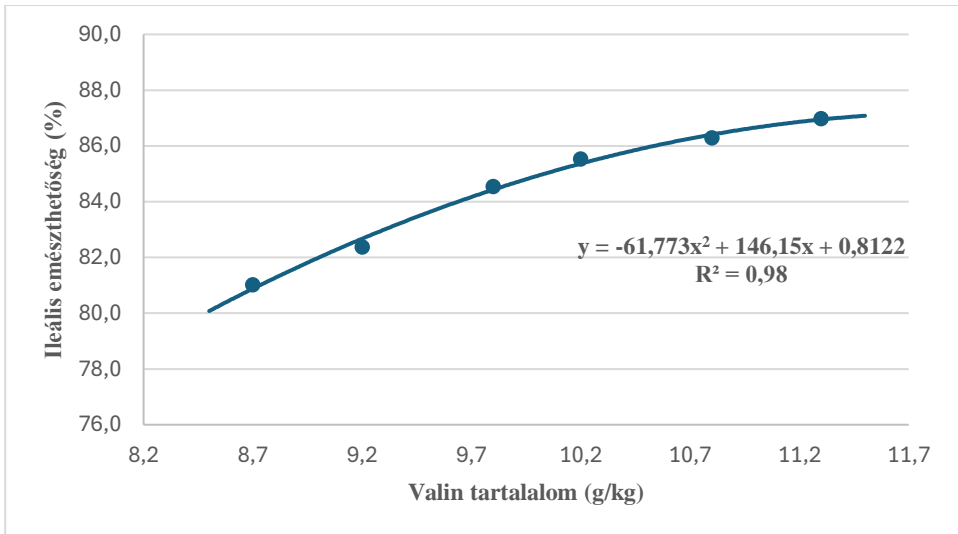


A **valin** ileális emészthetősége 79,3% volt a PC kezelés esetében, amely szignifikánsan nőtt a csökkentett fehérjetartalmú valin kiegészítés nélküli (LPV0) kezelés esetén (81,0%). Hasonló eredményekre jutott Kluth és Rodehutschord (2006) kukorica alapú takarmányok esetében is, amelyek nem tartalmaztak valin kiegészítést (81,0%). A valintartalom és a **valin** ileális emészthetőségének összefüggése a 9. ábrán látható. A két vizsgálati paraméter közötti összefüggés igen erős ( $R^2 = 0,9938$ ). Az emészthetőség maximuma azonban a vizsgált tartományon kívül esik, tekintettel arra, hogy a hozzáadott valin gyakorlatilag 100%-ban felszívódik, így az emészthetőség is addig fog növekedni, amíg egy esetleges imbalanszból kifolyólag a fehérjében kötött valin emészthetősége csökkenni kezd, vagy a túladagolt valin toxikussá nem válik. Ez utóbbi gyakorlati körülmények között szinte kizárható, mivel valintoxicitás csak többszörös túladagolás esetében léphet fel ( $LD50 > 2500$  mg/kg). Az emészthetőség maximumát

(87,2%) a diéták 12,0 g/kg valintartalma mellett éri el, amely 1,5 g/kg értékkel nagyobb, mint a PC csoport indítótápjának valintartalma. A valin emészthetőségének maximuma pedig 7,9%-kal nagyobb, mint a PC-madarak esetében mért érték (22. táblázat).

### 9. ábra

**A valinellátás és a valin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor**

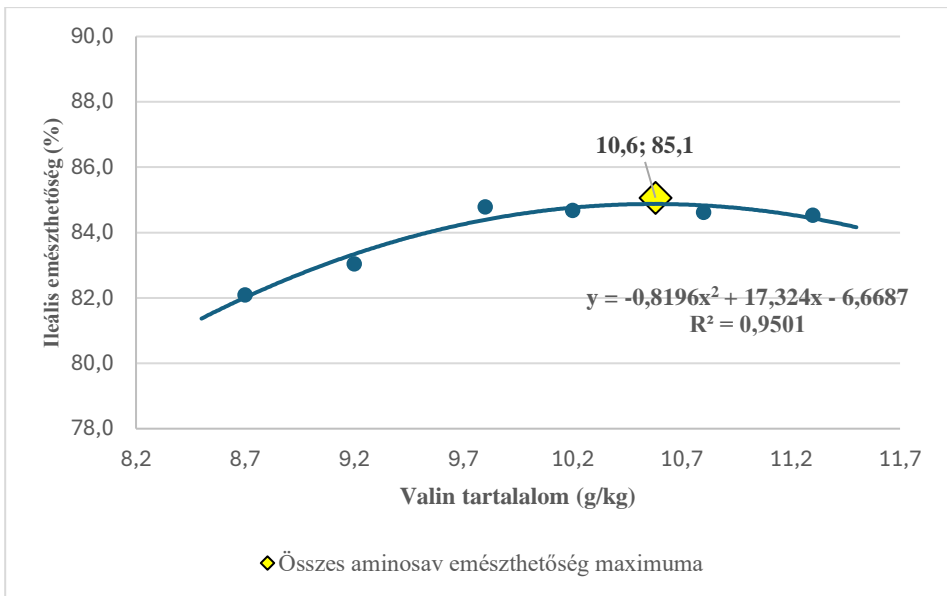


A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták valintartalmának és az összes aminosav (triptofán kivételével) emészthetőségének összefüggései a 10. ábrán láthatók. Számításaim alapján megállapítható, hogy ezen diéták valintartalma és az összes aminosav emészthetősége közötti összefüggés - a legtöbb aminosavnál megállapítottakhoz hasonlóan - ugyancsak polinomiális egyenlettel írható le ( $y = -0,8196x^2 + 17,324x - 6,6687$ ), amely nagyon erős összefüggést mutat ( $R^2 = 0,9501$ ). A csökkentett fehérjetartalmú diéták esetében az összes aminosav emészthetősége maximumát (85,1%) a diéták 10,6 g/kg valintartalma mellett éri el (10.

ábra), amely gyakorlatilag megegyezik a PC indító diéta valintartalmával. Az emészthetőség maximuma 5,7%-kal haladja meg a PC-kezelés esetében mért valin emészthetőséget (22. táblázat).

### 10. ábra

*A valinellátás és az összes aminosav ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótípusok (1-14. nap) etetésekor*



**22. táblázat****Néhány aminosav ileális emészthetőségének maximuma az indítótáp etetésének időszakában (1-14. nap)**

Aminosavak	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>					Eltérés <sup>2</sup>	
	PC		LPV0-LPV1	LPV2-LPV3	LPV4-LPV5	R <sup>2</sup>	
	Emészthetőség (%)	Valin szint (g/kg)	Emészthetőség maximuma (%)	Valin szint (g/kg)	R <sup>2</sup>	A <sup>a</sup>	B <sup>b</sup>
Nyersfehérje	79,2	10,5	83,9	10,4	0,8445	+4,7	-0,1
Lizin	84,1	10,5	89,1	10,7	0,6383	+5,0	+0,2
Metionin	92,7	10,5	95,9	11,5	0,5674	+3,2	+1,0
M+C	84,6	10,5	89,8	11,4	0,5750	+5,2	+0,9
Treonin	72,0	10,5	81,2	10,8	0,9627	+9,2	+0,3
Valin	79,3	10,5	-	-	-	-	-
<b>Összes aminosav</b>	<b>79,4</b>	<b>10,5</b>	<b>85,1</b>	<b>10,6</b>	<b>0,9501</b>	<b>+5,7</b>	<b>+0,1</b>

<sup>1</sup>PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1,20 g/kg, nevelő szakaszban: 0,70 g/kg, befejező szakaszban: 0,40 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül, LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0,50 g/kg, nevelő szakaszban: 0,50 g/kg, befejező szakaszban: 0,50 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,00 g/kg, nevelő szakaszban: 1,00 g/kg, befejező szakaszban: 1,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,50 g/kg, nevelő szakaszban: 1,60 g/kg, befejező szakaszban: 1,60 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV4 : indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,00 g/kg, nevelő szakaszban: 2,10 g/kg, befejező szakaszban: 2,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,50 g/kg, nevelő szakaszban: 2,70 g/kg, befejező szakaszban 2,70 g/kg L-valin kiegészítéssel

<sup>2</sup>A: eltérés az emészthetőségben (%); B: eltérés a valinszintben (g/kg)

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

A vizsgált kezeléseknek az indítótápok nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális abszorpciójára (mg/nap) kifejtett hatását a 23. táblázatban foglaltam össze. Adataim szerint ebben a nevelési szakaszban (1-14. nap) a mintavételezés időpontjában, azaz a 14. életnapon, a PC kezelés madarai 9,4 g nyersfehérjét abszorbeáltak naponta. Ehhez képest a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok a 2,6%-kal jobb ileális emészthetőség ellenére is mindössze 7,5 g nyersfehérjét abszorbeáltak, ami 20,2%-kal maradt el a PC madarak esetében mért értéktől ( $P < 0,05$ ). A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták esetében a valinellátás és a nyersfehérje abszorpció összefüggései ugyancsak polinomiális egyenlettel írható le, amelynek erőssége mérsékelten szoros (11. ábra).

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 ( $P > 0,05$ ), 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 aminosavtartalmú diéta (PC) aminosav szintjére egészítjük ki kristályos aminosavak felhasználásával, úgy az ezen aminosavak vonatkozásában az abszorbeált aminosav mennyiség nem fog csökkenni ( $P < 0,05$ ). Hasonló tendencia érvényesült a csökkentett nyersfehérjetartalmú, de növekvő valintartalmú diéták esetében is (LPV1, LPV2, LPV3, LPV4, LPV5).

Valin esetében a csökkentett fehérjetartalmú, de valin kiegészítést nem tartalmazó állatok (LPV0) 28,3%-kal kevesebb valint abszorbeáltak, mint PC társaik ( $P < 0,05$ ).

## 23. táblázat

*Az indítótápok (1-14. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális abszorpciója (mg/nap)*

Megnevezés	KEZELÉSEK <sup>1</sup>							RMSE <sup>2</sup>	P
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5		
Nyersfehérje <sup>3</sup>	9,4 <sup>a</sup>	7,5 <sup>b</sup>	7,5 <sup>b</sup>	7,8 <sup>b</sup>	7,6 <sup>b</sup>	8,0 <sup>b</sup>	7,8 <sup>b</sup>	0,67	<0,001
<b>Aminosavak (mg/nap)</b>									
Lizin	590	570	530	540	530	560	550	0,02	0,326
Metionin	330	330	290	300	290	320	310	0,02	0,393
Met+Cisz	461	430	390	390	400	420	410	0,03	0,049
Treonin	360	350	340	350	350	360	360	0,01	0,715
<b>Valin</b>	<b>460<sup>a</sup></b>	<b>330<sup>c</sup></b>	<b>360<sup>c</sup></b>	<b>400<sup>b</sup></b>	<b>420<sup>b</sup></b>	<b>470<sup>a</sup></b>	<b>480<sup>a</sup></b>	<b>0,01</b>	<b>&lt;0,001</b>
Leucin	730 <sup>a</sup>	610 <sup>b</sup>	600 <sup>b</sup>	630 <sup>b</sup>	620 <sup>b</sup>	640 <sup>b</sup>	630 <sup>b</sup>	0,04	<0,001
Izoleucin	380 <sup>a</sup>	300 <sup>b</sup>	300 <sup>b</sup>	310 <sup>b</sup>	310 <sup>b</sup>	320 <sup>b</sup>	320 <sup>b</sup>	0,03	<0,001
Arginin	660 <sup>a</sup>	480 <sup>b</sup>	480 <sup>b</sup>	490 <sup>b</sup>	480 <sup>b</sup>	500 <sup>b</sup>	500 <sup>b</sup>	0,07	<0,001
Hisztidin	210 <sup>a</sup>	160 <sup>b</sup>	160 <sup>b</sup>	170 <sup>b</sup>	160 <sup>b</sup>	170 <sup>b</sup>	170 <sup>b</sup>	0,02	<0,001
Fenilalanin	410 <sup>a</sup>	350 <sup>b</sup>	350 <sup>b</sup>	360 <sup>b</sup>	360 <sup>b</sup>	370 <sup>b</sup>	370 <sup>b</sup>	0,02	<0,001
Glicin	350 <sup>a</sup>	270 <sup>b</sup>	270 <sup>b</sup>	280 <sup>b</sup>	280 <sup>b</sup>	290 <sup>b</sup>	290 <sup>b</sup>	0,03	<0,001
Prolin	560 <sup>a</sup>	460 <sup>b</sup>	460 <sup>b</sup>	470 <sup>b</sup>	460 <sup>b</sup>	490 <sup>b</sup>	470 <sup>b</sup>	0,04	<0,001
Aszparaginsav	880 <sup>a</sup>	690 <sup>b</sup>	700 <sup>b</sup>	730 <sup>b</sup>	720 <sup>b</sup>	760 <sup>b</sup>	750 <sup>b</sup>	0,06	<0,001
Cisztin	130 <sup>a</sup>	100 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>	0,01	<0,001
Szerin	460 <sup>a</sup>	360 <sup>b</sup>	370 <sup>b</sup>	380 <sup>b</sup>	370 <sup>b</sup>	390 <sup>b</sup>	390 <sup>b</sup>	0,04	<0,001
Glutaminsav	194 <sup>a</sup>	136 <sup>b</sup>	139 <sup>b</sup>	144 <sup>b</sup>	140 <sup>b</sup>	146 <sup>b</sup>	145 <sup>b</sup>	0,21	<0,001
Alanin	470 <sup>a</sup>	380 <sup>b</sup>	380 <sup>b</sup>	390 <sup>b</sup>	390 <sup>b</sup>	410 <sup>b</sup>	400 <sup>b</sup>	0,03	<0,001
Tirozin	260 <sup>a</sup>	220 <sup>b</sup>	220 <sup>b</sup>	230 <sup>b</sup>	230 <sup>b</sup>	240 <sup>b</sup>	230 <sup>b</sup>	0,01	<0,001
<b>Össz aminosav<sup>4</sup></b>	<b>9,2<sup>a</sup></b>	<b>7,2<sup>c</sup></b>	<b>7,3<sup>bc</sup></b>	<b>7,6<sup>b</sup></b>	<b>7,5<sup>bc</sup></b>	<b>7,9<sup>b</sup></b>	<b>7,7<sup>b</sup></b>	<b>0,62</b>	<b>&lt;0,001</b>

<sup>1</sup> PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1,20 g/kg, nevelő szakaszban: 0,70 g/kg, befejező szakaszban: 0,40 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül, LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0,50 g/kg, nevelő szakaszban: 0,50 g/kg, befejező szakaszban: 0,50 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,00 g/kg, nevelő szakaszban: 1,00 g/kg, befejező szakaszban: 1,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,50 g/kg, nevelő szakaszban: 1,60 g/kg, befejező szakaszban: 1,60 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV4 : indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,00 g/kg, nevelő szakaszban: 2,10 g/kg, befejező szakaszban: 2,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,50 g/kg, nevelő szakaszban: 2,70 g/kg, befejező szakaszban 2,70 g/kg L-valin kiegészítéssel

<sup>2</sup> RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

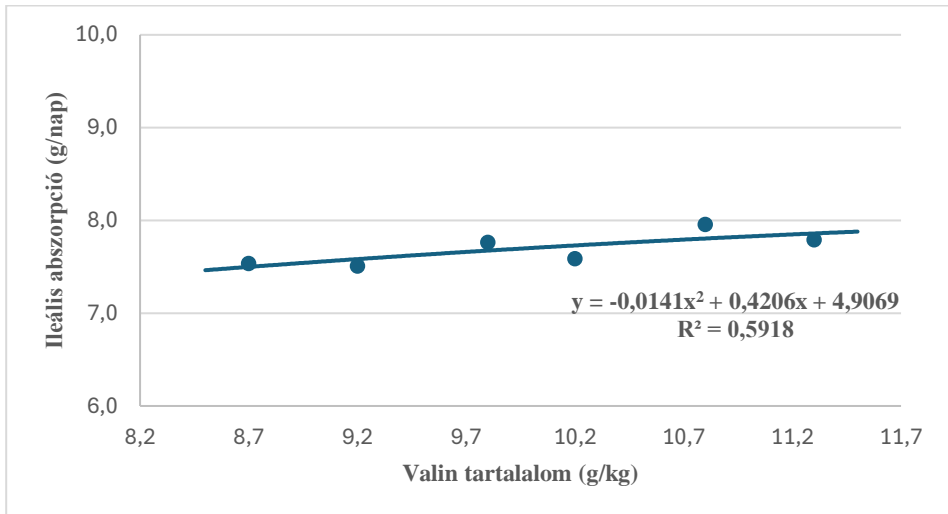
<sup>3</sup> g/kg

<sup>4</sup> triptofán nélkül

a, b, c: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

**11. ábra**

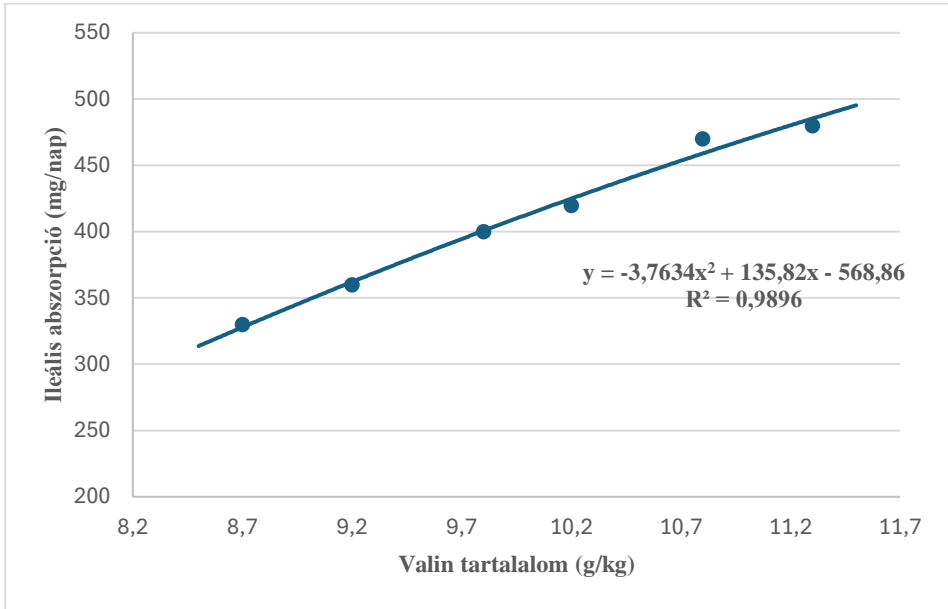
**A valinellátás és a nyersfehérje ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor**



A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták valin szintjének növelésével az abszorbeált valin mennyisége is nőtt, amelynek összefüggése (12. ábra) polinomiális egyenlettel írható le ( $y = -3,7634x^2 + 135,82x - 568,86$ ). Az összefüggés megbízhatósága igen erős ( $R^2$  0,9896). Szükséges megjegyezni, hogy az abszorpciónak a vizsgált tartományban nincs maximuma, ami valószínűsíthetően a fentebb leírtakhoz hasonlóan azzal magyarázható, hogy a hozzáadott kristályos aminosavak – így a valin is – gyakorlatilag 100%-ban felszívódnak, azaz 100%-ban abszorbeálódnak. Ebből adódóan az abszorbeált valin mennyisége (mg/nap) is addig fog növekedni, amíg egy esetleges imbalancestől kifolyólag a fehérjében kötött valin abszorbeált mennyisége csökkenni kezd, vagy a túladagolt valin toxikussá nem válik.

**12. ábra**

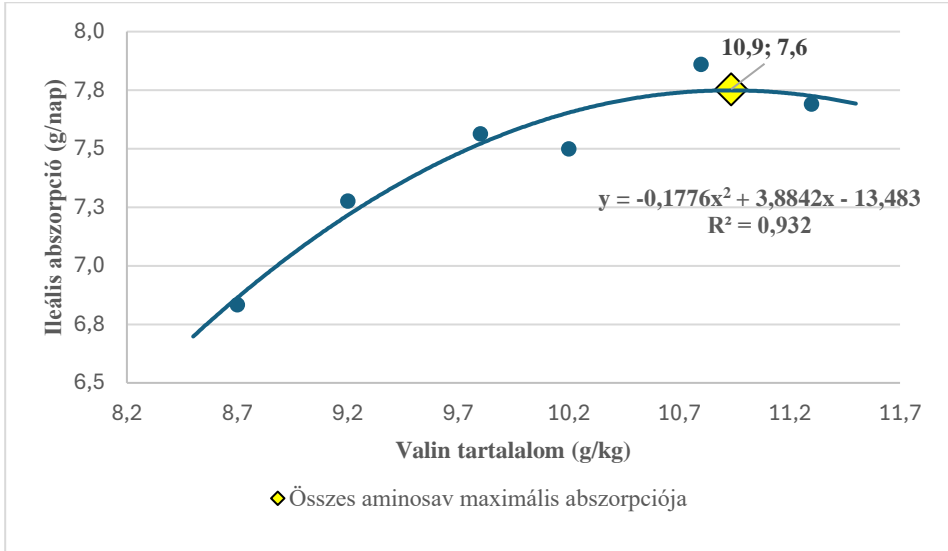
**A valinellátás és a valin ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor**



A kísérletsorozat adatai szerint a PC kezelés madarak a 14. életnapon, 9,2 g aminosavat (össz aminosav) abszorbeáltak. Ehhez képest a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok össz aminosav abszorpciója mindössze 7,2 g volt, ami 21,7%-kal maradt el a PC madarak ileális aminosav abszorpciójától ( $P < 0,05$ ). A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták (esetében a valin ellátás és az aminosav abszorpció összefüggése a 13. ábrán látható. Számításaim szerint az összefüggés – a többi összefüggésvizsgálat eredményeihez hasonlóan - ugyancsak polinomiális egyenlettel volt leírható ( $y = -0,1776x^2 + 3,8842x - 13,483$ ), amely összefüggés igen szoros volt ( $R^2 = 0,932$ ). Ebben az esetben (összes aminosav) az abszorpció maximum a takarmánykeverékek 10,9 g/kg valintartalma mellett realizálódik és 7,6 g/nap abszorbeálódott össz aminosavat jelent.

**13. ábra**

***A valinellátás és az összes aminosav ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1-14. nap) etetésekor***



Ez annyit jelent, hogy az összes aminosav abszorpciója a számított maximum érték mellett is 17,4%-kal elmarad a PC madarak esetében mért abszorpciótól. Ez a különbség a madarak élosúlyában illetve súlygyarapodásában is megnyilvánult (16. táblázat). Szükséges megjegyezni, hogy a súlygyarapodás elmaradása azonban ennél kisebb mértékű volt (az LPV0 kezelés esetében -8,5%), ami feltehetően azzal magyarázható, hogy a csökkentett nyersfehérjetartalmú takarmányt fogyasztó madarak az abszorbeálódott aminosav mennyiségből kevesebbet ürítettek a vizelettel, mint PC társaik. A baromfi esetében ugyanis a feleslegben lévő aminosavak egy része a vizeletben ürülhet (Babinszky és mtsai., 2003). Ebből adódóan a hasznosítható (ténylegesen a létfenntartásra és szövetépítésre rendelkezésre álló) aminosav mennyiség tekintetében már kisebb volt az eltérés a kezelések között, ami visszatükröződött a súlygyarapodásban regisztrált kisebb eltérésekben is.

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

A vizsgált kezeléseknek a nevelőtápok nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális emészthetőségére kifejtett hatását a 24. táblázatban foglaltam össze. Adataim szerint ebben a nevelési szakaszban (15-21. nap) a PC kezelés esetében a nyersfehérje ileális emészthetősége 77,9% volt. Hasonló eredményre jutottak Barua és mtsai. (2020) is, akik szója bázisú így magasabb fehérjetartalmú takarmányok etetése mellett 79.9% nyersfehérje emészthetőséget mértek. A csökkentett fehérjetartalmú, de valin kiegészítést nem tartalmazó LPV0 kezelés esetén a nyersfehérje emészthetősége 79,5%-ot ért el. Az ajánlás szerinti nyersfehérje- és valintartalmú diétához képest mért javulás (1,6%) – ellentétben az indítótápok esetén megállapítottakkal - már nem volt statisztikailag igazolható ( $P > 0,05$ ). A csökkentett fehérjetartalmú (LPV0, LPV1, LPV2, LPV3, LPV4, LPV5) nevelőtápok kristályos valinnal való kiegészítése, nem volt javító hatással fehérje emészthetőségére ( $P > 0,05$ ). A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták valintartalmának és fehérje emészthetőségének összefüggései a 14. ábrán láthatók. Számításaim alapján megállapítható, hogy ezen diéták valintartalma és a nyersfehérje emészthetősége közötti összefüggés polinomiális egyenlettel írható ugyan le ( $y = -0,4041x^2 + 7,2792x + 47,016$ ), de az összefüggés nagyon gyenge ( $R^2 = 0,2009$ ). Ez arra utal, hogy a kristályos valin kiegészítésnek a nevelő fázisban (15-21. nap) nem volt érdemi hatása a nyersfehérje emészthetőségére. Tekintettel arra, hogy az elemzett adatok parabola görbét írnak le (14. ábra) megállapítható az is, hogy a csökkentett fehérjetartalmú diéták esetében a fehérje emészthetőség a maximumát (78,9%) 9,0 g/kg valintartalom mellett éri el, amely mindösszesen 1%-kal haladja csak meg (77,9% vs. 78,9%) a PC kezelés esetében mért értéket (25. táblázat).

**24. táblázat*****A nevelőtápok (15-21. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális emészthetősége (%)***

Megnevezés	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>							RMSE <sup>3</sup>	P
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5		
Nyersfehérje	77,9	79,5	78,9	79,0	80,7	79,8	78,8	1,06	0,515
<b>Aminosavak</b>									
Lizin	83,8 <sup>b</sup>	86,0 <sup>ab</sup>	87,6 <sup>a</sup>	85,4 <sup>ab</sup>	87,1 <sup>a</sup>	85,6 <sup>ab</sup>	85,7 <sup>ab</sup>	1,38	0,005
Metionin	92,2	93,3	94,2	92,8	93,4	93,3	92,5	0,65	0,064
Met+Cisz	84,4	86,2	86,7	85,0	85,9	85,5	84,7	0,71	0,065
Treonin	69,0 <sup>b</sup>	73,1 <sup>ab</sup>	73,3 <sup>ab</sup>	72,4 <sup>ab</sup>	74,6 <sup>a</sup>	72,5 <sup>ab</sup>	72,9 <sup>ab</sup>	2,00	0,044
<b>Valin</b>	<b>77,9<sup>b</sup></b>	<b>78,1<sup>b</sup></b>	<b>78,1<sup>b</sup></b>	<b>79,6<sup>ab</sup></b>	<b>82,8<sup>a</sup></b>	<b>81,6<sup>ab</sup></b>	<b>81,6<sup>ab</sup></b>	<b>1,97</b>	<b>0,002</b>
Leucin	81,5	82,7	84,1	81,6	84,2	82,1	81,1	1,22	0,102
Izoleucin	79,2	80,2	81,6	78,9	81,6	79,5	78,7	1,24	0,116
Arginin	86,4	86,5	87,5	85,2	87,2	86,2	85,9	0,89	0,075
Hisztidin	79,9 <sup>ab</sup>	76,5 <sup>ab</sup>	77,1 <sup>ab</sup>	81,5 <sup>a</sup>	78,4 <sup>ab</sup>	77,5 <sup>ab</sup>	75,2 <sup>b</sup>	1,49	0,016
Fenilalanin	77,8	78,5	79,4	78,1	81,3	78,6	78,2	1,33	0,168
Glicin	71,2	72,1	73,2	70,6	73,1	71,4	71,3	1,10	0,520
Prolin	78,8	79,9	81	79,4	81,6	79,4	78,4	1,02	0,220
Aszparaginsav	73,1	74,2	75,2	72,7	75,6	74,3	73,2	1,27	0,318
Cisztin	70,1	70,3	70	67,7	69,2	68,2	67,4	1,18	0,219
Szerin	74,1	74,5	75,8	73,2	76,5	74,4	74,3	1,33	0,339
Glutaminsav	83,5	85,7	86,4	84,6	86,5	85,6	85,9	1,27	0,066
Alanin	79,0	81,1	82,6	80	81,5	80	79,6	1,15	0,285
Tirozin	74,6 <sup>b</sup>	80,0 <sup>a</sup>	81,4 <sup>a</sup>	78,9 <sup>ab</sup>	81,0 <sup>a</sup>	79,7 <sup>ab</sup>	76,5 <sup>ab</sup>	2,41	0,044
<b>Össz aminosav<sup>2</sup></b>	<b>78,9</b>	<b>80,7</b>	<b>81,9</b>	<b>79,3</b>	<b>82,2</b>	<b>80,4</b>	<b>80,8</b>	<b>1,43</b>	<b>0,041</b>

<sup>1</sup> PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1,20 g/kg, nevelő szakaszban: 0,70 g/kg, befejező szakaszban: 0,40 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül, LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0,50 g/kg, nevelő szakaszban: 0,50 g/kg, befejező szakaszban: 0,50 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,00 g/kg, nevelő szakaszban: 1,00 g/kg, befejező szakaszban: 1,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,50 g/kg, nevelő szakaszban: 1,60 g/kg, befejező szakaszban: 1,60 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV4 : indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,00 g/kg, nevelő szakaszban: 2,10 g/kg, befejező szakaszban: 2,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,50 g/kg, nevelő szakaszban: 2,70 g/kg, befejező szakaszban 2,70 g/kg L-valin kiegészítéssel

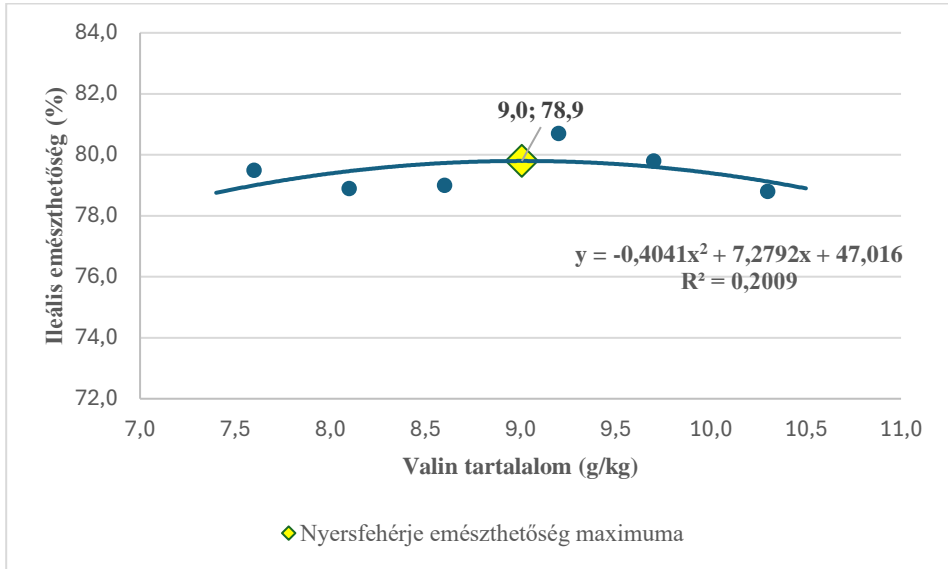
<sup>2</sup> triptofán nélkül

<sup>3</sup> RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

a, b, c: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

**14. ábra**

**A valinellátás és a nyersfehérje ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor**

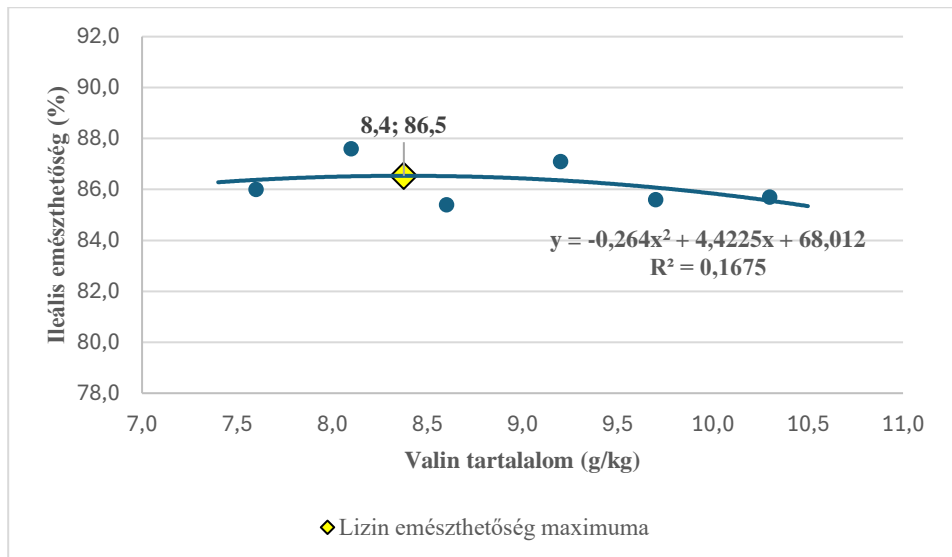


A **lizin** emészthetőségének változását vizsgálva azt találtam, hogy abban a nyersfehérjéhez hasonló trend érvényesült. A PC kezelés esetén 83,8% lizin emészthetőséget mértünk, mely jó egyezőséget mutat Bandegan és mtsai. (2011) 21. napos korban post mortem módszerrel mért adataival, búza esetében (83,7%). Ennél nagyobb lizin emészthetőséget találtak Batal és Parson (2002) kukorica-szója alapú takarmányok használatakor (89%). Fontos azonban megjegyezni, hogy Batal és Parson alptakarmányának fehérjetartalma 230 g/kg takarmány volt és a vizsgálati metodika és ürülékgyűjtésen alapult, ami valójában nem tekinthető emészthetőségnek tekintettel arra, hogy az ürülék tartalmazza az urinális eredetű aminosavakat is. A lizin emészthetősége 86,0%-ra emelkedett az LPV0 kezelés esetében. A 2,2%-os numerikus emészthetőség javulás azonban nem bizonyult szignifikánsnak ( $P > 0,05$ ). A valin dózis további növelése ellentétben az indító tápok esetében tapasztaltakkal nem csak numerikusan

növelte a lizin emészthetőségét, mert az LPV1 és LPV3 kezelés esetén a valin kiegészítés hatására az szignifikánsan nőtt ( $P < 0,05$ ). Ezen kezelések esetében detektált emészthetőség a PC értéket 3,8- illetve 3,3%-kal - is meghaladta ( $P < 0,05$ ). A csökkentett nyersfehérje tartalmú takarmánykeverékek (LPV0, LPV1, LPV2, LPV3, LPV4, LPV5) valintartalmának és a lizin emészthetőségének összefüggése a 15. ábrán látható. Számításaim szerint a valintartalom és a lizin ileális emészthetősége közötti összefüggés polinomiális egyenlettel írható le, az összefüggés erőssége - hasonlóan a nyersfehérje esetében megállapítotthoz – nagyon gyenge ( $R^2 = 0,1675$ ). Az ábrázolási görbe jellegéből adódóan emészthetőségi maximum is kiszámítható volt, amely 8,4 g/kg valintartalom mellett 86,5% emészthetőségben adható meg (15. ábra). Ez a maximum érték 2,7%-kal haladja meg a PC csoport lizin emészthetőségét, de 0,7 g/kg-mal kisebb valin szintnél (8,4 g/kg) realizálódik (25. táblázat).

### 15. ábra

*A valinellátás és a lizin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor*



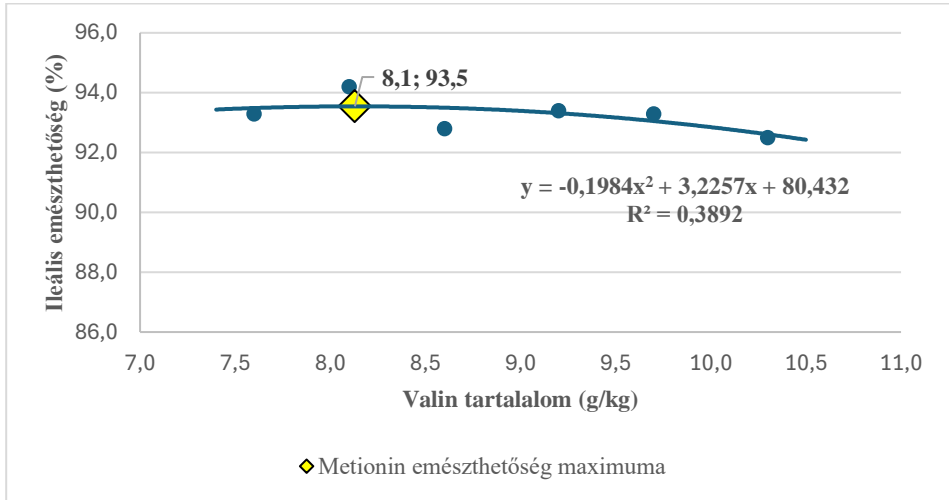
A **metionin emészthetőségét** vizsgálva azt találtuk, hogy ez az érték a PC madarak esetében 92,2% volt, ami a LPV0 nevelőtápot fogyasztó madarak vonatkozásában 1,1%-kal 93,3%-ra növekedett, de a növekedés mértéke nem volt szignifikáns ( $P>0,05$ ).

A további kezelésekből hasonló tendenciák érvényesültek, mint a nyersfehérje esetében, azaz a valin szintek növekedésével a metionin emészthetősége csak tendenciózusan (numerikusan) nőtt ( $P>0,05$ ).

A csökkentett nyersfehérjetartalmú takarmánykeverékek valintartalmának és a metionin emészthetőségének összefüggése a *16. ábrán* látható. Adataim alapján megállapítható, hogy a valintartalom és a metionin ileális emészthetősége közötti összefüggés gyenge ( $R^2 = 0,3892$ ), azaz a valin kiegészítésnek nincs érdemi hatása a metionin emészthetőségére ebben az időszakban (15-21. nap). A metionin emészthetősége maximumát (93,5%) a diéták 8,1 g/kg valintartalma mellett érte el (*16. ábra*), amely 1,0 g/kg-mal kisebb valin szintet jelent, mint a PC kezelés nevelőtápjának valin szintje (9,1 g/kg vs. 8,1g/kg). Ugyanakkor a metionin emészthetőségének maximuma 1,3%-kal nagyobb volt, mint a PC madarak esetében mért emészthetőség (*25. táblázat*).

**16. ábra**

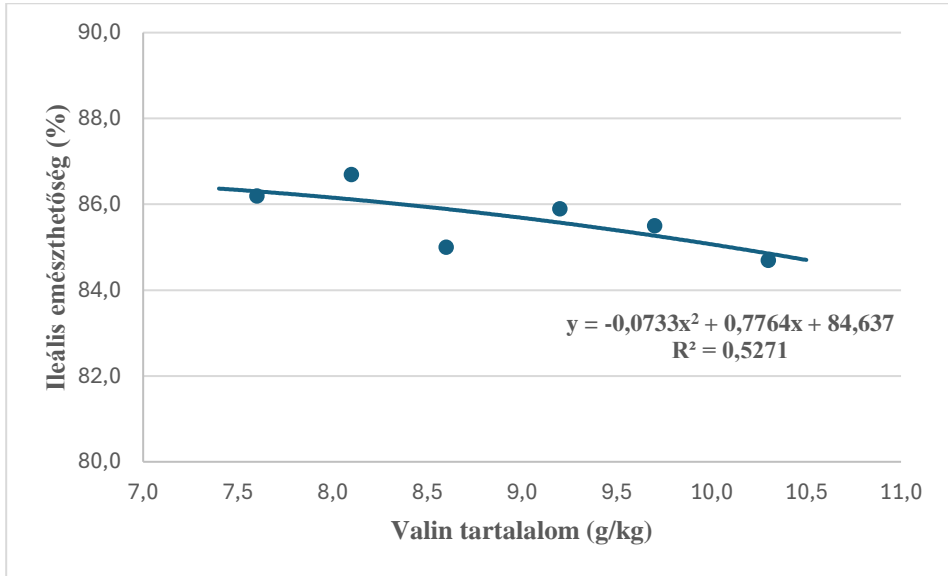
**A valinellátás és a metionin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor**



A két kéntartalmú aminosav (**metionin+cisztin**) együttes emészthetőségét vizsgálva azt találtam, hogy a PC kezelés kezeléséhez képest 1,8%-kal nagyobb volt a LPV0 csoportnál, amely azonban – hasonlóan a metionin esetében megállapítottakhoz - nem volt szignifikáns ( $P > 0,05$ ). Együttesen is tehát hasonló tendenciák érvényesülnek a metionin+cisztin esetében is mint önmagában a metioninnál, azzal a különbséggel, hogy a két aminosav együttes emészthetőségének maximuma 86,7%, amelyet 5,3 g/kg valintartalom mellett ér el (17. ábra), amely kívül esik az általam vizsgált tartományon. A számított emészthetőségi maximum 2,3%-kal nagyobb, mint a PC érték (25. táblázat). A polinomiális egyenlet  $R^2$  értéke 0,5271, ami mérsékelten erős összefüggést mutat a valin kiegészítés és az metionin+cisztin emészthetősége között.

**17. ábra**

***A valinellátás és a metionin+cisztin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor***



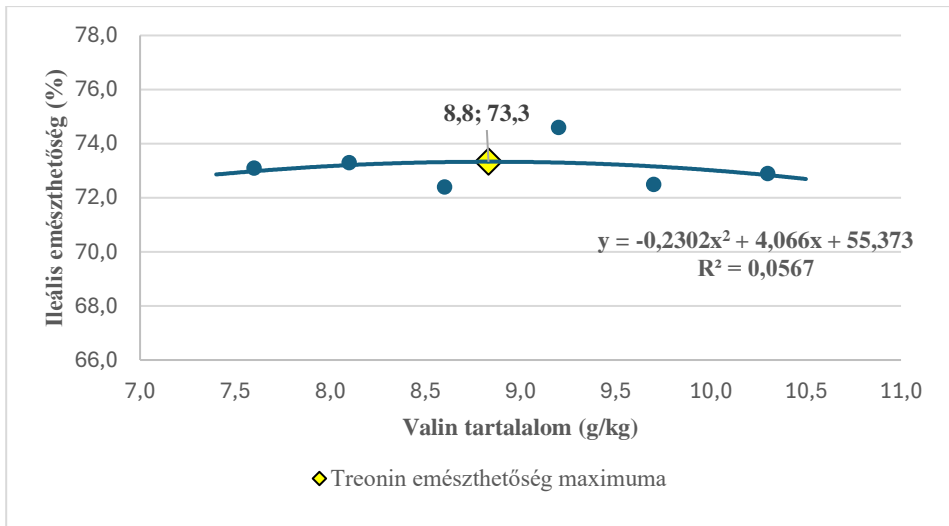
A **treonin** és a **valin** vizsgálata esetén megállapítható, hogy a PC csoporthoz képest nem szignifikánsan ( $P > 0,05$ ) ugyan, de javult az LPV0 madarak treonin és valin emészthetősége (69,0% vs. 73,1% és 77,9% vs. 78,1%, sorrendben) hasonlóan az eddig elemzett paraméterek esetében leírtakhoz. Batal és Parson (2002) treonin esetében 85%-os, míg valin esetében 87%-os ileális emészthetőséget mértek. A jelentős különbség valószínűsíthetően a kísérleti takarmányok nagy fehérjetartalmára és a vizsgálati metodika eltérésére vezethető vissza. A nagy fehérjetartalmú takarmányok ugyanis gyakran eltérő emészthetőségi értékeket eredményeznek, mivel a fehérje koncentrációja befolyásolja az aminosavak emésztését és felszívódását (Liu és mtsai., 2016). Emellett a különböző metodikai megközelítések (pl. különböző mintavételi

technikák) is hozzájárulhatnak a mért eredmények eltérőségéhez (Tossenberger és Horák, 2015). A treonin esetében mért javulás ugyan numerikusan nagy (+4,1%), de az eltérés -feltehetően az adatok viszonylag nagy varianciája miatt - statisztikailag nem volt igazolt ( $P > 0,05$ ). A valin esetében pedig gyakorlatilag numerikusan is azonos emészthetőséget mértem (+0,2%).

A csökkentett fehérjetartalmú diéták valintartalma és a **treonin** ileális emészthetőségének összefüggését a 18. ábra mutatja. A két vizsgálati paraméter közötti összefüggés nagyon gyenge ( $R^2 = 0,0567$ ). Az emészthetőség maximumát (73,3%) a diéták 8,8 g/kg valintartalma mellett éri el, amely 0,3 g/kg értékkel kevesebb, mint a PC csoport nevelőtápjának valintartalma. A treonin emészthetőségének maximuma pedig 1,3%-kal nagyobb, mint a PC madarak esetében mért érték (25. táblázat).

### 18. ábra

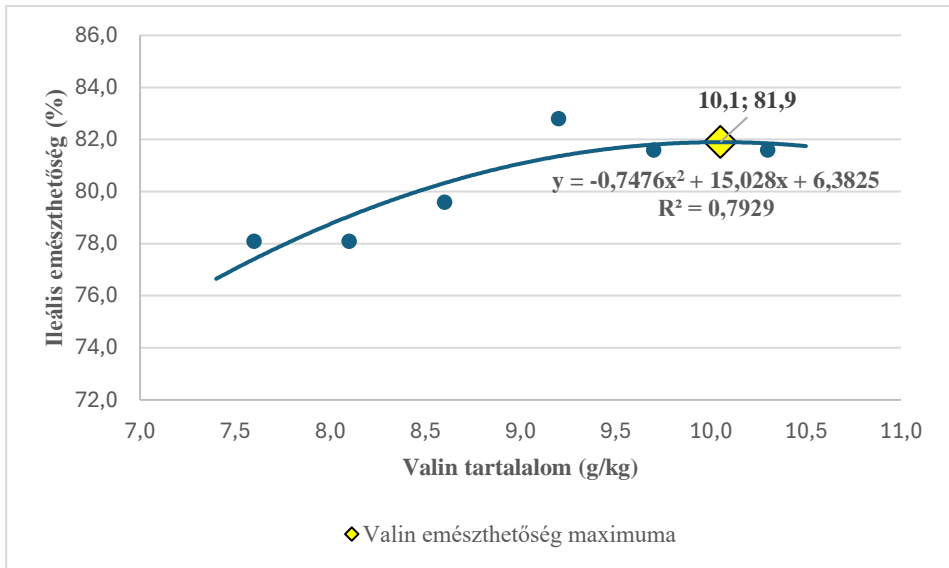
*A valinellátás és a treonin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor*



A valintartalom és a **valin** ileális emészthetőségének összefüggése a 19. ábrán látható. A két vizsgálati paraméter közötti összefüggés – ellentétben a treonin estében megállapítottakkal - nagyon erős ( $R^2 = 0,7929$ ). Ebben az esetben - ellentétben az indító fázisban megállapítottakkal – a valin emészthetőségének és a diéták valintartalmának összefüggéseit leíró egyenlet alapján a valin emészthetőségnek a vizsgált tartományon belül is van maximuma, amely 81,9%, és 10,1 g/kg valintartalom mellett érhető el. Ez az érték 12,9%-kal nagyobb a PC kezeléshez képest és 1 g/kg többlet valin mellett (9,1 g/kg vs. 10,1 g/kg) realizálódik.

### 19. ábra

*A valinellátás és a valin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor*

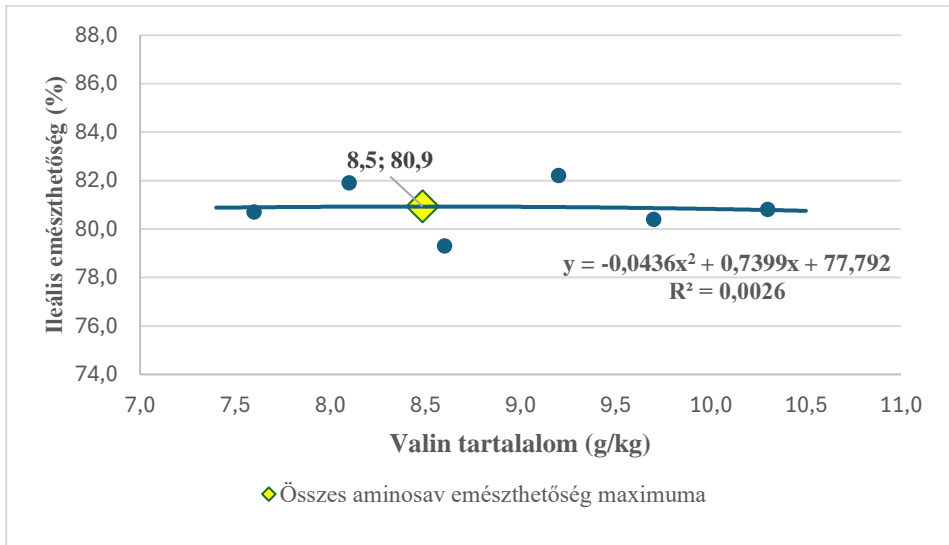


Az **összes aminosav** (triptofán nélkül) emészthetőségi eredményei alapján (24. táblázat) megállapítható, hogy a kezeléseknek nem volt hatása az összes aminosav emészthetőségére ( $P > 0,05$ ).

A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták valintartalmának és az összes aminosav (triptofán kivételével) emészthetőségének összefüggései a 20. ábrán láthatók. Az összefüggés hasonlóan az eddig vizsgált paraméterekhez (nyersfehérje, lizin, metionin, metionin+cisztin, treonin és valin) polinomiális egyenlettel írható le, amely nagyon gyenge összefüggést mutat ( $R^2 = 0,0026$ ). A csökkentett fehérjetartalmú diéták esetében az összes aminosav emészthetősége maximumát (80,9%) a diéták 8,5 g/kg valintartalma mellett éri el (20. ábra). Az emészthetőség maximuma 2,0%-kal haladja meg a PC kezelés esetében mért értéket 0,6 g/kg-kal kevesebb valintartalom mellett (25. táblázat).

## 20. ábra

**A valinellátás és az összes aminosav ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor**



**25. táblázat****Néhány aminosav ileális emészthetőségének maximuma a nevelőtápok etetésének időszakában (15-21. nap)**

Aminosavak	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>					Eltérés <sup>2</sup>	
	PC		LPV0-LPV1	LPV2-LPV3	LPV4-LPV5	(%)	
	Emészthetőség (%)	Valin szint (g/kg)	Emészthetőség maximuma (%)	Valin szint (g/kg)	R <sup>2</sup> =	A <sup>a</sup>	B <sup>b</sup>
Nyersfehérje	77,9	9,1	78,9	9,0	0,2009	+1,0	-0,1
Lizin	83,8	9,1	86,5	8,4	0,1675	+2,7	-0,7
Metionin	92,2	9,1	93,5	8,1	0,3892	+1,3	-1,0
M+C	84,4	9,1	86,7	5,3	0,5271	+2,3	-3,8
Treonin	72,0	9,1	73,3	8,8	0,0567	+1,3	-0,3
Valin	69,0	9,1	81,9	10,1	0,7929	+12,9	+1,0
<b>Összes aminosav</b>	<b>78,9</b>	<b>9,1</b>	<b>80,9</b>	<b>8,5</b>	<b>0,0026</b>	<b>+2,0</b>	<b>-0,6</b>

<sup>1</sup>PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1,20 g/kg, nevelő szakaszban: 0,70 g/kg, befejező szakaszban: 0,40 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül, LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0,50 g/kg, nevelő szakaszban: 0,50 g/kg, befejező szakaszban: 0,50 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,00 g/kg, nevelő szakaszban: 1,00 g/kg, befejező szakaszban: 1,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,50 g/kg, nevelő szakaszban: 1,60 g/kg, befejező szakaszban: 1,60 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV4 : indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,00 g/kg, nevelő szakaszban: 2,10 g/kg, befejező szakaszban: 2,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,50 g/kg, nevelő szakaszban: 2,70 g/kg, befejező szakaszban 2,70 g/kg L-valin kiegészítéssel

<sup>2</sup>A: eltérés az emészthetőségben (%); B: eltérés a valinszintben (g/kg)

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

A vizsgált kezeléseknek a nevelőtápok nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális abszorpciójára (mg/nap) kifejtett hatását a 26. táblázatban foglaltam össze. Méréseink szerint ebben a nevelési szakaszban (15-21. nap) a mintavételezés időpontjában, azaz a 21. életnapon, a PC kezelés madarai 21,6 g nyersfehérjét abszorbeáltak naponta. A csökkentett fehérjetartalmú és kristályos valin kiegészítés nélküli LPV0 kezelést fogyasztó állatok esetében a 1,6%-kal jobb ileális emészthetőség ellenére mindössze 16,1 g fehérje abszorbeálódott, ami 25,5%-kal maradt el a PC madaraktól mért értéktől ( $P < 0,05$ ).

Számításaink szerint a csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták esetében a valinellátás és a nyersfehérje abszorpció összefüggései polinomiális egyenlettel írható le (21. ábra), amely igen erős összefüggést mutat ( $R^2 = 0,767$ ). A nyersfehérje abszorpció maximumát 17,7 g/nap értékkel 10,2 g/kg valintartalom mellett éri el. Ez az érték 18,0%-kal kisebb, mint a PC madarak fehérjeabszorpciója, amelyet azok 1,1 g/kg-mal nagyobb valintartalom mellett realizáltak.

Lizinből a PC madarak 1070 mg-ot abszorbeáltak naponta, amelyhez képest az LPV0 madarak 3,7%-kal több lizin abszorbeálására voltak képesek (1110 mg/nap). A különbség statisztikailag is igazolható volt ( $P < 0,05$ ). Az LPV0 diéta valinnal történő kiegészítéskor azonban a lizin abszorpció nem nőtt tovább ( $P > 0,05$ ). Ez annyit jelent, hogy a csökkentett fehérjetartalmú diétákat fogyasztó madarak feltehetően már elegendő ileálisan abszorbeált lizinnel rendelkeztek, azaz önmagában a lizin szükségletük a vizsgált takarmányozási szituációban biztosított volt. Metionin esetében az LPV0 madarak abszorpciója 35,4%-kal haladta meg a PC értéket ( $P < 0,05$ ), amelyet azonban a valin dózisok nem növeltek tovább. Figyelemre méltó, hogy a metionin+cisztein abszorpciójának együttes vizsgálatakor a két kéntartalmú aminosavból együttesen, a

madarak valamennyi azonos mennyiséget abszorbeáltak, ami azt is jelenti, hogy ebből az egymást helyettesíteni képes két aminosavból, a csökkentett fehérjetartalmú diéták esetében is legalább annyi állt rendelkezésre, mint a PC brojlereknél.

Valin esetében a csökkentett fehérjetartalmú, de valin kiegészítést nem tartalmazó állatok (LPV0) 23,3%-kal kevesebb valint abszorbeáltak, mint PC társaik ( $P < 0,05$ ). A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták valin szintjének növelésével az abszorbeált valin mennyisége is nőtt (22. ábra). Az összefüggés megbízhatósága nagyon erős ( $R^2 = 0,996$ ). A valin abszorpciós maximuma 1088 mg/nap, amely azonban kívül esik az általam vizsgált tartományon, mivel ez a maximum 12 g/kg valintartalom mellett érhető el (az adatok nincsenek táblázatba/ábrába foglalva). Ez annyit jelent, hogy a PC kezeléshez képest is 20,9% magasabb abszorpció is realizálható, amennyiben a diéta valintartalma 2,9 g/kg-kal nagyobb, mint a PC érték (9,1 g/kg).

Adataim szerint a PC kezelés madarai a 21. életnapon, 19,9 g aminosavat (össz aminosav) abszorbeáltak. Ehhez képest a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó madarak emésztőtraktusából mindössze 15,8 g aminosav szívódott fel összesen (össz aminosav), ami 20,6%-kal maradt el a PC madarak ileális aminosav abszorpciójától ( $P < 0,05$ ). A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták esetében a valin ellátás és az aminosav abszorpció összefüggése a 23. ábrán látható. Számításaink szerint az összefüggés – a többi összefüggés-vizsgálat eredményeihez hasonlóan - ugyancsak polinomiális egyenlettel volt leírható ( $y = -0,3214x^2 + 6,1368x - 12,324$ ), amely nagyon erős összefüggést mutat ( $R^2 = 0,9422$ ). Ebben az esetben (összes aminosav) az abszorpciós maximum a takarmány-keverékek 9,5 g/kg valintartalma mellett realizálódott és 17,0 g/nap abszorbeálódott össz aminosavat jelentett.

## 26. táblázat

*A nevelőtápok (15-21. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális abszorpciója (mg/nap)*

Megnevezés	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>							RMSE <sup>2</sup>	P
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5		
Nyersfehérje <sup>3</sup>	21,6 <sup>a</sup>	16,1 <sup>c</sup>	16,3 <sup>c</sup>	17,0 <sup>bc</sup>	17,1 <sup>bc</sup>	18,3 <sup>b</sup>	17,4 <sup>bc</sup>	1,81	<0,001
<b>Aminosavak (mg/nap)</b>									
Lizin	1070 <sup>b</sup>	1110 <sup>ab</sup>	1150 <sup>ab</sup>	1170 <sup>ab</sup>	1180 <sup>a</sup>	1190 <sup>a</sup>	1150 <sup>ab</sup>	0,05	0,014
Metionin	480 <sup>b</sup>	650 <sup>a</sup>	670 <sup>a</sup>	690 <sup>a</sup>	680 <sup>a</sup>	700 <sup>a</sup>	670 <sup>a</sup>	0,09	<0,001
Met+Cisz	820	870	890	910	910	930	890	0,04	0,286
Treonin	690	680	690	710	720	720	700	0,02	0,249
<b>Valin</b>	<b>900<sup>cd</sup></b>	<b>690<sup>e</sup></b>	<b>750<sup>e</sup></b>	<b>840<sup>d</sup></b>	<b>930<sup>bc</sup></b>	<b>990<sup>ab</sup></b>	<b>1020<sup>a</sup></b>	<b>0,03</b>	<b>&lt;0,001</b>
Leucin	1750 <sup>a</sup>	1360 <sup>b</sup>	1400 <sup>b</sup>	1420 <sup>b</sup>	1440 <sup>b</sup>	1440 <sup>b</sup>	1380 <sup>b</sup>	0,14	<0,001
Izoleucin	850 <sup>a</sup>	620 <sup>b</sup>	650 <sup>b</sup>	650 <sup>b</sup>	660 <sup>b</sup>	660 <sup>b</sup>	640 <sup>b</sup>	0,08	<0,001
Arginin	1410 <sup>a</sup>	1030 <sup>b</sup>	1050 <sup>b</sup>	1070 <sup>b</sup>	1080 <sup>b</sup>	1090 <sup>b</sup>	1060 <sup>b</sup>	0,14	<0,001
Hisztidin	680 <sup>a</sup>	410 <sup>c</sup>	420 <sup>bc</sup>	460 <sup>b</sup>	440 <sup>bc</sup>	440 <sup>bc</sup>	420 <sup>bc</sup>	0,10	<0,001
Fenilalanin	910 <sup>a</sup>	690 <sup>b</sup>	710 <sup>b</sup>	730 <sup>b</sup>	750 <sup>b</sup>	740 <sup>b</sup>	720 <sup>b</sup>	0,07	<0,001
Glicin	770 <sup>a</sup>	560 <sup>b</sup>	580 <sup>b</sup>	580 <sup>b</sup>	590 <sup>b</sup>	600 <sup>b</sup>	580 <sup>b</sup>	0,08	<0,001
Prolin	1310 <sup>a</sup>	1020 <sup>b</sup>	1050 <sup>b</sup>	1080 <sup>b</sup>	1090 <sup>b</sup>	1090 <sup>b</sup>	1040 <sup>b</sup>	0,10	<0,001
Aszparaginsav	1970 <sup>a</sup>	1410 <sup>b</sup>	1460 <sup>b</sup>	1470 <sup>b</sup>	1510 <sup>b</sup>	1520 <sup>b</sup>	1450 <sup>b</sup>	0,20	<0,001
Cisztin	340 <sup>a</sup>	220 <sup>b</sup>	220 <sup>b</sup>	230 <sup>b</sup>	230 <sup>b</sup>	230 <sup>b</sup>	220 <sup>b</sup>	0,05	<0,001
Szerin	1030 <sup>a</sup>	740 <sup>b</sup>	770 <sup>b</sup>	770 <sup>b</sup>	800 <sup>b</sup>	800 <sup>b</sup>	770 <sup>b</sup>	0,10	<0,001
Glutaminsav	4210 <sup>a</sup>	3250 <sup>b</sup>	3330 <sup>b</sup>	3390 <sup>b</sup>	3430 <sup>b</sup>	3470 <sup>b</sup>	3380 <sup>b</sup>	0,33	<0,001
Alanin	1070 <sup>a</sup>	850 <sup>b</sup>	880 <sup>b</sup>	890 <sup>b</sup>	890 <sup>b</sup>	900 <sup>b</sup>	870 <sup>b</sup>	0,08	<0,001
Tirozin	590 <sup>a</sup>	500 <sup>b</sup>	520 <sup>b</sup>	520 <sup>b</sup>	530 <sup>b</sup>	540 <sup>b</sup>	500 <sup>b</sup>	0,03	<0,001
<b>Össz aminosav<sup>4</sup></b>	<b>19,9<sup>a</sup></b>	<b>15,8<sup>b</sup></b>	<b>16,3<sup>b</sup></b>	<b>16,5<sup>b</sup></b>	<b>17,0<sup>b</sup></b>	<b>17,1<sup>b</sup></b>	<b>16,7<sup>b</sup></b>	<b>1,29</b>	<b>&lt;0,001</b>

<sup>1</sup>PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1.20 g/kg, nevelő szakaszban: 0.70 g/kg, befejező szakaszban: 0.40 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül, LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0.60 g/kg, nevelő szakaszban: 0.50 g/kg, befejező szakaszban: 0.50 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1.10 g/kg, nevelő szakaszban: 1.00 g/kg, befejező szakaszban: 1.05 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1.65 g/kg, nevelő szakaszban: 1.55 g/kg, befejező szakaszban: 1.55 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV4 : indító szakaszban: csökkentett fehérje 2.20 g/kg, nevelő szakaszban: 2.10 g/kg, befejező szakaszban: 2.01 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2.75 g/kg, nevelő szakaszban: 2.65 g/kg, befejező szakaszban 2.65 g/kg L-valin kiegészítéssel

<sup>2</sup>RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

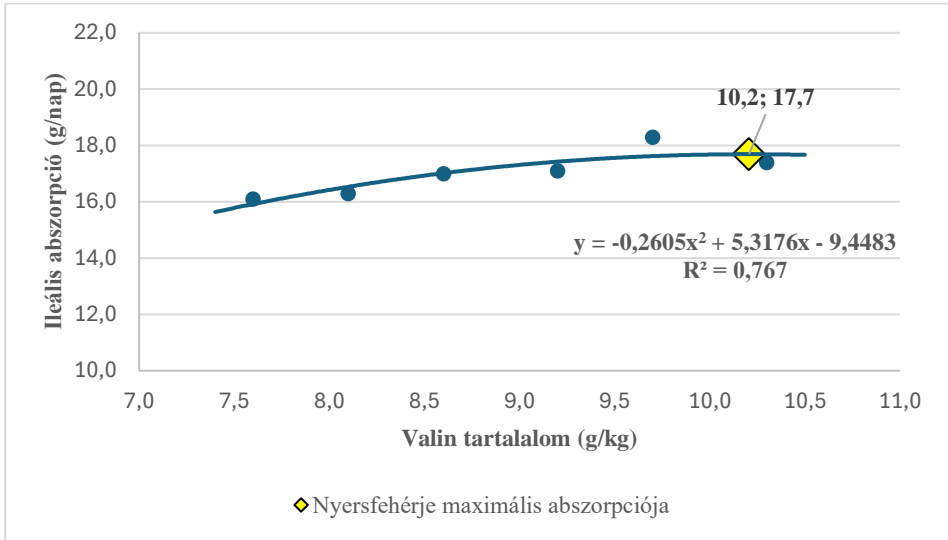
<sup>3</sup>g/kg

<sup>4</sup>triptofán nélkül

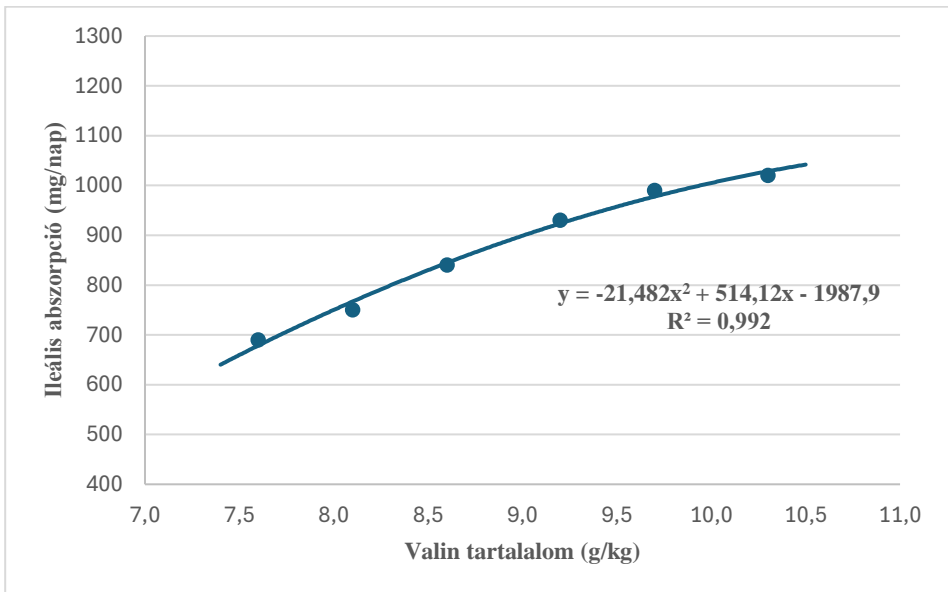
a, b, c: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

**21. ábra**

*A valinellátás és a nyersfehérje ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor*

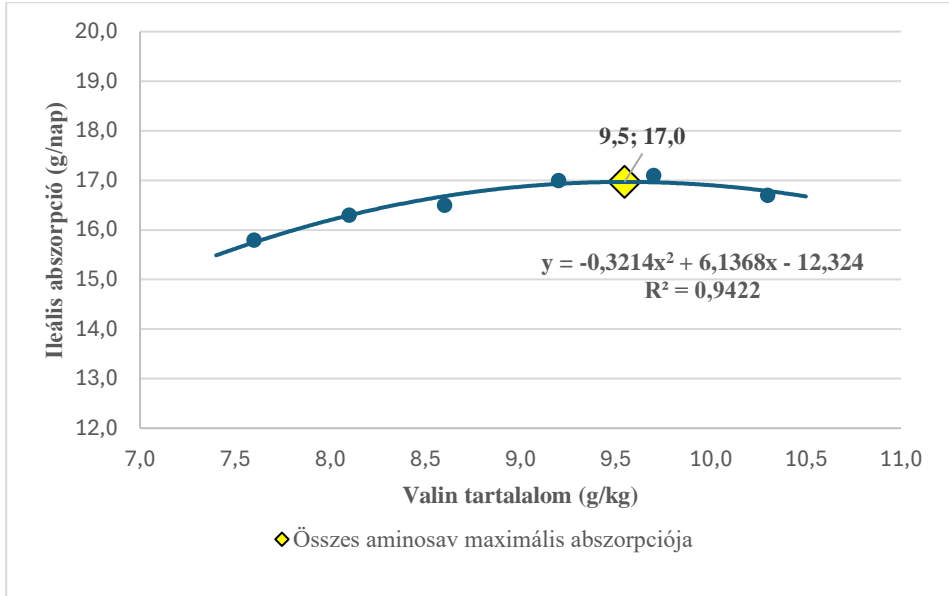
**22. ábra**

*A valinellátás és a valin ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor*



**23. ábra**

***A valinellátás és az összes aminosav ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor***



Eredményeim szerint az összes aminosav abszorpciója a számított maximum érték mellett is 14,6%-kal elmarad a PC madarak esetében mért abszorpciótól. Ez a különbség a madarak élősúlyában illetve súlygyarapodásában is megnyilvánult (16. táblázat). A súlygyarapodás elmaradása azonban ennél kisebb mértékű volt az LPV0 kezelés esetén (-4,1%), míg az LPV2 kezelésnél -0,6%-ra mérséklődött. Ez feltételezhetően az indító fázisban leirtakkal magyarázható, azaz restriktív nyersfehérjeellátás esetén az urinális aminosav ürítés is kisebb lesz (Babinszky és mtsai., 2003, Whitacre és Tanner, 2018). Ebből adódóan valószínűsíthetően, a ténylegesen létfenntartásra és szövetépítésre rendelkezésre álló aminosav mennyiség tekintetében már kisebb volt az eltérés a kezelések között, ami visszatükröződött a súlygyarapodásban regisztrált kisebb eltérésekben is.

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

A befejezőtápok nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális emészthetőségre kifejtett hatását a 27. táblázatban foglaltam össze. A vizsgálat adatai szerint ebben a nevelési szakaszban (22-35. nap) a PC kezelés esetén mértem a legalacsonyabb nyersfehérje emészthetőséget, amely 72,4% volt. Ettől statisztikailag igazolható módon ( $P > 0,05$ ) nem tért el a csökkentett nyersfehérjetartalmú, de valin kiegészítést nem tartalmazó LPV0 kezelés esetén mért fehérjeemészthetőség (72,7%) sem.

A csökkentett nyersfehérjetartalmú, de kristályos valint tartalmazó kezelések esetén (LPV1-5) a nyersfehérje emészthetőség szignifikánsan javult ( $P < 0,05$ ) a PC és az LPV0 kezelésekhez képest is. Az LPV1-5 kezelések között további statisztikailag igazolható különbség már nem volt megállapítható ( $P > 0,05$ ). A legkedvezőbb nyersfehérje emészthetőség az LPV3 kezelés esetén volt mérhető (78,8%), amely 6,4%-kal volt nagyobb, mint a PC esetében mért érték (72,4%). Hasonló eredményre jutottak a közel azonos korú madarakkal végzett vizsgálataikban Hemetsberger és mtsai. (2021) is, akik különböző takarmányalapanyagok aminosavtartalmának emészthetőségét vizsgálták. Valószínűsíthető, hogy ebben az életszakaszban megállapított javulás az indító és nevelő fázisban már kifejtett okra vezethető vissza, azaz a szűkös táplálóanyag ellátás miatt az abszorpciós ráta is emelkedett. Lényegi különbség az indító (1-14. nap) és nevelő (15-21.nap) fázisokhoz képest, hogy a befejező fázis (22-35.nap) esetén a kristályos valin fokozatos emelése már nem csak numerikusan növelte a nyersfehérje emészthetőséget a PC és LPV0 kezelésekhez képest, hanem szignifikánsan is ( $P < 0,05$ ).

## 27. táblázat

*A befejezőtápok (22-35. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális emészthetősége (%)*

Megnevezés	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>							RMSE <sup>2</sup>	P
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5		
Nyersfehérje	72,4 <sup>b</sup>	72,7 <sup>b</sup>	77,4 <sup>a</sup>	78,3 <sup>a</sup>	78,8 <sup>a</sup>	77,7 <sup>a</sup>	77,4 <sup>a</sup>	2,9	<0,001
<b>Aminosavak</b>									
Lizin	78,9 <sup>c</sup>	81,6 <sup>bc</sup>	84,3 <sup>b</sup>	86,2 <sup>a</sup>	86,0 <sup>a</sup>	85,9 <sup>a</sup>	85,2 <sup>a</sup>	3,3	<0,001
Metionin	89,3 <sup>bc</sup>	88,9 <sup>c</sup>	91,5 <sup>ab</sup>	91,8 <sup>a</sup>	92,4 <sup>a</sup>	91,7 <sup>a</sup>	91,8 <sup>a</sup>	1,5	<0,001
Met+Cisz	82,1 <sup>bc</sup>	82,0 <sup>c</sup>	84,8 <sup>a</sup>	84,7 <sup>ab</sup>	85,0 <sup>a</sup>	84,7 <sup>ab</sup>	85,0 <sup>a</sup>	4,5	<0,001
Treonin	57,0 <sup>d</sup>	64,5 <sup>cd</sup>	71,9 <sup>a</sup>	71,2 <sup>ab</sup>	68,9 <sup>ab</sup>	68,1 <sup>abc</sup>	67,3 <sup>bc</sup>	6,1	<0,001
<b>Valin</b>	<b>71,6<sup>c</sup></b>	<b>72,0<sup>c</sup></b>	<b>78,0<sup>b</sup></b>	<b>79,2<sup>ab</sup></b>	<b>80,2<sup>ab</sup></b>	<b>81,1<sup>ab</sup></b>	<b>81,9<sup>a</sup></b>	<b>4,2</b>	<b>&lt;0,001</b>
Leucin	76,5 <sup>bc</sup>	76,3 <sup>c</sup>	81,2 <sup>a</sup>	82,7 <sup>a</sup>	82,2 <sup>a</sup>	80,7 <sup>abc</sup>	81,1 <sup>ab</sup>	2,9	<0,001
Izoleucin	73,5 <sup>bc</sup>	73,3 <sup>c</sup>	78,0 <sup>ab</sup>	80,2 <sup>a</sup>	79,6 <sup>a</sup>	78,1 <sup>ab</sup>	78,6 <sup>a</sup>	3,1	<0,001
Arginin	83,5 <sup>b</sup>	83,9 <sup>b</sup>	86,4 <sup>a</sup>	87,3 <sup>a</sup>	86,8 <sup>a</sup>	86,8 <sup>a</sup>	86,4 <sup>a</sup>	1,7	<0,001
Hisztidin	73,6 <sup>bc</sup>	72,7 <sup>c</sup>	77,5 <sup>a</sup>	79,0 <sup>a</sup>	77,8 <sup>a</sup>	77,3 <sup>ab</sup>	77,5 <sup>a</sup>	2,5	<0,001
Fenilalanin	74,1 <sup>bc</sup>	73,6 <sup>c</sup>	77,7 <sup>ab</sup>	79,5 <sup>a</sup>	78,5 <sup>a</sup>	76,7 <sup>abc</sup>	77,3 <sup>abc</sup>	2,4	<0,001
Glicin	62,6 <sup>c</sup>	62,7 <sup>bc</sup>	67,3 <sup>ab</sup>	69,2 <sup>a</sup>	70,0 <sup>a</sup>	68,6 <sup>a</sup>	68,0 <sup>a</sup>	3,3	<0,001
Prolin	68,0 <sup>b</sup>	68,7 <sup>b</sup>	75,0 <sup>a</sup>	75,3 <sup>a</sup>	75,9 <sup>a</sup>	75,1 <sup>a</sup>	75,0 <sup>a</sup>	3,8	<0,001
Aszparaginsav	64,5 <sup>c</sup>	64,7 <sup>bc</sup>	70,4 <sup>a</sup>	72,5 <sup>a</sup>	72,9 <sup>a</sup>	71,6 <sup>a</sup>	69,6 <sup>ab</sup>	3,8	<0,001
Cisztin	68,7	67,9	70,9	70,2	70,6	70,4	70,7	1,2	0,160
Szerin	69,4 <sup>bc</sup>	67,0 <sup>c</sup>	71,0 <sup>abc</sup>	74,6 <sup>a</sup>	74,9 <sup>a</sup>	73,6 <sup>ab</sup>	73,6 <sup>ab</sup>	2,6	<0,001
Glutaminsav	78,7 <sup>ab</sup>	77,2 <sup>b</sup>	80,5 <sup>ab</sup>	81,7 <sup>ab</sup>	82,8 <sup>a</sup>	82,9 <sup>a</sup>	81,7 <sup>ab</sup>	1,9	0,002
Alanin	68,6 <sup>b</sup>	68,1 <sup>b</sup>	74,6 <sup>a</sup>	76,8 <sup>a</sup>	77,6 <sup>a</sup>	75,3 <sup>a</sup>	75,9 <sup>a</sup>	4,2	<0,001
Tirozin	74,2 <sup>ab</sup>	72,1 <sup>b</sup>	76,8 <sup>ab</sup>	77,6 <sup>a</sup>	76,0 <sup>ab</sup>	76,4 <sup>ab</sup>	75,3 <sup>ab</sup>	1,8	0,037
<b>Össz aminosav<sup>3</sup></b>	<b>73,3<sup>b</sup></b>	<b>73,4<sup>b</sup></b>	<b>77,7<sup>a</sup></b>	<b>79,7<sup>a</sup></b>	<b>79,1<sup>a</sup></b>	<b>78,2<sup>a</sup></b>	<b>78,9<sup>a</sup></b>	<b>3,0</b>	<b>&lt;0,001</b>

<sup>1</sup> PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1,20 g/kg, nevelő szakaszban: 0,70 g/kg, befejező szakaszban: 0,40 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül, LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0,50 g/kg, nevelő szakaszban: 0,50 g/kg, befejező szakaszban: 0,50 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,00 g/kg, nevelő szakaszban: 1,00 g/kg, befejező szakaszban: 1,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,50 g/kg, nevelő szakaszban: 1,60 g/kg, befejező szakaszban: 1,60 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV4 : indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,00 g/kg, nevelő szakaszban: 2,10 g/kg, befejező szakaszban: 2,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,50 g/kg, nevelő szakaszban: 2,70 g/kg, befejező szakaszban 2,70 g/kg L-valin kiegészítéssel

<sup>2</sup> RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

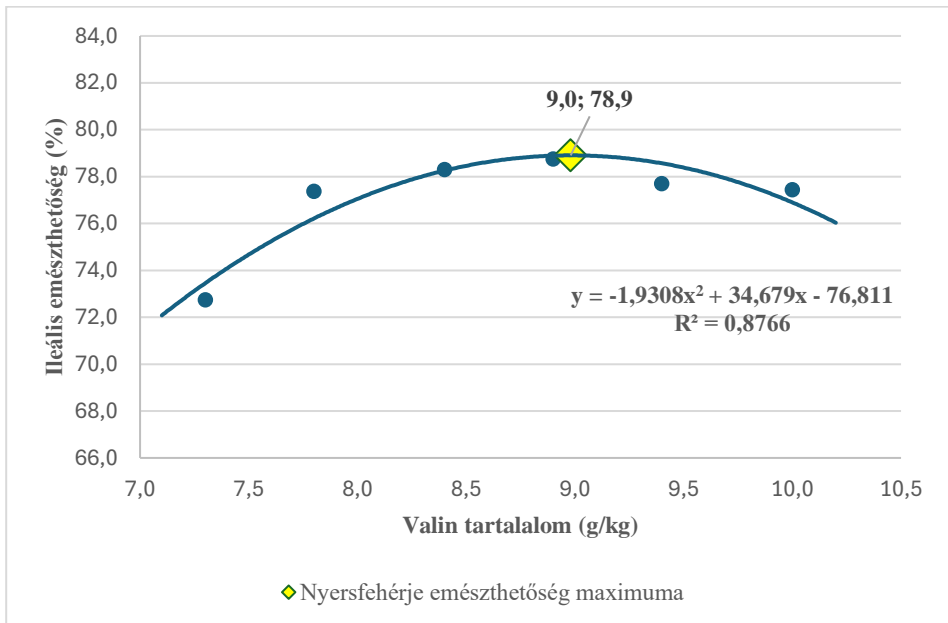
<sup>3</sup> triptofán nélkül

a, b, c : A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták (LPV0-LPV5) valintartalmának és fehérje emészthetőségének összefüggései a 24. ábrán láthatók. Számításaim alapján megállapítható, hogy ezen diéták valintartalma és a nyersfehérje emészthetősége közötti összefüggés is polinomiális egyenlettel írható le ( $y = -1,9308x^2 + 34,679x - 76,811$ ), amely nagyon erős összefüggést mutat ( $R^2 = 0,8766$ ). A fehérje emészthetősége maximumát (78,9%) a diéták 9,0 g/kg valintartalma mellett éri el (24. ábra), amely közel azonos a LPV3 befejező diéta valintartalmával. Az emészthetőség maximuma 6,5%-kal haladja meg a PC kezelés esetében mért értéket (28. táblázat), és gyakorlatilag megegyezik az LPV3 kezelés esetében mért emészthetőség mértékével (78,8%).

#### 24. ábra

**A valinellátás és a nyersfehérje ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtípusok (22-35. nap) etetésekor**

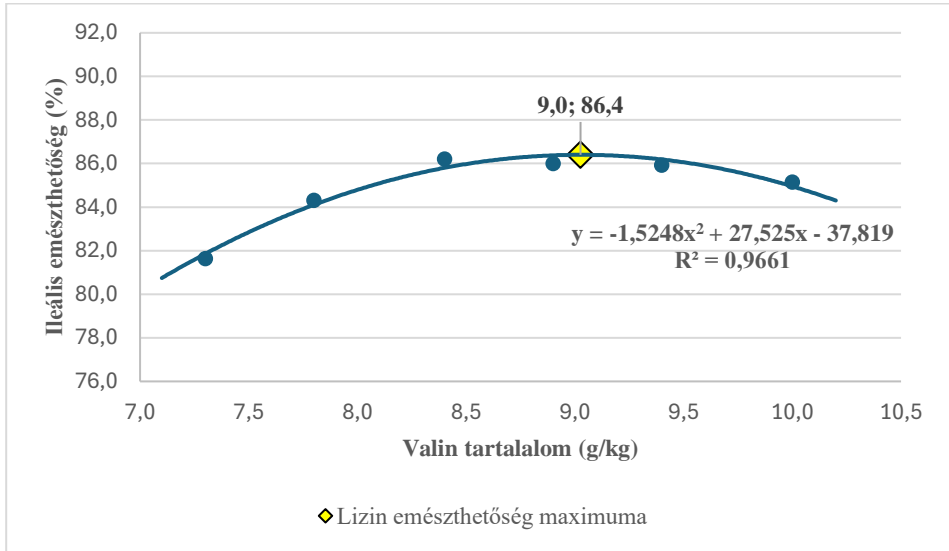


A **lizin** emészthetőség eredményei, illetve azok tendenciái korrelálnak a nyersfehérje emészthetőség eredményeivel. Amíg a PC madarak esetében 78,9 % lizin-emészthetőséget mértünk, addig a csökkentett nyersfehérjetartalmú, kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó befejezőtápot fogyasztó madarak esetében (LPV0) a lizin emészthetősége 81,6% volt és 2,7% ponttal haladta meg a PC társaik esetében mért emészthetőséget. A növekedés csak numerikus volt, szignifikáns kezeléshatás nem volt megállapítható ( $P > 0,05$ ). A valin dózis növelése a lizin ileális emészthetőségét – hasonlóan a nyersfehérje esetében megállapítottakkal – szintén szignifikáns mértékben növelte ( $P < 0,05$ ). A kezelések közül az LPV2-LPV3-LPV4 és LPV5 kezelések esetén szignifikánsan magasabb lizin emészthetőséget mértünk a PC, LPV0 és LPV1 kezelésekhez képest ( $P < 0,05$ ). A legnagyobb lizin emészthetőséget az LPV2 (86,2%) és az LPV3 (86%) kezeléseknél állapítottuk meg, amely 7,3% és 7,1%-kal magasabb érték a PC kezeléshez képest.

A csökkentett nyersfehérjetartalmú takarmánykeverékek (LPV0, LPV1, LPV2, LPV3, LPV4, LPV5) valintartalmának és a lizin emészthetőségének összefüggését a 25. ábrán mutatom be. Vizsgálataink során megállapítottam, hogy a valintartalom és a lizin ileális emészthetősége közötti összefüggés úgyszintén polinomiális egyenlettel írható le, és az nagyon erős összefüggést mutat ( $R^2 = 0,9661$ ). Ebben az esetben a lizin emészthetősége maximumát (86,4%) a diéták 9,0 g/kg valintartalma mellett éri el (25. ábra), amely 0,7 g/kg értékkel meghaladja a PC indító diéta valintartalmát. A lizin emészthetőségének maximuma 7,5 %-kal nagyobb, mint a PC-madarak esetében mért emészthetőség (27. táblázat). Szükséges megjegyezni, hogy a lizin emészthetőség maximuma közel esik az LPV2 illetve LPV3 kezelések lizin emészthetőségi értékéhez (86,2%).

**25. ábra**

**A valinellátás és a lizin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor**



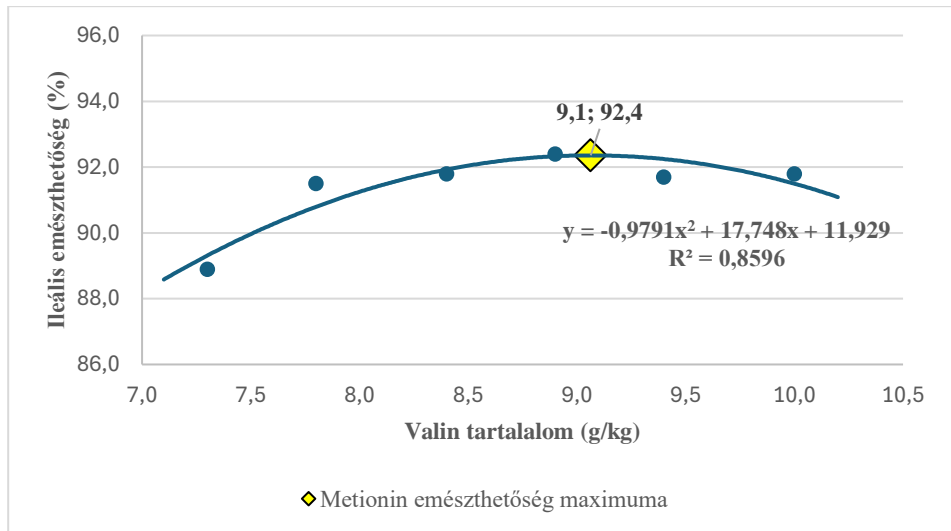
A **metionin** emészthetőségét vizsgálva azt találtam, hogy a megállapított érték a PC madarak esetében 89,3 % volt, ami gyakorlatilag megegyezett ( $P > 0,05$ ) LPV0 befejezőtápot fogyasztó madarak esetében mért emészthetőséggel (88,9%). Ellentétben az indító és nevelő fázisokkal, a csökkentett fehérjetartalmú, de kristályos valinnal kiegészített takarmányt fogyasztó brojlerkakasok esetén a metionin emészthetősége szignifikáns mértékben növekedett a PC, LPV0 és LPV1 kezelésekhez képest ( $P < 0,05$ ). Az LPV2 és az ennél nagyobb valintartalmú takarmányt fogyasztó madarak esetében szignifikánsan magasabb metionin emészthetőség volt mérhető a PC, LPV0 és LPV1 kezelésekhez viszonyítva ( $P < 0,05$ ). Numerikusan az LPV3 kezelés esetén mértük a legkedvezőbb metionin emészthetőséget (92,4%), 8,9 g/kg valintartalom mellett.

A csökkentett nyersfehérjetartalmú takarmánykeverékek (LPV0-5) valintartalmának és a metionin emészthetőségének összefüggése a 26. ábrán látható. Adataim alapján megállapítható, hogy a valintartalom és a

metionin ileális emészthetősége közötti összefüggés nagyon erős ( $R^2 = 0,8596$ ), tehát a valin kiegészítésnek ebben az életszakaszban kifejezett hatása van a metionin emészthetőségére. Az emészthetőség maximumát (92,4%) a diéták 9,1 g/kg valintartalma mellett éri el (26. ábra), amely 0,7 g/kg értékkel kisebb, mint a PC érték. A metionin emészthetőségének maximuma azonban 3,1%-kal nagyobb volt, mint a PC-madarak esetében mért emészthetőség (28. táblázat). Eredményeim szerint - hasonlóan a nyersfehérje és a lizin emészthetőség esetén megállapítottakhoz – a metionin emészthetőség maximuma gyakorlatilag megegyezik az LPV3 kezelés esetében mért emészthetőséggel (92,4%) közel azonos valintartalom mellett (8,9 g/kg).

### 26. ábra

*A valinellátás és a metionin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor*



A **metionin+cisztin** vonatkozásában gyakorlatilag azonos emészthetőséget mértem a PC (82,1%) és a fehérjecsökkentett, de kristályos valin kiegészítés nélküli LPV0 kezelés (82,0%) esetén ( $P > 0,05$ ).

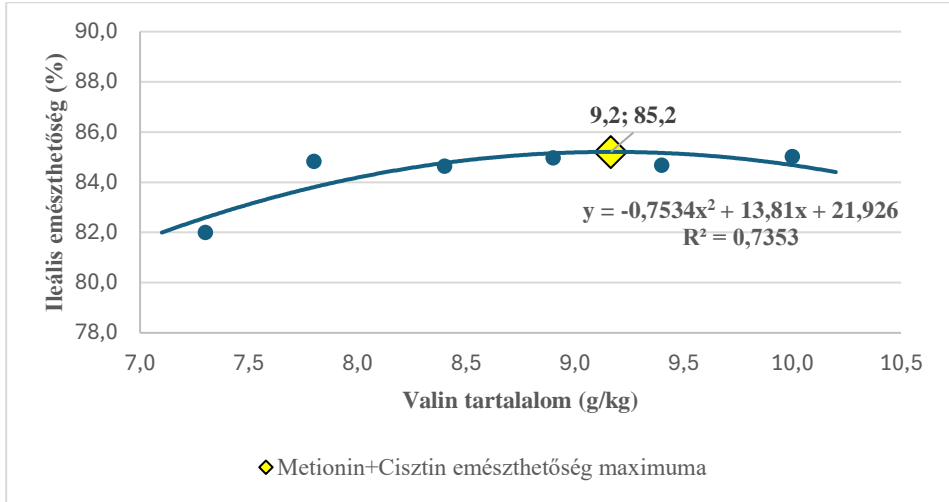
A csökkentett fehérjetartalmú, de kristályos valinnal kiegészített kezelések tekintetében (LPV1-5) csak numerikus emészthetőség javulás volt megállapítható, szignifikáns ( $P>0,05$ ) eltérés nélkül. Szükséges azonban megjegyezni, hogy az LPV1-3-5 kezelésekben a metionin+cisztin emészthetősége szignifikánsan meghaladta a PC és a LPV0 kezelésben mért emészthetőséget ( $P<0,05$ ). A két kén tartalmú aminosav emészthetősége az LPV3 és LPV5 kezelés esetén volt a legnagyobb (85,0% vs. 85,0%).

A csökkentett nyersfehérjetartalmú takarmánykeverékek (LPV0-5) valintartalmának és a metionin+cisztin emészthetőségének összefüggése a 27. ábrán látható. Adataim szerint a metionin+cisztin emészthetősége maximumát 85,2% szinten érte el, 9,2 g/kg valintartalom mellett. A maximum érték közel azonos az LPV3 és LPV5 kezelésnél mért értékekkel (85,0%). A számított emészthetőségi maximum azonban 3,1%-kal nagyobb, mint a PC érték (28. táblázat). A polinomiális egyenlettel leírható összefüggés mérsékelten erős ( $R^2=0,7353$ ) összefüggést mutat a csökkentett fehérjetartalmú diéták valintartalma és a metionin+cisztin emészthetősége között.

A **treonin** emészthetőségének tekintetében megállapítható, hogy az LPV0 (csökkentett fehérjetartalom valin kiegészítés nélkül) kezelés estében mért emészthetősége 7,5%-kal meghaladta a PC kezelés esetén mért emészthetőséget ( $P>0,05$ ). Az LPV1-2-3 kezelések esetén megnőtt a treonin emészthetősége a PC és LPV0 kezelésekhöz képest ( $P>0,05$ ).

**27. ábra**

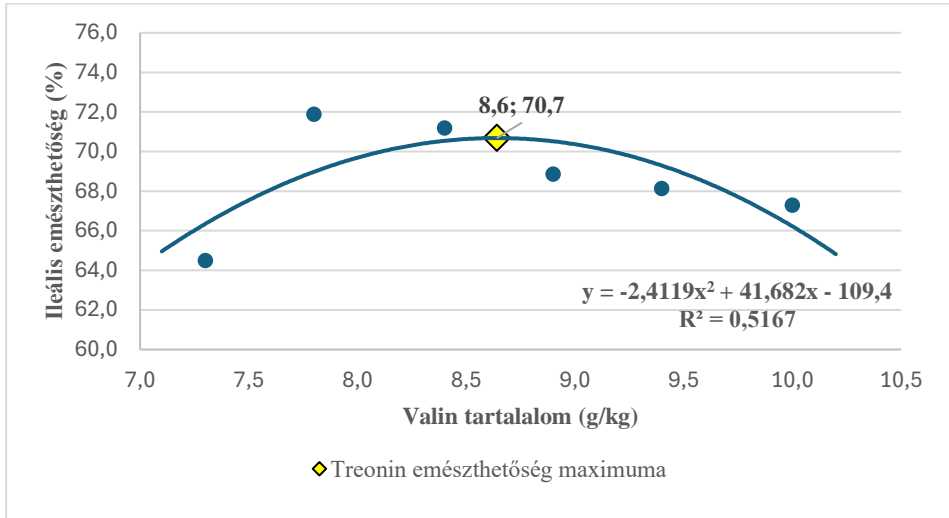
**A valinellátás és a metionin+cisztin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor**



A diéták valintartalma és a treonin ileális emészthetőségének összefüggését a 28. ábra mutatja. A két vizsgálati paraméter közötti összefüggés mérsékeltén erős ( $R^2 = 0,5167$ ). Az emészthetőség maximumát (70,7%) a diéták 8,6 g/kg valintartalma mellett éri el, amely 0,2 g/kg értékkel nagyobb, mint a PC csoport befejezőtápjának valintartalma. A treonin emészthetőségének maximuma pedig 13,7%-kal nagyobb, mint a PC madarak esetében mért érték, de egyúttal a legnagyobb különbséget jelenti a vizsgált aminosavak vonatkozásában (28. táblázat).

**28. ábra**

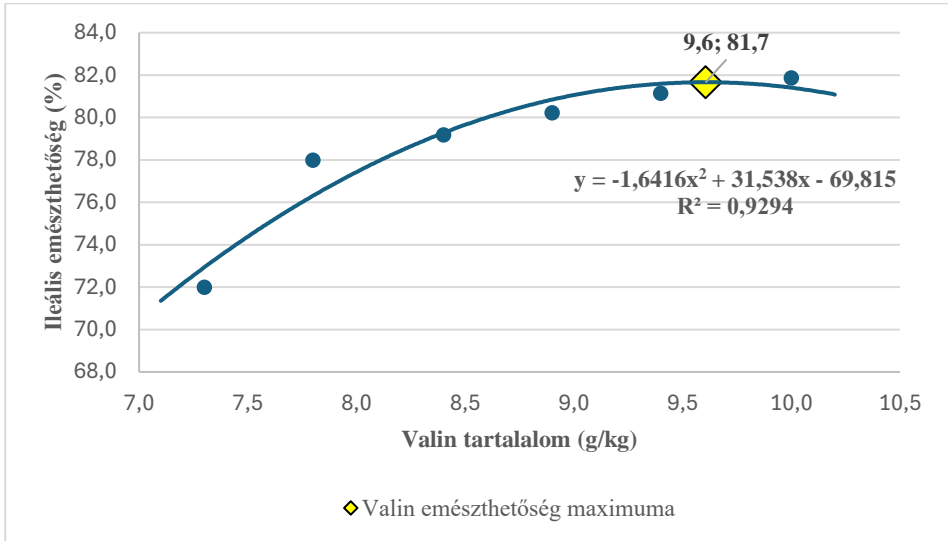
**A valinellátás és a treonin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor**



A befejező takarmányok és a **valin** ileális emészthetőségének adatai szerint (27. táblázat) a PC és LPV0 kezelések között gyakorlatilag azonos ( $P > 0,05$ ) emészthetőség volt megállapítható (71,6% vs. 72,0%). A kristályos valin kiegészítés hatására az LPV1-5 kezelések között egyedül az LPV5 csoportok között áll fel szignifikáns ( $P < 0,05$ ) különbség (81,9%). A valintartalom és a valin ileális emészthetőségének összefüggése a 29. ábrán látható. A két vizsgálati paraméter közötti összefüggés nagyon erős ( $R^2 = 0,9294$ ). Az emészthetőség 81,7% mellett éri el a maximumát 9,6 g/kg valintartalom mellett. A valin emészthetőségének maximuma 10,1%-kal nagyobb, mint a PC madarak esetében mért érték (28. táblázat), amely 1,2 g/kg-mal nagyobb valintartalom mellett (8,4 g/kg vs. 9,6 g/kg) realizálódott. A valin emészthetőségének maximuma és az LPV5 kezelésben mért valin emészthetőség gyakorlatilag megegyezik (81,7% vs. 81,9%).

## 29. ábra

**A valinellátás és a valin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor**



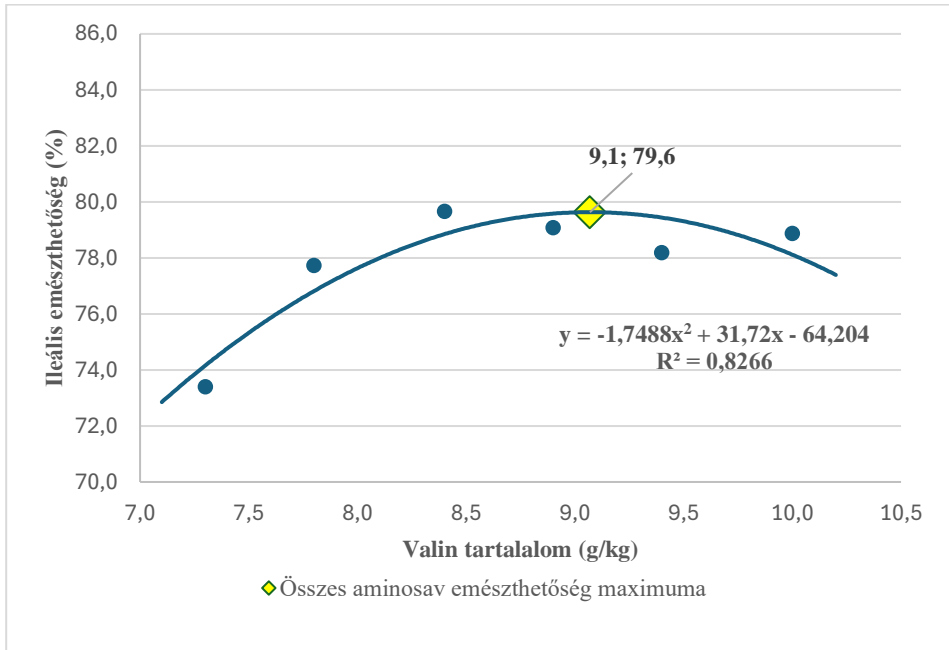
Az **összes aminosav** (triptofán nélkül) emészthetőségi eredményei alapján (27. táblázat) megállapítható, hogy a PC valamint a csökkentett fehérjetartalmú valin kiegészítés nélküli (LPV0) befejezőtápok esetében mért emészthetőség megegyezik ( $P > 0,05$ ), annak mértéke 73,3% illetve 73,4% volt. Ezen értékekhez képest a csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített takarmányt fogyasztó állatok esetében szignifikánsan nagyobb valin emészthetőség volt mérhető ( $P < 0,05$ ), de további dózishatás már nem volt megállapítható ( $P > 0,05$ ).

A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták valintartalmának és az összes aminosav (triptofán kivételével) emészthetőségének összefüggései a 30. ábrán láthatók. Számításaim alapján megállapítható, hogy a befejező diéták valintartalma és az összes aminosav emészthetősége közötti összefüggés a legtöbb aminosavnál megállapítottakhoz hasonlóan ugyancsak polinomiális egyenlettel írható le ( $y = -1,74886x^2 + 31,72x -$

64,207), amely nagyon erős összefüggést mutat ( $R^2 = 0,8266$ ). Az összes aminosav emészthetősége maximumát (79,6%) a diéták 9,1 g/kg valintartalma mellett érik el (30. ábra), amely 6,3%-kal haladja meg a PC kezelés esetében mért értéket (79,6% vs. 73,3%), 0,7 g/kg-mal nagyobb (8,4 g/kg vs. 9,1 g/kg) valintartalom mellett (28. táblázat).

### 30. ábra

*A valinellátás és az összes aminosav ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor*



**28. táblázat****Néhány aminosav ileális emészthetőségének maximuma a befejezőtápok etetésének időszakában (22-35. nap)**

Aminosavak	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>					Eltérés <sup>2</sup>	
	PC		LPV0-LPV1	LPV2-LPV3	LPV4-LPV5	R <sup>2</sup>	
	Emészthetőség (%)	Valin szint (g/kg)	Emészthetőség maximuma (%)	Valin szint (g/kg)	R <sup>2</sup>	A <sup>a</sup>	B <sup>b</sup>
Nyersfehérje	72,4	8,4	78,9	9,0	0,8766	+6,5	+0,6
Lizin	78,9	8,4	86,4	9,1	0,9661	+7,5	+0,7
Metionin	89,3	8,4	92,4	9,1	0,8596	+3,1	+0,7
M+C	82,1	8,4	85,2	9,2	0,7353	+3,1	+0,8
Treonin	57,0	8,4	70,7	8,6	0,5167	+13,7	+0,2
Valin	71,6	8,4	81,7	9,6	0,9294	+10,1	+1,2
<b>Összes aminosav</b>	<b>73,3</b>	<b>8,4</b>	<b>79,6</b>	<b>9,1</b>	<b>0,8266</b>	<b>+6,3</b>	<b>+0,7</b>

<sup>1</sup>PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1,20 g/kg, nevelő szakaszban: 0,70 g/kg, befejező szakaszban: 0,40 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül, LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0,50 g/kg, nevelő szakaszban: 0,50 g/kg, befejező szakaszban: 0,50 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,00 g/kg, nevelő szakaszban: 1,00 g/kg, befejező szakaszban: 1,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,50 g/kg, nevelő szakaszban: 1,60 g/kg, befejező szakaszban: 1,60 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV4 : indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,00 g/kg, nevelő szakaszban: 2,10 g/kg, befejező szakaszban: 2,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,50 g/kg, nevelő szakaszban: 2,70 g/kg, befejező szakaszban 2,70 g/kg L-valin kiegészítéssel

<sup>2</sup>A: eltérés az emészthetőségben (%); B: eltérés a valinszintben (g/kg)

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

A vizsgált kezeléseknek a befejezőtápok nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális abszorpciójára (mg/nap) kifejtett hatását a 29. táblázatban foglaltam össze. Adataim szerint ebben a nevelési szakaszban (22.-35. nap) a mintavételezés időpontjában (35. életnap) a PC kezelés madarai 32,9 g nyersfehérjét abszorbeáltak naponta. Ehhez képest a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok esetében 20,7%-kal kisebb nyersfehérje abszorpciót mértem (26,1 g), amely különbség statisztikailag is igazolható volt ( $P < 0,05$ ). Valin kiegészítés hatására az LPV1-, LPV3- és LPV4 kezelésekben szignifikánsan nőtt a fehérjeabszorpció mértéke az LPV0 értékhez képest ( $P < 0,05$ ), de az nem érte el a PC-kezelésben mért fehérjeabszorpció szintjét ( $P > 0,05$ ).

A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták esetében a valin ellátás és a nyersfehérje abszorpció összefüggései a 31. ábrán láthatók. Az összefüggés polinomiális egyenlettel írható le, amely nagyon erős ( $R^2 = 0,9905$ ). Az abszorpciós maximum a takarmánykeverékek 8,9 g/kg valintartalma mellett realizálódik és 29,3 g/nap abszorbeálódott nyersfehérjét jelent. Ez az érték 10,9%-kal marad már csak el a PC kezelés esetében megállapított abszorpciótól.

A **lizin a metionin, a metionin+cisztin és a valin** esetében is a csökkentett fehérjetartalmú valin kiegészítést nem tartalmazó diéta (LPV0) esetében a madarak szignifikáns mértékben abszorbeáltak kevesebb aminosavat, mint PC társaik ( $P < 0,05$ ). Valin kiegészítés hatására a csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták esetében nő a lizin abszorpciója, de a PC kezelés esetében mért értéket nem éri el. A metionin illetve a metionin+cisztin abszorpciója csak az LPV2 valamint az LPV4 és az LPV5 kezeléseknél haladja meg szignifikánsan az LPV0 madarak esetében mért abszorpciót ( $P < 0,05$ ), az PC értékét azonban egyik esetben sem éri el.

## 29. táblázat

*A befejezőtápok (22-35. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális abszorpciója (mg/nap)*

Megnevezés	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>							RMSE <sup>2</sup>	P
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5		
Nyersfehérje <sup>3</sup>	32,9 <sup>a</sup>	26,1 <sup>c</sup>	27,7 <sup>bc</sup>	29,1 <sup>b</sup>	29,3 <sup>b</sup>	28,8 <sup>b</sup>	27,9 <sup>bc</sup>	1,52	<0,001
<b>Aminosavak</b>									
Lizin	2080 <sup>a</sup>	1880 <sup>c</sup>	1940 <sup>bc</sup>	2060 <sup>ab</sup>	2050 <sup>ab</sup>	2040 <sup>ab</sup>	1970 <sup>abc</sup>	0,02	<0,001
Metionin	1240 <sup>a</sup>	1070 <sup>c</sup>	1120 <sup>bc</sup>	1140 <sup>b</sup>	1090 <sup>bc</sup>	1140 <sup>b</sup>	1150 <sup>b</sup>	0,05	<0,001
Met+Cisztin	1750 <sup>a</sup>	1470 <sup>c</sup>	1540 <sup>bc</sup>	1570 <sup>b</sup>	1520 <sup>bc</sup>	1570 <sup>b</sup>	1570 <sup>b</sup>	0,09	<0,001
Treonin	930 <sup>d</sup>	970 <sup>cd</sup>	1080 <sup>ab</sup>	1110 <sup>a</sup>	1080 <sup>ab</sup>	1060 <sup>ab</sup>	1020 <sup>bcd</sup>	0,08	<0,001
<b>Valin</b>	<b>1490<sup>c</sup></b>	<b>1150<sup>d</sup></b>	<b>1330<sup>d</sup></b>	<b>1500<sup>c</sup></b>	<b>1610<sup>b</sup></b>	<b>1720<sup>a</sup></b>	<b>1790<sup>a</sup></b>	<b>0,07</b>	<b>&lt;0,001</b>
Leucin	2880 <sup>a</sup>	2340 <sup>c</sup>	2480 <sup>bc</sup>	2630 <sup>b</sup>	2610 <sup>b</sup>	2560 <sup>b</sup>	2490 <sup>bc</sup>	0,12	<0,001
Izoleucin	1370 <sup>a</sup>	1040 <sup>c</sup>	1110 <sup>bc</sup>	118	1170 <sup>b</sup>	1150 <sup>b</sup>	1120 <sup>bc</sup>	0,08	<0,001
Arginin	2430 <sup>a</sup>	1780 <sup>c</sup>	1830 <sup>bc</sup>	1920 <sup>b</sup>	1910 <sup>b</sup>	1900 <sup>b</sup>	1840 <sup>bc</sup>	0,22	<0,001
Hisztidin	990 <sup>a</sup>	750 <sup>c</sup>	800 <sup>bc</sup>	840 <sup>b</sup>	830 <sup>b</sup>	820 <sup>b</sup>	800 <sup>bc</sup>	0,06	<0,001
Fenilalanin	1560 <sup>a</sup>	1190 <sup>c</sup>	1260 <sup>bc</sup>	1330 <sup>b</sup>	1320 <sup>b</sup>	1280 <sup>b</sup>	1260 <sup>bc</sup>	0,10	<0,001
Glicin	1130 <sup>a</sup>	860 <sup>c</sup>	930 <sup>bc</sup>	990 <sup>b</sup>	1000 <sup>b</sup>	980 <sup>b</sup>	940 <sup>b</sup>	0,06	<0,001
Prolin	1720 <sup>a</sup>	1460 <sup>c</sup>	1590 <sup>b</sup>	1660 <sup>ab</sup>	1670 <sup>ab</sup>	1650 <sup>ab</sup>	1600 <sup>b</sup>	0,02	<0,001
Aszparaginsav	2790 <sup>a</sup>	2080 <sup>c</sup>	2260 <sup>bc</sup>	2420 <sup>b</sup>	2430 <sup>b</sup>	2380 <sup>b</sup>	2250 <sup>bc</sup>	0,15	<0,001
Cisztin	510 <sup>a</sup>	400 <sup>b</sup>	420 <sup>b</sup>	430 <sup>b</sup>	430 <sup>b</sup>	430 <sup>b</sup>	420 <sup>b</sup>	0,03	<0,001
Szerin	1650 <sup>a</sup>	1190 <sup>d</sup>	1260 <sup>c</sup>	1370 <sup>b</sup>	1380 <sup>b</sup>	1350 <sup>bc</sup>	1310 <sup>bc</sup>	0,12	<0,001
Glutaminsav	6520 <sup>a</sup>	4960 <sup>c</sup>	5170 <sup>bc</sup>	5450 <sup>b</sup>	5520 <sup>b</sup>	5510 <sup>b</sup>	5280 <sup>bc</sup>	0,43	<0,001
Alanin	1580 <sup>a</sup>	1270 <sup>c</sup>	1380 <sup>bc</sup>	1480 <sup>a</sup>	1500 <sup>ab</sup>	1450 <sup>b</sup>	1420 <sup>b</sup>	0,04	<0,001
Tirozin	1100 <sup>a</sup>	800 <sup>c</sup>	860 <sup>bc</sup>	900 <sup>b</sup>	880 <sup>b</sup>	880 <sup>b</sup>	840 <sup>bc</sup>	0,09	<0,001
<b>Össz aminosav<sup>4</sup></b>	<b>32,0<sup>a</sup></b>	<b>25,2<sup>c</sup></b>	<b>26,8<sup>bc</sup></b>	<b>28,6<sup>b</sup></b>	<b>28,4<sup>b</sup></b>	<b>28,1<sup>b</sup></b>	<b>27,7<sup>b</sup></b>	<b>1,46</b>	<b>&lt;0,001</b>

<sup>1</sup> PC: pozitív kontroll, indító szakaszban: 1,20 g/kg, nevelő szakaszban: 0,70 g/kg, befejező szakaszban: 0,40 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV0: negatív kontroll, csökkentett fehérje valin-kiegészítés nélkül, LPV1: indító szakaszban: csökkentett fehérje 0,50 g/kg, nevelő szakaszban: 0,50 g/kg, befejező szakaszban: 0,50 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV2: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,00 g/kg, nevelő szakaszban: 1,00 g/kg, befejező szakaszban: 1,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV3: indító szakaszban: csökkentett fehérje 1,50 g/kg, nevelő szakaszban: 1,60 g/kg, befejező szakaszban: 1,60 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV4 : indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,00 g/kg, nevelő szakaszban: 2,10 g/kg, befejező szakaszban: 2,10 g/kg L-valin kiegészítéssel, LPV5: indító szakaszban: csökkentett fehérje 2,50 g/kg, nevelő szakaszban: 2,70 g/kg, befejező szakaszban 2,70 g/kg L-valin kiegészítéssel

<sup>2</sup>RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

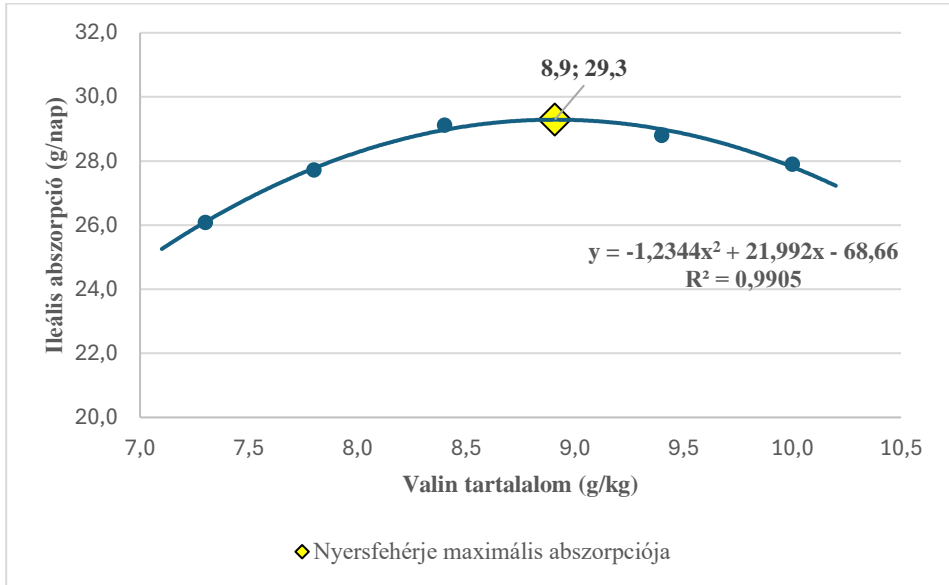
<sup>3</sup>g/kg

<sup>4</sup>triptofán nélkül

a, b, c: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérések. P<0,05.

**31. ábra**

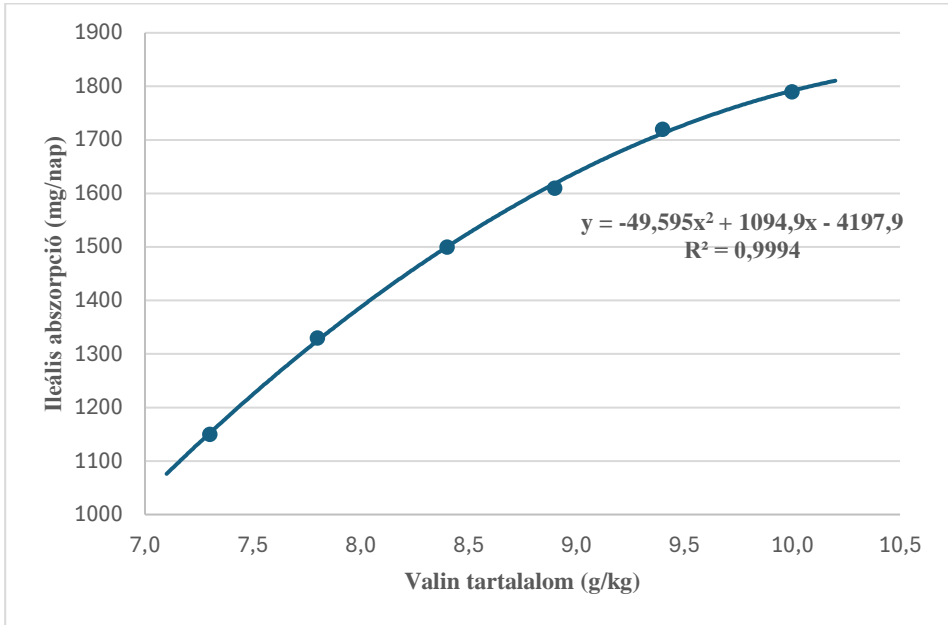
***A valinellátás és a nyersfehérje ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor***



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 ( $P < 0,05$ ). **Valin** esetében a LPV0 madarak abszorpciója ugyancsak kisebb volt ( $P < 0,05$ ) mint a PC társaik esetében mért érték, amely azonban valin kiegészítés hatására az LPV3, LPV4 és LPV5 kezelésekben meghaladta még a PC brojlerok valin abszorpcióját is ( $P < 0,05$ ). A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták valin szintjének és az abszorbeált valin mennyisége közötti összefüggés (32. ábra) polinomiális egyenlettel írható le ( $y = -49,595x^2 + 1094,9x - 4197,9$ ), amelynek megbízhatósága ugyancsak nagyon erős ( $R^2 = 0,994$ ). Szükséges megjegyezni, hogy a valin abszorpció maximuma kívül esik az általam vizsgált tartományon, de számításaink szerint az 1846 mg/nap szinten tetőzik 11 g/kg valintartalom mellett. Az abszorpció maximuma a PC kezeléshez mért abszorpciónál 23,9% -kal nagyobb.

**32. ábra**

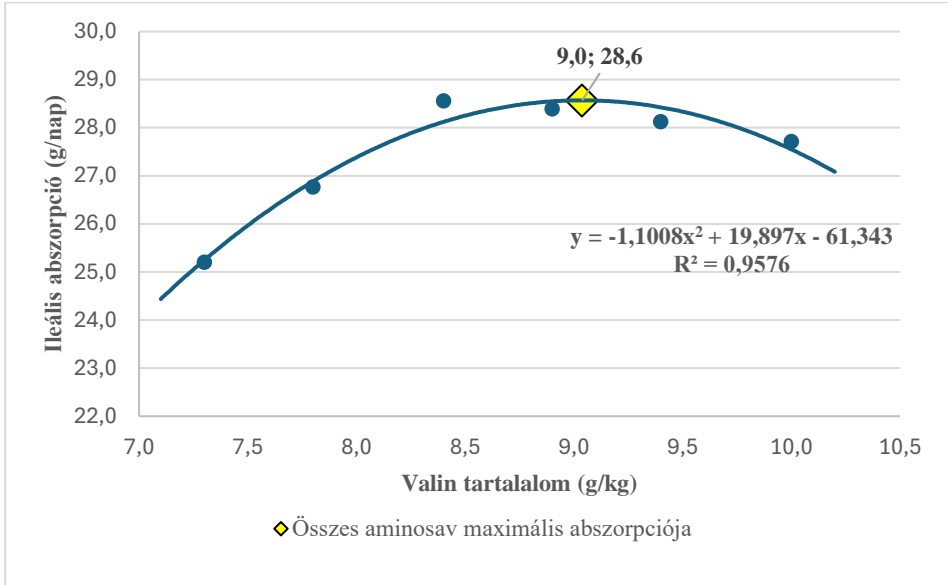
**A valinellátás és a valin ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor**



A kísérletsorozat adatai szerint a PC kezelés madarai a 35. életnapon, 32,0 g aminosavat (össz aminosav) abszorbeáltak. Ehhez képest a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok napi össz aminosav abszorpciója mindössze 25,2 g volt, ami 21,3%-kal maradt el a PC madarak ileális aminosav abszorpciójától ( $P < 0,05$ ). A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták esetében a valin ellátás és az összes aminosav abszorpció összefüggése a 33. ábrán látható. Számításaink szerint az összefüggés – a többi összefüggés-vizsgálat eredményeihez hasonlóan – ugyancsak polinomiális egyenlettel volt leírható ( $y = -1,1008x^2 + 19,897x - 61,343$ ), amelynek erőssége nagyon szoros ( $R^2 = 0,9576$ ). Ebben az esetben (összes aminosav) az abszorpciós maximum a takarmánykeverékek 9,0 g/kg valintartalma mellett realizálódott és 28,6 g/nap abszorbeálódott össz aminosavat jelent.

**33. ábra**

***A valinellátás és az összes aminosav ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22-35. nap) etetésekor***



Ez annyit jelent, hogy az összes aminosav abszorpció a számított maximum érték mellett is 10,6%-kal elmarad a PC madarak esetében mért abszorpció nagyságától. Ez a különbség a madarak súlygyarapodásában és takarmányértékesítésében azonban már nem nyilvánult meg (16. és 17. táblázat), az ugyanis valamennyi kezelésben azonos volt. Ennek valószínűsíthető oka, az az élettani összefüggés, hogy a felszívódott aminosavak azon része, amely feleslegben van a madarak szervezetében urinálisan kiürül (Babinszky és mtsai., 2003). Az urinális aminosav ürítés mértéke pedig a tényleges élettani szükséglettől függően változhat, azaz annak mértéke restriktív ellátás esetén kisebb, mint egy magasabb ellátási szint esetében. A közel azonos teljesítménynek ugyanis egyik fontos előfeltétele, hogy a madaraknak közel azonos mennyiségű hasznosítható aminosav álljon rendelkezésére.

## 7. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az eltérő nyersfehérje- és eltérő valintartalmú-, kukorica-szójadara alapon összeállított takarmánykeverékekkel végzett kísérletek eredményeiből az alábbi alfejezetekben összefoglalt fontosabb következtetések vonhatók le.

### 7.1 A teljesítményvizsgálatok eredményeiből levonható következtetések

- Az Aviagen (2014) hibrid standardhoz képest a pozitív kontroll (PC) és az LPV0-5 kezelések madarai jobb élősúlyt és kedvezőbb fajlagos takarmányértékesítést értek el. Az Aviagen (2022b) equivalens bázis értékeihez képest a madarak élősúlya valamennyi kísérleti csoportban ugyancsak meghaladta standardot, de a fajlagos takarmányértékesítés numerikusan kedvezőtlenebb volt.
- A diéták fehérjetartalmának (PC) fázisonkénti (indító, nevelő, befejező) 20 g/kg értékkel történő csökkentése – a lizin, metionin+cisztin, treonin- és triptofán szint megtartása mellett (LPV0) - az állatok 21. napos koráig azok súlygyarapodásának csökkenésével és takarmányértékesítésük romlásával kell számolni, amit a valinkiegészítés sem javít szignifikánsan.
- A nevelés utolsó szakaszában (22-35.nap) a madarak súlygyarapodása és takarmányértékesítése valamennyi kezelésben megegyezik, azaz a csökkentett fehérjetartalom már nem befolyásolta hátrányosan a növekedésüket. Ugyanakkor élősúly vonatkozásában az ajánlás szerinti (PC) fehérje- és valintartalmú diétát fogyasztó madarak jobb eredményeket értek el, mint a csökkentett fehérjetartalmú, valin-kiegészítés nélküli, illetve valinnal kiegészített társaik.

- A takarmányértékesítést az eltérő fehérje- és valintartalom a nevelés teljes időszakában (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 valintartalmú 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 15,53%-kal kedvezőbb, mint PC társaiké.
- Kísérletünkben alkalmazott koncepció használható alternatíva lehet a takarmányozásból származó karbonlábnyom csökkentésére, amelyet további célirányos vizsgálatokban lenne érdemes megerősíteni.
- Eredményeim fontos információkat szolgáltatottak a fenntartható, környezettudatos brojlerelőállítás továbbfejlesztéséhez, amelynek jelentősége várhatóan tovább fog növekedni, ennek alapfeltétele a takarmányból származó karbonlábnyom csökkentése.

## **7.2 Az emészthetőségi vizsgálatok eredményeiből levonható emészthetőségi és abszorpciós következtetések**

### ***Az indítótáp esetében (a 14. életnapon mérve)***

- A csökkentett nyersfehérjetartalmú 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 aminosavtartalmú, de valinnal kiegészített diéták esetén a legtöbb aminosav ileális emészthetősége csak tendenciózusan nő, a treonin maximális emészthetősége haladja meg a legnagyobb mértékben az ajánlás szerinti fehérje- és aminosavtartalmú diéta esetében mérhető emészthetőséget.
- A csökkentett aminosav tartalmú, de valinnal kiegészített diéták etetésekor az összes aminosav maximális emészthetősége, az LPV1 kezelés kivételével, meghaladja az ajánlás szerinti fehérje és aminosav tartalmú diéta esetében mért emészthetőséget.
- A 14. életnapon az ajánlás szerinti fehérje- és aminosavtartalmú takarmányt fogyasztó madarak (PC) nyersfehérje abszorpciójához képest, a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok nyersfehérje abszorpciója szignifikánsan kisebb.
- A lizin a metionin, a metionin+cisztin és a treonin estében a csökkentett fehérjetartalmú valin kiegészítést nem tartalmazó, valamint a valinnal kiegészített (LPV1, LPV2, LPV3, LPV4, LPV5) diétát fogyasztó madarak csak számszerűen abszorbeáltak kevesebb aminosavat PC társaikhoz képest.
- Valin esetében a csökkentett fehérjetartalmú, de valin kiegészítést nem tartalmazó állatok 28,3%-kal kevesebb valint abszorbeáltak, 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 valintartalmú diétát (PC) fogyasztó madarak összes aminosav abszorpciójához képest a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó

állatok 21,7%-kal kevesebb összes aminosavat abszorbeálnak. Az összes aminosav abszorpciós maximuma 17,4%-kal elmarad a PC madarak esetében mért értéktől.

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

### *A nevelőtáp esetében (a 21. életnapon mérve)*

- A csökkentett nyersfehérjetartalmú kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó diéta aminosavtartalmának látszólagos ileális emészthetősége a legtöbb aminosav esetében szignifikánsan nagyobb, mint a tenyésztőcég (Aviagen, 2014) nyersfehérje és aminosav ajánlásainak figyelembevételével összeállított diéta (PC) esetében mért értékek.
- A csökkentett nyersfehérjetartalmú alapdiéta (LPV0) kristályos valinnal történő kiegészítésekor a lizin, a treonin és a valin ileális emészthetősége szignifikánsan nő, a nyersfehérje, metionin, a metionin+cisztin és az összes aminosav esetén azonban csak numerikus emészthetőségjavulás várható. A valin maximális emészthetősége 12,9%-kal haladja meg az ajánlás szerinti fehérje- és aminosavtartalmú diéta (PC) esetében mért emészthetőséget.
- A csökkentett aminosavtartalmú, de valinnal kiegészített diéták vonatkozásában az összes aminosav maximális emészthetősége 2,0%-kal haladja meg az ajánlás szerinti (PC) fehérje és aminosavtartalmú diéta esetében mért emészthetőséget, amelynek megbízhatósága azonban nagyon gyenge ( $R^2=0,0026$ ). Ezek alapján az a következtetés vonható le, hogy a kristályos valin kiegészítés nincs hatással az összes aminosav emészthetőségére.

- A vizsgálatok időpontjában a PC kezelés madarainak nyersfehérje abszorpciójától a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok nyersfehérje abszorpciója 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 összes aminosav abszorpciójához képest a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok 20,6%-kal kevesebb összes aminosavat abszorbeálnak.

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

#### ***A befejezőtápok esetében (a 35. életnapon mérve)***

- A csökkentett nyersfehérjetartalmú kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó diéta (LPV0) aminosavtartalmának látszólagos ileális emészthetősége a legtöbb aminosav esetében nem tér el szignifikánsan az Aviagen (2014) nyersfehérje- és aminosav ajánlásainak figyelembevételével összeállított diéta (PC) esetében mért értékektől.
- A csökkentett nyersfehérjetartalmú alapdiéta (LPV0) kristályos valinnal történő kiegészítésekor több aminosav, például metionin, valin, glicin, prolin, aszparaginsav, glutaminsav és alanin esetében a valinkiegészítés (többnyire dózistól függetlenül) szignifikánsan javítja az emészthetőséget az LPV0 kezeléshez képest, míg más aminosavak ileális emészthetősége csak tendenciózusan növekszik. Ugyanezen

alapdiéta valinnal történő kiegészítésekor a treonin maximális emészthetősége 13,7%-kal haladja meg az ajánlás szerinti fehérje- és aminosavtartalmú 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 fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok.
- A lizin a metionin- és a metionin+cisztin estében a csökkentett fehérjetartalmú valin kiegészítést nem tartalmazó diétát (LPV0) fogyasztó madarak szignifikánsan kevesebb 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 PC társaik. Ugyanakkor a csökkentett fehérje tartalmú, de valin kiegészítést tartalmazó diétát fogyasztó LPV3-5 kezelések szignifikánsan több valint abszorbeáltak, mint a PC és az LPV0 diétákat fogyasztó társaik.
- A PC kezelés madarai a 35. életnapon 21,3%-kal több összes aminosav abszorpcióra képesek, mint a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát fogyasztó LPV0 társaik.
- Az összes aminosav abszorpcióban mért különbség a madarak súlygyarapodásban már nem nyilvánul meg, ami feltehetően a közel azonos mennyiségben rendelkezésre álló hasznosítható aminosav mennyiségére vezethető vissza.

### 7.3 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 aminosavszintek megtartása mellett.

Kísérleti eredményeim 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 további vizsgálatok beállítása is, amelyek nemcsak a két genotípus között fennálló különbségek karakterizálását illetve a genetikai profilra alapozott takarmányozási technológiák további pontosítását szolgálnák, hanem az ivarok közötti eltérésekre is kiterjedne.

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

További kiegészítő vizsgálatok eredményei hozzájárulnának a takarmányok eltérő nyersfehérje- és valintartalmának optimalizálásához, valamint a brojlerelőállítás takarmány eredetű CO<sub>2</sub> lábnyomának csökkentéséhez is.

Az emészthetőség vizsgálatokat 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 CO<sub>2</sub> lábnyom csökkenthetősége érdekében.

## 8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- 1) Az Aviagen (2014) nyersfehérje- és aminosavajánlásai alapján összeállított Ross308 brojlertakarmányok nyersfehérjetartalmának 20 g/kg takarmánnyal történő csökkentése (indító: 210 → 190 g/kg takarmány; nevelő: 190 → 170 g/kg takarmány; befejező: 180 → 160 g/kg takarmány) a madarak átlagos napi súlygyarapodását a 21. életnapig szignifikánsan rontja ( $P < 0,05$ ), ami a valin kiegészítés hatására sem javul. Ugyanakkor, a nevelés utolsó szakaszában (21–35. életnap között) a vizsgálatban alkalmazott csökkentett nyersfehérje tartalmú takarmányok etetése önállóan és valin-kiegészítés mellett már nem volt depresszív hatással a madarak takarmányértékesítésére és átlagos napi súlygyarapodására ( $P > 0,05$ ).
- 2) A befejezőtáp etetésének időszakában (22- 35. életnap között) a Ross308 brojlerek takarmányának ileálisan emészthető valin/lizin aránya 0,72, amely 6% ponttal alacsonyabb, mint az Aviagen (2022) ajánlásában szereplő 0,78 érték. Ezek mellett a nevelés utolsó szakaszában a csökkentett nyersfehérjetartalmú diétákat fogyasztó madarak, ezzel ekvivalens ileálisan emészthető valin/lizin arány mellett, azonos súlygyarapodást eredményeztek ( $P > 0,05$ ), mint a standard diéták.
- 3) A csökkentett nyersfehérjetartalmú (indító: 210 → 190 g/kg takarmány, nevelő: 190 → 170 g/kg takarmány, befejező: 180 → 160 g/kg takarmány), valin kiegészítés nélküli, illetve valinnal kiegészített takarmányokat fogyasztó Ross308 brojlerek egységnyi súlygyarapodást a kezelések átlagában 11,2%-kal kevesebb nyersfehérjéből képesek előállítani, mint az Aviagen (2014) ajánlásainak figyelembevételével összeállított diétát fogyasztó társaik. Ennek eredményeként a súlygyarapodás takarmányeredetű karbonlábnyoma 15,53%-kal kedvezőbb a 35. napos nevelés alatt.
- 4) A csökkentett nyersfehérjetartalmú, kristályos valint nem tartalmazó takarmányok esetében az indító szakaszban (1–14. életnap között) a nyersfehérje ileális emészthetősége szignifikánsan meghaladja ( $P < 0,05$ )

az Aviagen (2014) ajánlásai szerint összeállított kezelés esetében mért értéket (81,8% vs. 79,2%), amin a további kristályos valin kiegészítés sem 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, illetve az Aviagen (2014) ajánlásainak figyelembevételével összeállított nyersfehérje- és aminosavtartalmú diéták esetében mért értéket, ami összes aminosav vonatkozásában is megállapítható.

- 5) A csökkentett fehérjetartalmú, valinnal kiegészített és anélküli diéták esetén az összes aminosav emészthetőségének maximuma az indító és befejező szakaszban is meghaladta az Aviagen (2014) ajánlása alapján összeállított diéták esetében mért értéket. Restriktív fehérjeellátás esetén az összes aminosav emészthetőségének maximuma és a takarmányok valintartalma között az indító- és befejező fázisban igen szoros korreláció áll fent (indító:  $R^2=0,950$ , befejező:  $R^2 = 0,827$ ).
- 6) A befejező szakaszban (22–35. életnap között, Ross308 genotípus) a csökkentett nyersfehérjetartalmú, kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó diéták aminosav emészthetősége a legtöbb aminosav esetében nem tért el szignifikánsan ( $P>0,05$ ) az Aviagen (2014) ajánlásai alapján összeállított diéták etetésekor mérhető értéktől.
- 7) Az Aviagen (2014) ajánlásai alapján összeállított diétákat fogyasztó Ross308 kakasok 21,3%-kal több összes aminosavat abszorbeálnak, 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.

## 9. ÖSSZEFOGLALÁS

A brojlertakarmányokban használt fehérjeforrások egyre nagyobb mértékű drágulása miatt, kiemelt jelentőséggel bír a fehérjeszintek csökkentésének vizsgálata, amelyet az aminosav ellátás optimalizálásával lehet csak realizálni. Ennek elengedhetetlen feltétele a madár növekedési szakaszonkénti esszenciális aminosav igényének pontosítása. A legújabb kutatási eredmények arra hívják fel a figyelmet, hogy a brojlercsirkék kukorica-szójadara alapú takarmányában a valin lehet potenciálisan a negyedik limitáló aminosav. A baromfitakarmányok fehérjetartalmának csökkentése nemcsak élettani és termelési előnyökkel járhat, hanem ökonómia- és környezetvédelmi szempontból is jelentős. A kisebb N-ürítés következtében ugyanis csökken a környezet N-terhelése, ami az intenzív állattenyésztéssel rendelkező országok egyik jelentős problémája. A bemutatott szakirodalmi adatokra építve annak vizsgálatát tűztük célul, hogy a kukorica-szójadara alapú diéták etetése mellett, a takarmánykeverékek eltérő nyersfehérje és valintartalma esetén, miként változik a brojlerkakasok élősúlya, súlygyarapodása-, takarmány- és fehérjeértékesítése továbbá a brojlerelőállítás takarmányeredetű CO<sub>2</sub> 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.

A teljesítményvizsgálatokat 1680 madárral végeztük el. Három fázisos takarmányozás mellett a diéták kukorica-szójadara alapon kerültek összeállításra. A kísérletben hét kezelést alkalmaztunk. A pozitív kontroll (PC) kezelésben az etetett takarmánykeverékek az Aviagen (2014) ajánlásainak megfelelő nyersfehérje- és valintartalommal készültek. Az LPV0 kezelésben a takarmányok nyersfehérjetartalmát csökkentették (indító: 190 g/kg takarmány, nevelő: 170 g/kg takarmány, befejező: 160 g/kg takarmány) és azok valin kiegészítés nélkül készültek. A további hat

kezelésben az LPV0-5 diétákat növekvő mennyiségben (indító: 0,0 – 2,50; nevelő: 0,0-2,70 g; befejező: 0,0 – 2,70 g/kg takarmány) L-valinnal egészítettük ki. A vizsgálat során a brojlerkakasok egyedi élősúlyát az etetett takarmányokhoz igazodóan a kísérlet 1., 14., 21. és 35. napján mértük meg egy állatmérő adapterrel bővített Sartorius CP16001S (Németország, Göttingen) mérleggel. Az állatok takarmányfelvételét csoportosan (fűlkénként) mértük az élősúlymérések közötti időintervallumokban. Az ileális emészthetőségi vizsgálatokat a kísérlet 14., 21., és 35. napján *post mortem* végeztük kezelésenként és kísérleti szakaszonként 6-, azaz összesen 126 állattal. A három napos előkészítő szakasz végén a béltartalom gyűjtése a madarak kétfázisos szén-dioxidos kábítása, majd az azt követő elvéreztetése után történt. A komponensek és takarmánykeverékek kémiai vizsgálatát Magyar Szabvány előírásai szerint határoztuk meg. A takarmányok aminosavanalízisét Bech-Andersen és mtsai. (1990) leírása alapján végeztük el.

A kísérleti adatokat variancia analízissel illetve regresszió analízissel elemeztük az SPSS (Statistics for Windows v.20, IBM Corp., Armonk, N.Y., USA) programcsomag segítségével.

Az Aviagen (2014) hibrid standardhoz képest a pozitív kontroll (PC) és az LPV0-5 kezelések madarai numerikusan jobb élősúlyt és fajlagos takarmányértékesítést értek el. Az Aviagen (2022b) *equivalens* bázis értékeihez képest a madarak élősúlya valamennyi kísérleti csoportban ugyancsak meghaladta standardot, de a fajlagos takarmányértékesítés numerikusan kedvezőtlenebb volt. A diéták fehérjetartalmának (PC) fázisonkénti (indító, nevelő, befejező) 20 g/kg értékkel történő csökkentése – a lizin, metionin+cisztin, treonin- és triptofán szint megtartása mellett (LPV0) - az állatok 21. napos koráig azok súlygyarapodásának csökkenésével és takarmányértékesítésük romlásával kell számolni, amit a valinkiegészítés sem javít szignifikánsan. A nevelés utolsó szakaszában (22-35.nap) a madarak súlygyarapodása és takarmányértékesítése valamennyi kezelésben megegyezik, azaz a

csökkentett fehérjetartalom már nem befolyásolta hátrányosan a növekedésüket. Ugyanakkor élősúly vonatkozásában az ajánlás szerinti (PC) fehérje- és valintartalmú diétát fogyasztó madarak jobb eredményeket értek el, mint a csökkentett fehérjetartalmú, valin-kiegészítés nélküli, illetve valinnal kiegészített társaik. A takarmányértékesítést az eltérő fehérje- és valintartalom a nevelés teljes időszakaszán (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 valintartalmú 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 15,53%-kal kedvezőbb, mint PC társaiké.

Az emészthetőségi vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy az **indítótápok etetésének időszakában (a 14. napon mérve)**, a csökkentett nyersfehérjetartalmú 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 aminosavtartalmú, de valinnal kiegészített diéták esetén a legtöbb aminosav ileális emészthetősége csak tendenciózusan nő ( $P > 0,05$ ). A csökkentett aminosavtartalmú, de valinnal kiegészített diéták etetésekor az összes aminosav maximális emészthetősége meghaladja az ajánlás szerinti fehérje és aminosavtartalmú diéta esetében mért emészthetőséget. A vizsgálat időpontjában az ajánlás szerinti fehérje- és aminosavtartalmú 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 estében 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. 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 igen szoros ( $R^2=0,9896$ ). Az ajánlás szerinti nyersfehérje és valintartalmú diétát (PC) fogyasztó madarak összes aminosav abszorpciójához képest a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok 21,7%-kal kevesebb összes aminosavat abszorbeálnak. Az összes aminosav abszorpciós maximuma 17,4%-kal elmarad a PC madarak esetében mért értéktől. Az összes aminosav abszorpcióban mért különbség a madarak élősúlyában- illetve súlygyarapodásában is megnyilvánul. A súlygyarapodás elmaradásának mértéke azonban az abszorpcióban mért eltéréstől kisebb.

Az emészthetőségi vizsgálatok eredményeiből megállapítható ***a nevelőtápetetésének végén mérve (21. nap)***, hogy a csökkentett nyersfehérjetartalmú 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 nyersfehérjetartalmú 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 aminosavtartalmú diéta (PC) esetében mért emészthetőséget. A

csökkentett aminosavtartalmú, de valinnal kiegészített diéták vonatkozásában az összes aminosav maximális emészthetősége 2,0%-kal haladja meg az ajánlás szerinti (PC) fehérje és aminosavtartalmú 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. Adataim szerint a vizsgálatok időpontjában a PC kezelés madarainak nyersfehérje abszorpciójától a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok nyersfehérje abszorpciója 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 aminosav 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 nyersfehérjetartalmú 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 aminosavtartalommal összeállított diéta (PC) esetében mért értékektől. A csökkentett nyersfehérje-tartalmú alapdiéta (LPV0) kristályos valinnal történő kiegészítésekor több aminosav, például metionin, valin, glicin, prolin, aszparaginsav, glutaminsav és alanin esetében a valin-kiegészítés (többnyire dózistól függetlenül) szignifikánsan javítja az emészthetőséget az LPV0 kezeléshez képest, míg más aminosavak ileális emészthetősége csak tendenciózusan növekszik. Ugyanezen alapdiéta valinnal történő kiegészítésekor a treonin maximális emészthetősége 13,7%-kal haladja

meg az ajánlás szerinti fehérje és aminosavtartalmú 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 fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó társaik. A lizin a metionin, és a metionin+cisztin estében 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. Ugyanakkor a csökkentett fehérjetartalmú, de valin kiegészítést tartalmazó diétát fogyasztó LPV3-5 kezelések szignifikánsan több valint abszorbeáltak, mint a PC és az LPV0 diétákat fogyasztó társaik. A PC kezelés madarai a 35. életnapon 21,3%-kal több összes aminosav abszorpcióra képesek, mint a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát LPV0 diétát fogyasztó állatok. Az összes 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. Eredményeim fontos információkat szolgáltatnak a fenntartható, környezettudatos brojler előállítás továbbfejlesztéséhez, amelynek jelentősége várhatóan tovább fog növekedni, amelynek alapfeltétele a takarmányból származó karbonlábnyom csökkentése.

## 10. SUMMARY

Due to the increasing costs of protein sources used in broiler feeds, it is of crucial importance to investigate the reduction of protein levels, which can only be achieved by optimizing amino acid supply. This necessitates an accurate assessment of the essential amino acid requirements of birds at various growth phases. Recent research highlights that valine may potentially be the fourth limiting amino acid in corn–soybean meal-based broiler diets. Reducing the crude protein content of poultry feeds not only offers physiological and production benefits but is also significant from economic and environmental perspectives. Lower nitrogen excretion leads to reduced environmental nitrogen load, a pressing issue for countries with intensive livestock production. Based on the reviewed literature, we aimed to examine the effects of varying crude protein and valine contents in corn–soybean meal-based diets on the live weight, weight gain, feed conversion rate (FCR) and protein conversion of roosters, as well as the dietary CO<sub>2</sub> footprint of broiler production. Additionally, we aimed to determine in digestibility studies the ileal digestibility and absorption of the crude protein and amino acids of all diets (7 per phase, 21 in total) used at different phases of feeding. The performance trials involved 1,680 birds. Diets were formulated for a three-phase feeding system based on corn–soybean meal. Seven treatments were employed. The positive control (PC) treatment included diets formulated in compliance with the crude protein and valine recommendations of Aviagen (2014). The LPV0 treatment involved reduced crude protein content (Starter: 190 g/kg, Grower: 170 g/kg, Finisher: 160 g/kg) without valine supplementation. The subsequent treatments (LPV0–5) were complemented with increasing levels of L-valine (Starter: 0.0–2.50 g/kg; Grower: 0.0–2.70 g/kg; Finisher: 0.0–2.70 g/kg). During the trial, the individual live weights of the broilers were measured on days 1, 14, 21, and 35, corresponding to the feeding phases (Sartorius CP16001S, Germany, Göttingen). Feed intake was measured

collectively per pen during the intervals between the measurements of the live weights. Ileal digestibility studies were conducted post-mortem on days 14, 21, and 35, using six birds per treatment per phase, totaling 138 birds. After a three-day preparation period, intestinal contents were collected following two-phase CO<sub>2</sub> stunning and exsanguination. Chemical analyses of feed components and mixtures were conducted in accordance with Hungarian Standards. Amino acid analysis of the feed was performed based on the methodology described by Bech-Andersen et al. (1990). The experimental data were analyzed by analysis of variance and regression analysis using the SPSS (Statistics for Windows v.20, IBM Corp., Armonk, N.Y., USA) program package. Compared to the Aviagen (2014) hybrid standard, the birds in the positive control (PC) and LPV0-5 treatments achieved numerically better live weight and feed conversion ratios. Similarly, compared to the equivalent baseline values from Aviagen (2022b), the live weight of birds in all experimental groups exceeded the standard; however, the feed conversion ratio was numerically less favorable. Reducing the protein content (PC) by 20 g/kg per phase (starter, grower, finisher) while maintaining lysine, methionine+cystine, threonine, and tryptophan levels (LPV0) will lead to decreased weight gain and impaired feed conversion up to 21 days of age, with no significant improvement from valine supplementation. In the final phase (days 22–35), growth and feed conversion rates were similar across all treatments, indicating that reduced protein content no longer adversely affected performance. At the same time, in terms of live weight, birds consuming the recommended (PC) protein- and valine-content diet achieved better results than those on reduced-protein diets without valine supplementation or with valine supplementation. Over the entire feeding period (days 1–35), feed conversion was unaffected by varying protein and valine levels. Birds fed the reduced protein diet supplemented with valine were able to produce a unit of weight gain from 11.2% less protein than their counterparts fed a diet containing the recommended protein and valine

(PC). Due to the improved protein utilization rate, the birds fed the reduced protein diet and the reduced protein diet with valine supplementation achieved during the 35-day trial period a 15.3 % improvement in the dietary CO<sub>2</sub> footprint of their weight gain compared to that of their PC counterparts.

Digestibility studies showed that *during the period of feeding starter feeds (measured on day 14)*, the diet with reduced crude protein and no crystalline valine supplementation had significantly higher ileal digestibility for most amino acids compared to the measured value in the case of the diet formulated with crude protein and amino acid content according to the recommendation (Aviagen, 2014). In diets with reduced amino acid content but supplemented with valine, the ileal digestibility of most amino acids only tended to increase ( $P>0.05$ ). When feeding diets with reduced amino acid content but supplemented with valine, the maximum digestibility of all amino acids exceeds the digestibility measured for diets with the recommended protein and amino acid content. At the time of the studies, compared to the crude protein absorption of birds (PC) consuming feed with the recommended protein and amino acid content, the crude protein absorption of animals consuming a reduced protein diet without valine supplementation (LPV0) was lower. Regarding lysine, methionine, methionine+cystine and threonine, the birds consuming the reduced protein diet without valine supplementation and the diet supplemented with valine absorbed fewer amino acids only numerically ( $P>0.05$ ) compared to their PC counterparts. In the case of valine, animals on the reduced protein diet not supplemented with valine absorbed 28.3% less valine than their PC counterparts. Increasing valine levels in reduced crude protein diets also increases the amount of valine absorbed, the reliability of the correlation is very strong ( $R^2 = 0.9896$ ). Compared to the total amino acid absorption of birds consuming the recommended crude protein and valine diet (PC), animals consuming the reduced protein diet without valine supplementation (LPV0) absorb 21.7%

less total amino acids. The difference in total amino acid absorption was also reflected in the body weight and weight gain of the birds. However, the extent of the reduced weight gain was smaller than the difference in absorption.

Based on the results of digestibility studies *measured at the end of the grower diet feeding period (measured on day 21)*, the apparent ileal digestibility of amino acids in the reduced crude protein diet without crystalline valine supplementation was significantly higher for most amino acids compared to the extent measured with the diet composed of crude protein and amino acid content in compliance with the recommended PC treatment (Aviagen, 2014). When crystalline valine was added to the reduced crude protein content base diet (LPV0), the ileal digestibility of lysine, threonine and valine significantly increases ( $P < 0.05$ ), but only a numerical improvement in digestibility may be expected for crude protein, methionine, methionine+cystine and total amino acids ( $P > 0.05$ ). The maximum digestibility of valine exceeds the digestibility measured with the diet containing protein and amino acids as recommended (PC) by 12.9%. For diets with reduced amino acid content supplemented with valine, the maximum digestibility of all amino acids exceeds the digestibility measured for the recommended (PC) protein and amino acid content diet by 2.0%, but the reliability of this correlation is very poor ( $R^2$  0.0026). These findings suggest that crystalline valine supplementation in this phase does not influence total amino acid digestibility. According to our data, at the time of the studies, the crude protein absorption of birds consuming a reduced protein diet without valine supplementation (LPV0) was 14.5% lower than the crude protein absorption of birds treated with PC. In the case of valine, animals fed a reduced protein diet not supplemented with valine absorbed 23.3% less valine than their PC counterparts. Compared to the total amino acid absorption of PC-treated birds, animals consuming a reduced protein diet without valine supplementation (LPV0) were able to absorb 20.6% less total amino acids.

The difference in total amino acid absorption was also reflected in the live weight and weight gain of the birds. The extent of the reduced weight gain was smaller than the difference in absorption.

Based on the data *measured during the finishing period (measured on day 35)*, it can be stated that the apparent ileal digestibility of the amino acid content of the reduced crude protein diet without crystalline valine supplementation (LPV0) does not differ significantly ( $P>0.05$ ) for most amino acids from the values measured in the case of the diet (PC) with the recommended crude protein and amino acid content (Aviagen, 2014). When the reduced crude protein basal diet (LPV0) was supplemented with crystalline valine, the digestibility of several amino acids, such as methionine, valine, glycine, proline, aspartic acid, glutamic acid, and alanine, was significantly improved compared to the LPV0 treatment (mostly independent of the dose). Meanwhile, the ileal digestibility of other amino acids only showed a tendency to increase. When the same basal diet was supplemented with valine, the maximum digestibility of threonine exceeded the digestibility measured in the case of a diet containing the recommended protein and amino acid content by 13.7%. The maximum digestibility of all amino acids was 6.3% higher than the PC value. At the time of the studies, birds on PC treatment absorbed 20.7% more crude protein per day than their counterparts consuming a reduced protein diet without valine supplementation (LPV0). In the case of lysine, methionine and methionine+cystine, birds consuming a reduced protein diet without valine supplementation (LPV0) absorbed significantly ( $P<0.05$ ) fewer amino acids than their PC counterparts, which did not change when the diet was supplemented with valine. In the case of valine, broilers consuming the reduced-protein diet without valine supplementation absorbed 22.8% less valine compared to their PC counterparts. However, the LPV3-5 treatments, which consumed reduced-protein diets with valine supplementation, absorbed significantly more valine than those consuming the PC and LPV0 diets. Birds on the PC

treatment were able to absorb 21.3% more total amino acids on day 35 than birds on the reduced protein diet without valine supplementation (LPV0 diet). The difference in total amino acid absorption is no longer reflected in the weight gain of the birds, which is presumably due to the nearly identical amount of available utilizable amino acids.

The performance data and the findings on crude protein and amino acid digestibility obtained using our experimental concept could serve as a well-utilizable alternative for reducing the carbon footprint originating from feeding, which should be confirmed in further targeted studies. Our results provided important information for the improvement of sustainable and environmentally conscious broiler production, the importance of which is expected to grow further, with the reduction of the feed-based carbon footprint being a fundamental prerequisite.

## 11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Nagyon sok köszönettel tartozom témavezetőimnek, mentoraimnak, **Prof. Dr. Tossenberger Jánosnak** és **Dr. Tóth Tamásnak**, akik az elvégzett vizsgálatok megszervezésében, a kísérleti adatok feldolgozásában és kiértékelésében, valamint azok értelmezésében nyújtottak nélkülözhetetlen segítséget, folyamatosan irányítva munkámat.

Sok köszönettel tartozom **Dr. Tempfli Károly** egyetemi docensnek, a kísérleti adatok statisztikai értékelésében nyújtott rendkívül nagy segítségéért.

Külön köszönettel tartozom, a Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft. kollegáinak, valamint egykori vezetőmnek **Dr. Fábíán Jánosnak**. Hálás vagyok az Agrifirm Magyarország Zrt. kollegáinak, és Vezérigazgatójának **Rui Manuel Sales Melonak** akik sok türelemmel álltak hozzám és segítették a munkámat.

Külön köszönet **Dr. Tenke Jánosnak**, akivel egymást inspiráltuk ezen a nehéz úton.

Köszönöm az egykori Kaposvári Egyetem Takarmányozástani Tanszékén dolgozó valamennyi munkatársnak a vizsgálatok során nyújtott rendkívül értékes munkáját, szakértelmét és önzetlen segítségét.

Külön köszönetet szeretnék mondani **Miliu Judit** szakmai lektornak a dolgozatom angol nyelvű fejezetinek elkészítéséhez nyújtott segítségéért.

Köszönettel tartozom **szüleimnek, testvéreimnek, családomnak, barátaimnak** a feltétel nélküli támogatásukért és türelmükért. Külön köszönöm páromnak **Hodák Brigittának** és lányomnak **Gyurcsó Viktória Csengének**, hogy mellettem álltak, inspiráltak és támogattak.

## 12. IRODALOMJEGYZÉK

- Acar, N., E. T. Moran, Jr., and S. F. Bilgili, 1991: Live performance and carcass yield of male broilers from two commercial strain crosses receiving rations containing lysine below and above the established requirement between six and eight weeks of age. *Poult. Sci.*, **70**: 2315–2321.
- Adedokun, S. A., C. M. Parson, M. S. Lilburn, O. Adeola, T. J. Applegate, 2007: Standardized Ileal Amino Acid Digestibility of Meat and Bone Meal from Different Sources in Broiler Chicks and Turkey Poults with a Nitrogen-Free or Casein Diet. *Poult. Sci.*, **86**: 2598-2607.
- Agostini P. S., R. R. Santos, D. R. Khan, D. Siebert, P. van der Aar, 2019: The optimum valine: lysine ratios on performance and carcass traits of male broilers based on different regression approaches. *Poult. Sci.*, **98**: 1310–1320
- Ajang, O. A., S. Prijono, W. K. Smith, 1993: The effect of dietary protein level on growth and body composition of fast and slow feathering broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, **34**: 73–91.
- Akiba, Y., H. Othani, S. Saitoh, H. Ohkawara, H. Takakashi, M. Horiguchi, K. Gotoh, 1998: L-Trp improves egg production rate and alleviates fatty liver in laying hens. *Proceedings of the XVIII World's Poultry Congress*. 1034– 1035.
- Alleman F., J. Michael, A. M. Chagneau, B. Leclercq, 1999: Comparative responses of genetically lean and fat broiler chickens the dietary threonine concentration. *Br. Poult. Sci.*, **40**: 485-490.
- Alleman, F., B. Leclercq, 2007: Effect of dietary protein and environmental temperature on growth performance and water consumption of male broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, **38**: 607-610.
- Allameh, S., M. Toghyani, 2019: Effect of dietary valine supplementation to low protein diets on performance, intestinal morphology and immune responses in broiler chickens. *Livest. Sci.*, **229**: 137-144.
- Amirdahri, S., H. Janmohamadi, A. Taghizadeh, W. Lambert, M. Olyayee, E. A. Soumeih, 2023: The Optimum Ratio of Digestible Leucine: Lysine in Wheat-based Diets for Female Broiler Chickens From 8 – 21 Days of Age. *J. Appl. Poult. Sci.*, **32**: 1-12.
- Angkanaporn, K., V. Ravindran, W. L. Bryden, 1996: Additivity of Apparent and True Ileal Amino Acid Digestibilities in Soybean Meal, Sunflower Meal, and Meat and Bone Meal for Broilers. *Poult. Sci.*, **75**: 1098-1103.

- AOAC, 1996: Official Methods of Analysis. 16th ed. Assoc. Off Anal. Chem., Arlington VA.
- Aviagen, 2014: [http://en.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Broiler/Ross-308-Broiler-Nutrition-Specs-2014r17-EN.pdf](http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-308-Broiler-Nutrition-Specs-2014r17-EN.pdf)
- Aviagen, 2022a: [https://aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Broiler/Ross-BroilerNutritionSpecifications2022-EN.pdf](https://aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-BroilerNutritionSpecifications2022-EN.pdf)
- Aviagen, 2022b: [https://aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Broiler/RossRoss308-BroilerPerformanceObjectives2022-EN.pdf](https://aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/RossRoss308-BroilerPerformanceObjectives2022-EN.pdf)
- Babinszky L., J. Tossenberger, R. K. Réka, 2003: Effect of amino acid intake on fecal digestibility of amino acids and on urinary amino acids excretion of adult roosters. *J. Anim. Sci.*, **81**: 208
- Bae, S. H., J. H. Kim, I. S. Shin, – I. K. Han, 1999: Partition of amino acid requirements of broilers between maintenance and growth, isoleucine and valine. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, **12**: 388-394.
- Baker D. H., N. K. Allen, A. J. Kleiss, 1973: Efficiency of Tryptophan as a Niacin Precursor in the Young Chick. *J. Anim. Sci.* **36**: 299–302.
- Baker D. H., S. R. Fernandez, C. M. Parsons, H. M. Edwards, J. Lemmert, D. Webel, 1996: Maintenance requirement for valine and efficiency of its use above maintenance for accretion of whole body valine and protein in young chicks. *J. Nut.*, **126**: 1844-1851.
- Bandegan, A., A. Golian, E. Kiarie, R. L. Payne, G. H. Crow, W. Gunter, C. M. Nyachoti, 2011: Standardized ileal amino acid digestibility in wheat, barley, pea and flaxseed for broiler chickens. *Can. J. Anim. Sci.*, **91**: 103-111.
- Bhargava, K., R. Hanson, M. Sunde, 1970: Effect of methionine and valine on antibody productions in chicks with Newcastle disease virus. *J. Nut.*, **100**: 241-248.
- Barkley G. R., I. R. Wallis, 2001: Threonine requirement of broiler chickens: an experimental validation of a model using growth responses and carcass analysis. *Br. Poult. Sci.*, **42**: 616-624.
- Barua M., M. R. Abdollahi, F. Zaefarian, T. J. Wester, C. K. Girish, V. Ravindran, 2020: Standardized ileal amino acid digestibility of protein sources for broiler chickens is influenced by the feed form. *Poult. Sci.*, **99**: 6925-6934.
- Batal, A. B., C. M. Parsons, 2002: Effects of Age on Nutrient Digestibility in Chicks fed Different Diets. *Poult. Sci.*, **81**: 400-407.
- Bárdos, L., 2005: Az általános életjelenség sejt szintű alapjai, az anyagcsere. in: A gazdasági állatok élettana az anatómia alapjaival. Mezőgazda Kiadó. 15-21.

- Bech-Andersen, S., Mason, V.C., Dhanoa, M.S. (1990). Hydrolysate preparation for amino acid determination in feed constituents: 9. Modification to oxidation and hydrolysis conditions for streamlined procedures. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, **63**: 188-197.
- Belloir, P., B. Méda, W. Lamberrt, E. Corrent, H. Juin, M. Lessire, 2017: Reducing the CP content in broiler feeds: impact on animal performance, meat quality and nitrogen utilization. *Animal*: **11(11)**: 1881-1889. *Braz. J. Poult. Sci.*, **16**.
- Bernal, L. E.P., F. C. Tavernari, H. S. Rostagno, L. F. T. Albino, 2014: Digestible lysine requirements of broilers. *Br. J. Poult. Sci.* **16**: 49-55.
- Berres, J. – S. L. Vieira, W. A. Dozier, M. E. M. Cortes, R. Barros, E. T. Nogueira, M. Kutschenko, 2010a: Broiler responses to reduced-protein diets supplemented with valine, isoleucine, glycine and glutamic acid. *J. Appl. Poult. Res.*, **19**: 68-79.
- Berres, J., S. L. Vieira, M. T. Kidd, D. Taschetto, D. M. Freitas, R. Barros, E. T. Nogueira, 2010b: Supplementing L-Valine and L-Isoleucine in low-protein diet corn and soybean meal all-vegetable diets for broilers. *J. Appl. Poult. Res.* **19**: 373-379.
- Bilgili, S. F., E. T. Moran Jr., N. Acar. 1992. Strain-cross response of heavy male broilers to dietary lysine in the finisher feed: Live performance and further processing yields. *Poult. Sci.*, **71**: 850–858.
- Bragg, D. B., C. A. Ivy, E. L. Stephenson, 1969: Methods for Determining Amino Acid Availability of Feeds. *Poult. Sci.*, 2135-2137.
- Burnham, B., R. M. Gous, 1992: Isoleucine requirement of the chicken. *Br. Poult. Sci.* **33**: 59-69.
- Cabel, M. C., T. L. Goodwin, P. W. Waldroup, 1987: Reduction in abdominal fat content of broiler chickens by the addition of feather meal to finisher diets. *Poult. Sci.*, **66**: 1644– 1651.
- Cederberg, C., A. Flysjö, U. Sonesson, V. Sund, J. Davis, 2009: Greenhouse Gas Emissions from 462 Swedish Consumption of Meat, Milk and Eggs 1990 and 2005. SIK Report **793**, The 463 Swedish Institute for Food and Biotechnology, Göteborg
- Cemin, H. S., S. L. Vieira, C. Stefanello, M. Kipper, L. Kindlein, A. Helmbrecht, 2017: Digestible lysine requirements of male broilers from 1 to 42 days of age reassessed. *PlosOne*: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179665>
- Chamruspollert, M., G. M. Pesti, R. I. Bakalli, 2002. Determination of the methionine requirement of male and female broiler chicks using an indirect amino acid oxidation method. *Poult. Sci.* **81**: 1004–1013.

- Chen, Y. P., X. Chen, H. Zhang, Y. M. Zhou, 2013: Effects of dietary concentrations of methionine on growth performance and oxidative status of broiler chickens with different hatching weight. *Br. Poult. Sci.* **54**: 531–534.
- Cho, I., H. S. An, H. J. Yoon, N. Namgung, C. Kong, 2024: Growth performance and nitrogen excretion of broiler chickens fed low protein diets supplemented with crystalline amino acids. *J. Anim. Sci. Tech.*, **66**: 145–155.
- Chrystal, P., A. F. Moss, A. Kohoddami, V. D. Naranjo, P. H. Selle, Y. L. Sonia, 2020: Effects of reduced crude protein levels, dietary electrolyte balance, and energy density on the performance of broiler chickens offered maize-based diets with evaluations of starch, protein, and amino acid metabolism. *Poult. Sci.*, **99**: 1421-1431.
- Cobb Vantress, 2022: <https://www.cobbgenetics.com/assets/Cobb-Files/2022-Cobb500-Broiler-Performance-Nutrition-Supplement.pdf>
- Conde-Aguilera, J. A., J. C. G. Cholet, M. Lessire, Y. Mercier, S. Tesseraud, J. V. Milgen, 2016. The level and source of free methionine affect body composition and breast muscle traits in growing broilers. *Poult. Sci.* **95**: 2322–2331.
- Corrent, E., 2009: Valine: the next limiting amino acid. *Feed Mix*, **17**: 5.
- Corzo, A., E. T. Moran Jr., D. Hoehler. 2002: Lysine need of heavy broiler males applying the ideal protein concept. *Poult. Sci.*, **81**: 1863–1868.
- Corzo, A., E. T. Moran Jr., D. Hoehler. 2003: Lysine needs of summer-reared male broilers from six to eight weeks of age. *Poult. Sci.*, **81**: 1863–1868.
- Corzo, A., E. T. Moran, D. Hoehler, 2004: Valine needs of male broilers from 42 to 56 days of age. *Poult. Sci.*, **83**: 946-951.
- Corzo, A., E. T., Moran, D. Hoehler, A. Lemme, 2005: Dietary Tryptophan Need of Broiler Males from Forty-Two to Fifty-Six Days of Age. *Poult. Sci.*, **84**: 226–23.
- Corzo, A., W. A. Dozier, and M. T. Kidd. 2006. Dietary lysine needs of late-developing heavy broilers. *Poult. Sci.*, **85**: 457–461.
- Corzo, A., M. T. Kidd, W. A. Dozier, S. L. Vieira, 2007: Marginality and needs of dietary valine for broilers fed certain all-vegetable diets. *J. Appl. Poult. Res.*, **16**: 546-554.
- Corzo, A., W. A. Dozier, M. T. Kidd, 2008: Valine nutrient recommendations for Ross × Ross 308 broilers. *Poult. Sci.*, **87**: 335-338.

- Corzo, A., R. E. Loar, M. T. Kidd, 2009: Limitations of dietary isoleucine and valine in broiler chick diets. *Poult. Sci.* **88**: 1934-1938.
- Corzo, A., W. A. Dozier, L. Mejia, C. D. Zumwalt, M. T. Kidd, P. B. Tillman, 2011: Nutritional feasibility of l-valine inclusion in commercial broiler diets. *J. Appl. Poult. Res.*, **20**: 284-290.
- Coufal, C. D., C. Chavez, P. R. Niemeyer, J. B. Carey, 2006: Nitrogen Emissions from Broilers Measured by Mass Balance Over Eighteen Consecutive Flocks. *Poult. Sci.*, **85**: 384-391.
- Csapó, J., Cs. Cs. Albert, 2009: The D-amino acid content of foodstuffs (A Review). *Alimentaria*, **2**: 5-31.
- Del Vesco, A. P., E. Gasparino, D. O. Grieser, V. Zancanela, D. M. Voltolini, A. S. Khatlab, S. E. F. Guimarães, M. A. M. Soares, A. R. O. Neto, 2015: Effects of Methionine Supplementation on the Expression of Protein Deposition-Related Genes in Acute Heat Stress-Exposed Broilers. *Plos One* **10**(2)
- Donaldson, W. E., 1985: Lipogenesis and body fat in chicks: Effects of calorie: protein ratio and dietary fat. *Poult. Sci.*, **64**: 1199-1204.
- Donaldson, W. E., G. F. Combs, G. L. Romoser, 1956: The effect of calorie:protein ratio of the ration on the growth, nutrient utilization, and body composition of chicks. *Poult. Sci.*, **35**:1100-1105.
- Dozier, W. A., E. T. Moran, and M. T. Kidd. 2000: Threonine requirement of broiler males from 42 to 56 d in a summer environment. *J. Appl. Poult. Res.* **9**: 496-500.
- Dozier, W. A., M. T. Kidd, and A. Corzo. 2008: Dietary amino acid responses of broiler chickens. *J. Appl. Poult. Res.*, **17**: 157-167.
- Dozier, W. A., A. Corzo, M. T. Kidd, P. B. Tillman, S. L. Branton, 2009: Digestible lysine requirements of male and female broilers from fourteen to twenty-eight days of age. *Poult. Sci.* **88**: 1676-1682.
- Dozier, W. A., A. Corzo, M. T. Kidd, P. B. Tillman, J. P. McMurtry, S. L. Branton, 2010: Digestible lysine requirements of male broilers from 28 to 42 days of age. *Poult. Sci.* **89**. 2173-2182.
- Dozier, W. A., R. L. Payne, 2012: Digestible lysine requirements of female broilers from 1 to 15 days of age. *J. Appl. Poult. Res.*, **21**: 348-357.
- Dozier, W. A., Y. Mercier. 2013. Ratio of digestible total sulfur amino acids to lysine of broiler chicks from 1 to 15 days of age. *J. Appl. Poult. Res.* **22**: 862-871.
- Dridi S. nem publikált adatok Kidd, M. T., S. Dridi, J. Bai, E. Diehl, 2015: (L: J. Citation) Dietary valine needs of commercial broilers. *Arkansas Nutritional Conference Proceeding*.

- Duarte K. F., O. M. Junqueira, C. H. F. Domingues, R. S. Filardi, L. L. Borges, M. F. F. M. Praes, 2014: Digestible valine requirement for broilers from 22-42 days old. *Act. Scient. Anim. Sci.* **36**: 151-156.
- Dublecz, K., 2011: Baromfitakarmányozás. In: Oktatási segédlet az Állattenyésztő mérnöki és a Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnöki MSc szakos hallgatók részére. Pannon Egyetem. 9.
- Efimov, A. V. 1993: Standard structures in proteins. *Biophys. molec. Biol.*, **60**: 201-239.
- Elkhair, R. A., H. Ahmed, S. Ketkat, S. Selim, 2020: Supplementation of a low-protein diet with tryptophan, threonine, and valine and its impact on growth performance, blood biochemical constituents, immune parameters, and carcass traits in broiler chickens. *Vet. World*, **13**: 1234-1244.
- Emmert, J. L., D. H. Baker, 1997: Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. *J. Appl. Poult. Res.* **6**: 462-470.
- Evonik Industries (2018): Program: AminoChick 2.0. *Evonik Degussa GmbH, Health&Nutrition*, Animal Nutrition Services.
- Európai Környezetvédelmi Ügynökség, 2019: Üvegházhatású gázok kibocsátása az EU-ban. <https://www.europarl.europa.eu/topics/hu/article/20180301STO98928/uveghazhatasu-gazok-kibocsatasa-az-eu-ban-infografika>
- Fanatico, A. C., P. B. Pillai, J. L. Emmert, C. M. Owens, 2007: Meat quality of slow- and fast-growing chicken genotypes fed low-nutrient or standard diets and raised indoors or with outdoor access. *Poult. Sci.* **86(10)**: 2245-55.
- Farran M. T., O. P. Thomas, 1990: Dietary requirements of leucine, isoleucine, and valine in male broilers during the starter period. *Poult. Sci.* **69**: 757-762.
- Farran, M. T. O. P. Thomas, 1992: Valine deficiency. 2. The effect of feeding a valine-deficient diet during the starter period on performance and leg abnormality of male broiler chicks. *Poult. Sci.* **71**: 1885-1890.
- Fatufe, A. A., R. Timmler, M. Rodehudscord 2004: Response to lysine intake in composition of body weight gain and efficiency of lysine utilization of growing male chickens from two genotypes. *Poult. Sci.* **83**:1314–1324.
- Feedstuff, 1999 (L: J. Citation) Taherkhani, R., M. Shivazad, M. Zaghari, A. Z. Shahneh, 2008: Comparison of different ideal amino acids rations in male and female broiler chickens of 21-42 day of age. *J. Poult. Sci.*, **45**: 15-19.

- Fernandez, S. R., S. Aoyagi, Y. Han, C. M. Parsons, D. H. Baker, 1994: Limiting order of amino acids in corn and soybean meal for growth of the chick. *Poult. Sci.* **73**: 1887–1896.
- Fletcher, D. L., 2007: Poultry meat quality. *World's Poult. Sci. Jour.*, **58**: 131-145
- Freeman, C. P. 1979: The tryptophan requirement of broiler chicks. *Br. Poult. Sci.* **20**: 27–37.
- Garcia, A. R., and A. B. Batal, 2005. Changes in the digestible lysine and sulfur amino acid needs of broiler chicks during the first 21 days post-hatching. *Poult. Sci.* **84**: 1350–1355.
- Garcia, A. R., A. B. Batal, N. M. Dale, 2007: A Comparison of Methods to Determine Amino Acid Digestibility of Feed Ingredients for Chickens. *Poult. Sci.* **86**: 94–101.
- Green, S., S. L. Bertrand, M. J. C. Duron, R. Maillard, 1987a: Digestibilities of amino acids in maize, wheat and barley meals, determined with intact and caecectomised cockerels. *Br. Poult. Sci.*, **28** (4): 631-641.
- Green, S., S. L. Bertrand, M. J. C. Duron, R. Maillard, 1987b: Digestibilities of amino acids in soyabean, sunflower and groundnut meals, determined with intact and caecectomised cockerels. *Br. Poult. Sci.*, **28** (4): 643-652.
- Greenhalgh, S., A. Lemme, J. C. P. Dorigan, P. V. Chrystal, S. P. Macelline, S. Y. Liu, P. H. Selle, 2003: Dietary crude protein concentrations, feed grains, and whey protein interactively influence apparent digestibility coefficients of amino acids, protein, starch, and performance of broiler chickens. *Poult. Sci.* **101**: 102131
- Guan, R. F., F. Lyu, X. G. Cheng, J. G. Ma, H. Jiang, C. G. Xiao, 2013: Meat quality traits of four Chinese indigenous chicken breeds and one commercial broiler stock. *J. Zhejiang Univ. Sci. B*, **14**: 896–902.
- Han, Y., D. H. Baker. 1994: Digestible lysine requirement of male and female broiler chicks during the period three to six weeks posthatching. *Poult. Sci.* **73**:1739–1745.
- Han, Y., H. Suzuki, C. M. Parsons, D. H. Baker, 1992: Amino acid fortification of a low protein corn-soybean meal diet for maximal weight gain and feed efficiency of the chick. *Poult. Sci.*, **71**: 1168–1178.
- Hewit, D., D. Lewis, 1972: The amino acid requirements of growing chick. I. Determination of amino acid requirements. *Br. Poult. Sci.* **13**: 449–463.

- Harn, Van J., M. A. Dijkslag, M. M. Krimpen, 2019: Effect of low protein diets supplemented with free amino acids on growth performance, slaughter yield, litter quality, and footpad lesions of male broilers. *Poult. Sci.*, **98**: 4868–4877.
- Hemetsberger, F., T. Hauser, K. J. Doming, W. Kneifel, K. Schedle, 2021: Interaction of Soybean Varieties and Heat Treatments and Its Effect on Growth Performance and Nutrient Digestibility in Broiler Chickens. *Anim.*, **11**: 2668.
- Hickling, D., W. Guenter, M. Jackson, 1990: The effects of dietary lysine and methionine on broiler chicken performance and breast meat yield. *Can. J. Anim. Sci.*, **70**: 673–678.
- Huang, K. H., X. Li, V. Ravindran, W. L. Bryden, 2006: Comparison of Apparent Ileal Amino Acid Digestibility of Feed Ingredients Measured with Broilers, Layers, and Roosters. *Poult. Sci.*, **85**: 625–634.
- Huang, K. H., V. Ravindran, X. Li, G. Ravindran, W. L. Bryden, 2007: Apparent ileal digestibility of amino acids in feed ingredients determined with broilers and layers. *J. Sci. Food Agric.*, **87**: 47–53.
- Hubbard, 2022: <https://www.hubbardbreeders.com/media/broiler-guide-efficiency-plus-en-20220503-ld.pdf>
- Huether, G., B. Poeggeler, A. Reimer, A. George. 1992: Effects of tryptophan administration on circulating melatonin levels in chicks and rats: Evidence for stimulation of melatonin synthesis and release in the gastrointestinal tract. *Life Sci.* **51**: 945–953.
- Ingemann, N. N., M. Jorgensen, B. Simon, 2011: Greenhouse Gas Emission from the Danish Broiler Production estimated via LCA Methodology. *Knowledge Centre for Agriculture*.
- Illinois Ideal Chick Protein, 1994 (L: J. Citation) Taherkhani, R., M. Shivazad, M. Zaghari, A. Z. Shahneh, 2008: Comparison of different ideal amino acids rations in male and female broiler chickens of 21–42 day of age. *J. Poult. Sci.*, **45**: 15–19.
- Ishibashi, T., M. Kametaka, 1985: Methionine requirements of chickens with various body weights. *Agricult. and Biol. Chem.*, **49**: 3493–3500.
- Johns, D.C., C. K. Low, J. R. Sedcole, K. A. C. James, 1986a: Determination of amino acid digestibility using caeectomised and intact adult cockerels. *Br. Poult. Sci.*, **27**: 451–461.
- Johns, D. C., C. K. Low, K. A. C. James, 1986b: Comparison of amino acid digestibility using the ileal digesta from growing chickens and cannulated adult cockerels. *Br. Poult. Sci.*, **27**: 679–685.
- Kadim, I.T., P. J. Moughan, V. Ravindran, 2002: Ileal amino acid digestibility assay for the growing meat chicken-comparison of ileal

- and excreta amino acid digestibility in the chicken. *Br. Poult. Sci.*, **44**: 588-597.
- Kakuk, T., J. Schmidt, 1988: Az emészthetőséget befolyásoló tényezők. In: Takarmányozástan. Mezőgazdasági Kiadó. 80-87.
- Kalinowski A., E. T. Moran, C. L. Wyatt, 2003: Methionine and Cystine Requirements of Slow- and Fast-Feathering Broiler Males from Three to Six Weeks of Age. *Poult. Sci.* **82**: 1428–1437.
- Kaplan, M., G. Yildiz, (2017): The effects of dietary supplementation levels of valine on performance and immune System of broiler chickens. *J. Agri. Cr. Res.*, **5**: 25-31.
- Kalhor, T., A. Rajabipour, A. Akram, M. Sharifi, 2016: Environmental impact assessment of chicken meat production using life cycle assessment. *Inf. Process. Agric.*, **3**: 262-271.
- Khalil, M., M., Abdollahi, F. Zaefarian, P. Chrystal, V. Ravindran, 2021: Apparent metabolizable energy of cereal grains for broiler chickens is influenced by age. *Poult. Sci.*, **100**: 1-8.
- Kidd, M. T., B. J. Kerr, N. B. Anthoni, 1997: Dietary interactions between lysine and threonine in broilers. *Poult. Sci.*, **76**: 608–614.
- Kidd, M. T., B. J. Kerr, N. B. Anthoni, 1998: Lysine levels in starter and grower-finisher diets affect broiler performance and carcass traits. *Appl. Poult. Res.*, **7**: 351–358.
- Kidd, M. T., S. P. Lerner, J. P. Pallard, S. K. Rao, J. T. Halley, 1999: Threonine needs of finishing broilers: growth, carcass, and economic. *J. Appl. Poult. Res.*, **8(2)**: 160-169.
- Kidd, M., T 2000: Nutritional considerations concerning threonine in broilers. *World's Poult. Sci.* **56**: 139-156.
- Kidd, M. T., C. D. McDaniel, S. L. Branton, E. R. Miller, B. B. Boren, B. I. Fancher, 2004a: Increasing amino acid density improves live performance and carcass yields of commercial broilers. *J. Appl. Poult. Res.*, **13**: 593–604.
- Kidd, M. T., Corzo A., Hoehler D., Kerr B. J., Barber S. J., Branton S. L. 2004b: Threonine needs of boiler chickens with different growth rates. *Poult. Sci.* **83**: 1368–1375.
- Kidd, M. T., D. J. Burnham, B. J. Kerr, 2004c: Dietary isoleucine responses in male broiler chickens. *Br. Poultry. Sci.* **45**: 67-75.
- Kidd, M. T., S. Dridi, J. Bai, E. Diehl, 2015: Dietary valine needs of commercial broilers. *Arkansas Nutritional Conference Proceeding*.
- Kidd, M. T., 2019: Amino acid requirement of broilers: the importance of the ideal protein concept. XXXV. Curso de especialization FEDNA conference, Madrid. 169-173.

- Kiss, N. É., 2022: Brojler csirke tartáshoz kapcsolódó környezeti terhelés értékelése körforgásos szemlélet alapján (Assessment of environmental burden associated with broiler chicken production based on a circular approach. In Hungarian). University of Debrecen. Doctoral (Ph.D.) dissertation.
- Klain, G. H., H. M. Scott, B. C. Johnson. 1960: The amino acid requirement of the growing chick fed a crystalline amino acid diet. *Poult. Sci.* **39**: 39–44.
- Kluth, H., M. Rodehudson, 2006: Comparison of Amino Acid Digestibility in Broiler Chickens, Turkeys, and Pekin Ducks. *Poult. Sci.* **85**: 1953-1960.
- Kriseldi, R., P. B. Tillman, Z. Jiang, W. A. Dozier, 2018: Effects of feeding reduced crude protein diets on growth performance, nitrogen excretion, and plasma uric acid concentration of broiler chicks during the starter period. *Poult. Sci.*, **97**: 1614–1626.
- Lacy, M. P., H. P. Van Krey, D. M. Denbow, P. B. Siegel, J. A. Cherry. 1982. Amino acid regulation of food intake in domestic fowl. *Nutr. Behav.* **1**: 65–74.
- Larbier, M., B. Leclercq, (1994) The egg, and feeding of the laying hen. *In Nut. Feed. Poult.*, 169–197.
- Leclercq, B. 1998. Specific effects of lysine on broiler production: Comparison with threonine and valine. *Poult. Sci.*, **77**: 118–123.
- Leeuwen, Van P., L. Babinszky, M. W. A. Verstegen, J. Tossenberger, 2000: A procedure for ileostomisation of adult roosters to determine apparent ileal digestibility of protein and amino acids of diets: Comparison of six diets in roosters and growing pigs. *Livest. Product. Sci.*, **67**: 101-111.
- Lemme, A., V. Ravindran, W. L. Bryden, 2004: Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. *World's Poult. Sci. J.*, **60**: 423-437.
- Leo, S. J., C. L. Wyatt, B. I. Fancher, 1989: Sulphur amino acid requirement of broiler chickens from 3 to 6 weeks of age. *Poult. Sci.*, **68**: 163-168.
- Liu, J. B., Z. Q. Liu, L. Chen, H. F. Zhang, 2016: Effects of feed intake and dietary nutrient density on apparent ileal and total tract digestibility of nutrients and gross energy for growing pigs. *J. Anim. Sci.*, **94**: 4251-4258.
- Low, A. G. 1980: Nutrient absorption in pigs. *J. Sci. Food Agric.*, **31**: 1087-1130

- Lu, C, 2012: Determination of methionine and lysine requirements of growing broilers using the Ideal Protein Concept. University of Arkansas, Doctoral (Ph.D.) dissertation.
- Lumpkins, B. S., A. B. Batal, and D. H. Baker, 2007. Variations in the digestible sulphur amino acid requirement of broiler chickens due to sex, growth criteria, rearing environment, and processing yield characteristics. *Poult. Sci.*, **86**: 325–330.
- Mack, S., D. Bercovici, G. De Groote, B. Leclercq, M. Lippens, M. Pack, J. B. Schutte, S. Van Cauwenberghe, 1999: Ideal amino acid profile and dietary lysine specification for broiler chickens of 20 to 40 days of age. *Br. Poult. Sci.*, **40**: 257–265.
- Mabray, C. J., P. W. Waldroup, 1981: The influence of dietary energy and amino acid levels on abdominal fat pad development of the broiler chicken. *Poult. Sci.*, **60**: 151–155.
- Magyar Szabvány (1977). Kémiai vizsgálatok és számítások. MSZ 6830/377. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.
- Magyar Szabvány (1978). Kémiai vizsgálatok és számítások. MSZ 6830/6-78. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.
- Magyar Szabvány (1978). Kémiai vizsgálatok és számítások. MSZ 6830/8-78. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.
- Magyar Szabvány (1981). Kémiai vizsgálatok és számítások. MSZ 6830-4:1981. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.
- Magyar Szabvány (1981). Kémiai vizsgálatok és számítások. MSZ 6830/7-81. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.
- Magyar Szabvány (1980). Kémiai vizsgálatok és számítások. MSZ 6830/20-80. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.
- Magyar Szabvány (1991). Kémiai vizsgálatok és számítások. MSZ-ISO 6491. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest.
- McNab, J.M. (1994): In: Amino acids in farm animal nutrition. (ed. D'Mello, J.P.F.), Wallingford, UK, CAB International, 185-203.
- Mench, J. A., and M. M. Shea-Moore. 1995: Moods, minds and molecules. The neurochemistry of social behavior. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **44**: 99–118.
- Mendonca, C. X., L. S. Jensen, 1989a: Influence of protein concentration on the sulphur-containing amino acid requirement of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, **30**: 889-898.
- Mendonca, C. X., L. S. Jensen, 1989b: Influence of valine level on performance of older broilers fed a low protein diet supplemented with amino acids. *Nutrition Report International.*, **40**: 247-252.

- Nielsen, N.I., M. Jorgensen, S. Bahrndorff, (2011): Greenhouse Gas Emission from the Danish Broiler Production estimated via LCA Methodology.
- NRC, 1994: Nutrient requirements of poultry. *National Research Council. National Academy Press.* Washington D.C.
- Nukreaw, R., C. Bunchasak, K. Markvichitr, A. Choothesa, S. Prasanpanich, W. Loongyai. 2011. Effects of methionine supplementation in low-protein diets and subsequent re-feeding on growth performance, liver and serum lipid profile, body composition and carcass quality of broiler chickens at 42 days of age. *J. Poult. Sci.* **48**: 229–238.
- Oh, S. Y., J. D. Summers, A. S. Wood, 1972: Performance of chicks fed graded levels of niacin and tryptophan. *Can. J. Anim. Sci.* **52**: 745–750.
- Ojano-Dirain, C. P., and P. W. Waldroup, 2002. Evaluation of lysine, methionine, and threonine needs of broilers three to six weeks of age under moderate temperature stress. *Int. J. Poult. Sci.*, **1**: 16–21.
- Oliveira N., A. Rodrigues, R. F. M. de Oliveira, J. L. Donzele, P. R. Cecon, R. G. M. V. Vaz, E. Gasparino, 2005. Levels of methionine + cystine for broiler chicks on thermoneutral environment. *R. Bras. Zootec.*, **34**: 1956–1962.
- Orlowski, M., A. Meister, 1970: The  $\gamma$ -Glutamyl Cycle: A Possible Transport System for Amino Acids. *Proceedings of the National Acad. Sci.*, **67**: 1248-1255.
- Pack, M. and J.B. Schutte, 1995. Sulfur amino acid requirement of broiler chicks from fourteen to thirty-eight days of age. 2. Economic evaluation. *Poult. Sci.* **74**: 488–493.
- Parsons, C. M. 2002. Digestibility and bioavailability of protein and amino acids. In: J. M. McNab and K. N. Boorman (Eds.), *Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value.* CAB International, Wallingford, UK.
- Payne, W. L., 1968: Proc. of the Maryland Nutr. Conf. for Feed Manufacturers, 73-83.
- Pelletier, N., 2008: Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle 424 energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. *Agric Syst.*, **98(2)**: 67-73.
- Pesti, G. M., B. Leclercq, A.-M. Chagneau, T. Cochard, 1994: Comparative responses of genetically lean and fat chicken to lysine, arginine and non-essential amino acid supply. II. Plasma amino acid responses. *Br. Poult. Sci.* **35**: 697–707.

- Ramos, S. H. M., C. K. Girish, 2018a: Proceedings of the NZ Poultry Industry Conference, **14**: 1-17.
- Ramos, S. H. M., C. K. Girish, 2018b: Application of Low Protein Diet Concept for Sustainable Poultry Production. *NZ Poultry Industry Conference*, **14**: 1-18.
- Ravindran, V., L. I. Hew, G. Ravindran, W. L. Bryden, (1999) A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry. *Br. Poult. Sci.*, **40**: 266-274.
- Ravindran, V., P. H. Selle, G. Ravindran, P. C. H. Morel, A. K. Kies, W. L. Bryden, 2001: Microbial Phytase Improves Performance, Apparent Metabolizable Energy, and Ileal Amino Acid Digestibility of Broilers Fed a Lysine-Deficient Diet. *Poult. Sci.*, **80**: 338-444.
- Rezaei, M., N. Moghaddam, P. Reza, H. Kermanshahi, 2004: The Effects of Dietary Protein and Lysine Levels on Broiler Performance, Carcass Characteristics and N Excretion. *International. J. Poult. Sci.*, **3**: 148-152.
- Rhone Poulenc Animal Nutrition (L: J. Citation) Taherkhani, R., M. Shivazad, M. Zaghari, A. Z. Shahneh, 2008: Comparison of different ideal amino acids rations in male and female broiler chickens of 21-42 day of age. *J. Poult. Sci.*, **45**: 15-19.
- Rodehutschord, M., A. A. Fatufe, 2005: Protein and valine gain of broilers in response to supplemented L-valine. *Proceedings of the 15th ESPN, Balatonfüred, Hungary, 25-29 September*, 545-547
- Rodehutschord, M., A. Dieckmann, 2005: Comparative studies with three-week-old chickens, turkeys, ducks, and quails on the response in phosphorus utilization to a supplementation of monobasic calcium phosphate. *Poult. Sci.*, **84**:1252–1260.
- Rodrigueiro, R. J. B, L. F. T. Albino, H. S. Rostagno, P. C. Gomes, P. C. Pozza, R. Neme, 2000: Methionine+cysteine requirement for broilers at the growing and finishing phases. *Rev. Bras. Zootec.* **29**: 507–517.
- Rogers, S. R., G. M. Pesti, 1990: The influence of dietary tryptophan on broiler chick growth and lipid metabolism as mediated by dietary protein levels. *Poult. Sci.*, **69**: 746-756.
- Rosen, G. D., 2007: Nutritive value of methionine source. *Poult. Sci.* **86**: 209-210
- Rosa A. P., G. M. Pesti, H. M. Edwards, R. I. Bakalli, 2001a: Threonine requirements of different broiler genotypes. *Poult. Sci.* **80** 1710-1717.
- Rosa A. P., Pesti G. M., Edwards H. M., Bakalli R., 2001b: Tryptophan requirements of different broiler genotypes. *Poult. Sci.*, **80**: 1718-1722.

- Rostagno, H., L. Páez, L. Albino, 2007: Nutrients requirements of broilers for optimum growth and lean mass. 16th. European Symposium on Poultry Nutrition.
- Sarsenbek A., T. Wang, J. K. Zhao, W. Jiang, 2013: Comparison of carcass yields and meat quality between Baicheng chickens and Arbor Acres broilers. *Poult. Sci.* **92**: 2776–2782.
- Schedle, K., J. Bartelt, W. Lambert, E. Corrent, 2019: Digestible valine requirements of growing-finishing Ross308 broilers. *Appl. Poult.*, **28**: 1168-1180.
- Schiffer, M., C. H. Chang, and F. J. Stevens. 1992. The functions of tryptophan residues in membrane proteins. *Prot. Eng.* **5**: 213–214.
- Scott, M. L., M. C. Nesheim, R. J. Young, 1969: Nutrition of the Chicken. 1st ed. Scott and Associates, Ithaca, NY
- Selle P. H., J. C. de P. Dorigam, A. Lemme, C. V. Peter, S. Y. LI, 2020: Synthetic and crystalline amino acids: alternatives to soybean meal in chicken-meat production. *Animals.*, **10**: 729.
- Shan A. S., K. G. Sterling, G. M. Pesti, R. I. Bakalli, J. P. Driver, A. A. Tejedor, 2003: The influence of temperature on the threonine and tryptophan requirements of young broiler chickens. *Poult. Sci.*, **82**: 1154-1162.
- Shea, M. M., L.W. Douglass, J. A. Mench, 1991: The interaction of dominance status and supplemental tryptophan on aggression in *Gallus domesticus* males. *Pharmac. Biochem. Behav.* **38**: 587–591.
- Sibbald, I. R., 1987: Estimation of bioavailable amino acids in feedingstuffs for poultry and pigs: a review with emphasis on balance experiments. *Can. J. Anim. Sci.*, **67**:
- Sibbald, I. R., and M. S. Wolynetz, 1986. Effects of dietary lysine and feed intake on energy utilization and tissue synthesis by broiler chicks. *Poult. Sci.*, **65**: 98–105.
- Siegel, P. B., E. A. Dunnington, D. E. Jones, C. O. Ubosi, W. B. Gross, J. A. Cherry, 1984: Phenotypic profiles of broilers stocks fed two levels of methionine and lysine. *Poult. Sci.* **63**: 855–862.
- Smith, N. K., P. W. Waldroup, 1988: Estimation of the Tryptophan Requirement of Male Broiler Chickens. *Poult. Sci.* **67**: 1174-1177
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. Mccarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko, M. Howden, T. Mcallister, G. Pan, V. Romanenkov, U. Schneider, S. Towprayoon, M. Wattenbach, J. Smith, 2008: Greenhouse gas mitigation in agriculture. In: Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, **363(1492)**: 789–813.

- SPSS Statistic Program, 2022: version 28.0 statistical software package IBM Corporation, New York.
- Sterling K.G., G. M. Pesti, R. I. Bakalli, 2003: Performance of broiler chicks fed various levels of dietary lysine and crude protein. *Poult. Sci.*, **82**: 1939-1947.
- Sterling, K. G., G. M. Pesti, R. I. Bakalli, 2006: Performance of different broiler genotypes fed diets with varying levels of dietary crude protein and lysine. *Poult. Sci.*, **85**: 1045–1054.
- Such, N., L. Pál, P. Strifler, B. Horváth, I. A. Koltay, M. A. Rawash, V. Farkas, Á. Mezölaki, L. Wágner, K. Duplecz, 2021: Effect of feeding low protein diets on the production traits and the nitrogen composition of excreta of broiler chickens. *Agric.*, **11**: 781.
- Summers, J. D., S. Leeson, D. Spratt, 1988: Yield and composition of edible meat from male broilers as influenced by dietary protein level and Amino acid supplementation. *Can. J. Anim. Sci.*, **68**: 241–248.
- Swatson, H. K., R. Gous, P. Ade Iji, R. Zarrinkalam, 2002: Effect of dietary protein level, amino acid balance and feeding level on growth, gastrointestinal tract, and mucosal structure of the small intestine in broiler chickens. *Anim. Res.*, **51(6)**: 501-515.
- Szczurek, W., 2009: Standardized ileal digestibility of amino acids from several cereal grains and protein-rich feedstuffs in broiler chickens at the age of 30 days. *J. of Anim. Feed Sci.*, **18**: 662-676.
- Szczurek, W. 2010: Standardized ileal digestibility of amino acids in some cereals, rapeseed products and maize DDGS for broiler chickens at the age of 14 days. *J. of Anim. Feed Sci.*, **19**: 72-80.
- The European Green Deal, 2020: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
- Taherkhani, R., M. Shivazad, M. Zaghari, A. Z. Shahneh, 2008: Comparison of different ideal amino acids rations in male and female broiler chickens of 21-42 day of age. *J. Poult. Sci.*, **45**: 15-19.
- Tahira, B., S. Farooq, N. Roohi, A. Mahmud, M. Usman, A. Ghayas, S. Ahmad, 2018: Effect of different dietary lysine regimens on meat quality attributes in varieties of indigenous Aseel chicken. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **24(5)**: 639-645.
- Tavernari, F. C., G. R. Lelis, R. A. Vieira, H. S. Rostagno, L. F. Albino, A. R. Oliveira Neto, 2013: Valine needs in starting and growing Cobb (500) broilers. *Poult. Sci.* **92**: 151-157.
- Tenke, J., O. Vida, I. Nagy, J. Tossenberger, 2023: Classifying Genetic Lines in Pork Production by Ileal Crude Protein and Amino Acid Digestibility in Growing Pigs. *Animals*, **13**: 1898.

- Thornton S. A., A. Corzo, G. T. Pharr, – W. A. Dozier, D. M. Miles, M. T. Kidd, 2006: Valine requirements for immune and growth responses in broilers from 3 to 6 weeks of age. *Br. Poult. Sci.*, **47**: 190-199.
- Toghyani, M., N. Rodgers, P. A. Iji, R. A. Swick, 2015: Standardized ileal amino acid digestibility of expeller-extracted canola meal subjected to different processing conditions for starter and grower broiler chickens. *Poult. Sci.* **94**: 992–1002.
- Toldrá, F. 2007: Handbook of Fermented Meat and Poultry. ISBN: 9780470376430
- Tossenberger, J., A. Horák, 2015: Az aminosavak emészthetőségének hatása a fehérjék minőségére. In: Oktatási segédanyag. Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Takarmányozástani Tanszék. 4.
- Varnish, S. A., K. J., Carpenter, 1975: Mechanisms of heat damage in proteins. 5. The nutritional values of heat-damaged and propionylated proteins as sources of lysine, methionine and tryptophan. *Bri. J. Nutr.* **34**: 325.
- Waguespack, A. M., S. Powell, T. D. Bidner. R. L. Payne, L. L. Southern, 2009: Effect of incremental levels of L-lysine and determination of the limiting amino acids in low crude protein corn-soybean meal diets for broilers. *Poult. Sci.* **88**: 1216–1226
- Waldroup, P. W., C. J. Mabry, J. R. Blackman, and Z. B. Johnson, 1979. The influence of copper sulfate on the methionine requirement of the growing broiler chick. *Nutr. Rep. Int'l.* **20**: 303–308.
- Walsh, P. J., P. Wright, 1995: Nitrogen metabolism and excretions. ISBN 0-8493-9411-7.
- Wang, X. Q., X. Chen, H. Z. Tan, D. X. Zhang, H. J. Zhang, S. Wei, H. C. Yan, 2013: Nutrient density and slaughter age have differential effects on carcass performance, muscle and meat quality in fast and slow growing broiler genotypes. *Br. Poult. Sci.*, **54**: 50-61.
- Weerden, E. J., J. B. Schuttle, J. E. Sprietsma, 1976: Relation between methionine and inorganic sulphate in broiler rations. *Poult. Sci.*, **55**: 1476-1481.
- West, J. W., C. W. Carrick, S. M. Hauge, and E. T. Mertz, 1952: The tryptophan requirement of young chickens as influenced by niacin. *Poult. Sci.*, **31**: 479–487.
- Wilkening, M. C., B. S. Schweigert, P. B. Pearson, R. M. Sheerwood. 1947: Studies on the requirement of the chick for tryptophan. *J. Nutr.* **34**: 701–713.

- Williams, P. E. V., 1995: Animal production and European pollution problems. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **53**: 135-144.
- Whitacre, M. E., H. Tanner, 2018: Methods of Determining the Bioavailability of Amino Acids for Poultry. *Absorption and Utilization of Amino Acids book*. Chapter **8**: 13.
- Zafar, U., G. Ahmed, M. Nisa, M. Sarwar, 2016: Standardized Ileal Amino Acid Digestibility of Commonly Used Feed Ingredients in Growing Broilers. *Asian Australas J. Anim. Sci.*, **29**: 1322-1329.
- Zhao, J. P., J. L. Chen, G. P. Zhao, M. Q. Zheng, R. R. Jiang, J. Wen., 2009: Live performance, carcass composition, and blood metabolite responses to dietary nutrient density in two distinct broiler breeds of male chickens. *Poult. Sci.* **88**: 2575–2584.
- Zuprizal, M. Larbier, A. M. Chagneau, P. A. Geraert, 1993: Protein and Amino Acids of Rapeseed and Soybean Meals in Broilers. *Poult. Sci.*, **72**: 289-295.

### 13. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

#### 13.1 A disszertáció témakörében megjelent 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 (proceeding):

- **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 Ross308 roosters. *European Poultry Science (EPS)*. Közlésre elfogadva. 2025.01.16.

##### Hazai konferencián bemutatott előadások:

- **Gyurcsó G.**, Tóth T., Fábíán J., Tossenberger J. (2011): Az L-valin kiegészítés hatása a pecsenyecsirkék élősúlyára. *A takarmányozás aktuális kérdései. 15. Nemzetközi Takarmányozási Szimpózium. Kaposvár, 2011. június 3.*

- **Gyurcsó G.**, Tóth T., Fábíán J., Tossenberger J. (2011): Az L-valin kiegészítés hatása a brojlercsirkék természetes mutatóira. *LIII. Georgikon napok. Nemzetközi Tudományos Konferencia. Keszthely, 2011. szeptember 29-30.*

### 13.2 A disszertáció témakörén kívül megjelent 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 víziszárnyasok 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 víziszárnyasok takarmányozásában. *Agrárágazat 6.*
- Tossenberger J., **Gyurcsó G.**, Halas V., Németh K., Tischler A., Fábíán J. (2016): A víziszárnyasok 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 közlemények:**

- 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. Sarlóspuszta, 2011
- **Gyurcsó G.**: Bábolnai napos takarmányozási program és a Bábolna 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. Sarlópuszta, 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