

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

**A VALIN ELLÁTÁS JELENTŐSÉGE A BROJLRECSIRKÉK  
TAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

**Készítette:**  
**Gyurcsó Gábor**

**Mosonmagyaróvár  
2025**

**A VALIN ELLÁTÁS 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:**

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. ....) igen/nem

Második bíráló : (Dr. ....) igen/nem

**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 fehérje tartalmú kezelések kristályos L-valin kiegészítés nélkül
LPV1-5:	Csökkentett fehérje tartalmú 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 korrigál 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 takarmányozásban	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	37
2.5.3 A valin jelentősége a brojlercsirkék takarmányozásában 42.-56. napos kor között	46
2.6 A takarmányozás hatása a brojlertermelés karbon-lányomára	48
<b>3. A KÍSÉRLET CÉLKITŰZÉSEI</b>	49
<b>4. SAJÁT VIZSGÁLATOK</b>	50
<b>5. ANYAG ÉS MÓDSZER</b>	51
5.1 Teljesítményvizsgálatok	51
5.1.1 Kísérleti állatok és elhelyezésük	51
5.1.2 Kezelések, kísérleti takarmányok	51
5.1.3 A kísérleti adatok felvételezése	59
5.2 Emészthetőségi vizsgálatok	59
5.2.1 Kísérleti állatok és elhelyezésük	59
5.2.2 Kezelések, kísérleti takarmányok	59
5.2.3 A chymus gyűjtés módszertani leírása	59
5.3 Laboratóriumi vizsgálatok	60

5.3.1	Kémiai vizsgálatok	60
5.3.2	A takarmánykeverékek CO <sub>2</sub> lábnyomának kiszámítása	61
5.4	A kísérleti adatok statisztikai analízise	61
<b>6.</b>	<b>EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉSÜK</b>	<b>62</b>
6.1	A teljesítményvizsgálatok eredményei	62
6.1.1	A madarak élősúlyának és súlygyarapodásának változása	62
6.1.2	Takarmányfelvétel és takarmányértékesítés	65
6.1.3	Fehérjefelvétel és fehérjeértékesítés	67
6.1.4	A fehérjecsökkentés hatása a brojlerek takarmány eredetű CO <sub>2</sub> lábnyomára	70
6.2	A teljesítményvizsgálatok eredményeinek megbeszélése	73
6.3	Az emészthetőségi vizsgálatok eredményei	80
6.3.1	A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális emészthetősége az indítótápok etetésének időszakában (1.-14. nap)	80
6.3.2	A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális abszorpciója az indítótápok etetésének időszakában (1.-14. nap)	92
6.3.3	A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális emészthetősége a nevelőtápok etetésének időszakában (15.-21. nap)	97
6.3.4	A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális abszorpciója a nevelőtápok etetésének időszakában (15.-21. nap)	107
6.3.5	A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális emészthetősége a befejezőtápok etetésének időszakában (22.-35. nap)	112
6.3.6	A nyersfehérje és az aminosavak látszólagos ileális abszorpciója a befejezőtápok etetésének időszakában (22.-35. nap)	124

<b>7. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK</b>	129
7.1 A teljesítményvizsgálatok eredményeiből levonható következtetések	129
7.2 Az emészthetőségi vizsgálatok eredményeiből levonható emészthetőségi és abszorpciós következtetések	130
7.3 Javaslatok	134
<b>8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK</b>	136
<b>9. ÖSSZEFOGLALÁS</b>	139
<b>10. SUMMARY</b>	144
<b>11. KÖSSZÖNETNYILVÁNÍTÁS</b>	149
<b>12. IRODALOMJEGYZÉK</b>	150
<b>13. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK</b>	165
13.1 A disszertáció témakörében megjelent közlemények	165
13.2 A disszertáció témakörén kívül megjelent közlemények	166

## TÁBLÁZATJEGYZÉK

1.	Fontosabb takarmánykomponensek aminosav tartalmának látszólagos ileális emészthetősége (%)	4
2.	Az emészthető metionin-ellátás 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)	35
6.	A valin hatása a brojlercsirkék teljesítményére 1.-21. napos kor között (áttekintő összegzés-2)	36
7.	Különféle aminosav arány-ajánlások	40
8.	A valin hatása a brojlercsirkék teljesítményére 21.-42. napos kor között (áttekintő összegzés-1)	44
9.	A valin hatása a brojlercsirkék teljesítményére 21.-42. napos kor között (áttekintő összegzés-2)	45
10.	Az indító takarmányok (1.-14. nap) összetétele, számított energia- és vizsgált táplálóanyag-tartalma	53
11.	Az indító takarmányok (1.-14. nap) számított aminosav tartalma (g/kg takarmány)	54
12.	A nevelőtápok (15.-21. nap) összetétele, számított energia- és vizsgált táplálóanyag-tartalma	55
13.	A nevelőtápok (15.-21. nap) számított aminosav tartalma (g/kg takarmány)	56
14.	A befejezőtápok (22.-35. nap) összetétele, számított energia- és vizsgált táplálóanyag-tartalma	57
15.	A befejezőtápok (22.-35. nap) számított aminosav tartalma (g/kg takarmány)	58
16.	A takarmányok eltérő L-valin kiegészítésének hatása a Ross308 brojlerekakások élősúlyára (g) és súlygyarapodására (g/nap)	64



17.	A takarmányok eltérő L-valin kiegészítésének hatása a Ross308 brojlerkakasok takarmányfelvételére (g/nap) és takarmányértékesítésére (kg/kg)	66
18.	A takarmányok eltérő valin kiegészítésének hatása a ROSS-308 brojlerek napi fehérje felvételére és (g/nap) és fehérjeértékesítésére (kg/kg)	69
19.	A takarmánykeverékek karbon lábnyoma (CO <sub>2</sub> eq/kg)	71
20.	A takarmányok fehérje csökkentésének és valin kiegészítésének hatása a ROSS-308 brojlerek súlygyarapodásának takarmányeredetű fajlagos karbon lábnyomára (CO <sub>2</sub> eq/kg súlygyarapodás)	72
21.	Az indítótápok (1.-14. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális emészthetősége (%)	82
22.	Néhány aminosav ileális emészthetőségének maximuma az indítótáp etetésének időszakában (1.-14. nap)	91
23.	Az indítótápok (1.-14. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális abszorpciója (mg/nap)	93
24.	A nevelőtápok (15.-21. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális emészthetősége (%)	98
25.	Néhány aminosav ileális emészthetőségének maximuma a nevelőtápok etetésének időszakában (15.-21. nap)	106
26.	A nevelőtápok (15.-21. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális abszorpciója (mg/nap)	109
27.	A befejezőtápok (22.-35. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális emészthetősége (%)	113
28.	Néhány aminosav ileális emészthetőségének maximuma a befejezőtápok etetésének időszakában (22.-35. nap)	123
29.	A befejezőtápok (22.-35. nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális abszorpciója (mg/nap)	125

## 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 valin-ellátás és a nyersfehérje ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor	83
5.	A valin-ellátás és a lizin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor	85
6.	A valin-ellátás és a metionin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor	86
7.	A valin-ellátás és a metionin+cisztin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor	87
8.	A valin-ellátás és a treonin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor	88
9.	A valin-ellátás és a valin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor	89
10.	A valin-ellátás és az összes aminosav ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor	90
11.	A valin-ellátás és a nyersfehérje ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor	94
12.	A valin-ellátás és a valin ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor	95

13.	A valin-ellátás és az összes aminosav ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú inditópok (1.-14. nap) etetésekor	96
14.	A valin-ellátás és a nyersfehérje ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor	99
15.	A valin-ellátás és a lizin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor	100
16.	A valin-ellátás és a metionin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor	101
17.	A valin-ellátás és a metionin+cisztin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor	102
18.	A valin-ellátás és a treonin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor	103
19.	A valin-ellátás és a valin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor	104
20.	A valin-ellátás és az összes aminosav ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor	105
21.	A valin-ellátás és a nyersfehérje ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor	110
22.	A valin-ellátás és a valin ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor	110
23.	A valin-ellátás és az összes aminosav ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor	111

24.	A valin-ellátás és a nyersfehérje ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor	114
25.	A valin-ellátás és a lizin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor	116
26.	A valin-ellátás és a metionin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor	117
27.	A valin-ellátás és a metionin+cisztin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor	119
28.	A valin-ellátás és a treonin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor	120
29.	A valin-ellátás és a valin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor	121
30.	A valin-ellátás és az összes aminosav ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor	122
31.	A valin-ellátás és a nyersfehérje ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor	126
32.	A valin-ellátás és a valin ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor	127
33.	A valin-ellátás és az összes aminosav ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor	128

## 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., 2023; Cho és mtsai., 2024). A baromfitakarmányok fehérjetartalmának csökkentése nemcsak élettani és termelési előnyökkel járhat, hanem ökonómia- és környezetvédelmi szempontból is jelentős (Alleman és Leclercq, 2007; Chrystal és mtsai., 2020). A kisebb N-ürítés következtében ugyanis csökken a környezet N-terhelése, ami az intenzív állattenyésztéssel rendelkező országok egyik jelentős problémája (Williams, 1995; Belloir és mtsai., 2017; Ramos és Girish, 2018). A brojlertakarmányozásban az ipari úton előállított aminosavak használata már régóta a kutatások fókuszában áll, mivel ezek segítségével nemcsak a termelési és egyéb paramétereket (pl. húskihozatal, 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 mtsai., 2019). A The European Green Deal (2020) releváns törekvései szerint az üvegház hatást okozó gázok csökkentését 2030-ig 55%-ban teszi

kötelessé, 2050-ig pedig gyakorlatilag kötelezővé teszi a klíma semlegességet. A globális felmelegedésért felelős gázok közül kiemelkedik a 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 kibocsájtásra fog fókuszálni, amely ammónia formájában van jelen a termelési láncban. Tekintettel arra, hogy szoros korreláció van az ammónia kibocsájtás mértéke és a takarmányok nyersfehérje tartalma között (Kriseldi és mtsai., 2018; Such és mtsai., 2021), a brojlertartás nitrogén terhelésének csökkentésének a legkézenfekvőbb módja a takarmányok nyersfehérje tartalmának a csökkentése (Caufal és mtsai., 2006; Ramos és Girish, 2018). Ebből adódóan kiemelt figyelmet kell fordítani az egyes genotípusok napi fehérje felvevő és fehérjeértékesítő képességére is (Harn és mtsai., 2019). Eddigi ismereteink szerint az intenzíven termelő brojlerek valin szükségletére vonatkozóan korlátozott számú irodalmi adat áll csak rendelkezésre és a vizsgálatok eredményei gyakran ellentmondanak egymásnak. Ezért a szükségleti értékeket az egyes régiókra jellemző takarmánybázishoz igazodó receptúrák alkalmazása mellett pontosítani szükséges.

A fentiek alapján szükségesnek látszik annak vizsgálata, hogy a takarmánykeverékek eltérő nyersfehérje és valin-tartalma, miként befolyásolja a brojlerkakasok élősúlyát, súlygyarapodását, takarmány- és fehérjeértékesítését továbbá a brojlerelőállítás takarmányeredetű CO<sub>2</sub> lábnyomát.

## **2. A TÉMA SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉSE**

### **2.1 Az aminosavak szerepe a brojlercsirkék takarmányozásban**

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 leghatékonyabban aminosavellátásában részesüljön, a takarmányozási szakembereknek ki kellett dolgozni 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, 1997). 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 (Pack és mtsai., 2002). 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 aminosav tartalma milyen mértékben

emészthető az ileum (csípőbél) végéig. Néhány takarmánykomponens aminosav tartalmának ileális emészthetősége az *1. táblázatban* látható (Larbier és Leclerq, 1994). A táblázat adataiból kitűnik, hogy az egyes komponensek aminosav emészthetőségében számot tevő 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 aminosav tartalmával számolnánk. Erre vonatkozóan azonban még napjainkban is csak nagyon kevés megbízható adat áll rendelkezésünkre, amiért napjainkban a gyakorlati takarmányozás szempontjából elsődlegesen csak az ileum végéig felszívódott aminosav mennyiségnek van jelentősége.

**1. táblázat: Fontosabb takarmánykomponensek aminosav tartalmának látszólagos ileális emészthetősége (%)**

<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 aminosav tartalmát, annál pontosabban tudunk optimális aminosav tartalmú 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, 2011). 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 (Csapó és Albert, 2009). 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 aminosav tartalmának 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, 2011). 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. aszparaginsavtranszamináz, 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 aminos csoport 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**

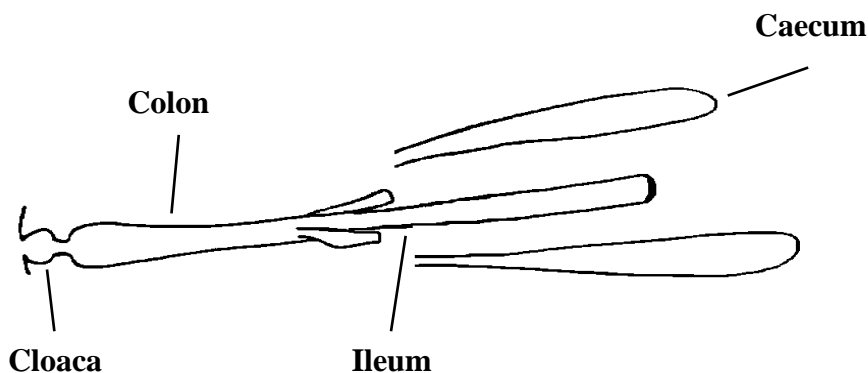
A nagyteljesítményű modern húshibridek esetében fontos olyan fehérje/aminosav ellátás biztosítása, amely mellett a madarak genetikai teljesítőképessége optimálisan kihasználható, az a legkevésbé terheli meg az állatok intermedier anyagcseréjét, és egyúttal minimalizálható a nitrogén-kibocsátás mértéke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

tartalmával 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 receptúrázás 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 aminosav tartalmán kell alapulnia. Számos kutatás foglalkozott az aminosavak emészthetőségének a megállapításával (Sibbald, 1987; McNab, 1994; Ravindran és Bryden, 1999a; 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 aminosav tartalom alapján célszerű összeállítani.

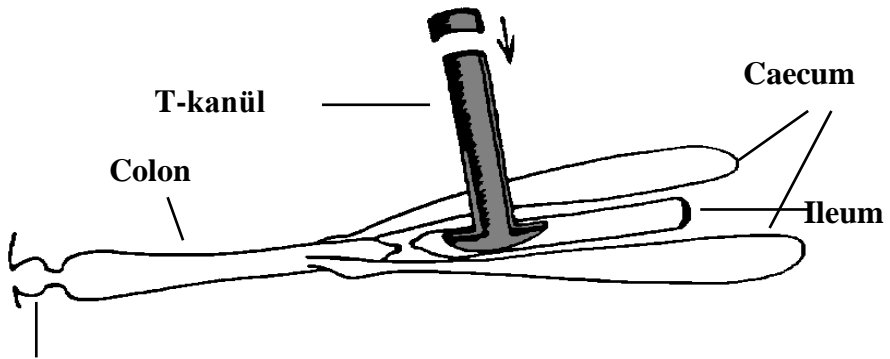
Baromfi esetében többféle módszer ismeretes az aminosavak emészthetőségének megállapítására. A legrégebben használatos és egyúttal a legegyszerűbb eljárás az ürülékgyűjtésén alapuló „emészthetőség” mérése. Egy másik módszer a madarak vakbélirtásán (caecectomizáció) alapul (Payne, 1968, Johns és mtsai, 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**

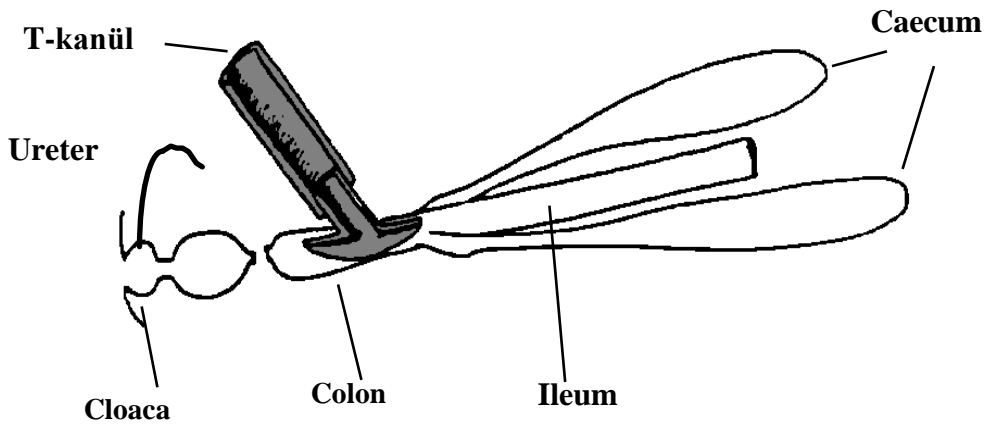


Mindkét módszernél a madarak által ürített aminosav mennyiségének meghatározása az ürülék aminosav tartalma alapján történik. Ebből adódóan ezek a módszerek jelentős hibaforrással terheltek, mert a vizsgálati anyag (ürülék) magában foglalja azon aminosavakat is, amelyek felszívódtak az emésztőtraktusból, 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 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



3. ábra: A baromfi vastagbél (colon) kanül implantálásának elvi vázlata



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 korspecifikus 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 mtsai., 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 takarmányozásban**

A nagy teljesítményű brojlerek takarmányozásában legnagyobb jelentőséggel az esszenciális aminosavak közül lizin, a 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, Cobb, Hubbard) is vannak a lizin szükségletre vonatkozó ajánlásai, amelyek alapvetően genetikai profilra adaptált ajánlásoknak tekinthetők.

Ismert az is, hogy a modern brojlereknek nagyobb az aminosav igénye a korábbi évek ajánlásaihoz képest (Kidd és mtsai, 2004; Dozier és mtsai., 2008). Ismertté vált továbbá az is, hogy a takarmányok nyersfehérje- és aminosav-tartalma 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; Mabary és Waldroup, 1981; Cabel és mtsai., 1987). Egyes kutatások arra hívják



fel a figyelmet, hogy a takarmányok lizin tartalmának önmagában is van ilyen hatása, mert ha túlságosan megemeljük a takarmányok lizin szintjét úgy csökkentjük a vágott test fehérje tartalmát és növeljük annak zsírtartalmát (Sibbald és Wolynetz, 1986). A mellhús kihozatal szempontjából döntő jelentősége van a takarmányok lizin azon belül is az ileálisan emészthető lizin tartalmának, mert a mellhús lizin tartalma szintén jelentős (Scott és mtsai., 1969; Summers és mtsai., 1988). Ebből következik, hogy a takarmányok lizin tartalma 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 a 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 a közelmúltban (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 1,1% és 1,0% (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 1,16% és 1,12% míg 22-35 napos kor között pedig 1,10% és 1,04% (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 lizin tartalmat 0,988; 1,053; 0,939 és 0,962%-ban állapították meg az ideális testsúlygyarapodás, takarmányértékesítés 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 0,965; 1,012; 1,029 és 0,987% volt (sorrendben). Összesítve, a két genotípus kakasai (Ross308, Cobb700) számára 4-6 hetes kor között az ideális emészthető lizin szükséglet 1,001% és 0,995% 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),

Leclrecq (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 Kerr, 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 0,88%, míg ez az érték a jércéknél 0,81%. Corzo és mtsai. (2002 és 2003) hasonló eredményre jutottak, akik 0,85%-ban állapították meg a Ross 308 brojler kakasok lizin szükségletét 42-56 napos kor között. Ez az eredmény megegyezik az NRC (1996) ajánlásával, de összességében nem használható a Ross 708 kakasok nagyszúlyra 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 zsír anyagcserére és az oxidatív állapotra is (Nukreaw és mtsai., 2011; Chen és mtsai., 2013). Ezt a kutatási eredményt támasztják alá Del Vasco és mtsai. (2015) és Conde-Aguilera és mtsainak (2016) kutatásai is, akik eredményeikben 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 között összefüggéseket vizsgáltak. Arra a megállapításra jutottak, hogy a nagyteljesítményre képes brojlercsirkék súlygyarapodására és takarmányfelvételére hatással van a takarmány metionin tartalma. Ezt a kutatási eredményt számos hasonló eredmény igazolja (Weerden és mtsai., 1976; Leo és mtsai., 1989; Mendonca és Jensen, 1989; Kalinowski és mtsai., 2003; Rosen, 2007; Nukreaw és mtsai., 2011). Fontos azonban megjegyezni, hogy a metionin szükségletet befolyásolja a takarmány táplálékanyag-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* mutatunk 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, 2004).

Brojlerekkel végzett vizsgálataiban Barkley és Wallis (2001) megállapították, hogy a madarak treonin-szükségletét korukon túlmenően az etetett takarmány nyersfehérje tartalma is nagymértékben befolyásolja. A szerzők adatai szerint gabona-földimogyoródara alapú takarmánykeverékek összes treonin-tartalmának 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 treonin-tartalmának 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.		0,71%	súlygyarapodás ↑ maximális növekedés ↑
	Cobb500 kakas/jérce	8.-18.		0,67%	súlygyarapodás ↑ maximális növekedés ↑
	Cobb500 kakas/jérce	21.-42.		0,55% /0,56%	súlygyarapodás ↑ maximális növekedés ↑
<i>Garcia és Batal (2005)</i>	Cobb500 kakas	1.-21.		0,83%	súlygyarapodás ↑
<i>Ojano-Dirain és Waldroup (2002)</i>	Cobb500 kakas	1.-42.	0,44%		súlygyarapodás ↑, Takért. ↓, mellhús ↑
<i>Chamrupollert és mtsai. (2002b)</i>	Ross308 kakas	8.-14.	0,52%		Takért. ↓
	Ross308 jérce		0,45%		Takért. ↓
	Ross308 kakas		0,54%		súlygyarapodás ↑
	Ross308 jérce		0,48%		súlygyarapodás ↑
<i>Waldroup és mtsai. (1979)</i>	n.a.	1.-21.	0,55%	0,88%	súlygyarapodás ↑, Takért. ↓
<i>Oliveira és mtsai. (2005)</i>	Avian Farm kakas	1.-21.		0,87%/0,89%	súlygyarapodás ↑, Takért. ↓
<i>Pack és Schutte, (1995)</i>	n.a	14.-34./38.		0,85%/0,89%	Takért. ↓, mellhús ↑
<i>Rodrigueiro és mtsai. (2000)</i>	Hubbard kakas/jérce	22.-42.		0,90%/0,86%	súlygyarapodás ↑, Takért. ↓
	Hubbard kakas/jérce	43.-56.		0,76%/0,74%	súlygyarapodás ↑, Takért. ↓

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

Shan és mtsai. (2002) 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 treonin tartalma, a 35 °C-on tartott madarak pedig a takarmánykeverékek 7,5 g/kg treonin tartalma 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 treonin (35 °C) tartalma mellett produkálták. 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 – kezelésetől 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 treonin-tartalma mellett érték el.

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

igazolják Rosa és mtsainak (2001) adatai is. A szerzők vizsgálataikban három genotípus kakasainak (Hyline W-36, Arbor Acres és High Yield) teljesítményét hasonlították össze. A kísérletsorozatban hat treonin-szint (0,63; 0,67; 0,71; 0,75; 0,79 és 0,83%) hatását vizsgálták. A kísérlet adatai szerint a Hyline W-36 vonal egyedeinek teljesítménye már a takarmánykeverékek 0,63%-os treonin tartalma mellett elérte a maximumát. Megjegyzendő azonban, hogy a Hyline kakasok inkább tekinthetők kettős hasznosításúknak mintsem kifejezetten intenzív húshibridnek. 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  $0,68 \pm 0,01\%$  treonin mennyiség kellett a legnagyobb testtömeg gyarapodásra és  $0,69 \pm 0,01\%$  treonin a legkedvezőbb takarmányhasznosításra. Az Arbor Acres brojlerek a takarmánykeverékek  $0,69 \pm 0,01\%$  treonin tartalma mellett érték el a legnagyobb testtömeggyarapodást és  $0,68 \pm 0,01\%$  treonin-tartalom 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 treonin-ellátás 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 treonin-tartalma azonos



hatást fejtett ki. A treoninnak 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, 2000). Kukorica-földimogyoródara alapú takarmányok treonin-tartalmának 0,56%-ról 0,74%-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 (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 treonin tartalma még a maximális nyereséget tudja elérni. A vizsgálatok adatai szerint a maximális profit abban az esetben volt realizálható, amikor a takarmánykeverékek össz treonin-tartalma 0,81% volt.

Mint azt korábban már ismertettem, a lizin, a metionin és a treonin egyaránt hatással lehet a húsminőségre. Kidd és mtsai (2004) 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 treonin-tartalmú (a treonin-tartalmat 0,52%-ról 0,87%-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 0,71% és 0,74% treonin mennyiséget 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 treonin tartalom már nem volt hatással a mell tömegére. A zsírosodásra hajlamos madarak esetében az abdominális zsír mennyisége – függetlenül a takarmánykeverékek treonin tartalmától azonos volt. A takarmánykeverékek eltérő treonin tartalma a mellizom méretére sem volt szignifikáns hatással. Ezen adatok azt jelzik, hogy a takarmánykeverékek treonin-tartalmának 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., 2001). 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., 2001; Corzo és mtsai, 2005). Így pl. West és mtsai. (1952) régebbi kutatásaikban arra megállapításra jutottak, hogy a brojlercsirkék ideális triptofán szükséglete 0,19%, ezzel szemben Hewitt és Lewis (1972) 0,17%-ot tartottak ideális triptofán szintnek a brojlerek takarmányában. A kutatási eredmények összességében azonban arra hívják fel a figyelmet, hogy a metionin és 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., 2001).

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 végsúlya esetén 2007-2014 között 6%-os növekedést értek el 42 napos korra vonatkoztatva, továbbá 0,06 kg/kg-os fajlagos takarmányértékesítés javulás volt regisztrálható (Aviagen, 2014). 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 0,24% és 0,22%. Ennél valamivel kisebb érték található az NRC 1994-es kiadványában: amely 0-3 hetes kor között 0,20% 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 0,16%. Rosa és mtsai (2001) 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 estében az ideális triptofán szint a kakasoknál és a jércéknél 0,18% és 0,17%-ban állapítható meg, 1.-18. napos kor között. Ugyanakkor a Ross308 hibrid különböző ivarainál az ideális triptofán szükséglet egységesen 0,17%-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 az is továbbá, 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 indokoltta 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 takarmányozásában – így a brojlerek 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 aminosav tartalmának 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., 2004; 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 valin tartalmának hatásáról a húscsirkék vonatkozásában több évtizeddel ezelőtt jelentek meg (Bhargava és mtsai., 1970; Farran és mtsai., 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 elölt B1-es Newcastle vírussal. A kisebb valin szintnél (0,5%) alacsony, nagyobb valin szintnél (1,5%) magas antitest titerértéket mértek, mind az élő, mind pedig az elölt vakcina esetében. A takarmány valin tartalmának 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 ellenanyag-termelésben is.

Egy másik kísérletben Farran és mtsai. (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

VIZSGÁLATOK	AMINOSAVAK	AMINOSAV SZINTEK				
Vizsgálat I.	Leucin, %	1,00	1,08	1,20	1,32	1,40
	Izoleucin, %	0,51	0,59	0,71	0,83	0,91
	<b>Valin, %</b>	<b>0,63</b>	<b>0,72</b>	<b>0,83</b>	<b>0,95</b>	<b>1,03</b>
Vizsgálat II.	Leucin, %	1,12	1,20	1,32	1,44	1,52
	Izoleucin, %	0,61	0,67	0,76	0,85	0,91
	<b>Valin, %</b>	<b>0,75</b>	<b>0,79</b>	<b>0,85</b>	<b>0,91</b>	<b>0,95</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 mtsai. (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: 0,96% és 1,46%, izoleucin: 0,52% és 0,82%, valin: 0,65 és 0,95%. A 3 aminosav előbb említett kisebb értékei esetén 344 g-os élősúlyt és 1,59 kg/kg-os fajlagos takarmány-értékesítést 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 (0,96% leucin, 0,52% izoleucin, 0,63% valin), valin hiányos takarmány (1,37% leucin, 0,82% izoleucin, 0,63% valin) és valinnal kiegészített takarmány (1,37% leucin, 0,82% izoleucin, 0,83% 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 cisztein tartalmát, 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 mtsai. (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 valin tartalmának 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 toll- és lábdeformációt tapasztaltak. A második kísérlethez hasonlóan a valin hiányos takarmány esetében mérték a legalacsonyabb csont hamu- és kalcium tartalmat. 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, továbbá abnormális csontnövekedést 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., 2004)

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 vizsgálataikban 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 Cobb 500-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 1,1% 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 és 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 1,15% 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 valin tartalomnak 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 Ross 708 kakasokon, 1.-21. napos életkor között. A kísérletben a negatív kontroll takarmány valin és izoleucin tartalmát fokozatosan emelték. Amennyiben a negatív kontrollhoz +0,15% valint adtak akkor a takarmányreceptúra valin tartalma megegyezett a pozitív kontrolléval, de hasonló volt a +0,15% izoleucin kiegészítés esetében is. Ezen kívül kialakítottak egy kísérleti takarmányt, amelyben 0,075% valint és 0,075% 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 valin tartalmának a hatását vizsgálták, de már Ross 308 kakasoknál, és a vizsgálati időpontokat is kibővítették 1.-14., 14.-28. és 28.-42. napos korra. Indító fázisban az alaptakarmány valin tartalma 0,75%-volt és ezt a szintet emelték

1,15%-ra, kezelésként 0,08%-ént növelve. A kísérlet eredményei szerint a legjobb eredményeket indító fázisban 1% összes valin szint elérésével érték el, ami 0,91% 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 0,76% és 0,77% valin szintek mellett biztosítható. Ehhez hasonló eredményre jutott Rodehutschord és Fatufe (2005) is. A kutatók 2-3 hetes brojlercsirkékkel végzett kísérletükben kezeléseknél 10 összes valin szintet határoztak meg, 0,56% és 1,56% között. Lineáris növekedést tapasztaltak a madarak növekedésében és a fehérjebeépülésben a valin szintek emelkedésével. Összességében, arra a megállapításra jutottak, hogy 0,81% valinra van szüksége az állatoknak 14.-21. napos kor között. Ennek ellentmondanak Corzo és mtsainak. (2008) vizsgálati eredményei, akik 1.-14. napos kor között 1%-ban adták meg a takarmány összes valin tartalmát, de még nevelő fázisban (14-28 napos kor között) is lényegesen magasabb (0,95%) 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 a 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 fehérje tartalmú takarmányok valin, izoleucin, glicin és glutamin egyedi vagy kombinált kiegészítésének tanulmányozása volt. A 42 napos etetési kísérletet 2016 db Ross 308-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**

	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 nyersfehérje tartalma 1.-7. napos kor között 23,70-26,20% között, a következő fázisban 8.-21. napos kor között 20,74-22,66% 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 1,09%-os összes valin és 6,36% 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 0,94% összes valin és 0,85% összes izoleucin, mert ezeknél a beállított aminosav szinteknél szignifikánsan javult a madarak takarmányértékesítése.

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.	0,5%és 1,5% (össz)	0,5%: antitest titer ↓,1,5%: antitest titer ↑ és Takért. ↓
<i>Farran és mtsai (1990)</i>	Ross×Arbor Acres (kakas)	1.-21.	0,88% és 0,90% (össz)	testsúly ↑ (88%) és Takért. ↓ (90%)
<i>Farran és mtsai (1992)</i>	Ross×Arbor Acres (kakas)	1.-21.	0,88 össz valin és 0,90% (össz)	testsúly ↑ és Takért. ↓
<i>Farran és mtsai (1992)</i>	Ross×Arbor Acres (kakas)	1.-21.	0,95% (össz)	súlygyarapodás ↓ és Takért. ↑
<i>Farran és mtsai (1992)</i>	Ross×Arbor Acres (kakas)	1.-21.	0,83% (össz)	súlygyarapodás ↑ (0,83%) alatta (0,63%) 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.	0,76% és 0,77% (össz)	súlygyarapodás ↑
<i>Corzo és mtsai (2008)</i>	Ross 308 (kakas)	1.-14.	1% össz valin (0,91 (emészthető)	súlygyarapodás ↑ és Takért. ↓ takarmányfelvétel ↓

Jelmagyarázat: = változatlan, ↓ csökkent, ↑ nöött; 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 mtsai (2005)</i>	Ross 308 (kakas)	14.-21.	0,81% (össz)	súlygyarapodás ↑ és Takért. ↓ testfehérje ↑
<i>Corzo és mtsai (2009)</i>	Ross 708 (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>	Cobb 500 (kakas)	14.-21.	75% Val és 68% Ile /Liz (emészthető)	takarmányfelvétel =, súlygyarapodás ↑, Takért. ↓
<i>Berres és mtsai (2010b)</i>	Ross 308 (kakas)	1.-21.	0-7 napos kor között 1,09% Val+ 6,36% Glu (össz) és 0-21 napos kor között 0,94% Val+0,85% Ile (össz)	0-7 napos kor között súlygyarapodás ↑, Takért. ↓
<i>Tavernari és mtsai (2013)</i>	Cobb 500 (kakas)	1.-21	77% Val/Liz (emészthető)	élősúly =, Takért. ↓,
<i>Kidd és mtsai (2015)</i>	Cobb 500 (jérce)	14.-28.	77% és 69 % (Val/Liz és Ile/Liz) (emészthető)	súlygyarapodás ↑
<i>Kidd és mtsai (2015) (cit. Dridi és mtsai)</i>	Cobb 500 (jérce)	14.-28.	64, 67, 70, 73, 76, 79 és 82% (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. (1989) 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 20% és 16% volt, amelyet 0,1% vagy 0,2% valinnal egészítettek ki. A második kísérletben a kontroll takarmány szintén 20% nyersfehérje tartalmú volt, és szintén beállítottak egy 16% nyersfehérjét tartalmazó kísérleti takarmányt is, amelyet 0,2% 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 0,2% valin kiegészítés növelte a madarak abdominális zsírjának mennyiségét. A második kísérlet eredményei szerint a 0,2% 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 1,01% 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%. 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 nyersfehérje-tartalma 22.-35. napos kor között 19,57-21,75%, míg 36.-42. napos kor között pedig 18,66-20,24% 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, Ross 308 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 aminosav arány-ajánlások**

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
Phe+Tyr	105	105	122	128

Minden kísérletben szereplő takarmányt izokalorikusan állítottak össze, amelyek egységesen 3200 kcal/kg (~13,40 MJ/kg) metabolizálható energiát (AME<sub>n</sub>/kg), illetve 16,25% 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 aminosav-arányai 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 test összetétele 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. Alkalmazott modellek: négyzetes, exponenciális és lineáris voltak. Egységesen 1920, Cobb 500 kakast vontak be a kísérletükbe, és hat különböző emészthető valin szintet állítottak be (0,7192%, 0,7729%, 0,8265%, 0,8802%, 0,9339% és 0,9876%). Eredményeik szerint abban az esetben, ha az adatokat négyzetes modellel elemezték, úgy a legideálisabb emészthető valin szint a 0,816%. Ha exponenciális modellt használtak, akkor a legideálisabb a 0,848% emészthető valin szint volt. A lineáris modell használatakor az eredmény 0,903% 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) Ross 708-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 0,74% emészthető valinszintet (0,82% összes valin) kell a nagy teljesítményű brojlereknek 21. és 42. nap között. Ennél alacsonyabb valin szükségleti értéket állapítottak meg kísérletükben Thornton és mtsai. (2006), amelyet Ross 508-as csirkékkel végeztek el 21.-42. napos kor között. Három összes valin szintet vizsgáltak (0,64%; 0,72% és 0,84%), és arra a megállapításra jutottak, hogy a kísérlet során a madarak 0,72% takarmány valin tartalom mellett tudták a genetikai teljesítőkéességük 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 0,73%-ról emelték a takarmány valin tartalmát 1,08%-ra, a lépték 0,07% volt. Befejező szakaszban az alaptakarmány valin tartalma 0,64% volt és ezt a szintet emelték 0,99%-ra, a lépték szintén 0,07% volt. A kísérletben alkalmazott metodikát az előző fejezetben már ismertettük. Az eredmények szerint nevelő szakaszban az optimális érték 0,95% összes valin volt, ami 0,86% emészthető valin szintnek felel meg. Befejező fázisban az optimális összes valin szint 0,85%, amely 0,78% emészthető valin szinttel ekvivalens.

Corzo és mtsai. (2011) egy másik vizsgálatukban 1008, Ross TP16-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 0,78% 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 brojlerok 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.

A valin kiegészítéssel végzett brojlersirke 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 mtsai (1989a)</i>	n.a	21-42	takarmányhoz 0,1% és 0,2% valin kiegészítés	abdominális zsír↑
<i>Mendonca és mtsai (1989b)</i>	n.a	21-42	takarmányhoz 0,2% valin és izoleucin kiegészítés	takarmányfogyasztás↑
<i>Thornton és mtsai (2006)</i>	Ross 508 (kakas és jérce)	21-42	0,72% össz valin	súlygyarapodás ↑ és takarmányfogyasztás ↓
<i>Corzo és mtsai (2007)</i>	Ross 708 kakas	21-42	0,82% (össz valin) és 0,74% (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>	Ross 308 (kakas)	14-28 és 28-42	nevelő 0,95% össz valin (0,86% em. valin), befejező 0,85% össz valin (0,78% 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	0,80% Val/Liz (emészthető)	súlygyarapodás ↑, Takért. ↓, mellhús ↑
<i>Berres és mtsai (2010a)</i>	Cobb 500 (kakas)	21-28, 28-35	75% Val és 65% Ile /Liz (emészthető)	súlygyarapodás = Takért. = takarmányfelvétel =
<i>Berres és mtsai (2010b)</i>	Ross 308 (kakas)	21-42	22-35 napos kor között: 0,90% Val+1,83% Gly+4,59% Glu (össz), 35-42 napos kor között: 0,92 Val%+0,83%Ile+1,85% Gly+6,87% Glu (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 brojlersirkék 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>	Cobb 500 (kakas)	30.-42.	0,76% Val/Liz(emészthető)	30-42 nap: élősúly nem változik, Takért. ↓ vágási kihozatal =
<i>Duarte és mtsai (2014)</i>	Cobb (kakas)	22.-42.	0,816% (négyzetes), 0,848% (exponenciális) és 0,903% (lineáris) (emészthető)	súlygyarapodás ↑, Takért. ↓, mellhús ↑
<i>Kidd és mtsai (2015)</i>	Cobb 500 (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>	Cobb 500 (jérce)	14.-28.	64, 67, 70, 73, 76, 79 és 82% (össz)	vizsgált paraméterek (=)
<i>Kidd és mtsai (2015)</i>	Cobb 500 (jérce)	14.-28.	77% és 69 % (Val/Liz és Ile/Liz) (emészthető)	súlygyarapodás ↑
<i>Kidd és mtsai (2015)</i>	Cobb 500 (jérce)	14.-28.	64, 67, 70, 73, 76, 79 és 82% (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 nagyszűlyű 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 nevelés 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 valin tartalma 0,60% volt. A szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy a legoptimálisabb a 0,73% valin szint (0,67% emészthető valin), amely meghaladja az NRC (1994) ajánlását (0,70%).

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 szükségesleti 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 valin tartalma. A rendelkezésre álló kísérleti adatok zömmel Ross-308 és Cobb500 hibridekkel kerültek beállításra „Ross308” dominanciával tekintettel arra, hogy a brojlerhús előállítás során 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 kihasználás érdekében mind ökonómiai, mind ökológiai szempontból indokoltnak látszik további pontosító vizsgálatok beállítása is.

Tekintettel arra, hogy 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 vizsgálataimba ezen tényező hangsúlyosan szerepelt a valin ellátás hatásának vizsgálata mellett.

## **2.6 A takarmányozás hatása a brojlertermelés karbon-lányomára**

A The European Green Deal (2020) releváns törekvései szerint az üvegház hatást okozó gázok csökkentését 2030-ig 55%-ban teszi kötelessé, 2050-ig pedig gyakorlatilag kötelezővé teszi a klíma semlegességet. A globális felmelegedésért felelős gázok közül kiemelkedik a szén-dioxid jelentősége más gázokhoz képest ( $N_2O$ ,  $CH_4$ ). A brojlercsirke tartásra vonatkozóan elsők között Nielsen és mtsai. (2011) adtak közre adatokat, amelyek szerint a brojlertartás karbonlábnyomát átlagosan 2,88 kg  $CO_2$  eq értékűnek találták egységnyi (kg) súlygyarapodásra vonatkoztatva, amelyből 91% volt takarmány eredetű. A brojler előállítás  $CO_2$  lábnyoma mellett a figyelem egyre jobban a nitrogén terhelésre és kibocsájtásra fog fókuszálni, amely elsődlegesen ammónia formájában van jelen a termelési láncban. Tekintettel arra, hogy szoros korreláció van az ammónia kibocsájtás mértéke és a takarmányok nyersfehérje tartalma között (Kriseldi és mtsai. 2018; Such és mtsai. 2021), a brojlertartás nitrogén terhelésének csökkentésének a legkézenfekvőbb módja a takarmányok nyersfehérje tartalmának a csökkentése (Coufal és mtsai., 2006; Ramos és Girish, 2018). Ebből adódóan kiemelt figyelmet kell fordítani az egyes genotípusok napi fehérje felvevő és fehérjeértékesítő képességére is (Harn és mtsai., 2019).

Eddigi ismereteink szerint az intenzíven termelő brojlerek valin-szükségletére vonatkozóan korlátozott számú irodalmi adat áll csak rendelkezésre és a vizsgálatok eredményei gyakran ellentmondanak egymásnak. Ezért a szükségleti értékeket az egyes régiókra jellemző takarmánybázishoz igazodó receptúrák alkalmazása mellett pontosítani szükséges.

### **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 valin-tartalma esetén, miként változik a brojlerkakasok élősúlya, súlygyarapodása-, takarmány- és fehérje-értékesítése 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 Állattudományi Karának Takarmányozástani Tanszékén kerültek beállításra, a Somogy Megyei Mezőgazdasági Hivatal Élelmiszerlánc-Biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóság engedélye alapján (ügyiratszám: SOI/31/446-7/2014) amely 2014. 04.02-2019.04.02 időintervallumra volt érvényes.

## **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 valin-tartalommal állítottuk össze (indító: 21% nyersfehérje, 1,20 g L-valin kiegészítés/kg takarmány; nevelő: 19% nyersfehérje, 0,70 g L-valin kiegészítés/kg takarmány, befejező: 18% nyersfehérje, 0,40 g L-valin kiegészítés/kg takarmány). Ez az indító szakaszban 1,08% összes valinnak (TV) és 1,00% ileálisan emészthető valinnak (SIDV), míg a nevelő szakaszban ezek a paraméterek

0,95% (TV) és 0,87% (SIDV), a befejező szakaszban pedig 0,88% (TV) és 0,80% (SIDV) voltak.

A további 6 kísérleti kezelés esetében csökkentett fehérje (LP) (19%-17%-16% nyersfehérje, előző sorrendben) és növekvő L-valin (V) tartalmú (LPV0, LPV1, LPV2, LPV3, LPV4 és LPV5) indító (0-0,50-1,00-1,50-2,00-2,50 g L-valin kiegészítés/kg takarmány), nevelő (0-0,50-1,00-1,60-2,10-2,70 g L-valin kiegészítés/kg takarmány) és befejező (0-0,50-1,10-1,60-2,10-2,70 g L-valin kiegészítés/kg takarmány) takarmányokat állítottunk össze. A vizsgálat valamennyi szakaszában (indító, nevelő, befejező) a brojlertápok valin tartalmát lépcsőzetesen növeltük, melynek hatására a TV és a SIDV kezelésként +0,5 g/kg mennyiséggel nőtt. Ebből adódóan az indító, a nevelő és a befejező szakaszban a TV 8,6-11,1 g/kg takarmány (SIDV: 7,9-10,4g/kg takarmány), 7,7-10,2 g/kg takarmány (SIDV: 7,0-9,5 g/kg takarmány- illetve 7,3-9,8 g/kg takarmány (SIDV: 6,7-9,2g/kg takarmány) között változott. Az állatok a takarmányokat az indító szakaszban dercés, a nevelő és a befejező szakaszban granulált (3 mm) formában fogyaszthatták. A kísérleti takarmányok összetétele és táplálóanyag tartalma a *10.-15. táblázatban* látható.



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

Komponensek	K E Z E L É S E K*						
	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) **	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
L-Valin	1,2	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
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)***	12,60	12,60	12,60	12,60	12,60	12,59	12,59
Nyersfehérje	209,8	190,2	189,8	189,9	189,9	189,8	190,0
Nyerszsír	63,8	52,7	52,9	52,8	52,7	52,6	52,8
Nyersrost	35,6	33,2	33,1	33,0	33,0	32,9	32,8
Ca	10,1	9,9	10,0	10,1	10,0	10,2	10,0
<b>P</b> összes	<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) számított aminosav tartalma (g/kg takarmány)

Aminosavak	K E Z E L É S E K*						
	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 vizsgált táplálóanyag-tartalma**

Komponensek	K E Z E L É S E K*						
	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) **	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
L-Valin	0,7	0,0	0,5	1,0	1,6	2,1	2,7
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)***	13,09	13,09	13,12	13,11	13,11	13,10	13,10
Nyersfehérje	190,1	170,1	169,8	170,2	170,0	170,3	170,4
Nyerszsír	73,6	62,5	63,5	63,6	63,4	63,4	63,6
Nyersrost	33,4	30,9	30,8	30,7	30,7	30,6	30,5
Ca	9,0	9,1	9,2	8,9	9,1	9,0	8,9
<b>P</b> összes	<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) számított aminosav tartalma (g/kg takarmány)**

Aminosavak	K E Z E L É S E K*						
	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 vizsgált táplálóanyag-tartalma**

Komponensek	K E Z E L É S E K*						
	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) **	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
L-Valin	0,4	0,0	0,5	1,1	1,6	2,1	2,7
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)***	13,39	13,40	13,39	13,39	13,41	13,41	13,40
Nyersfehérje	180,2	159,9	160,1	160,1	159,9	159,9	160,0
Nyerszsír	80,0	68,9	68,8	68,7	69,9	70,0	69,7
Nyersrost	32,3	29,7	29,8	29,6	29,5	29,5	29,4
Ca	8,0	8,1	7,9	8,2	8,0	8,1	7,9
<b>P</b> összes	<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>

\*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.

\*\*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; nikotinsav, 60 mg; pantoténsav, 15 mg; kolin, 1600 mg.

\*\*\*számított érték

15. táblázat: A befejezőtápok (22.-35. nap) számított aminosav tartalma (g/kg takarmány)

Aminosavak	K E Z E L É S E K*						
	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	7,5	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 brojlercsirkék egyedi élősúlyát az etetett takarmányokhoz igazodóan a kísérlet 1., 14., 21. és 35. napján mértük egy állatmérő adapterrel bővített Sartorius CP16001S (Németország, Göttingen) mérleggel. Az elhullott állatok szárnyszámát, élősúlyát, az elhullás idejét és okát folyamatosan feljegyeztük. Az állatok takarmányfelvételét csoportosan (fűlkénként) mértük az élősúlymérések közötti időintervallumokban.

## **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 138 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 aminosav tartalma 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-dioxid (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 (Magyar Takarmánykódex, 2004) előírásai szerint határoztuk meg. A nedvességtartalom a MSz 6830/377, a nyersfehérje-tartalom a MSZ 6830-4:1981, a nyerszsírtartalom a MSZ 6830/6-78, a nyersrosttartalom a MSz 6830/7-81, a 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 aminosav-analízisét 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 valin tartalma 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 foglaltuk 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. Vizsgálatainkban a brojlerek indulósúlya (1. életnap) valamennyi kezelésben azonos volt, ami előfeltétele az objektív kezeléshatás mérésének. A 14., 21. és 35. napi élősúlyokat vizsgálva egyaránt megállapítható, hogy az ajánlás szerint nyersfehérje- és 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 fehérje tartalmú takarmányokat fogyasztó madarak átlagos élősúlyát, addig a kísérlet végén (35 nap) ez a különbség 7,2%-ra csökkent.

Adataink 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 nyersfehérje-tartalmától és valin-kiegészítésétől azonos napi súlygyarapodást mértünk ( $P = 0,085$ ). A kísérlet teljes időszaka alatt (1-35 nap) a PC madarak átlagos napi súlygyarapodása mindössze 4,8 g/nap értékkel haladta meg a LPV0 madarak súlygyarapodását ( $P < 0,001$ ). Figyelemre méltó azonban, hogy a csökkentett fehérjetartalmú, de 1,1/1,0/1,05 g/kg valin-kiegészítést tartalmazó diétát (LPV2) fogyasztó madarak átlagos napi súlygyarapodása megegyezett a PC madarak súlygyarapodásával ( $P > 0,05$ ), ami arra utal, hogy ebben a szakaszban a madarak fehérje és valin-szükséglete valójában már biztosított volt.

**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 <sup>a</sup>	42,1 <sup>a</sup>	42,5 <sup>a</sup>	42,4 <sup>a</sup>	42,2 <sup>a</sup>	42,3 <sup>a</sup>	42,4 <sup>a</sup>	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 <sup>a</sup>	104,5 <sup>a</sup>	106,5 <sup>a</sup>	108,4 <sup>a</sup>	107,7 <sup>a</sup>	105,6 <sup>a</sup>	106,2 <sup>a</sup>	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 foglaltuk össze. Adataink szerint az indítótápok etetésének időszakában (1-14 nap) a madarak takarmányfelvétele valamennyi kezelésben azonos volt ( $P>0,05$ ). Hasonló tendenciák érvényesültek a nevelőtápok etetésének időszakában is, azzal a különbséggel, hogy ebben a fázisban az LPV1 kezelés madarai 6,2%-kal kevesebb takarmányt vettek fel, mint PC társaik ( $P<0,05$ ). A csökkentett fehérjetartalmú takarmányt fogyasztó madarak takarmányfelvétele valamennyi kezelésben megegyezett ( $P>0,05$ ). Azonos volt a LP diétákat fogyasztó madarak takarmányfelvétele a befejezőtápok etetésének időszakában (22-35 nap), valamint a kísérlet teljes ideje (1-35 nap) alatt is ( $P>0,05$ ). Szükséges azonban megjegyezni, hogy a vizsgálatok teljes időszakában a LPV0 kezelés madarai 4,6%-kal kevesebb takarmányt vettek fel, mint PC társaik ( $P>0,001$ ).

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

**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 <sup>a</sup>	32,9 <sup>a</sup>	32,4 <sup>a</sup>	33,0 <sup>a</sup>	32,5 <sup>a</sup>	32,8 <sup>a</sup>	33,1 <sup>a</sup>	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 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	1,59 <sup>a</sup>	0,180	0,04
1.-35. nap	1,46 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>	1,46 <sup>a</sup>	1,47 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>	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 valin-tartalmának hatását a madarak a napi nyersfehérje-felvételre (g/nap) és a fehérjeértékesítésére (g/kg) a 18. táblázatban foglaltuk össze. Adataink 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) illetve az 1-35 életnap között 16,7 g/nap volt, ami összességében a 35 napos kísérlet alatt 15,2%-kal kisebb fehérjefelvételnek felel meg (LPV0 vs. PC). A különbségek valamennyi esetben statisztikailag is igazolhatóak voltak ( $P < 0,05$ ). A csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített takarmányt fogyasztó madarak átlagos napi nyersfehérjefelvétele valamennyi vizsgálati fázisban megegyezett a LPV0 kezelés madarainak nyersfehérje felvételével ( $P > 0,05$ ).

A PC kezelés kakasai egységnyi súlygyarapodás eléréséhez 268 g/kg (indító), 242 g/kg (nevelő) illetve 293 g/kg (befejező) nyersfehérjét használtak fel. Ezzel szemben az LPV0 madarak fajlagos fehérjeértékesítése 255 g/kg (indító), 230 g/kg (nevelő) illetve 257 g/kg (befejező) volt. A vizsgálatok teljes időszaka alatt (1-35 nap) ezek a madarak 1 kg súlygyarapodás eléréséhez 249 g nyersfehérjére volt szükségük, amely a felvételhez hasonlóan ugyancsak 9,5%-kal kevesebb mint a PC madarak esetében mért érték. A különbségek valamennyi esetben szignifikánsak voltak ( $P < 0,05$ ). A csökkentett fehérjetartalmú, de

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



**18. táblázat: A takarmányok eltérő valin kiegészítésének hatása a ROSS-308 brojlerek napi fehérjefelvételére és (g/nap) és fehérjeértékesítésére (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>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 számoltuk ki (19. táblázat). Eredményeink 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 foglaltuk 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).

Eredményeink azt mutatják, hogy az ajánlás szerint 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 15,3%-kal kedvezőbb a PC kezelés esetében számított értéknél (P<0,001). Ezzel az értékkel megegyezett a csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített takarmányt fogyasztó madarak súlygyarapodásának takarmány eredetű karbon lábnyoma is, amely a 35 napig tartó vizsgálatok ideje alatt átlagosan 1,99 CO<sub>2</sub> eq/kg volt (P>0,05).

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

Nevelési szakasz	K E Z E L É S E K*						
	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 ROSS-308 brojlerek súlygyarapodásának takarmány-eredetű 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) 1% összes valin szint elérésével érték el, ami 0,91% emészthető valin szintnek felel meg, 20% nyersfehérje-tartalom mellett. Ezzel szemben Berres és mtsai (2010) összesített teljesítmény adatai szerint a legoptimálisabb aminosav szint a 1,09% összes valin és 6,36% 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, 23,7-26,2% között) az Aviagen Ross 308 (2014) ajánlásához képest (0-10 nap, 23% nyersfehérje), továbbá az etetett diéták a gyakorlatban általánosan alkalmazott értékekhez képest is magasabb fehérjetartalmúak voltak. Saját kísérletünk fontos célkitűzése ugyancsak a fehérjecsökkentés melletti optimális valin kiegészítés megállapítása volt. Eredményeink szerint a pozitív kontroll (PC) csoport (21% nyersfehérje, 1,08% TV és 1,00% SIDV) adta a legjobb eredményt mind súlygyarapodás, mind fajlagos takarmányértékesítés tekintetében 1-14 napos kor között. A fehérjecsökkentés (19%) 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.

Rodehutscord és Fatufe (2005) kísérletükben arra a megállapításra jutottak, hogy az állatoknak 14-21 napos kor között 0,81% összes valinra van szüksége 19,5% fehérjeszint mellett. Ennél nagyobb arányt tartottak szükségesnek Corzo és mtsai. (2008). Eredményeik szerint 14-28 napos korban 19,2% nyersfehérje-tartalom mellett az optimális valin szükségleti érték 0,95% összes valin illetve 0,86% emészthető valin volt. Ehhez hasonló eredményeket írtak le Berres és mtsai. (2010) is. Fontos azonban kiemelni, hogy a takarmányok nyersfehérje-tartalma szintén nagyobb értékre volt beállítva (8-21 nap 20,96-22,66% nyersfehérje között) az Aviagen Ross 308 (2014) technológiájához (11-21 napos kor között 21,5% nyersfehérje) és a legtöbb kereskedelemben kapható brojlertakarmányok értékeihez képest is. Rodehutscord és Fatufe (2005) által optimálisnak tartott 0,81% összes valin szinthez viszonyítva magasabb értéket állapítottunk meg (0,95% TV) szinte azonos nyersfehérje-tartalom esetén. Amirdahri és mtsai. (2020) vizsgálataik során Cobb500 jércéket használtak és 21 napos korig vizsgálták az indító fázis különböző valin kiegészítésének hatását 19%-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. Érdeemes megjegyezni, hogy a szerzők által ajánlott 78% emészthető valin/lizin arány jó egyezőséget mutat a saját vizsgálatunk PC takarmányának

aminosav tartalmával (1-14 napos kor között 79% és 15-21 napos kor között 80%) amely saját vizsgálataink 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 fehérje tartalom esetén (19,6%).

Corzo és mtsai (2008) Ross308 brojlerekkel végzett kísérletei során, 28-42 napos kor között az alptakarmány (nyersfehérje: 17%) összes valin (TV) tartalmát lépcsőzetesen (0,07%-os növeléssel) 0,64%-ról 0,99%-ra emelték. Eredményeik szerint az optimális TV szint 0,85% (0,78% SIDV), amely javította a brojlercsirkék napi átlagos súlygyarapodását és a takarmányértékesítését. Berres és mtsainak (2010) kísérletében az etetett takarmányok nyersfehérje-tartalma (22-35 napos kor között) 19,57-21,75% között változott. A glutamin kiegészítésben részesített brojlerek az egész vizsgálat alatt kedvezőbb növekedési paramétereket mutattak a többi csoport egyedeihez képest. Csökkentett fehérjetartalmú alptakarmány 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 0,90% TV +1,83% összes glicin és összes szerin+ 4,59% 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: 0,85%), a takarmányok kisebb fehérjetartalma mellett.

Vizsgálatunk utolsó szakaszában a legjobb eredményt ugyancsak a pozitív kontroll (PC) takarmánnyal etetett madarak érték el 0,88% TV és 0,80% SIDV és 19% nyersfehérje szint alkalmazásával. Ezen összes és emészthető valin értékek Corzo és mtsai. (2008) és Berres és mtsai. (2010) által megállapított értékek között helyezkednek el. Ezeknél viszont alacsonyabb ideális összes valin szintet állapított meg Kaplan és Yildiz (2017) kísérletében (TV: 0.82%) ami jól egyezik viszont az NRC (1994) ajánlásával. Az intenzíven termelő brojlersirkék diétájában a TV és SIDV érték mellett kiemelt fontossággal bír az aminosavak optimális arányainak beállítása az ideális fehérje elv alapján. Ilyen jellegű vizsgálatot végeztek Taherkhani és mtsai. (2008), Ross308 genotípusú, vegyes ivarú állománnyal 21-42 napos kor között az IICP (Illinois Ideal Chick Protein, 1994), NRC (1994), RPAN (Rhone Poulenc Animal Nutrition, 1993) és a FeedStuff (1999) ajánlásait vizsgálva. Eredményeik szerint az IICP (1994), NRC (1994) és a Feedstuff (1999) aminosav arány ajánlásai között nem volt szignifikáns hatással a Ross308 brojlerkakasok és -jércék takarmányfelvételére, és élősúlyára. A RPAN (1993) kísérleti csoport egyedei ivartól függetlenül szignifikánsan rosszabb eredményt értek el a többi csoporthoz képest, amely magyarázható pl. a nagyon tág leucin/lizin aránnyal. Összességében arra a megállapításra jutottak, hogy mivel az összes esszenciális aminosav esetében az IICP (1994) arányok alacsonyabbak, vagy közel hasonlóak az NRC (1994) által javasoltakhoz, így a maximális súlygyarapodás és a legkedvezőbb takarmányértékesítés eléréséhez az IICP (1994) modell ideális aminosav-arányai elegendőek. Saját eredményeinkkel összehasonlítva 22-35 napos kor között a pozitív



kontroll takarmány (PC) eredményezte a legjobb teljesítményt élőszűly, súlygyarapodás és takarmányértékesítés tekintetében. Az IICP (1994) és saját pozitív kontroll (PC) takarmányunk összes aminosav arányai jó egyezést mutatnak, azonban a metionin, treonin és leucin tartalomban már jelentősebb eltérés volt. Fontos kiemelni, hogy amíg Taherkhani és mtsai. (2008) 42. napos életkorig vizsgálták a madarak teljesítményét addig saját kísérleteinket 35. napos életkorban lezártuk. Ezen kívül a takarmányok nyersfehérje-tartalma is eltérést mutat, mivel Taherkhani és mtsai. (2008) a vizsgálatban etetett diétákat 16,25% nyersfehérje tartalommal állították össze, addig ez saját kísérletünkben a PC kezelésnél az 18% volt. Szükséges megjegyezni, hogy az LPV0 és LPV1-5 kezeléseknél alkalmazott 16% 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 Agoston és mtsai. (2019). Eredményeik szerint a legjobb súlygyarapodás 28 napos korig 0,73 emészthető valin/lizin mellett érhető el, ami 35 napos korig is igaz. Ez az arány jó egyezőséget mutat 22.-35. életnap között megállapított eredményeinkkel, de alatta marad az Aviagen 2022 ajánlásaihoz képest (0,78). A csökkentett fehérjetartalmú takarmányok etetése hatással lehet az állatok fehérje-értékesítésére is. Ilyen vizsgálatokat végeztek Harn és mtsai. (2019) Ross308 brojler kakasokkal. Kísérletünkben a madarak egységes indító takarmányt fogyaszthattak 1-11 napos kor között 21,6% fehérje tartalommal, majd a nevelő (11-28 nap) és befejező (28-35 nap)

takarmányok nyersfehérje tartalmát 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 nyersfehérje-tartalmú 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 adatainkkal, amikor is a csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített kezelések átlagos fehérje-értékesítése a PC madarak fehérje-értékesítéséhez képest 11,2%-kal kedvezőbb volt ( $P < 0,05$ ). Szükséges megjegyezni, hogy saját vizsgálatainkban a PC madarak fehérjeértékesítése az idézett forráshoz képest mind a nevelő mind 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 adatainkkal megállapítható, hogy a diéták fehérjetartalmának csökkentése a fehérjehasználtság javulásával járhat együtt.

A csökkentett fehérje tartalmú diéták etetése a kedvezőbb fehérje-értékesítéssel társítva hatással lehet a termékelőállítás 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 brojlerelőállítás 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 Cedeerberg és mtsai. (2009) is. A két utóbbi publikált érték alacsonyabbnak mondható az általunk megállapított értéknél a nevelés teljes időszaka alatt (PC: 2,35 kg CO<sub>2</sub> eq vs. fehérje csökkentett 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%-áért 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 általunk vizsgált paraméterek közül - terjedelmi okok miatt - a nyersfehérje-, 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.

#### **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 aminosav-tartalmának ileális emészthetőségére kifejtett hatását a *21. táblázatban* foglaltuk össze. Adataink 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. Ehhez képest a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diéta (LPV0) esetében a nyersfehérje emészthetősége 81,8% volt. A 2,6%-kal kedvezőbb emészthetőségi érték statisztikailag is igazolható volt ( $P < 0,05$ ). A javulás valószínűsíthetően arra az ismert törvényszerűségekre vezethető vissza, amely szerint szűkös

táplálóanyagellátás esetén hatékonyabb abszorpcióra lehet számítani, amely az állatok valós táplálóanyag szükségletének kielégítését hivatott támogatni (Kirchgeßner és mtsai., 2014). Amennyiben a valin kiegészítés nélküli takarmánykeverékeket (LPV0) növekvő dózisban kristályos valinnal egészítettük ki, úgy a nyersfehérje emészthetősége numerikusan ugyan javult, de annak mértéke statisztikailag nem volt igazolható ( $P \geq 0,05$ ).

## 21. táblázat

Az indítótápok (1.-14.nap) nyersfehérje- és aminosavtartalmának ileális emészthetősége (%)

Megnevezés	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>							RMSE <sup>3</sup>
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5	
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
<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
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
Metionin+Cisztin	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
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
<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>
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
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
Arginin	87,0	88,1	88,2	89,3	88,8	88,5	89,7	1,1
Hisztidin	73,4	76,2	77,2	79,0	77,8	78,1	79,2	2,4
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
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
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
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
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
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
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
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
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
<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>

<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, 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

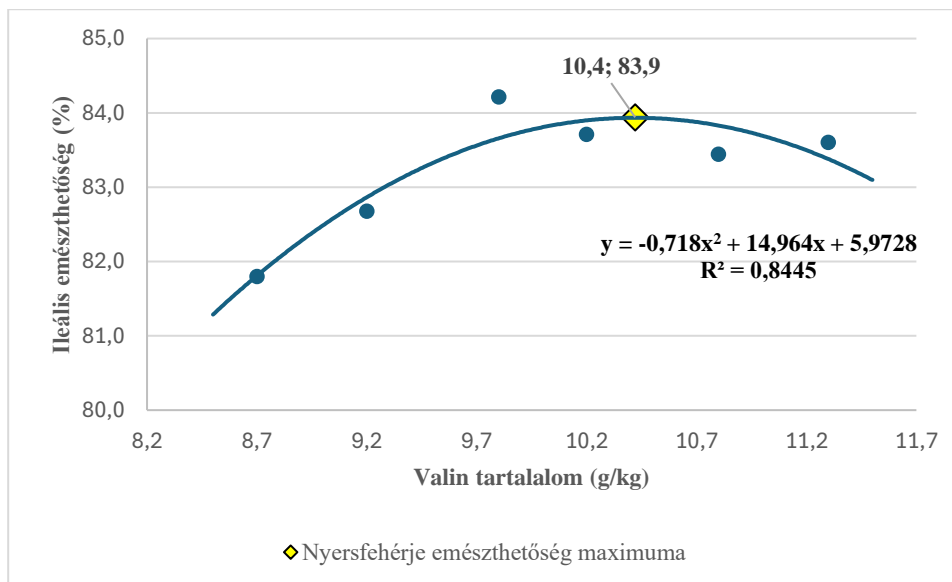
<sup>3</sup>RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

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

A csökkentett nyersfehérje tartalmú diéták (LPV0, LPV1, LPV2, LPV3, LPV4, LPV5) valin tartalmának és fehérje emészthetőségének összefüggései a 4. ábrán láthatók. Számításaink alapján megállapítható, hogy ezen diéták valin tartalma 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 valin tartalma mellett éri el (4. ábra), amely közel azonos a PC indító diéta valin tartalmával. Az emészthetőség maximuma 4,7%-kal haladja meg a PC-kezelés esetében mért értéket (22. táblázat).

#### 4. ábra

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



Adataink alapján megállapítható, hogy a vizsgált csökkentett fehérje-tartalom mellett, a takarmány valin tartalmának 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 ( $P < 0,05$ ). A valin dózis növelése a lizin ileális emészthetőségét – hasonlóan a nyersfehérje esetében megállapítottakkal – csak numerikusan növelte, annak mértéke nem volt szignifikáns ( $P \geq 0,05$ ).

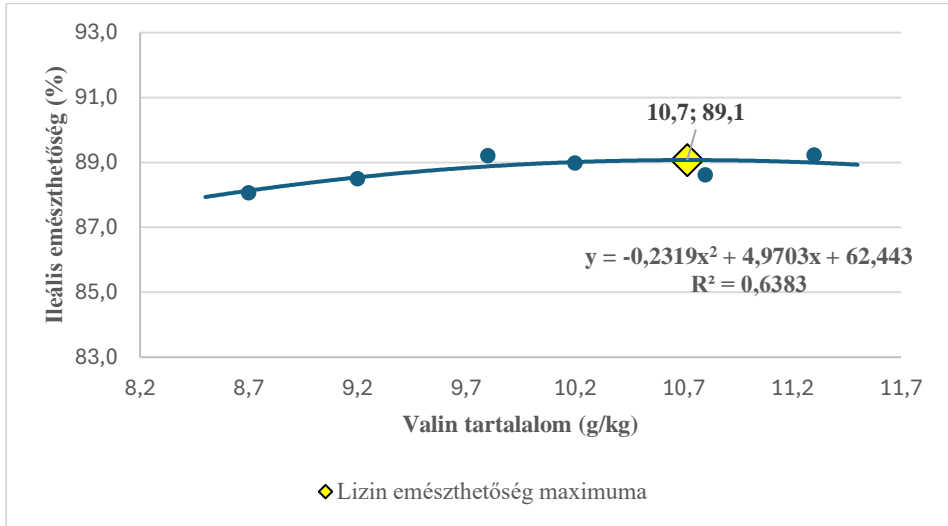
A csökkentett nyersfehérje tartalmú takarmánykeverékek (LPV0, LPV1, LPV2, LPV3, LPV4, LPV5) valin tartalmának és a lizin emészthetőségének összefüggését a 5. ábrán mutatjuk be. Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a valin tartalom és a lizin ileális emészthetősége közötti összefüggés ugyancsak polinomiális egyenlettel írható le, amely azonban csak mérsékelt erősséggel mutat ( $R^2 = 0,6383$ ). Ebben az esetben a lizin emészthetősége maximumát (89,1%) a diéták 10,7 g/kg valin tartalma mellett éri el (5. ábra), amely 0,2 g/kg értékkel meghaladja a PC indító diéta valin tartalmát. 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** állapítottunk meg, ami a LPV0 indítótápot fogyasztó madarak esetében 2,3%-kal 95,0%-ra növekedett ( $P < 0,05$ ).



### 5. ábra

A valin-ellátás 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 ( $P \geq 0,05$ ).

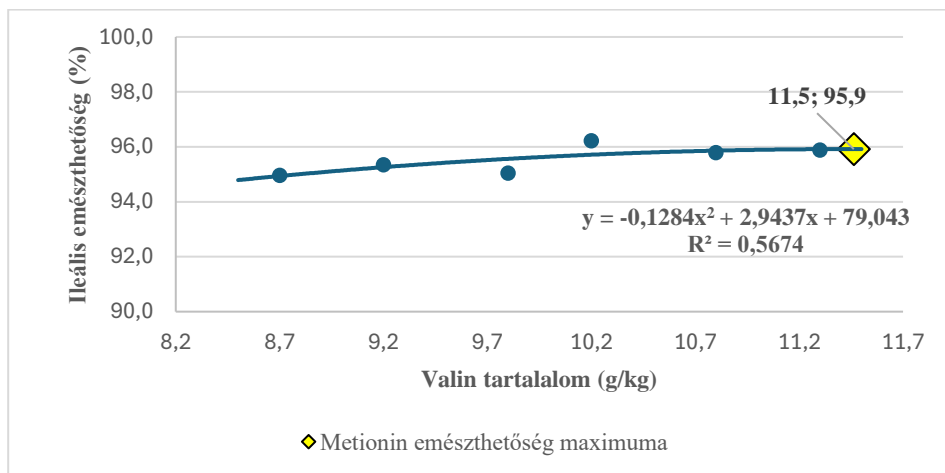
Amennyiben a két kéntartalmú aminosav (**metionin+cisztin**) emészthetőségét együttesen vizsgáltuk, úgy a LPV0 kezelésben 3,8%-kal nagyobb emészthetőség volt mérhető ( $P < 0,05$ ), amely különbség a **treonin** esetében 5,1%-ra emelkedett (72,0% vs. 77,1%). A különbség mindkét aminosav esetében szignifikáns volt ( $P < 0,05$ ). A valin esetében mért 1,7% különbség azonban nem volt statisztikailag igazolható ( $P \geq 0,05$ ). 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 állt 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 jelentkezhett.

A csökkentett nyersfehérje tartalmú takarmánykeverékek valin tartalmának és a metionin emészthetőségének összefüggése a 6. ábrán látható. Adataink alapján megállapítható, hogy a valin tartalom és a metionin ileális emészthetősége közötti összefüggés mérsékelten erős ( $R^2 = 0,5674$ ). Az emészthetőség maximumát (95,9%) a diéták 11,5 g/kg valin tartalma 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

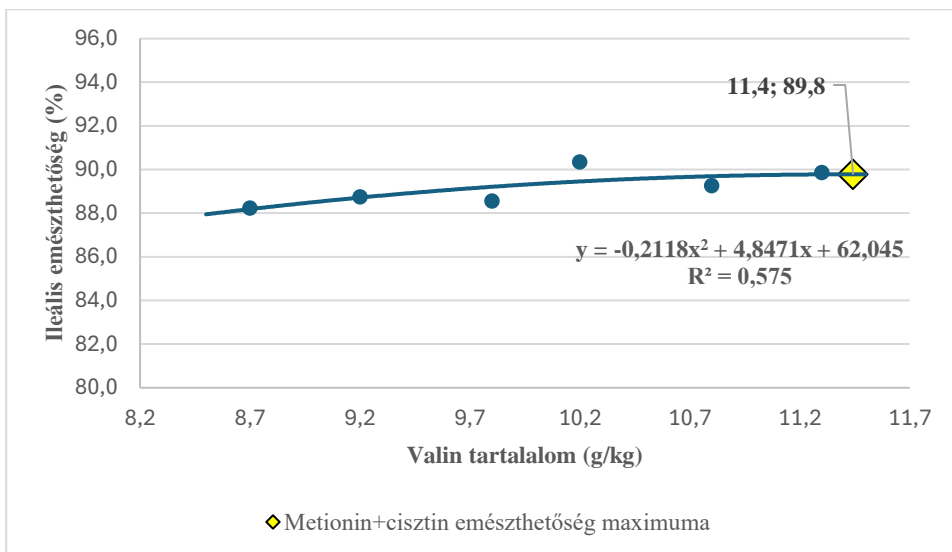
**A valin-ellátás és a metionin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú inditótápok (1.-14. nap) etetésekor**



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 valin tartalom mellett ér el (7. ábra). A számított emészthetőségi maximum 5,2%-kal nagyobb, mint a PC érték (22. táblázat).

### 7. ábra

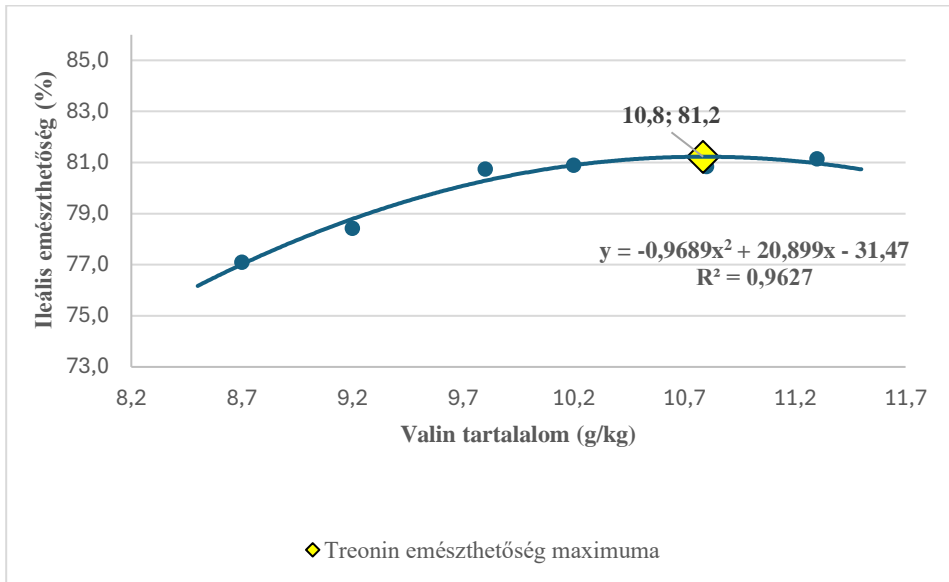
A valin-ellátás és a metionin+cisztin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor



A diéták valin tartalma 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 valin tartalma mellett éri el, amely 0,3 g/kg értékkel nagyobb, mint a PC csoport indítótápjának valin-tartalma. 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

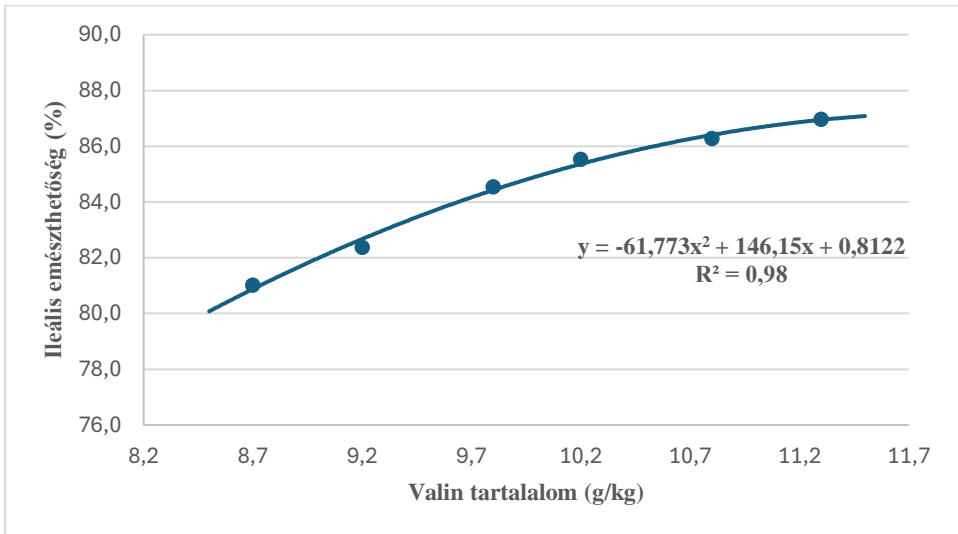
A valin-ellátás és a treonin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor



A valin tartalom 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 imbalanceból kifolyólag a fehérjében kötött valin emészthetősége csökkenni kezd, vagy a túladagolt valin toxikussá nem válik. Ez utóbbi gyakorlati körülmények között szinte kizárható, mivel valin-toxicitás csak egy többszörös túladagolás esetében léphet fel ( $LD50 > 2500 \text{ mg/kg}$ ). Az emészthetőség maximumát (87,2%) a diéták 12,0 g/kg valin tartalma mellett éri el, amely 1,5 g/kg értékkel nagyobb, mint a PC csoport indítótápjának valin tartalma. A valin emészthetőségének maximuma pedig 7,9%-kal nagyobb, mint a PC-madarak esetében mért érték (22. táblázat).

## 9. ábra

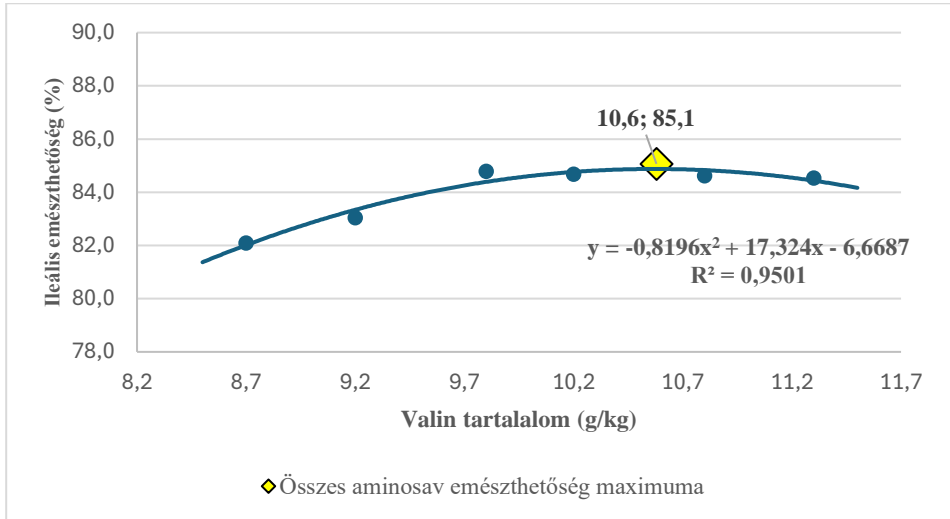
**A valin-ellátás és a valin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor**



A csökkentett nyersfehérje tartalmú diéták valin tartalmának és az összes aminosav (triptofán kivételével) emészthetőségének összefüggései a 10. ábrán láthatók. Számításaink alapján megállapítható, hogy ezen diéták valin tartalma 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 fehérje-tartalmú diéták esetében az összes aminosav emészthetősége maximumát (85,1%) a diéták 10,6 g/kg valin tartalma mellett éri el (10. ábra), amely gyakorlatilag megegyezik a PC indító diéta valin tartalmával. Az emészthetőség maximuma 5,7%-kal haladja meg a PC-kezelés esetében mért valin emészthetőséget (22. táblázat).

**10. ábra**

**A valin-ellátás és az összes aminosav ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (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		LP0-LP1	LP2-LP3	LP4-LP5	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, 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 aminosav-tartalmának ileális abszorpciójára (mg/nap) kifejtett hatását a 23. táblázatban foglaltuk össze. Adataink 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 nyersfehérje tartalmú diéták esetében a valin ellátás 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 ( $P \geq 0,05$ ), ami arra vezethető vissza, hogy ezen aminosavakból a csökkentett nyersfehérjetartalmú diéta (LPV0) azonos mennyiségű lizint-, metionint-, metionin+cisztint illetve treonint tartalmazott mint a PC madarak diétája. Ez azt jelzi, hogy amennyiben csökkentjük a diéták nyersfehérje-tartalmát, de az aminosavakat kristályos formában az ajánlás szerinti nyersfehérje és aminosav tartalmú diéta (PC) aminosav szintjére egészítjük ki kristályos aminosavak felhasználásával, úgy az ezen aminosavak vonatkozásában az abszorbeált aminosav mennyiség nem fog csökkenni ( $P < 0,05$ ). Hasonló tendencia érvényesült a csökkentett nyersfehérje tartalmú, de növekvő valin tartalmú 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	K E Z E L É S E K <sup>1</sup>							RMSE <sup>2</sup>
	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
<b>Aminosavak (mg/nap)</b>								
Lizin	590	570	530	540	530	560	550	0,02
Metionin	330	330	290	300	290	320	310	0,02
Met. + Cisztin	461	430	390	390	400	420	410	0,03
Treonin	360	350	340	350	350	360	360	0,01
<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>
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
<b>Össz aminosav<sup>3</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>

<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, 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

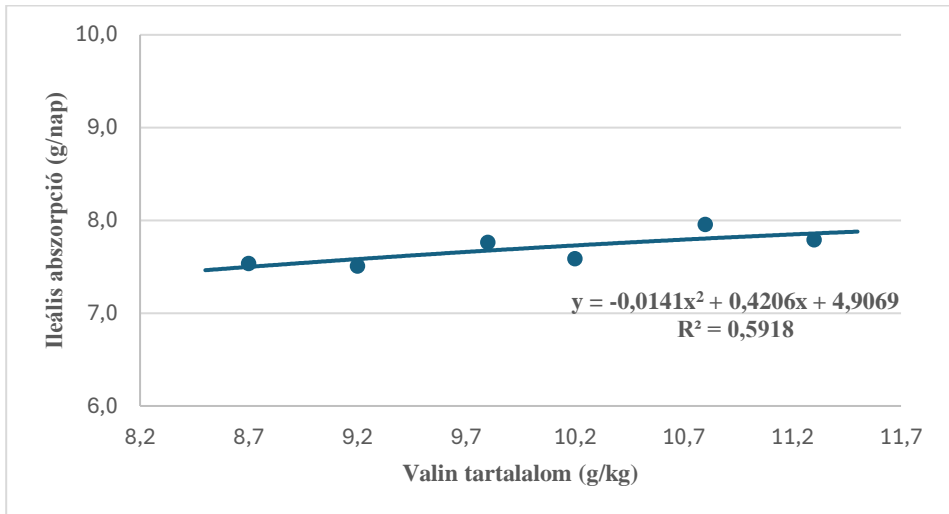
<sup>2</sup>RMSE: Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

<sup>3</sup>g/kg

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

### 11. ábra

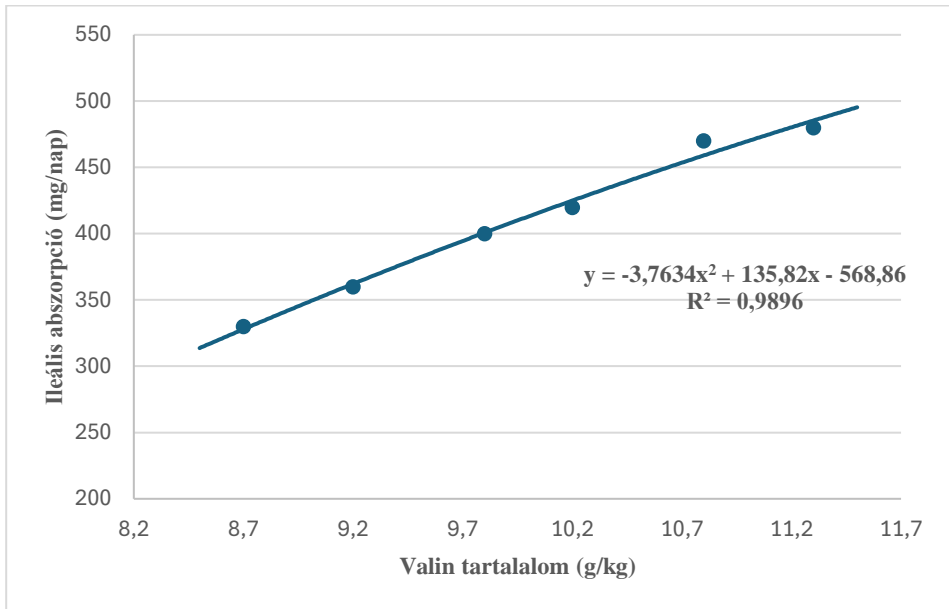
**A valin-ellátás és a nyersfehérje ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor**



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

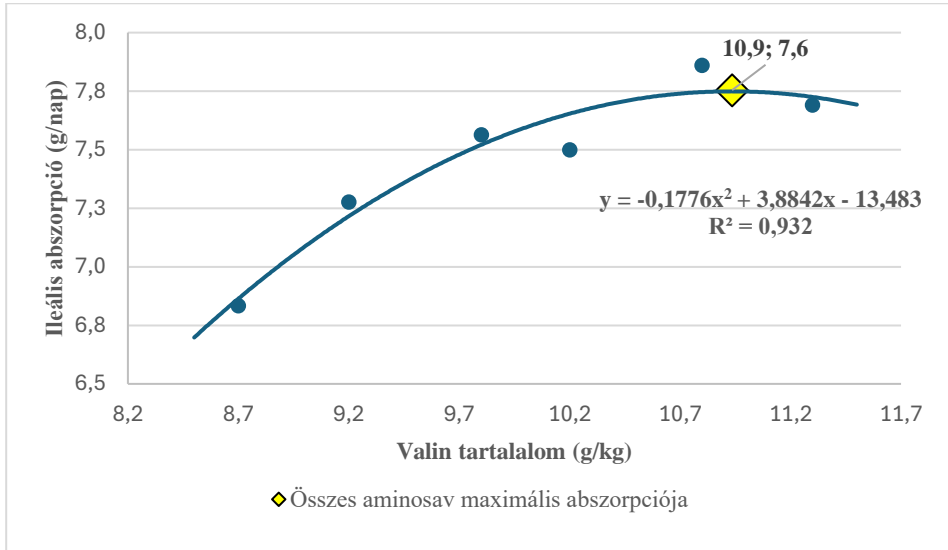
**A valin-ellátás és a valin ileális abszorpciójának összfüggései csökkentett fehérjetartalmú indítótápok (1.-14. nap) etetésekor**



Kísérletsorozatunk 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 nyersfehérje tartalmú diéták (esetében a valin ellátás és az aminosav abszorpció összfüggése a 13. ábrán látható. Számításaink szerint az összfüggés – a többi összfüggés-vizsgálat eredményeihez hasonlóan - ugyancsak polinomiális egyenlettel volt leírható ( $y = -0,1776x^2 + 3,8842x - 13,483$ ), amely összfüggés igen szoros volt ( $R^2 = 0,932$ ). Ebben az esetben (összes aminosav) az abszorpció maximum a takarmánykeverékek 10,9 g/kg valin tartalma mellett realizálódik és 7,6 g/nap abszorbeálódott össz aminosavat jelent.

### 13. ábra

A valin-ellátás 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 élősúlyában- 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 nyersfehérje tartalmú 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 aminosav-tartalmának ileális emészthetőségére kifejtett hatását a 24. táblázatban foglaltuk össze. Adataink 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 fehérje tartalmú takarmányok etetése mellett 79.9% nyersfehérje emészthetőséget mértek. A csökkentett fehérje tartalmú, de valin kiegészítést nem tartalmazó LPV0 kezelés esetén a nyersfehérje emészthetősége 79.5%-ot ért el. Az ajánlás szerinti nyersfehérje- és valin tartalmú diétához képest mért javulás (1,6%) – ellentétben az indítótápok esetén megállapítottakkal - már nem volt statisztikailag igazolható ( $P \geq 0,05$ ). A csökkentett fehérjetartalmú (LPV0, LPV1, LPV2, LPV3, LPV4, LPV5) nevelőtápok kristályos valinnal való kiegészítése, nem volt javító hatással fehérje emészthetőségére ( $P \geq 0,05$ ).

A csökkentett nyersfehérje tartalmú diéták valin tartalmának és fehérje emészthetőségének összefüggései a 14. ábrán láthatók. Számításaink alapján megállapítható, hogy ezen diéták valin tartalma 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 fehérje-tartalmú diéták esetében a fehérje emészthetőség a maximumát (78,9%) 9,0 g/kg valin tartalom 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>
	PC	LPV0	LPV1	LPV2	LPV3	LPV4	LPV5	
Nyersfehérje	77,9	79,5	78,9	79,0	80,7	79,8	78,8	1,06
<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
Metionin	92,2	93,3	94,2	92,8	93,4	93,3	92,5	0,65
Metionin+Cisztin	84,4	86,2	86,7	85,0	85,9	85,5	84,7	0,71
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
<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>
Leucin	81,5	82,7	84,1	81,6	84,2	82,1	81,1	1,22
Izoleucin	79,2	80,2	81,6	78,9	81,6	79,5	78,7	1,24
Arginin	86,4	86,5	87,5	85,2	87,2	86,2	85,9	0,89
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
Fenilalanin	77,8	78,5	79,4	78,1	81,3	78,6	78,2	1,33
Glicin	71,2	72,1	73,2	70,6	73,1	71,4	71,3	1,10
Prolin	78,8	79,9	81	79,4	81,6	79,4	78,4	1,02
Aszparaginsav	73,1	74,2	75,2	72,7	75,6	74,3	73,2	1,27
Cisztin	70,1	70,3	70	67,7	69,2	68,2	67,4	1,18
Szerin	74,1	74,5	75,8	73,2	76,5	74,4	74,3	1,33
Glutaminsav	83,5	85,7	86,4	84,6	86,5	85,6	85,9	1,27
Alanin	79,0	81,1	82,6	80	81,5	80	79,6	1,15
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
<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>

<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, 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

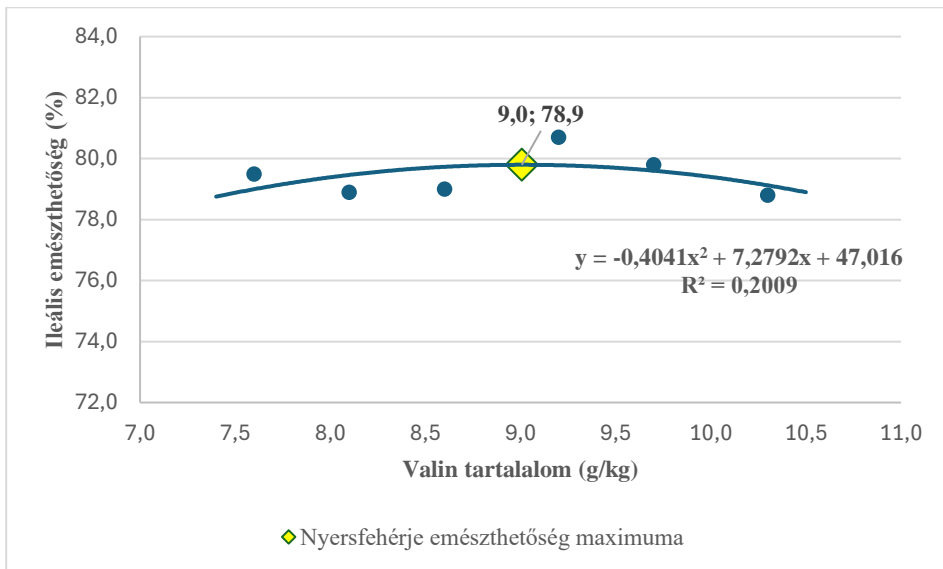
<sup>2</sup>triptofán nélkül

<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 valin-ellátás és a nyersfehérje ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor**

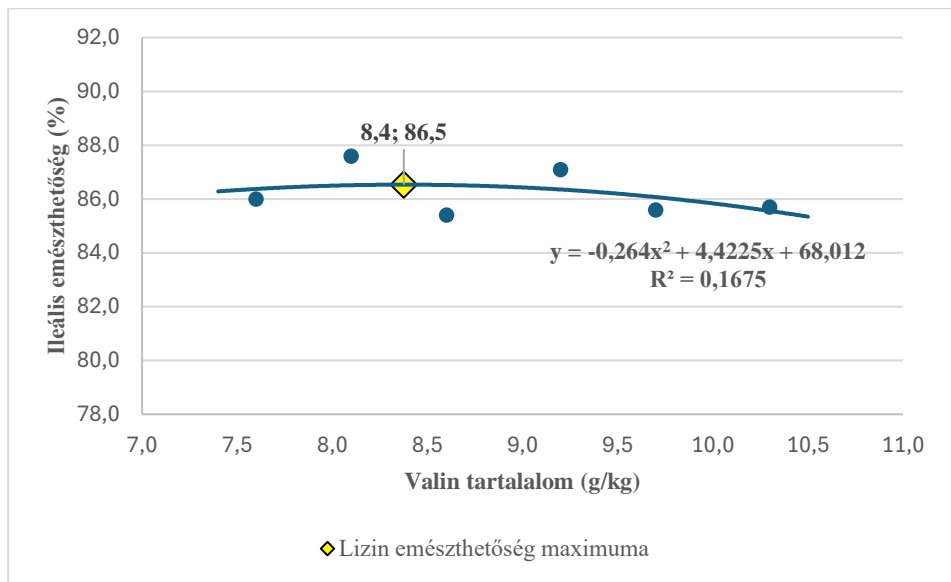


A **lizin** emészthetőségének változását vizsgálva azt találtuk, hogy abban a nyersfehérjéhez hasonló trend érvényesült. A PC kezelés esetén 83,8% lizin emészthetőséget mértünk, amely 86,0%-ra emelkedett az LPV0 kezelés esetében. A 2,2%-os numerikus emészthetőség javulás azonban nem bizonyult szignifikánsnak ( $P \geq 0,05$ ). 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) valin tartalmának és a lizin emészthetőségének összefüggése a 15. ábrán látható. Számításaink szerint a valin tartalom és a lizin ileális emészthetősége közötti összefüggés polinomiális egyenlettel írható le, az összefüggés erőssége -

hasonlóan a nyersfehérje esetében megállapítottához – nagyon gyenge ( $R^2 = 0,1675$ ). Az ábrázolási görbe jellegéből adódóan emészthetőségi maximum is kiszámítható volt, amely 8,4 g/kg valin tartalom mellett 86,5% emészthetőségben adható meg (15. ábra). Ez a maximum érték 2,7%-val 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 valin-ellátás 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 ( $P \geq 0,05$ ).

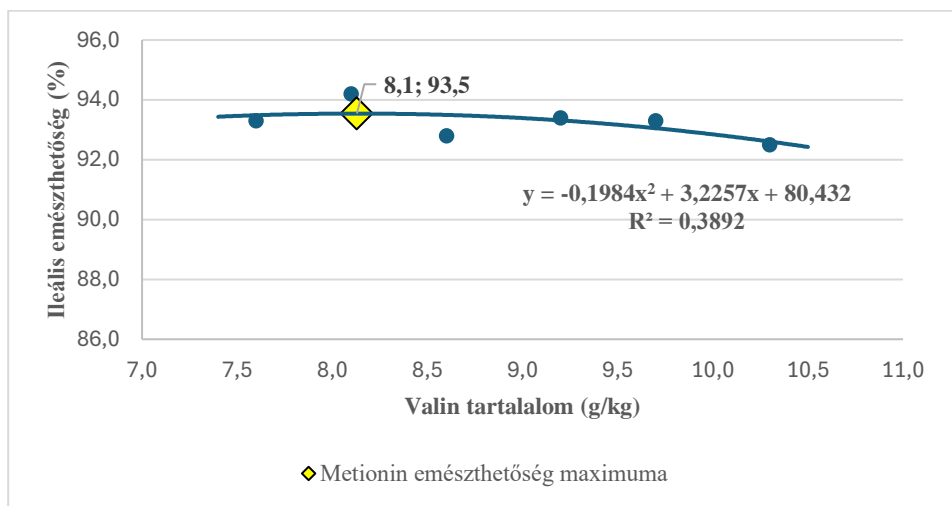
A további kezeléseknél hasonló tendenciák érvényesültek, mint a nyersfehérje esetében, azaz a valin szintek növekedésével a metionin emészthetősége csak tendenciózusan (numerikusan) nőtt ( $P \geq 0,05$ ).



A csökkentett nyersfehérje tartalmú takarmánykeverékek valin tartalmának és a metionin emészthetőségének összefüggése a 16. ábrán látható. Adataink alapján megállapítható, hogy a valin tartalom 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 valin tartalma 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

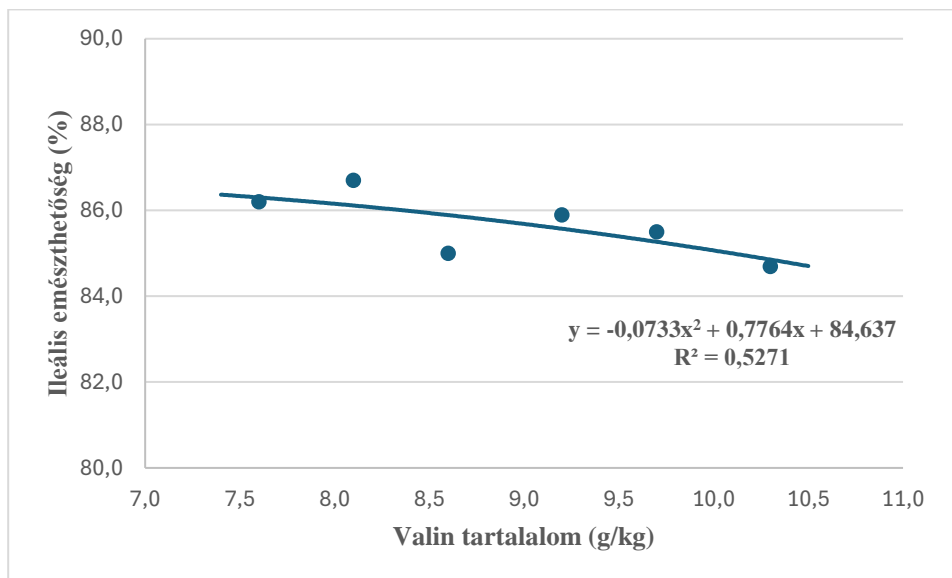
**A valin-ellátás és a metionin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15-21. nap) etetésekor**



A két kéntartalmú aminosav (**metionin+cisztin**) együttes emészthetőségét vizsgálva azt találtuk, hogy az a PC kezelés kezeléséhez képest 1,8%-kal nagyobb volt a LPV0 csoportnál, amely azonban – hasonlóan a metionin esetében megállapítottakhoz - nem volt szignifikáns ( $P \geq 0,05$ ). 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 valin tartalom mellett ér el (17. ábra) amely kívül esik az általunk 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 mérsékelt erősséget mutat a valin kiegészítés és az metionin+cisztin emészthetősége között.

### 17. ábra

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



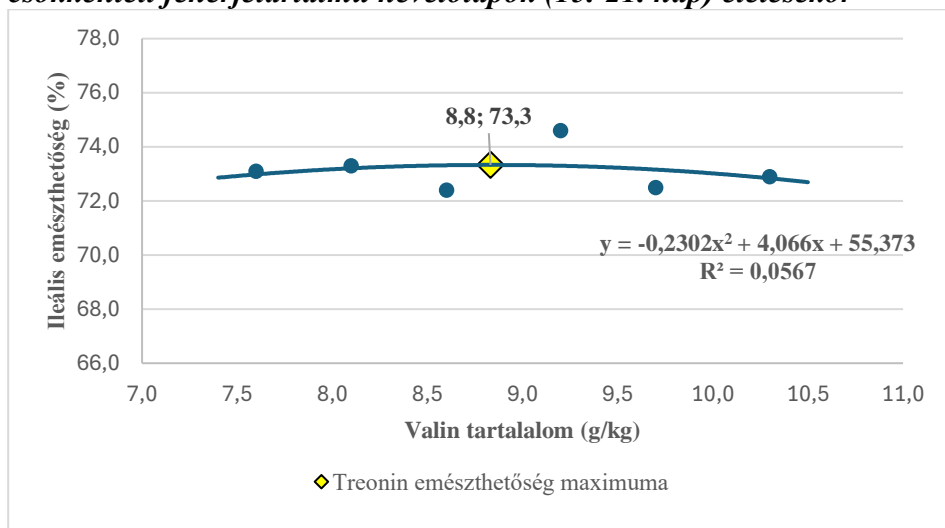
A **treonin** és a **valin** vizsgálata esetén megállapítható, hogy a PC csoporthoz képest nem szignifikánsan ( $P \geq 0,05$ ) ugyan, de javult az LPV0 madarak treonin és valin emészthetősége (69,0% vs. 73,1% és 77,9% vs. 78,1%, sorrendben) hasonlóan az eddig elemzett paraméterek esetében leírtakhoz.

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 mértünk (+0,2%).

A csökkentett fehérjetartalmú diéták valin tartalma 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 valin tartalma mellett éri el, amely 0,3 g/kg értékkel kevesebb mint a PC csoport nevelőtápjának valin tartalma. A treonin emészthetőségének maximuma pedig 1,3%-kal nagyobb, mint a PC-madarak esetében mért érték (25. táblázat).

### 18. ábra

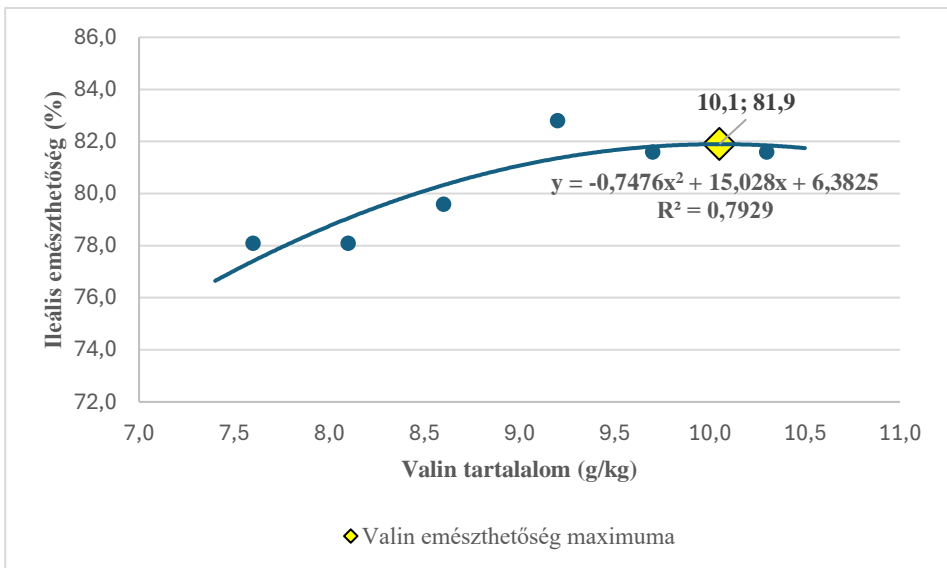
**A valin-ellátás és a treonin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor**



A valin tartalom 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 valin tartalmának összefüggéseit leíró egyenlet alapján a valin emészthetőségnek a vizsgált tartományon belül is van maximuma, amely 81,9%, és 10,1 g/kg valin tartalom 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 valin-ellátás és a valin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú nevelőtápok (15.-21. nap) etetésekor**

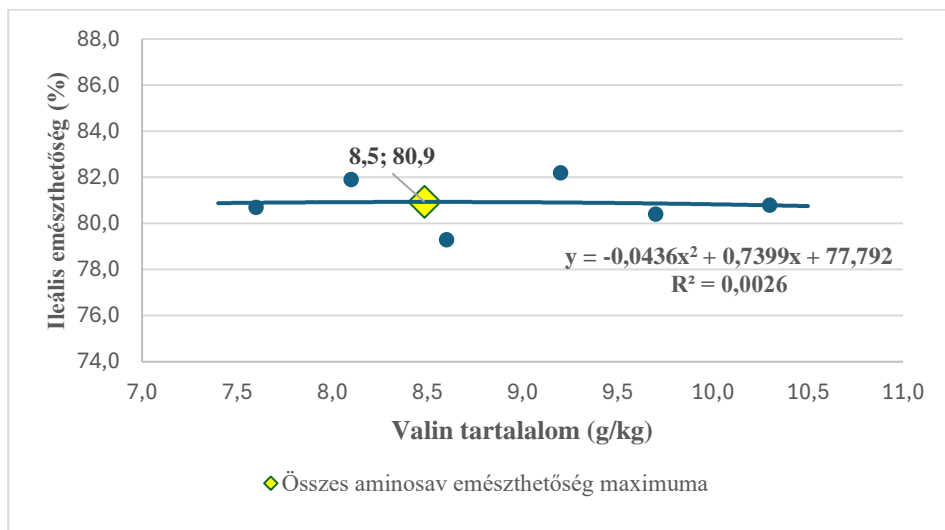


Az **összes aminosav** (triptofán nélkül) emészthetőségi eredményei alapján (24. táblázat) megállapítható, hogy a kezeléseknak nem volt hatása az összes aminosav emészthetőségére ( $P \geq 0,05$ ).

A csökkentett nyersfehérje tartalmú diéták valin tartalmának 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 valin tartalma mellett éri el (20. ábra). Az emészthetőség maximuma 2,0%-kal haladja meg a PC-kezelés esetében mért értéket 0,6 g/kg-val kevesebb valin tartalom mellett (25. táblázat).

## 20. ábra

*A valin-ellátás 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		LP0-LP1	LP2-LP3	LP4-LP5	R <sup>2</sup> =	
	Emészthetőség (%)	Valin szint (g/kg)	Emészthetőség maximuma (%)	Valin szint (g/kg)		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, 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 aminosav-tartalmának ileális abszorpciójára (mg/nap) kifejtett hatását a 26. táblázatban foglaltuk 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 fehérje tartalmú és kristályos valin kiegészítés nélküli LPV0 kezelés 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 nyersfehérje tartalmú diéták esetében a valin ellátás 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 valin tartalom mellett éri el. Ez az érték 18,0%-kal kisebb, mint a PC madarak fehérjeabszorpciója, amelyet azok 1,1 g/kg-mal nagyobb valin tartalom 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 kiegészítésekor 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 általunk vizsgált tartományon, mivel ez a maximum 12 g/kg valin tartalom 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 valin tartalma 2,9 g/kg-val nagyobb, mint a PC érték (9,1 g/kg).

Kísérletsorozatunk adatai szerint a PC kezelés madarak 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 nyersfehérje tartalmú 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 takarmánykeverékek 9,5 g/kg valin tartalma 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>
	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
<b>Aminosavak (mg/nap)</b>								
Lizin	1070 <sup>b</sup>	1110 <sup>a</sup>	1150 <sup>a</sup>	1170 <sup>a</sup>	1180 <sup>a</sup>	1190 <sup>a</sup>	1150 <sup>ab</sup>	0,05
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
Metionin+Cisztin	820	870	890	910	910	930	890	0,04
Treonin	690	680	690	710	720	720	700	0,02
<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>
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
<b>Össz aminosav<sup>3</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>

<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

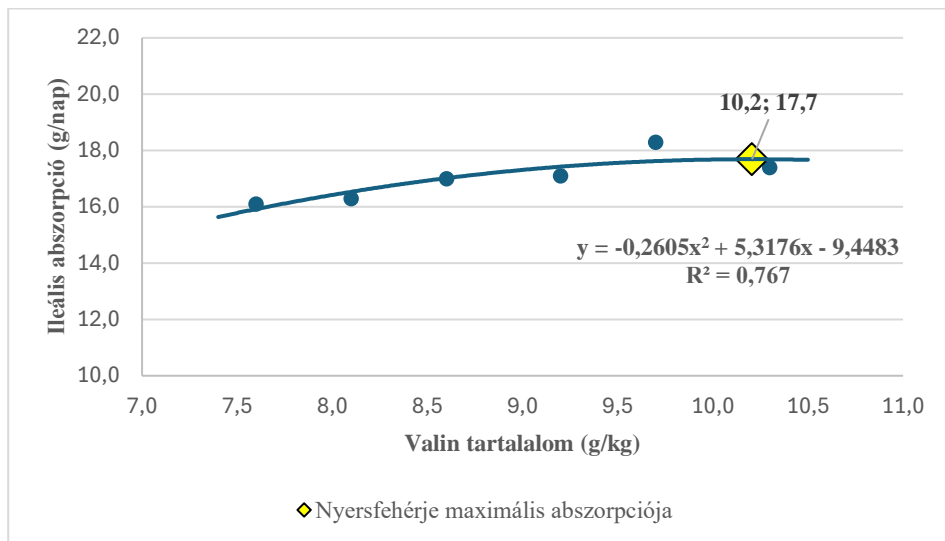
<sup>2</sup>RMSE : Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

<sup>3</sup>g/kg

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

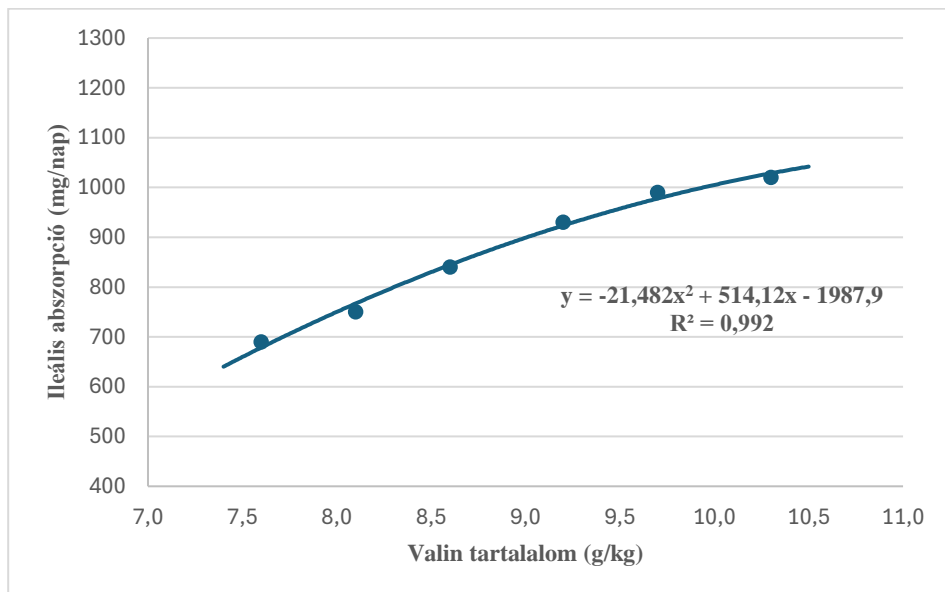
## 21. ábra

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



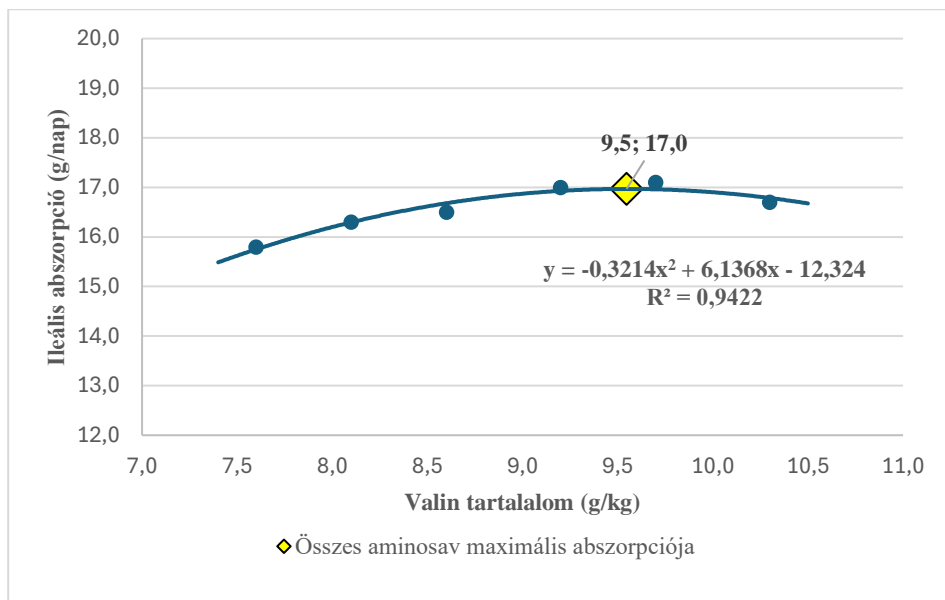
## 22. ábra

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



### 23. ábra

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



Eredményeink 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 leírtakkal 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 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.

### **6.3.5 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 foglaltuk össze. A vizsgálat adatai szerint ebben a nevelési szakaszban (22.-35. nap) a PC kezelés esetén mértük a legalacsonyabb nyersfehérje emészthetőséget, amely 72,4% volt. Ettől statisztikailag igazolható módon ( $P \geq 0,05$ ) nem tért el a csökkentett nyersfehérje tartalmú, 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 ( $P \geq 0,05$ ). 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>
	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
<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
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
Metionin+Cisztin	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
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
<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>
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
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
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
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
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
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
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
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
Cisztin	68,7	67,9	70,9	70,2	70,6	70,4	70,7	1,2
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
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
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
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
<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>

<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, 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

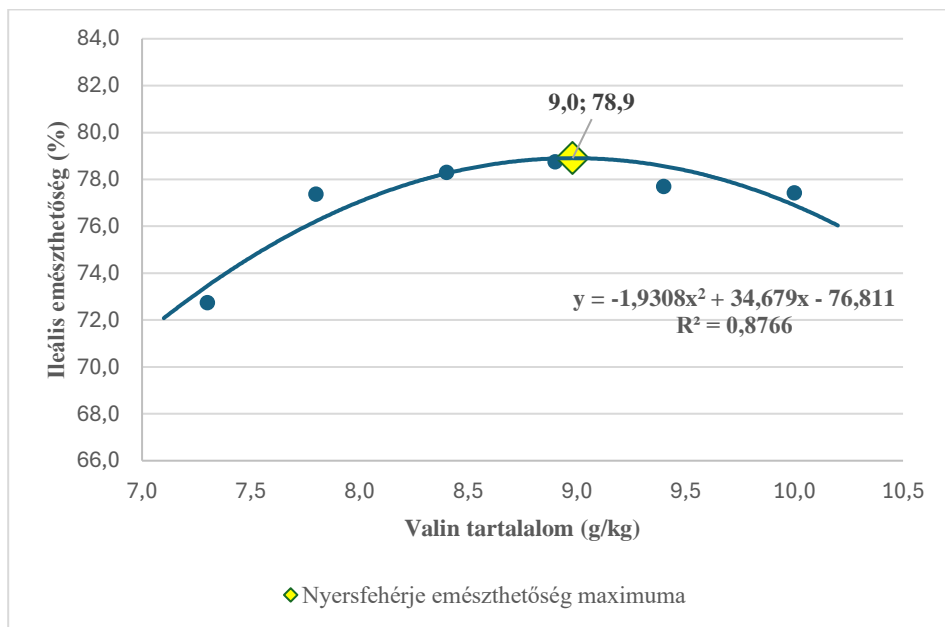
<sup>3</sup>triptofán nélkül

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

A csökkentett nyersfehérje tartalmú diéták (LPV0-LPV5) valin tartalmának és fehérje emészthetőségének összefüggései a 24. ábrán láthatók. Számításaink alapján megállapítható, hogy ezen diéták valin tartalma 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 valin tartalma mellett éri el (24. ábra), amely közel azonos a LPV3 befejező diéta valin tartalmával. 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 valin-ellátás és a nyersfehérje ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor**

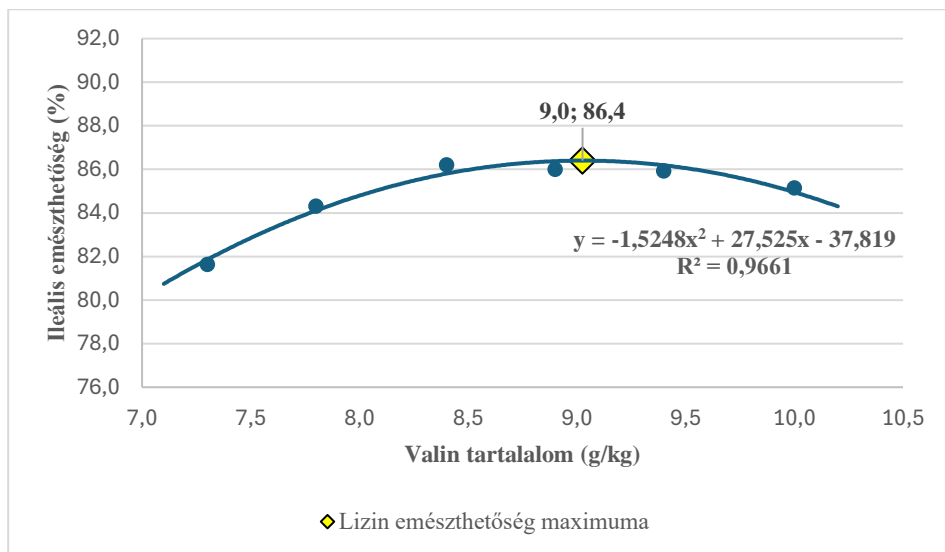


A **lizin** emészthetőség eredményei, illetve azok tendenciái korrelálnak a nyersfehérje emészthetőség eredményeivel. Amíg a PC madarak esetében 78,9 % lizin-emészthetőséget mértünk, addig a csökkentett nyersfehérje-tartalmú, kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó befejezőtápot fogyasztó madarak 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 kezelés hatás nem volt megállapítható ( $P \geq 0,05$ ). 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 nyersfehérje tartalmú takarmánykeverékek (LPV0, LPV1, LPV2, LPV3, LPV4, LPV5) valin tartalmának és a lizin emészthetőségének összefüggését a 25. ábrán mutatjuk be. Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a valin tartalom 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 valin tartalma mellett éri el (25. ábra), amely 0,7 g/kg értékkel meghaladja a PC indító diéta valin tartalmát. 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 valin-ellátás és a lizin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor



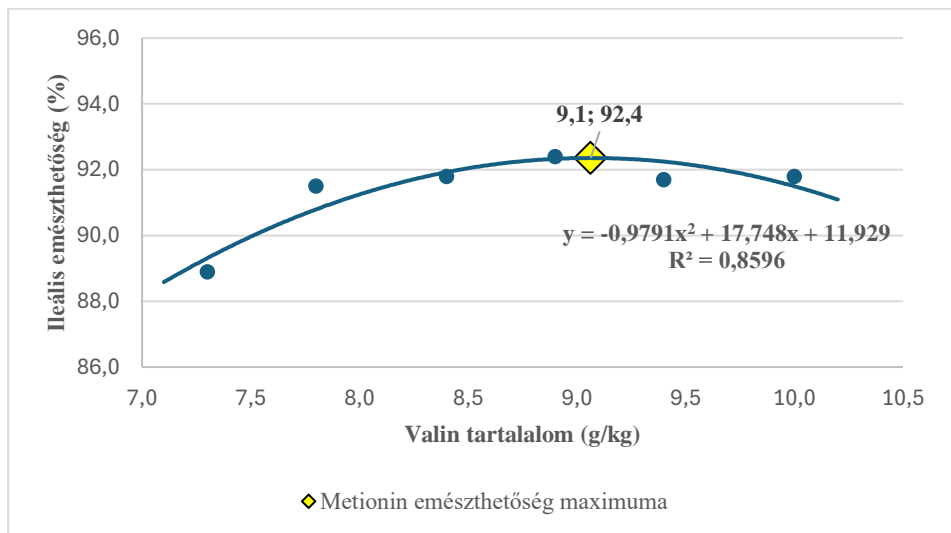
A **metionin** emészthetőségét vizsgálva azt találtuk, hogy a megállapított érték a PC madarak esetében 89,3 % volt, ami gyakorlatilag megegyezett ( $P \geq 0,05$ ) a LPV0 befejezőtápot fogyasztó madarak esetében mért emészthetőséggel (88,9%). Ellentétben az indító és nevelő fázisokkal, a csökkentett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



A csökkentett nyersfehérje tartalmú takarmánykeverékek (LPV0-5) valin tartalmának és a metionin emészthetőségének összefüggése a 26. ábrán látható. Adataink alapján megállapítható, hogy a valin tartalom 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 valin tartalma 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). Eredményeink 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 valin tartalom mellett (8,9 g/kg).

## 26. ábra

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



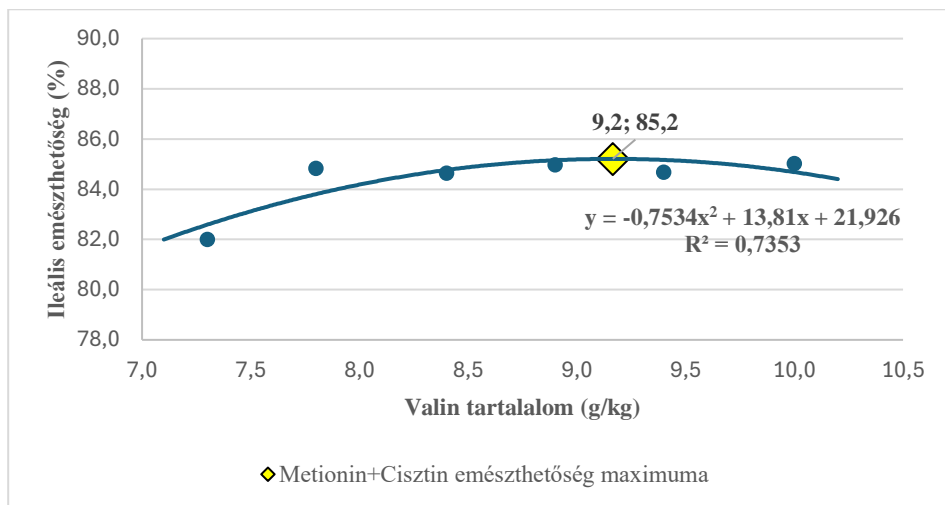
A **metionin+cisztin** vonatkozásában gyakorlatilag azonos emészthetőséget mértünk a PC (82,1%) és a fehérje csökkentett, de kristályos valin kiegészítés nélküli LPV0 kezelés (82,0%) esetén ( $P \geq 0,05$ ). A csökkentett fehérje tartalmú, de kristályos valinnal kiegészített kezelések tekintetében (LPV1-5) csak numerikus emészthetőségjavulás volt megállapítható, szignifikáns ( $P \geq 0,05$ ) 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 kéntartalmú aminosav emészthetősége az LPV3 és LPV5 kezelés esetén volt a legnagyobb (85,0% vs. 85,0%).

A csökkentett nyersfehérje tartalmú takarmánykeverékek (LPV0-5) valin tartalmának és a metionin+cisztin emészthetőségének összefüggése a 27. ábrán látható. Adataink szerint a metionin+cisztin emészthetősége maximumát 85,2% szinten érte el, 9,2 g/kg valin tartalom 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 valin tartalma és a metionin+cisztin emészthetősége között.

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

## 27. ábra

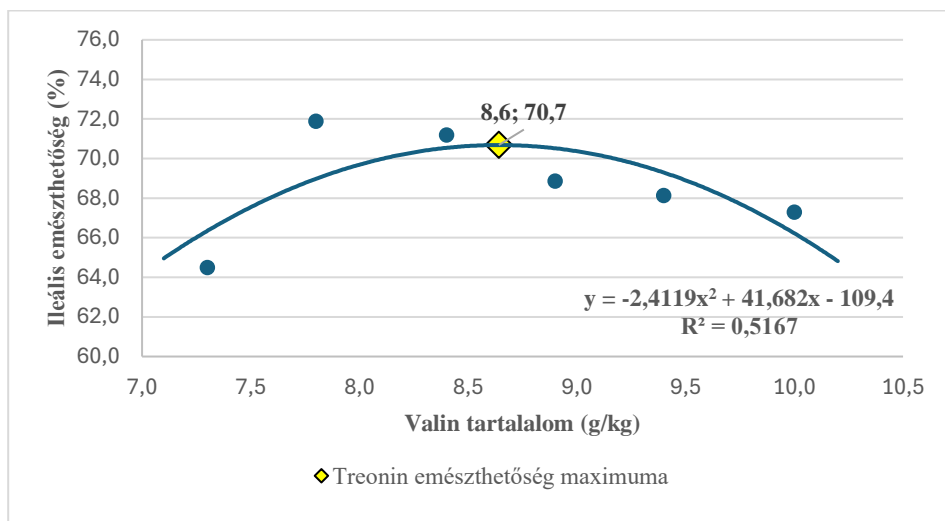
A valin-ellátás és a metionin+cisztin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor



A diéták valin tartalma 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 valin tartalma mellett éri el, amely 0,2 g/kg értékkel nagyobb, mint a PC csoport befejezőtápjának valin-tartalma. 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

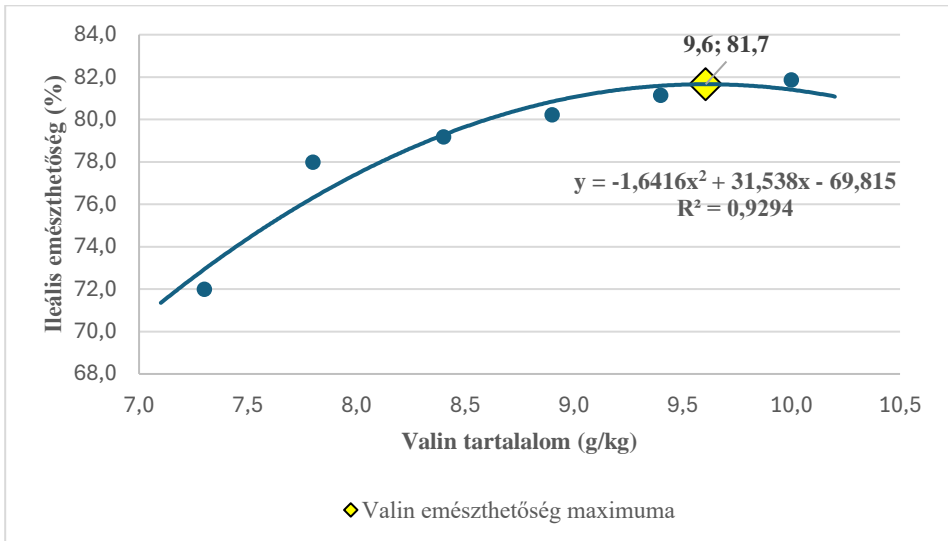
A valin-ellátás és a treonin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor



A befejező takarmányok és a **valin** ileális emészthetőségének adatai szerint (27. táblázat) a PC és LPV0 kezelések között gyakorlatilag azonos ( $P \geq 0,05$ ) 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 valin tartalom 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 valin tartalom 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 valin tartalom 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 valin-ellátás és a valin ileális emészthetőségének összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor**



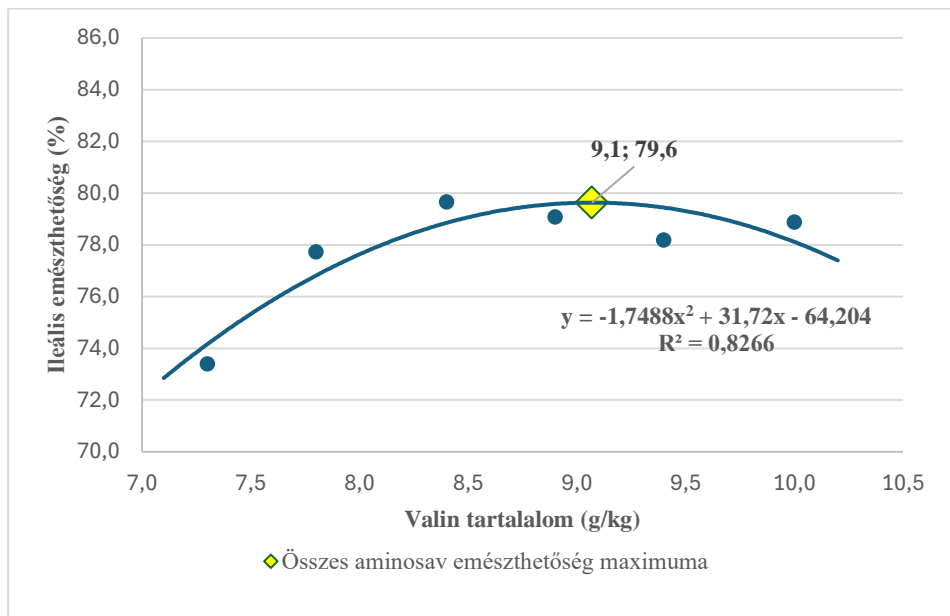
Az **összes aminosav** (triptofán nélkül) emészthetőségi eredményei alapján (27. táblázat) megállapítható, hogy a PC- valamint a csökkentett fehérje tartalmú valin kiegészítés nélküli (LPV0) befejezőtápok esetében mért emészthetőség megegyezik ( $P > 0,05$ ), annak mértéke 73,3% illetve 73,4% volt. Ezen 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 nyersfehérje tartalmú diéták valin tartalmának és az összes aminosav (triptofán kivételével) emészthetőségének összefüggései a 30. ábrán láthatók. Számításaink alapján megállapítható, hogy a befejező diéták valin tartalma 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 valin tartalma 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) valin tartalom mellett (28. táblázat).

### 30. ábra

*A valin-ellátás 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		LP0-LP1	LP2-LP3	LP4-LP5	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, 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 aminosav-tartalmának ileális abszorpciójára (mg/nap) kifejtett hatását a 29. táblázatban foglaltuk össze. Adataink 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 mérünk (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 nyersfehérje tartalmú 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 abszorpció maximuma a takarmánykeverékek 8,9 g/kg valin tartalma mellett realizálódik és 29,3 g/nap abszorbeálódott össz aminosavat 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 a 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>
	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
<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
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
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
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
<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>
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
<b>Össz aminosav<sup>3</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>

<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, 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

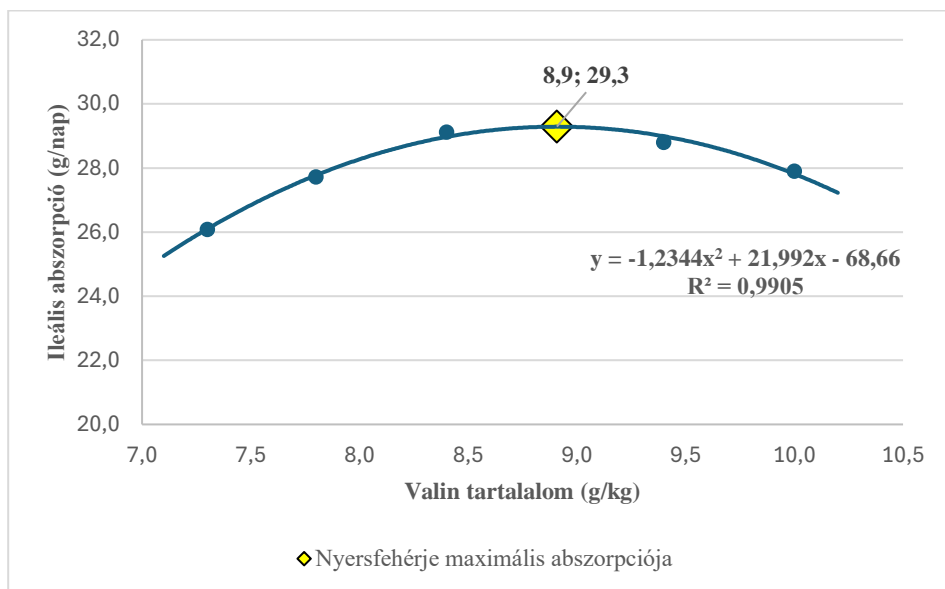
<sup>2</sup>RMSE : Root Mean Square Error/Átlagos négyzetes hiba gyöke

<sup>3</sup>g/kg

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

### 31. ábra

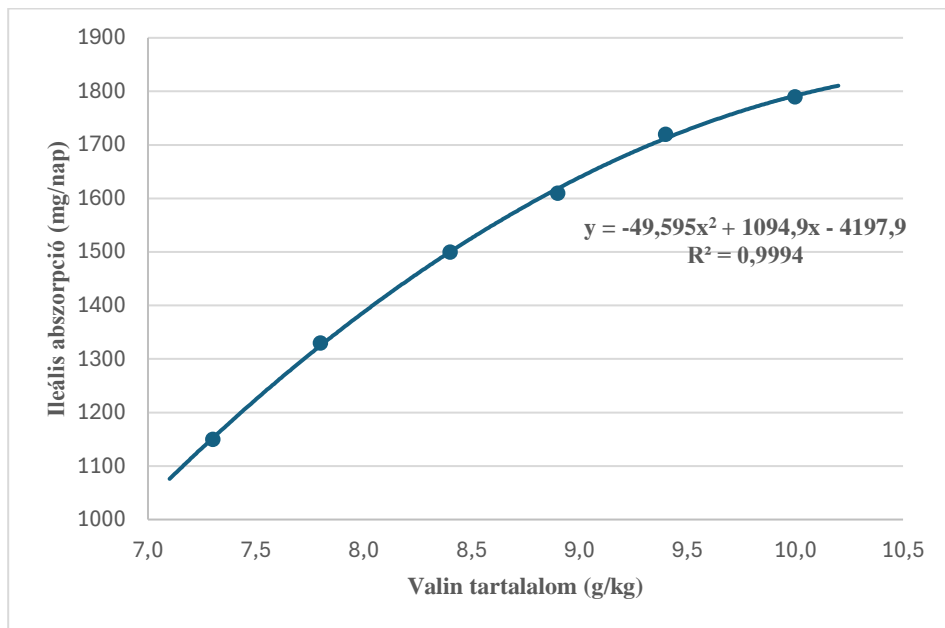
*A valin-ellátás és a nyersfehérje ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor*



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 PC társaik esetében mért érték, amely azonban valin kiegészítés hatására az LPV3-, LPV4 és LPV5 kezelésekben meghaladta még a PC brojlerek 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 abszorpciós maximuma kívül esik az általunk vizsgált tartományon, de számításaink szerint az 1846 mg/nap szinten tetőzik 11 g/kg valin tartalom mellett. Az abszorpciós maximum a PC kezeléshez mért abszorpciónál 23,9% -kal nagyobb.

### 32. ábra

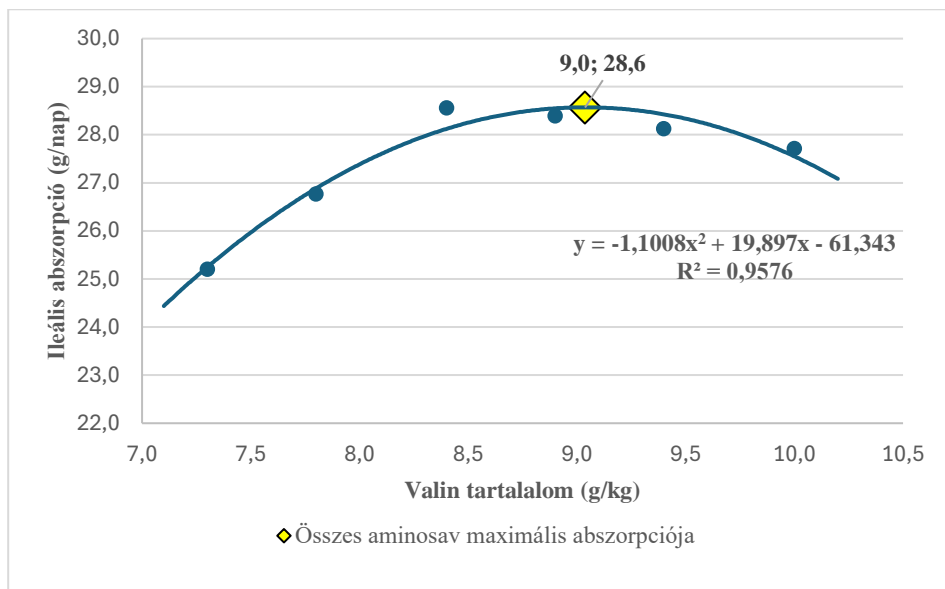
**A valin-ellátás és a valin ileális abszorpciójának összefüggései csökkentett fehérjetartalmú befejezőtápok (22.-35. nap) etetésekor**



Kísérletsorozatunk 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 nyersfehérje tartalmú 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 valin tartalma mellett realizálódott és 28,6 g/nap abszorbeálódott össz aminosavat jelent.

### 33. ábra

**A valin-ellátás 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 valin tartalmú-, kukorica-szójadara alapon összeállított takarmánykeverékekkel végzett kísérletek eredményeiből az alábbi alfejezetekben összefoglalt fontosabb következtetések vonhatók le.

### 7.1 A teljesítményvizsgálatok eredményeiből levonható következtetések

- A 35 napig tartó teljesítményvizsgálat során az ajánlás szerinti fehérje- és valin-tartalmú diétákat fogyasztó Ross-308 kakashok konszolidált-, a hibridstandardnak megfelelő súlygyarapodást-, takarmány-felvételt és takarmányértékesítést értek el.
- A diéták fehérjetartalmának (PC) fázisonkénti (indító, nevelő, befejező) 20 g/kg értékkel történő csökkentése – a lizin-, metionin+cisztin-, treonin- és triptofán-szint megtartása mellett (NC) - az állatok 21 napos koráig azok súlygyarapodásának csökkenésével és takarmányértékesítésük romlásával kell számolni, amit a valin-kiegészítés sem javít szignifikánsan.
- A nevelés utolsó szakaszában (22.-35.nap) a madarak súlygyarapodása és takarmányértékesítése valamennyi kezelésben megegyezik, azaz a csökkentett fehérjetartalom már nem befolyásolja hátrányosan a növekedésüket.
- A takarmányértékesítést az eltérő fehérje- és valin-tartalom a nevelés teljes időszakán (1.-35. nap) nem befolyásolja.
- A csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített takarmányt fogyasztó madarak egységnyi súlygyarapodást 11,2%-kal kevesebb fehérjéből képesek előállítani mint ajánlás szerint (PC) fehérje és valin-tartalmú diétákat fogyasztó társaik.

- A kedvezőbb fajlagos fehérjefelhasználásból adódóan a csökkentett fehérjetartalmú, valamint a csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített takarmányt fogyasztó madarak súlygyarapodásának takarmány eredetű karbon lábnyoma a 35 napig tartó vizsgálatok ideje alatt átlagosan 15,3%-kal kedvezőbb, mint PC társaiké.
- Kísérletünkben alkalmazott koncepció használható alternatíva lehet a takarmányozásból származó karbonlábnyom csökkentésére, amelyet további célirányos vizsgálatokban lenne érdemes megerősíteni.
- Eredményeink fontos információkat szolgáltatnak a fenntartható, környezettudatos brojlerelőállítás továbbfejlesztéséhez, amelynek jelentősége várhatóan tovább fog növekedni, amelynek 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 nyersfehérje-tartalmú kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó diéta aminosavtartalmának látszólagos ileális emészthetősége a legtöbb aminosav esetében szignifikánsan nagyobb, mint az ajánlás szerinti (Aviagen, 2014) nyersfehérje- és aminosav ajánlásainak figyelembevételével összeállított diéta (PC) esetében mérhető érték.
- A csökkentett aminosav tartalmú, de valinnal kiegészített diéták esetén a legtöbb aminosav ileális emészthetősége csak tendenciózusan nő, a treonin maximális emészthetősége haladja meg a legnagyobb mértékben az ajánlás szerinti fehérje és aminosav tartalmú diéta esetében mérhető emészthetőséget.

- A csökkentett aminosav tartalmú, de valinnal kiegészített diéták etetésekor az összes aminosav maximális emészthetősége meghaladja az ajánlás szerinti fehérje és aminosav tartalmú diéta esetében mért emészthetőséget.
- A 14. életnapon az ajánlás szerinti fehérje- és aminosav tartalmú takarmányt fogyasztó madarak (PC) nyersfehérje abszorpciójához képest, a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok nyersfehérje abszorpciója elmaradt.
- A lizin-, a metionin-, a metionin+cisztin- és a treonin 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 valin tartalmú 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 élő súlyában- illetve súlygyarapodásában is megnyilvánul. A súlygyarapodás elmaradásának mértéke azonban az abszorpcióban mért eltéréstől kisebb.

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

- A csökkentett nyersfehérje-tartalmú kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó diéta aminosavtartalmának látszólagos ileális emészthetősége a legtöbb aminosav esetében szignifikánsan nagyobb, mint az ajánlás szerinti PC kezelés (Aviagen, 2014) nyersfehérje- és aminosav ajánlásainak figyelembevételével összeállított diéta (PC) esetében mérhető érték.
- A csökkentett nyersfehérje tartalmú alapdiéta (LPV0) kristályos valinnal történő kiegészítéskor 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 aminosav tartalmú diéta (PC) esetében mért emészthetőséget.
- A csökkentett aminosav tartalmú, de valinnal kiegészített diéták vonatkozásában az összes aminosav maximális emészthetősége 2,0%-kal haladja meg az ajánlás szerinti (PC) fehérje és aminosav tartalmú diéta esetében mért emészthetőséget, amelynek megbízhatósága azonban nagyon gyenge ( $R^2=0,0026$ ). Ezek alapján 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 a 14,5%-kal marad el. Valin esetében a csökkentett fehérjetartalmú, de valin kiegészítést nem tartalmazó állatok 23,3%-kal kevesebb valint abszorbeálnak mint a PC társaik.



- A PC kezelés madarainak 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 nyersfehérje-tartalmú 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 nyersfehérje tartalmú alapdiéta (LPV0) kristályos valinnal történő kiegészítésekor a legtöbb aminosav ileális emészthetősége csak tendenciózusan nő. Ugyanezen alapdiéta valinnal történő kiegészítésekor a treonin maximális emészthetősége 13,7%-kal haladja meg az ajánlás szerinti fehérje és aminosav tartalmú diéta esetében mért emészthetőséget. Az összes aminosav maximális emészthetősége 6,3%-kal nagyobb, mint a PC érték.
- A vizsgálatok időpontjában a PC kezelés madarai 20,7%-kal több nyersfehérjét abszorbeálnak naponta, mint a csökkentett fehérje-tartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok.
- A lizin- a metionin-, a metionin+cisztin és a treonin 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.
- 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 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 aminosav szintek megtartása mellett.

Kísérleti eredményeink alapján indokoltnak látszik továbbá olyan teljesítmény és emészthetőségi vizsgálatok beállítása is, amelyet más nagy genetikai potenciállal rendelkező húshibrid brojlerrel végeznek el. Ilyen lehet pl. a Cobb500, amelynek piaci részesedése Magyarországon- illetve

az Európai Unióban ugyan nem számottevő, az Amerikai Egyesült Államokban és Dél Amerikában azonban jelentős.

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

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

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

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

A költséghatékony és környezettudatos brojlerhús előállítás érdekében javasolható továbbá olyan vizsgálatok beállítása is, amelyek során a kereskedelmi forgalomban már kapható újabb kristályos aminosavak (pl. L-Arginin) hatása kerülne detektálásra a N-emisszió- és a takarmány eredetű CO<sub>2</sub> lábnyom csökkenthetősége érdekében.

## 8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

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

- 3) A csökkentett nyersfehérje tartalmú, valin kiegészítés nélküli, valamint a csökkentett nyersfehérje tartalmú de valinnal kiegészített (indító: +0,50-2,50 g/kg takarmány valin; nevelő: +0,50-2,70 g/kg takarmány valin; befejező: +0,50-2,70 g/kg takarmány valin) takarmányt fogyasztó madarak (Ross-308 genotípusú kakasok) egységnyi súlygyarapodást a kezelések átlagában 11,2%-kal kevesebb nyersfehérjéből képesek előállítani mint az Aviagen (2014) ajánlásainak figyelembevételével összeállított nyersfehérje és valin-tartalmú diétákat fogyasztó társaik. A kedvezőbb fajlagos fehérjefelhasználásból adódóan a madarak súlygyarapodásának takarmányeredetű karbon lábnyoma a 35. életnapig tartó vizsgálatok ideje alatt 15,3%-kal kedvezőbb, mint az Aviagen (2014) ajánlásainak figyelembevételével összeállított nyersfehérje tartalmú takarmányokat fogyasztó (indító: 210 g/kg takarmány vs nevelő: 190 g/kg takarmány vs befejező: 180 g/kg takarmány) társaik esetében.
- 4) A csökkentett nyersfehérje tartalmú, kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó takarmányok etetésekor, Ross-308 genotípusú brojlerkakasok esetében, a nyersfehérje ileális emészthetősége az indító takarmányok etetésekor (1.-14. életnap között) meghaladja ( $P < 0,05$ ) az Aviagen (2014) ajánlásainak figyelembevételével összeállított nyersfehérje- és aminosav tartalmú diéták esetében mérhető értéket (indító: 81,8% vs 79,2%), amin a további kristályos valin kiegészítés már nem javít ( $P > 0,05$ ). Befejező takarmányok etetésekor (22.-35. életnap között) a csökkentett nyersfehérjetartalmú kristályos valin kiegészítést tartalmazó takarmányok esetében a nyersfehérje ileális emészthetősége meghaladja ( $P < 0,05$ ) a csökkentett nyersfehérje tartalmú valin kiegészítést nem tartalmazó és az Aviagen (2014) ajánlásainak figyelembevételével összeállított nyersfehérje- és aminosav tartalmú diéták esetében mérhető értéket, ami összes aminosav vonatkozásában is megállapítható.

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

## 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 valin-tartalma 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 valin-tartalommal készültek. Az LPV0 kezelésben a takarmányok nyersfehérjetartalmát csökkentették (indító: 19%, nevelő: 17%, befejező: 16%) és azok valin kiegészítés nélkül készültek. A további öt kezelésben az LPV1-5 diétákat növekvő mennyiségben (indító: 0,50 – 2,50; nevelő: 0,50-2,70 g; befejező:0,50 – 2,70 g/kg) 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 kezelésként és kísérleti szakaszonként 6-, azaz összesen 138 állattal. A három napos előkészítő szakasz végén a béltartalom gyűjtése a madarak kétfázisos széndioxidos kábítása, majd az azt követő elvéreztetése után történt. A komponensek és takarmánykeverékek kémiai vizsgálatát Magyar Szabvány szerint előírásai szerint határoztuk meg. A takarmányok aminosav-analízisét 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.

A teljesítményvizsgálatok adatai alapján megállapítható, hogy a 35 napig tartó kísérletben az ajánlás szerinti fehérje- és valin-tartalmú diétákat fogyasztó Ross-308 kakasok konszolidált-, a hibridstandardnak megfelelő súlygyarapodást-, takarmányfelvételt és takarmányértékesítést értek el. A diéták fehérjetartalmának (PC) fázisonkénti (indító, nevelő, befejező) 20 g/kg értékkel történő csökkentése – a lizin-, metionin+cisztin-, treonin- és triptofán-szint megtartása mellett (NC) - az állatok 21 napos koráig azok súlygyarapodásának csökkenésével és takarmányértékesítésük romlásával kell számolni, amit a valin-kiegészítés sem javít szignifikánsan. A nevelés utolsó szakaszában (22.-35.nap) a madarak súlygyarapodása és takarmányértékesítése valamennyi kezelésben megegyezik, azaz a csökkentett fehérjetartalom már nem befolyásolta hátrányosan a növekedésüket. A takarmányértékesítést az eltérő fehérje- és valin-tartalom a nevelés teljes időszakán (1.-35. nap) nem befolyásolja. A csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített takarmányt fogyasztó madarak egységnyi súlygyarapodást 11,2%-kal kevesebb fehérjéből képesek előállítani mint ajánlás szerint (PC) fehérje és valin-tartalmú diétákat fogyasztó társaik. A kedvezőbb fajlagos fehérjefelhasználásból adódóan a csökkentett fehérjetartalmú, valamint a csökkentett fehérjetartalmú, de valinnal kiegészített takarmányt fogyasztó madarak súlygyarapodásának takarmány eredetű karbon lábnyoma a 35 napig tartó



vizsgálatok ideje alatt átlagosan 15,3%-kal kedvezőbb, mint PC társaiké. Az emészthetőségi vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy az **indítópok etetésének időszakában (a 14. napon mérve)**, a csökkentett nyersfehérje-tartalmú kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó diéta aminosavtartalmának látszólagos ileális emészthetősége a legtöbb aminosav esetében szignifikánsan nagyobb, mint az ajánlás szerinti (Aviagen, 2014) nyersfehérje- és aminosav ajánlásainak figyelembevételével összeállított diéta (PC) esetében mérhető érték. A csökkentett aminosav tartalmú, de valinnal kiegészített diéták esetén a legtöbb aminosav ileális emészthetősége csak tendenciózusan nő ( $P>0,05$ ). A csökkentett aminosav tartalmú, de valinnal kiegészített diéták etetésekor az összes aminosav maximális emészthetősége meghaladja az ajánlás szerinti fehérje és aminosav tartalmú diéta esetében mért emészthetőséget. A vizsgálat időpontjában az ajánlás szerinti fehérje- és aminosav tartalmú takarmányt fogyasztó madarak (PC) nyersfehérje abszorpciójához képest, a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok nyersfehérje abszorpciója elmaradt. A lizin-, a metionin-, a metionin+cisztin- és a treonin 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. Valin esetében a csökkentett fehérjetartalmú, de valin kiegészítést nem tartalmazó állatok 28,3%-kal kevesebb valint abszorbeálnak, mint PC társaik.

A csökkentett nyersfehérjetartalmú diéták valin szintjének növelésével az abszorbeált valin mennyisége is növekedik, az összefüggés igen szoros ( $R^2=0,9896$ ). Az ajánlás szerinti nyersfehérje és valin tartalmú 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 abszorpció 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 eredményeinkből megállapítható ***a nevelőtáp etetésének végén mérve (21. nap)***, hogy a csökkentett nyersfehérje-tartalmú kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó diéta aminosavtartalmának látszólagos ileális emészthetősége a legtöbb aminosav esetében szignifikánsan nagyobb, mint az ajánlás szerinti PC kezelés (Aviagen, 2014) nyersfehérje- és aminosav ajánlásainak figyelembevételével összeállított diéta (PC) esetében mérhető érték. A csökkentett nyersfehérje tartalmú alapdiéta (LPV0) kristályos valinnal történő kiegészítésekor a lizin, a treonin és a valin ileális emészthetősége szignifikánsan nő ( $P < 0,05$ ), a nyersfehérje, metionin, a metionin+cisztin és az összes aminosav esetén azonban csak numerikus emészthetőségjavulás várható ( $P > 0,05$ ). A valin maximális emészthetősége 12,9%-kal haladja meg az ajánlás szerinti fehérje és aminosav tartalmú diéta (PC) esetében mért emészthetőséget. A csökkentett aminosav tartalmú, de valinnal kiegészített diéták vonatkozásában az összes aminosav maximális emészthetősége 2,0%-kal haladja meg az ajánlás szerinti (PC) fehérje és aminosav tartalmú diéta esetében mért emészthetőséget, amelynek megbízhatósága azonban nagyon gyenge ( $R^2 = 0,0026$ ). Ezek alapján megállapítható, hogy a kristályos valin kiegészítés ebben a szakaszban nincs hatással az összes aminosav emészthetőségére. Adataink szerint a vizsgálatok időpontjában a PC kezelés madarainak nyersfehérje abszorpciójától a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok nyersfehérje abszorpciója a 14,5%-kal marad el. Valin esetében a csökkentett fehérjetartalmú, de valin kiegészítést nem tartalmazó állatok 23,3%-kal kevesebb valint abszorbeálnak, mint a PC társaik. A PC kezelés madarainak össz aminosav abszorpciójához képest a csökkentett fehérjetartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó állatok 20,6%-kal kevesebb össz aminosavat abszorbeálására képesek. Az össz aminosav abszorpcióban mért különbség a madarak élősúlyában- illetve súlygyarapodásában is megnyilvánul. A súlygyarapodás elmaradásának mértéke az abszorpcióban mért eltéréstől kisebb.

***A befejezőtáp etetésnek időszakában (a 35. életnapon mérve)*** mért adatok alapján megállapítható, hogy a csökkentett nyersfehérje-tartalmú kristályos valin kiegészítést nem tartalmazó diéta (LPV0)

aminosavtartalmának látszólagos ileális emészthetősége a legtöbb aminosav esetében nem tér el szignifikánsan ( $P > 0,05$ ) az ajánlás szerinti (Aviagen, 2014) nyersfehérje- és aminosav tartalommal összeállított diéta (PC) esetében mért értékektől. A csökkentett nyersfehérje tartalmú alapdiéta (LPV0) kristályos valinnal történő kiegészítésekor a legtöbb aminosav ileális emészthetősége csak tendenciózusan nő ( $P > 0,05$ ). Ugyanezen alapdiéta valinnal történő kiegészítésekor a treonin maximális emészthetősége 13,7%-kal haladja meg az ajánlás szerinti fehérje és aminosav tartalmú diéta esetében mért emészthetőséget. Az összes aminosav maximális emészthetősége 6,3%-kal nagyobb, mint a PC érték. A vizsgálatok időpontjában a PC kezelés madarai 20,7%-kal több nyersfehérjét abszorbeálnak naponta, mint a csökkentett fehérje-tartalmú, valin kiegészítés nélküli diétát (LPV0) fogyasztó társaik. A lizin- és metionin-, a metionin+cisztin és a treonin 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. 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. Eredményeink 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: 19%, Grower: 17%, Finisher: 16%) without valine supplementation. The subsequent treatments (LPV1–5) were complemented with increasing levels of L-valine (Starter: 0.50–2.50 g/kg; Grower: 0.50–2.70 g/kg; Finisher: 0.50–2.70 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. The performance data showed that during the 35-day trial, the Ross-308 roosters fed diets with recommended crude protein (CP) and valine levels achieved consolidated growth, feed intake, and feed conversion rates aligning with hybrid standards. Reducing the protein content (PC) by 20 g/kg per phase (starter, grower, finisher) while maintaining lysine, methionine+cystine, threonine, and tryptophan levels (NC) 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. 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 supplementing a basal diet with reduced crude protein content (LPV0) with crystalline valine, the ileal digestibility of most amino acids only tended to increase ( $P>0.05$ ). 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, methionine+cystine and threonine, 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. 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, mentoraminak, **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 segítségért.

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 segítettek 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 köszönet szeretnék mondani **Harsányi Gabriellának** a disszertáció idegen nyelvű részeinek lektorálásáért.

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.
- 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. Priyono, 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.
- Amidahri, S., H. Janmohamadi, A. Taghizadeh, W. Lambert, M. Olyayee, E. A. Soumeh, 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.
- 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,2022:[https://aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Broiler/Ross308-BroilerPerformanceObjectives2022-EN.pdf](https://aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross308-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.
- 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
- 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 (1)**
- 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 serponses 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.
- 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. *Poultry 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. *The 463 Swedish Institute for Food and Biotechnology*, Göteborg SIK Report 793
- 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.
- 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.
- Conde-Aguilera, J. A., J. C. G. Cholet, M. Lessire, Y. Mercier, S. Tesseraud, J. V. Milgen, 2016. The level and source of freemethionine 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., W. A. Dozier, M. T. Kidd, 2008: Valine nutrient recommendations for Ross × Ross 308 broilers. *Poult. Sci.*, **87**: 335-338.
- 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.
- 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., R. E. Loar, M. T. Kidd, 2009: Limitations of dietary isoleucine and valine in broiler chick diets. *Poult. Sci.* **88**: 1934-1938.

- 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.
- 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, 1994: The D-amino acid content of foodstuffs (A Review). *Alimentaria*, **2**: 5-31.
- 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., 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., M. T. Kidd, and A. Corzo. 2008: Dietary amino acid responses of broiler chickens. *J. Appl. Poult. Res.*, **17**: 157–167.
- 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
- 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., 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., 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.

- 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.
- 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.
- Emeret, 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.
- 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. Rodehudson 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.
- Greenhalg, 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.
- 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.
- Husv eth, F. (szerk.), 1994: A h azi allatok  eltana  s anatiomi aja. Mezzogazda Kiad o. Budapest: 408-412.
- 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.
- Johns, D.C., C. K. Low, J. R. Sedcole, K. A. C. James, 1986a: Determination of amino acid digestibility using caecectomised 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.
- 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 2000: Nutritional considerations concerning threonine in broilers. *World's Poult. Sci.* **56**: 139-156.



- Kidd, M. T., D. J. Burnham, B. J. Kerr, 2004: Dietary isoleucine responses in male broiler chickens. *Br. Poultry. Sci.* **45**: 67-75.
- Kidd M. T., Corzo A., Hoehler D., Kerr B. J., Barber S. J., Branton S. L. 2004: Threonine needs of boiler chickens with different growth rates. *Poult. Sci.* **83**: 1368–1375.
- Kidd, M. T., S. Dridi, J. Bai, E. Diehl, 2015: Dietary valine needs of commercial broilers. *Arkansas Nutritional Conference Proceeding*.
- 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. Poul. 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. Poul. Res.*, **8(2)**: 160-169.
- Kidd M. T., S. P. Lerner, J. P. Pallard, S. K. Rao, J. T. Halley, 1999: Threonine responses in 42 to 56 day old commercial broilers. *Br. Un. Turk. Am.*, **126**.
- Kidd, M. T., C. D. McDaniel, S. L. Branton, E. R. Miller, B. B. Boren, B. I. Fancher, 2004: Increasing amino acid density improves live performance and carcass yields of commercial broilers. *J. Appl. Poul. Res.*, **13**: 593–604.
- 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.
- 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. Poul.*, 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.
- Lumpkins, B. S., A. B. Batal, and D. H. Baker, 2007: Variations in the digestible sulfur amino acid requirement of broiler chickens due to sex, growth criteria, rearing environment, and processing yield characteristics. *Poult. Sci.* **86**: 325–330.
- 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.
- 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. (1992): Determination of available energy and amino acids in poultry diets. - *53rd Minnesota Nutrition Conference*.
- 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, 1989: Influence of protein concentration on the sulphur - containing amino acid requirement of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, **30**: 889-898.
- Murat, K., Y. Gültekin, 2017: The effects of dietary supplementation levels of valine on performance and immune System of broiler chickens. *J. Agric. Crop Res.*, **5 (2)**: 25-31.
- 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, 2018: Proceedings of the NZ Poultry Industry Conference, **14**: 1-17.
- Ramos, S. H. M., C. K. Girish, 2018: Application of Low Protein Diet Concept for Sustainable Poultry Production. *NZ Poultry Industry Conference*, **14**: 1-18.
- Ranindran, 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.
- Razei, 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 Poulrenc 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, 1992: Effects of tryptophan supplementation to a maize - based diet on lipid metabolism in laying hens. *Br. Poult. Sci.*, **33**: 195-200.
- 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, 2001: Threonine requirements of different broiler genotypes. *Poult. Sci.* **80** 1710-1717.
- Rosa A. P., Pesti G. M., Edwards H. M., Bakalli R., 2001: 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.
- SAS Institute Inc. SAS/STAT® 9.4 User’s Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2013.
- Schedle, K., J. Bartelt, W. Lambert, E. Corrent, 2019: Digestible valine requirements of growing-finishing Ross 308 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.
- Sibald, 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**:
- Sibald, 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
- 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. Dublicz, 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: 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.
- 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, 2017: 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.
- Toldrá, F. 2007: Handbook of Fermented Meat and Poultry. ISBN: 9780470376430
- 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.
- 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.



## 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 Ross-308 roosters. *European Poultry Science (EPS)*. Elbírálás alatt. Várható megjelenés 2025 Q1

#### 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