

DIPLOMADOLGOZAT

BORSODINÉ CSONKA ANNA ZSÓFIA
Agrármérnök Szak

Keszthely
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Georgikon Campus

Agrármérnök Szak

**KÜLÖNBÖZŐ METIONINFORRÁSOK
HATÉKONYSÁGÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA
BROJLERCSIRKÉKKEL**

Belső konzulens: Dr. Dubleczy Károly
egyetemi tanár

Készítette: Borsodiné Csonka Anna
Zsófia
F40NB2
nappali tagozat

Intézet/Tanszék: Takarmányozástani és
Takarmányozás-élettani
Tanszék

Készthely

2023

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	4
2.	Irodalmi áttekintés	5
2.1	A brojlercsirkék takarmányozási sajátosságai	5
2.1.1	Emésztési sajátosságok	5
2.1.2	Takarmányozási jellemzők	5
2.2	Fehérje és-aminosav szükséglet	6
2.2.1	A baromfitakarmányok fehérjetartalma és értékesülése.....	6
2.2.2	Aminosavak jelentősége a baromfitakarmányozásban.....	7
2.3	Kristályos aminosav kiegészítők	8
2.3.1	A metionin élettani funkciói baromfiban.....	9
2.3.2	A D-metionin átalakítása L-metioninná.....	10
2.3.3	A metionin hatása a bélrendszerre	11
2.3.4	Különbségek a D-metionin, az L-metionin és a metionin-hidroxianalóg között	12
2.4	Kristályos aminosavkiegészítésekkel kapcsolatos kutatási eredmények.....	13
3.	Anyag és módszer	18
3.1	Kísérleti körülmények	18
3.2	Kísérleti tápok	18
3.3	Mérések	20
3.4	Az adatok statisztikai elemzése	21
4.	Eredmények	21
4.1	A kísérleti tápok mért táplálóanyagtartalma.....	21
4.2	Termelési jellemzők.....	24
4.2.1	Élő súly.....	24
4.2.2	Súlygyarapodás.....	24
4.2.3	Takarmányfelvétel	25
4.2.4	Takarmányértékesítés.....	25
4.3	Testösszetétel	26
4.4	Elhullás, kiugró értékek.....	27
4.5	Európai hatékonysági tényező	27
5.	Következtetések	28
6.	Összefoglalás	29
7.	Szakirodalmi jegyzék	31
8.	Melléklet	33

1. Bevezetés

Az állattartók legnagyobb költségét a takarmányköltség teszi ki. Mivel azt szeretnénk, hogy állataink a legjobb termelési értékeket ériék el, ezáltal nagyobb hozamot adva számunkra, nem szabad elfelejtenünk, hogy a nem megfelelő takarmány összetétel nemcsak a termelést fogja vissza, hanem a környezetet is terheli.

Célunk, hogy gazdasági állatainknak minél pontosabban meg tudjuk határozni létfenntartási és a termelésükhöz szükséges táplálóanyag szükségletüket.

Hazánk fehérjetakarmányokban szegénynek mondható, mivel az alapvető takarmány bázisunk a kukorica, illetve egyéb gabonafélék. Ezeknek a fehérjetartalmuk kicsi, emellett nem tartalmazzák megfelelő mennyiségben az esszenciális aminosavakat. A külföldről vásárolható szója javarészt GMO, és mindemellett a háború miatt elszabaduló energia árak sem könnyítik meg az állattartók helyzetét.

A sikeres receptúra egyik kulcsa a megfelelő aminosav-összetétel biztosítása. Az aminosav-kiegészítésre ma már sok lehetőség áll rendelkezésre. A baromfi takarmányokban a tollképződés magas kén-tartalmú aminosav igénye miatt az elsődleges limitáló aminosav általában a metionin. Kiegészítése történhet DL-metionin, L-metionin vagy metionin-hidroxianalóg formájában.

Kísérletünk célja az volt, hogy a DL-metionin és a hidroxianalóg biológiai hatékonyságát összehasonlítsuk.

2. Irodalmi áttekintés

2.1 A brojlercsirkék takarmányozási sajátosságai

2.1.1 Emésztési sajátosságok

A baromfi emésztésfiziológiája az eltérő emésztőrendszer ellenére nem tér el más monogasztrikus állattól. Jellemző, hogy emésztőcsatornája rövid, a fogazat hiányát a zúzógyomor helyettesíti részben. A táplálóanyagok döntő része a vékonybélből szívódik fel. A vakbél általában arányos a felvett takarmány tömegével és minőségével. Az utolsó bélszakasz a kloákába torkolló végbél.

A madarak endogén anyagcseréje a fehérje esetében mutat csak eltérést, a szénhidrátok és zsírok energia metabolizmusa hasonló az emlősállatokéhoz. A fehérje dezaminálási folyamat végterméke karbamid helyett húgysav, ami azt jelenti, hogy más biokémiai reakciókon keresztül zajlik az aminos csoport lehasadása, mely részben eltérő energia felhasználással jár. Jelentős még, hogy a húgysavval több maradékegyergia távozik a szervezetből. Ehhez kapcsolódik a tény, hogy a madarakban a fehérje energiaként történő hasznosulásában nagyobb jelentősége van a fehérje értékesülésnek. Ez az állítás úgy értelmezhető, hogy a takarmánnyal felvett fehérjéből mennyi hasznosul a szervezetben fehérje formájában és milyen hányad dezaminálódik (VINCZE és mtsai., 1999).

2.1.2 Takarmányozási jellemzők

A brojlercsirke elsődleges limitáló aminosava általában a metionin. Takarmányfelvételét a takarmány energia-koncentrációja szabályozza, tehát minél dúsabb energiájú takarmányt adunk, annál kisebb lesz a takarmányfelvétel.

A helytelen táplálóanyag ellátás, speciálisan a táp fehérje és energia arányának beállítása, befolyásolhatja a végső testtömeg, a fajlagos takarmány-felhasználás, a mellhús arány, a hasűri és az izmok közé beépülő zsír alakulását. Tipikus példák: elmaradás az elvárt fejlődéstől a 35. nap után, túlzott hasűri zsír a vágásnál, túlzott zsírfelrakódás a testben (MUZSEK, 2001). Egy másik példát is említve: aminosav-hiányos tápok etetésekor a csirkék energiafelvétele növekszik, ami növeli a zsírfelrakódást is (VINCZE és mtsai., 1999).

A csirke élettani háttere az első két-három hét után nagyban változik: a takarmány és ivóvíz fogyasztása megnő; növekedési erélye nő; a fajlagos takarmány-felhasználása romlik; a környezettel szemben támasztott igényei egyes tényezőknél (hőmérséklet) csökken, míg más tényezőknél (légcsere-igény) növekszik (MUZSEK, 2001). Az állat növekedésével a fehérje- és vízbeépülés csökken, a zsírfelrakódás viszont nő. Ezt a zsírfelrakódást csökkenthetjük az energia-fehérje és energia-aminosav arányának helyes beállításával a brojlertápokban (BÖÖ, 2000).

A jelenlegi baromfipiaci helyzet a termelőket rákényszeríti a termelés visszafogására és költségeik minimalizálására. Mivel a brojlercsirke előállítás összes költségeinek a 70%-át a takarmány teszi ki, a takarmányozás hatékonysága nagyban befolyásolja a termelés eredményességét (MUZSEK, 2001).

2.2 Fehérje és-aminosav szükséglet

2.2.1 A baromfitakarmányok fehérjetartalma és értékesülése

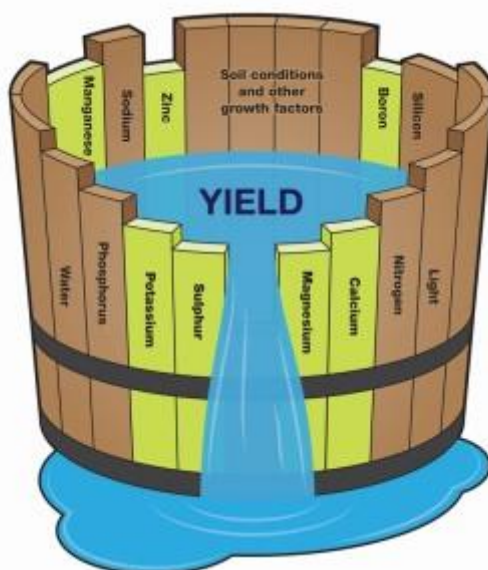
Mivel az állat más szervesanyagból nem tudja előállítani a fehérjét, ezért ezt a takarmánnyal kell bejuttatnunk az állati szervezetbe, hogy a fehérje- és aminosav-szükségletét kielégítsük. A szervezet az életfolyamataihoz fehérjét használ, amelynek során egy része lebomlik, és anyagcsere végtermékként kiürül. Ezt a mennyiséget pótolnunk kell, melyet a takarmányból fog felvenni.

A takarmányok fehérjetartalmát a nyersfehérjével tudjuk jellemezni. A fehérje értékét az emészthetősége és aminosav összetétele határozza meg. Az aminosav összetétel a takarmányban lévő fehérjétől függ, ami azért fontos a baromfi esetében, mert a fehérjét meghatározott aminosavak formájában igényli.

Természetes körülmények között a fehérje-molekula nem szívódik fel az emésztőrendszerből. Szükséges, hogy az állat saját emésztő enzimjeivel vagy vele szimbiózisban élő mikrobák által termelt enzimekkel azokat aminosavakra bontsa. Ezért a takarmányokban lévő fehérje értékesülésének egyik előfeltétele a korábban említett emészthetőség. Az emészthetőséget pedig a takarmányban lévő fehérje szerkezete és az emésztőrendszerben lévő enzimek aktivitása határozza meg.

A takarmányfehérjéből felszívódott aminosavak értékesülését az határozza meg, hogy mennyi épül be a testbe, vagy az állati termék fehérjébe és milyen hányad dezaminálódik.

A fehérjeértékesülést az határozza meg, hogy a takarmány aminosav-összetétele milyen viszonyban van az állat aminosav-szükségletével. A Liebig-féle minimum törvény a fehérje takarmányozásban is érvényesül, vagyis a szükséglethez viszonyítva a legkevésbé kielégített aminosav határozza meg a takarmányfehérje értékesülését. Ezt nevezzük limitáló aminosavnak. Az aminosavak korlátozó szerepe nem azonos. A leggyakrabban az esszenciális aminosavak limitálnak. A nélkülözhető aminosavak csak fehérjecsökkenett tápok etetésekor korlátozhatják az állatok növekedését. Ebből a csoportból a glicin és a szerin ellátottságot célszerű ellenőrizni.



1. kép: Liebig-féle minimum törvény

(https://www.exkalapalatt.info/wp-content/uploads/2015/09/liebig_rgb.jpg)

A fehérjeértékesülést nagyban befolyásolja még az energia és fehérje arány, mivel az energia hiány vagy a fehérje túlsúly fokozza a fehérje dezaminálódását. Illetve befolyásoló tényező még az aminosavak módosulatai, melyre majd később fogok kitérni (VINCZE és mtsai., 1999).

2.2.2 Aminosavak jelentősége a baromfitakarmányozásban

Az állatok aminosav igénye szempontjából a takarmányok aminosavai két csoportra oszthatók: létfontosságú (esszenciális) és nem létfontosságú (nem esszenciális) aminosavakra. Ez a csoportosítás azt jelenti, hogy az állat az esszenciális aminosavakat nem képes saját szervezetében előállítani, vagy a szintézis nem olyan gyors, mint ahogy a szervezet igényli. A nem esszenciális aminosavakat viszont transzaminálással az állat képes előállítani. Beszélhetünk még emészthető aminosavakról, ami azt az aminosav mennyiséget jelenti, amely a takarmányfehérjéből az állati szervezetben felszívódik, illetve hasznosítható aminosavról, amely a felszívódott aminosav azon hányada, mely az anyagcserébe képes belépni.

Az aminosavak hasznosulását az emésztés és a metabolizálhatóság határozza meg. Felszívódásukat különböző antinutritív anyagok és metabolikus termékek akadályozhatják. A felszívódott aminosavak metabolizálhatósága nem mindig biztosított, hisz egyes formák felhasználatlanul ürülnek ki a szervezetből (VINCZE és mtsai., 1999).

A csirkék nagy növekedési erejéből adódóan nemcsak az energia-, hanem a fehérjeszükségletük is jelentős. Életük első heteiben sok fehérjét építenek be a szervezetükbe. Az energiaigénnyel szemben a fehérjeszükségletük a kor előre haladtával csökken.

Ha az állatok takarmányában nincs elegendő fehérje, csökken a termelésük, romlik a takarmányhasznosításuk. Nagyobb mértékű fehérjehiány csökkentheti az állatok betegségekkel szembeni ellenálló képességét is, aminek következménye az elhullások számának növekedése.

A fehérjék aminosavakból épülnek fel, így nemcsak a fehérjeigényt kell biztosítani, hanem az aminosavellátást is. A gazdasági állatok által fogyasztott takarmányokban 20 aminosav fordul elő, amelyek részt vesznek a különböző szöveti fehérjék, a hormonok és enzimek felépítésében. A baromfik takarmányában 12 aminosavnak mindekképpen elő kell fordulnia. Elsősorban a kén-tartalmú aminosavak (metionin, cisztin) ellátására kell odafigyelni. Fehérjehiányos takarmányozás következtében: csökken az állat teljesítménye, fejlődésben visszamaradnak, könnyebben megbetegszenek, megváltozik a vérplazma fehérjéinek mennyisége és összetétele, étvágytalanok, hasmenési és tollképződési zavarok jelennek meg.

A szükséges aminosavakat megfelelő mennyiségben és összetételben egyszerre kell nyújtani a takarmányban, mert a hiány és a felesleg is káros az állatra nézve. A zavartalan fehérjeszintézis fontos feltétele, ahogy a takarmányban minden egyes esszenciális aminosav a szükséges mennyiségben és arányban legyen jelen. Ha egy esszenciális aminosavból hiány mutatkozik a növekedésben lévő madarak fejlődése csökken. Romlik az állatok étvágya, mivel a vérplazma összetételének kóros elváltozása gátolja az étvágyközpont működését.

Azonos feltételek mellett a metionin-tartalom növelése a termelési mutatók emelkedését vonja maga után.

A fehérjebeépítés energiaigényes folyamat. A nagy testtömeg-gyarapodás és a kedvező vágottcsirke-minőség szempontjából fontos, hogy a takarmány fehérje-és aminosav-tartalma megfelelő arányban álljon az energiatartalommal. Az állat csak akkor képes hasznosítani a fehérjét, ha elegendő energiához jut és zavartalan az energiaforgalma. Ezért a tápok összeállításakor törekedni kell a kedvező energia: fehérje és energia: aminosav arányra.

A hazai takarmánybázis fehérjében szegénynek nevezhető, ezért az import fehérje felhasználása szükséges, ami megdrágítja a termelést. A takarmányok aminosav- tartalmának beállítása történhet az alapanyagok helyes megválasztásával, vagy ipari úton előállított aminosav készítményekkel. Az utóbbival kapcsolatban meg kell említeni, hogy az állatok általában csak az aminosavak L-optikai formáját tudják hasznosítani. Ez alól kivétel a metionin, melynek D-formája is hasznosul (BALOGH, 2003).

2.3 Kristályos aminosav kiegészítők

Aminosavakat több célból is termelnek, mint például ízfokozóként, édesítőszerként, antioxidánsként és a mi szempontunkból fontos takarmány- és élelmiszer-kiegészítőként. Főként

lizint, metionint, treonint, valint és triptofánt állítanak elő, de elérhető már a takarmányipar számára az arginin és izoleucin is. Mint már azt az előző fejezetekben is említettem a takarmányozásnál alapvető kérdés az összetétel kiegyensúlyozottsága, azaz a bevitt anyagok aránya minél jobban feleljen meg a szervezet igényeinek. Ennek érdekében használjuk az ún. ideális fehérje elvet, amikor is a gazdasági állatok, a különböző korcsoportok aminosav szükségletét a lizinéhez viszonyítjuk.

Magyarország alapvető takarmány bázisa a kukorica, mellette egyéb gabonafélék. Ezek fehérjetartalma kicsi, ráadásul a fehérjék sem tartalmazzák megfelelő mennyiségben az esszenciális aminosavakat. Ebből következik, hogy a szénhidrát tartalom mellé teljes értékű fehérjét kell adni. Legfőbb takarmányfehérje forrásaink a brojlercsirkék takarmányozásában a szójadara, az extrahált napraforgó, a DDGS vagy a kukorica glutén. Mivel a fehérjetakarmányok a tápok legdrágább komponensei és kristályos aminosavkiegészítőkkel csökkenthető a tápok fehérjetartalma az aminosav komplettálás több évtizede folyik a gazdasági állatok esetében.

Jelenleg a világon 17 nagy cég folytat fermentációs aminosavgyártást, amelyek közül a legnagyobbak a japán tulajdonú Ajinomoto és a német Evonik.

Az aminosavakat többféle úton is elő lehet állítani. Az egyik lehetőség az izolálás fehérje-hidrolizátumokból, például tirozin. További lehetőség még kémiai szintézis, például metionin, és a fermentációs út. A fermentációt nagy 50-500 m³-es levegőztetett fermentorokban célszerű végrehajtani. Az aminosavtermelésnél szabályozni kell a pH-t, amit az alkálilúgok mellett ammóniagáz bevezetésével vagy karbamid adagolásával is meg lehet oldani, ráadásul ezek nem hígítják az oldatot. Fontos, hogy a fermentorokban a sterilitást fenn kell tartani, illetve a fágok elleni védekezésben érdemes fágrezisztens mutánsokat alkalmazni.

Az aminosavak feldolgozásánál jellemzően ioncserét, izoelektromos ponton történő kicsapást, szerves oldószeres extrakciót szoktak alkalmazni. Az aminosavak- a triptofán kivételével- hőstabil molekulák, ezért vákuumbepárlással lehet töményíteni az oldatot (PÉCS, 2017).

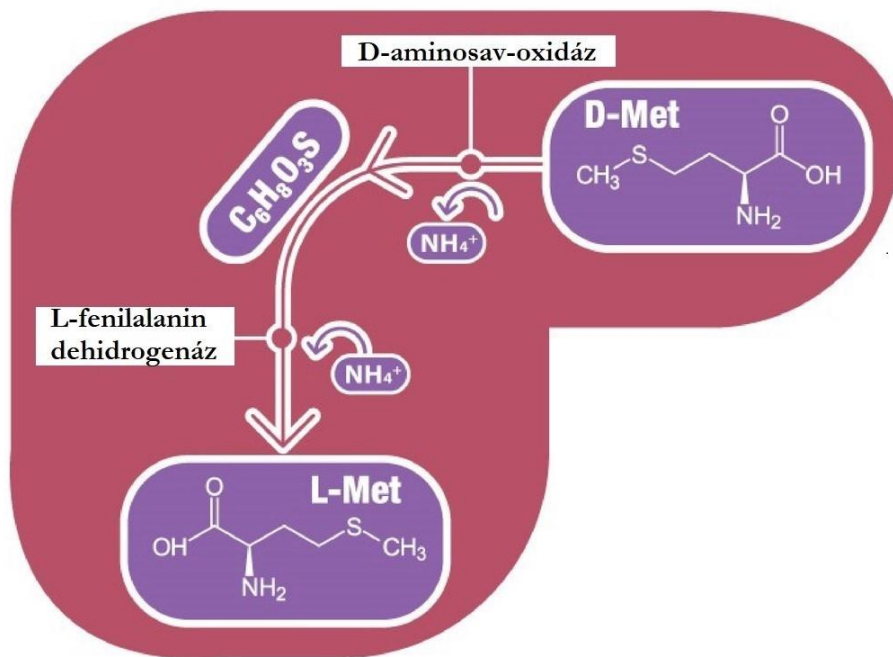
2.3.1 A metionin élettani funkciói baromfiban

A metionin nagy mennyiségben szükséges a tollnövekedéshez és a fehérjeszintézishez. Számos fiziológiai funkciója van, például fontos metil-donor, amely biztosítja a szervezet anyagcseréjéhez szükséges metilcsoportot. Csökkenti az oxidatív stresszt a szervezetben azáltal, hogy növeli az antioxidáns vegyületek, például a glutation mennyiségét.

A baromfiban és más takarmányokban használt metionin adalékok az L-metionin, DL-metionin vagy a metionin-hidroxidanalóg. Minden növény és állat csak L-izomer metionint képes hasznosítani, és csak az L-típusú metionin van jelen a fehérjékben.

A metionin és a metionin-hidroxilanalóg D-izomerje is használható, de ennek a szervezetben enzimreakcióval L-formává kell alakulnia. Megkérdőjelezhető azonban, hogy a lehasított

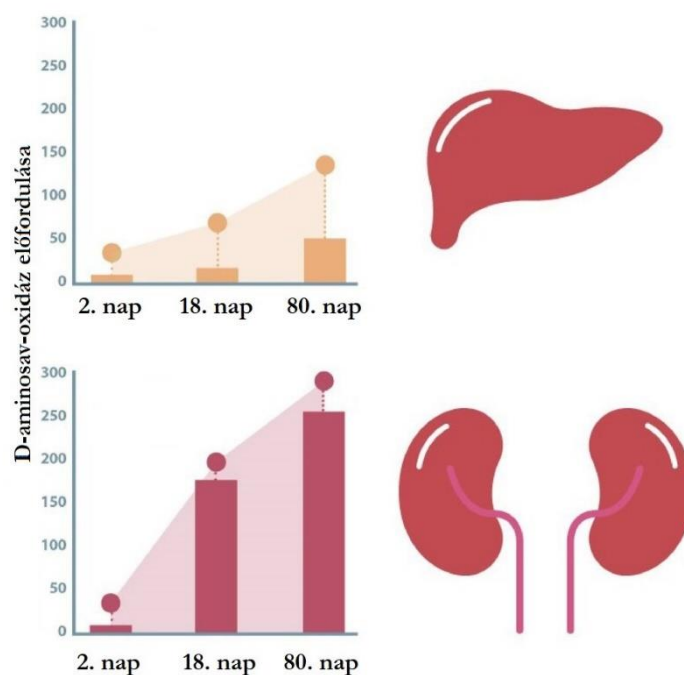
aminocsoport 100%-os hatékonysággal visszahelyezhető-e a metionin kémiai vázába. Ezen kívül az izomer átalakítási folyamat során a két enzimreakció energiát igényel. Ezért, ha DL-metionint vagy metionin-hidroxianalógot használnak az L-metionin helyett, a relatív biológiai hozzáférhetőség csökken az enzimátikus átalakítás szükségtelen energiafogyasztása miatt (HONG, 2018).



2. kép: A D-metionin L-metioninná történő átalakulási folyamata (HONG, 2018)

2.3.2 A D-metionin átalakítása L-metioninná

A D-metionin átalakításához szükséges DAAO enzimek nagy mennyiségben találhatók a csibék májában és veséjében. D' Anilleo (1993) szerint azonban a fiatalabb állatokban ezeknek az enzimeknek a mennyisége kisebb. Ahogy az állat növekszik, az enzim aktivitása növekszik, de jelentős időre van szükség ahhoz, hogy a szervezetben elegendő szint aktiválódjon (HONG, 2018).

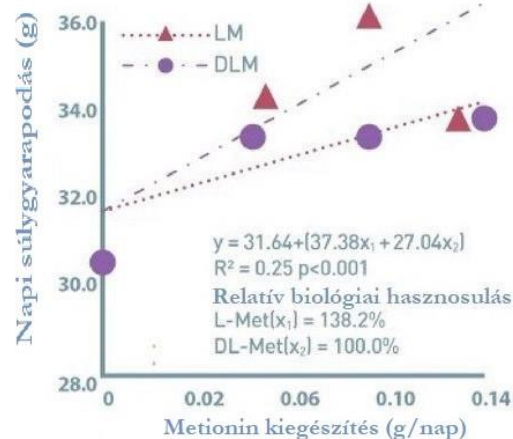
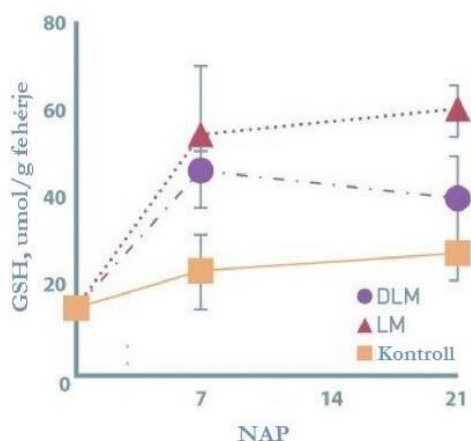


3. kép: A D-aminosav-oxidáz enzim koncentrációjának változása gazdasági állatokban (D' Aniello, 1993)

2.3.3 A metionin hatása a bélrendszerre

A glutation fontos szerepet játszik az antioxidáns védelemben. Képes megakadályozni a bélsejtek komponenseinek reaktív oxigénfajták, például szabadgyökök, peroxidok és nehézfémek által okozott károsodását. Különösen a megnövekedett glutation koncentráció befolyásolja a vékonybélbolyhok kialakulását.

Shen és munkatársai (2014, 2015) kimutatták, hogy az L-metionin etetése fokozza a bolyhok fejlődését mind brojlerekben, mind sertésekben, összehasonlítva a fiatal állatok DL-metioninnal történő etetésével. Mind az L-, mind a DL-kezelés bolyhos szöveteinek elemzése azt mutatta, hogy szignifikánsan magasabb glutation szintet figyeltek meg az L-metionin-kiegészítő csoportban. Ezen kívül a bolyhok magassága és szélessége is javult az L-metionin-kiegészítő csoportban (HONG, 2018).



4. kép: A glutation szintézis és brojlersirkék súlygyarapodásának alakulása a tápok L-metionin és DL-metionin kiegészítéskor (Shen és mtsai., 2015)

2.3.4 Különbségek a D-metionin, az L-metionin és a metionin-hidroxianalóg között

A metionin két formában létezik: D-metionin és L-metionin. A két izomer kémiai összetételében nincs különbség, viszont a molekulák konfigurációja között van. A metionin, mint minden aminosav, központi szénatomot tartalmaz, amelyből négy csoport ágazik el. Ez a négy csoport egy karboxilcsoportból (COOH), egy aminocsoportból (NH₂) egy hidrogénatomból (H) és egy kén-tartalmú szénláncból áll. A D-metionin és az L-metionin a központi szénatom körüli csoportok háromdimenziós szerkezetében különbözik egymástól. Az enzimek érzékenyek ezeknek az izomereknek a konfigurációjára, és az állatok csak az L-metionint képesek fehérjékké alakítani.

A metionin-hidroxianalóg kémiai szerkezete hasonló a metioninéhoz. Tartalmazza a karboxilcsoportot, a hidrogénatomot és a központi szénatomból elágazó szénláncot. Aminocsoport helyett azonban az analógban hidroxilcsoport (OH) van a helyén. Az analóg D- és L- izomer formában egyaránt létezik.

A kémiai szintézissel előállított, kereskedelemben kapható metionin és metionin-hidroxianalóg D- és L-metionint egyaránt termel egyenlő arányú keverékben. A fermentációval előállított kereskedelmi metionin csak az L-izomert eredményezi (VAZQUEZ-ANON, 2017).

Ezeknek a forrásoknak a hatékony felhasználása megköveteli, hogy ismerjük a biológiai hatékonyságot. Ez egy relatív érték, amely az adott táplálóanyag takarmányozási potenciálját vagy hatékonyságát egy meghatározott standardhoz viszonyítja. A takarmányiparban már több mint 50 éve a DL-metionint használjuk (BARNA, 2015).

2.4 Kristályos aminosavkiegészítésekkel kapcsolatos kutatási eredmények

A témával kapcsolatban elmondható, hogy egyre több kísérletet végeznek, hisz a termelés is akkor hatékony, ha minél kevesebb takarmánnyal, minél több terméket állítunk elő. Emellett gondolnunk kell környezetünkre és annak védelmére is.

A takarmány alapanyagok közül a legdrágábbak fehérjékben gazdag takarmányok, amelyekből az Európai Unió országaiban nincsen elegendő mennyiség. Mivel az emésztőtraktusból a takarmányok fehérjetartalmának csak a 70-80%-a képes felszívódni, továbbá a felszívódott hányad hasznosulása még az emészthetőségnél is kisebb hatékonyságú, a gazdasági állatok által elfogyasztott takarmány fehérje jelentős hányada távozik vizelettel illetve bélsárral. A feleslegben lévő nitrogén tartalmú anyagok metabolizmusának és kiválasztásának nagy energiaigénye van, az emésztetlen fehérjéből pedig az utóbélszakaszokban a bakteriális fermentáció eredményeként jelentős mennyiségű potenciálisan toxikus vegyületek (fenolok, biogén aminok, kénhidrogén, stb.) képződhetnek.

A fent említett kihívásra többféle takarmányozási megoldási alternatíva is kínálkozik. Ilyen például a takarmányok fehérjeértékelésű rendszerének és a különböző fajtájú, életkorú állatok fehérje és aminosav szükségletének pontosítása, többfázisú takarmányozás használata vagy a csökkentett fehérje tartalmú, kristályos aminosavakkal komplettált tápok etetése.

A fehérjetakarmányozás hatékonysága abban az esetben javítható, ha egyrésztől szélesítjük tudásunkat a takarmányok aminosav-tartalmára, annak emészthetőségére irányuló ismereteinket, másrésztől több adattal rendelkezünk a különböző baromfi fajok, korcsoportok, hasznosítási típusok folyamatosan változó szükségletéről, valamint az aminosavak egymáshoz viszonyított ideális arányáról.

Az aminosavakat takarmányozási szempontból tekintve elsősorban, mint fehérjeépítőköveket vesszük figyelembe. Az utóbbi évek kutatásai bebizonyították, hogy az aminosavak a fehérjeszintézisen túl számos egyéb élettani és sejtszintű anyagcsere folyamatban is részt vesznek. Közismert például, hogy a ciszteinből képződik a glutation, valamint a taurin, amelyek fontos szerepet játszanak az állatok antioxidáns rendszerében, továbbá energiaforgalmában is. A különböző metionin források ez irányú hatékonysága eltérő. A metionin-hidroxi-analóg például jobb hatékonyságú antioxidáns prekursor, mint a DL-metionin (Mercier és mtsai., 2009). A metionin ezzel együtt fontos metil donor is a sejt szintű metilezési folyamatokban.

Egyes aminosavak befolyásolják a különböző szövetek szintézisét, következésképp a testösszetételt is. Az aminosavak egy csoportja e mellett anabolikus hatású is, vagyis növeli a fehérjeszintézist és csökkenti a proteolízist. A kén-tartalmú aminosavak, a metionin és a cisztein, is hatással vannak a vágott test fehérje- és zsírtartalmára (Conde-Aguilera és mtsai., 2013).

Feltehetjük a kérdést, hogy miért van szükség az aminosav ellátás folyamatos pontosítására? Az elsődleges ok az állatok folyamatos fehérje és aminosav szükségletének változása. A nagyobb növekedési erélyű állatok aminosav szükséglete mind az aminosavak mennyiségét és arányát tekintve változik. Ezt alá tudjuk támasztani azzal, hogy minél intenzívebben termel egy állat, relatív annál kisebb lesz a teljes szükségleten belül a létfenntartásra fordított hányad. Mivel a hústermelés és a létfenntartás aminosav igénye nagymértékben eltér, a teljes szükséglet is ennek megfelelően módosul. Míg a lizin elsősorban a testfehérjék szintézisében vesz részt, addig a kén-tartalmú aminosavaknak releváns szerepük van a szőr és tollképződésben, továbbá a létfenntartásban is.

A fehérje és aminosav ellátottságot másrésztől amiatt szükséges folyamatosan pontosítani, mert a takarmány alapanyagok fehérjetartalma, az egyes fehérjefrakciók aránya, a fehérje aminosav összetétele, továbbá az aminosavak emészthetősége alapanyagokként eltérő. A takarmányok fehérje minősége, valamint hasznosulása különbözik az egyes fajták között, befolyásoló tényező ezen felül az időjárás, a növénytermesztésben alkalmazott agrotechnika, a N-műtrágyázás, a talajviszonyok, az antinutritív anyagok mennyisége, ipari melléktermékek esetében pedig a technológiai folyamatok aminosavakra, valamint azok emészthetőségére gyakorolt hatása. Jól ismert példa a bioethanol gyártásban vagy az olajiparban alkalmazott hőkezelés mértéke jelentős mértékben befolyásolja a DDGS vagy az extrahált szójadara aminosavainak felszívódó hányadát.

Több évtizede használják a baromfi- és sertéstápokban a lizint és a metionint a tápok fehérjetartalmának komplettálására. Jelenleg már a kristályos treonin, valin, izoleucin, arginin és triptofán is a takarmányipar rendelkezésére áll. A kristályos aminosavak használatával folyamatosan csökkenthető a feleslegben lévő aminosavak mennyisége (Joint Research Center, 2015). A folyamatnak a kristályos aminosav kiegészítők rendelkezésre állása, valamint az ára szab határt.

Egyszinten túl nem csak az esszenciális, hanem a nem esszenciális aminosavak is limitálónak válhatnak. A brojler tápokkal kapcsolatban 2015-ben Belloir és munkatársai publikáltak egy tanulmányt, amelyben több publikációt és kísérleti eredményt értékelték. A fehérjecsökkentésre irányuló kísérletek többségében lizin, metionin, treonin, valin, izoleucin, és arginin kiegészítéseket használtak. Az eredmények többsége a tápok fehérjecsökkentésének következményeként romló termelési paraméterekről számolt be. Ennek részben az lehet a magyarázata, hogy a sertésnél nagyobb fehérje tartalmú, brojler tápok esetében a nagyobb mértékű kristályos aminosav kiegészítés egy szint felett már depresszív hatású. A másik magyarázat az lehet, hogy a csökkentett fehérje tartalmú tápokban megváltozó aminosav arányok okán egyes aminosavak hiányával szükséges számolni.

A kristályos aminosavak gyorsabban szívódnak fel a bélcsatornából, valamint hatással lehetnek az állatok takarmányfelvételére és fehérje metabolizmusára. Belloir és munkatársai (2015) egy brojler

táp fehérjetartalmának 30%-át fokozatosan helyettesítették kazeinnel, illetve kristályos aminosavakkal. Az eredményeik alapján a 3,8% feletti kristályos aminosav kiegészítés már depresszívnek bizonyult. Ez azt jelenti, hogy a csökkentett fehérje tartalmú tápokra jellemző 1,5-1,7% kristályos aminosav kiegészítés valószínűleg még nem jelent negatív hatást a termelési eredményekre vonatkozóan.

Azok a kísérletek, amelyekben a kontroll és a csökkentett fehérje tartalmú tápok emészthető lizin tartalma megegyezett, továbbá mindkét tápra jellemző volt, hogy az aminosav arányok megfeleltek az ideális fehérje elvre vonatkozó ajánlásoknak, azt bizonyították, hogy brojler tápok esetében átlagosan 2 % fehérje csökkentés valósítható meg a termelési eredmények romlása nélkül.

Madárfajokban a tollképződéssel jellemzően a kén-tartalmú aminosavak vannak kapcsolatban. A metioninból cisztein képződhet, a cisztein anyagcseréje pedig kapcsolatban áll a szerin és a glicin metabolizmusával (Belloir, 2015). Igény esetén a treoninból szintén keletkezhet glicin. A glicin amiatt kulcsfontosságú aminosav a madárfajok esetében, mert a húgysavszintézishez folyamatosan szükség van rá. A glicin endogén szintézise azonban általában nem elégséges, így más aminosavakból is megkezdődik a glicin szintézise. Ez nyilvánvalóan befolyásolja a takarmánnyal bevitt esszenciális aminosavak (treonin, cisztein) fehérjeszintézisre felhasználható hányadát. Táp szinten emiatt a treonin: lizin arányt legalább 67%-ra célszerű beállítani, de különféle stresszhelyzetekben ennél magasabb treonin szint is indokolt lehet (Lambert és mtsai, 2015).

A madarakban az arginin metabolizmusa is különbözik az emlősökétől. A karbamid ciklus hiánya okán madarakban ez az aminosav endogén úton nem képződik. A prolin emlősökben glutaminsavból, glutaminból és argininből egyaránt képződhet. Madaraknál azonban az arginin nem tekinthető prolin prekursorának.

A baromfinál említett sajátosságok és összefüggések arra világítanak rá, hogy madaraknál a nagyobb mértékű fehérjecsökkentés akadályát feltételezhetően a nem esszenciális aminosavak rendelkezésre állása jelenti. Erre számos kutatás látott napvilágot. Csökkentett fehérje tartalmú tápok etetésekor nagyobb hangsúlyt kell fektetni a glicin kiegészítésre (Rodehutscord és Siegert, 2017).

A Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Georgikon Campusán is folytattak a takarmányok nyersfehérjetartalmának csökkentését vizsgáló kutatásokat. A következőkben ezekből a kísérletekből származó néhány eredményüket mutatnám be.

Brojlercsirkékkel végzett kísérleteikben sikerült igazolni, hogy a tápok fehérjetartalmának csökkentése, ideális aminosav összetétel esetében, akár javíthatja is a termelési eredményeket. A kísérletben egy hagyományos, kukorica, búza, szójadara alapú, átlagos fehérje tartalmú kontroll tápsor mellett kétfajta, 2%-kal kisebb fehérje tartalmú tápot etettünk a hizlalás valamennyi fázisában. A két fehérjecsökkentett táp abban különbözött, hogy az egyikben a fehérjeforrást

döntően az extrahált szójadara jelentette, amíg a másikon nagyobb arányban szerepeltek ipari melléktermékek, extrahált napraforgóra és a DDGS. A tápokát ileálisan emészthető aminosav alapon receptúráztuk a tenyésztő cég (Aviagen, 2014) ajánlásainak megfelelő módon. Az esszenciális aminosavak közül metionin, lizin, treonin, valin, arginin illetve izoleucin kiegészítésre került sor.

A tápok fehérje és kristályos aminosav tartalmának változása nem okozott különbséget a csirkék takarmányfogyasztásában. Az állatok súlygyarapodása ezzel párhuzamosan már az indító szakasz végén szignifikánsan nagyobb volt a csökkentett fehérje tartalmú tápok etetésekor. A hizlalás későbbi szakaszaiban tendenciáját tekintve megmaradt a fehérjecsökkentett tápok előnye, de a különbség már csak a szója alapú kezelésnél volt statisztikailag is igazolható.

A kezelések a takarmányértékesítést leginkább az indító és nevelő fázisban befolyásolták. A súlygyarapodáshoz hasonló módon, a csökkentett fehérje tartalmú tápok szignifikánsan kedvezőbb takarmányértékesítést eredményeztek.

Az irodalmi adatok alapján a madarak nitrogénforgalma és az egyes aminosavak aktuális szintje befolyásolhatja a csirkék testösszetételét is. Ennek részben a májban zajló húgysavsintézis, valamint annak zsírsavsintézisére gyakorolt hatása, az egyes aminosavak speciális metabolikus, endokrin szerepe, részben pedig a húgysavsintézissel összefüggő többlet energia igény lehet a magyarázata. Ebben az esetben a mellhús, a comb és a hasúri zsír arányában figyelhetünk meg eltéréseket.

A két csökkentett fehérje tartalmú táp közül a szója alapú táp etetésekor szignifikánsan nagyobb lett a mellhús, viszont kisebb a comb aránya. A hasúri zsír arányának szignifikáns növekedését az okozhatta, hogy izokalorikus tápokát etettek, ami a csökkentett fehérje tartalmú tápok esetében energia többletet és nagyobb arányú elzsírosodást eredményezett. Eredményeik alapján a fehérjecsökkentéssel párhuzamosan a tápok energia szintjét is arányosan változtatni szükséges.

A baromfi tápok fehérjetartalmának csökkentése komoly potenciált jelent a termelés hatékonyságának javításában, továbbá állatjóléti és környezetvédelmi szempontból egyaránt. A csökkentett fehérje tartalmú tápok összeállítása során azonban nagyobb odafigyelést igényel az aminosav szükségletek minél szélesebb körű biztosítása, figyelembe véve az aminosav arányokat és a nem esszenciális aminosavak mennyiségét is (DUBLECZ és mtsai., 2018).

Számos folyóiratban olvashatunk a kristályos aminosavakkal folytatott kutatással kapcsolatban. Többek között a német tulajdonú Evonik cég is bekapcsolódott ilyen vizsgálatokba, ahol a különböző metionin formákat értékelték. A kereskedelmi forgalomban jelenleg háromféle metionin forma érhető el: DL-metionin, metionin-hidroxi-analóg kalcium sója és a folyékony metionin-hidroxi-analóg. Ebben az időszakban (2015) a cég már dolgozott egy új formán, az L-metioninon.

2014-ben az Evonik cég és a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campusa egy vizsgálat keretében összehasonlította a DL-metionin, az L-metionin és a metionin-hidroxi-analóg kalcium sójának biológiai hatékonyságát.

A kísérlet végén a madarak, a metioninforrás fajtájától függetlenül, szinte minden vizsgált paraméternél szignifikáns teljesítménynövekedést mutattak a kiegészítésre. A vizsgálat bizonyítja a metioninhiány elkerülését a brojler takarmányozásban. A hiány minden teljesítményértéket kedvezőtlenül befolyásol.

Következtetesként elmondhatjuk, hogy a három metioninforrás a legtöbb értéknél nem mutatott szignifikáns eltérést. Az L-metionin és a DL-metionin között nem tapasztaltak szignifikáns eltérést a hasznosulás tekintetében, a metionin-hidroxi-analóg kalcium sója pedig nagyjából ugyanolyan eredményt hozott 65%-os biológiai hatékonysággal kalkulálva. Fontos tudni, hogy milyen hasznosulási aránnyal számolunk, mivel befolyásolja a takarmányreceptúra összetételét (BARNA, 2015).

Az árutermelésben használt baromfitápokat már rutinszerűen kiegészítik metioninforrásokkal annak érdekében, hogy a metionin-cisztein arányok megfeleljenek. A világpiac kétharmadát a DL-metionin, egyharmadát a DL-metionin-hidroxianalóg termékek teszik ki. Az utóbbi főként folyékony, szabadsav formában érhető el. Világszerte a DL-metionin a legnagyobb mennyiségben használt metioninforrás. A gazdaságos beszerzés és a takarmányköltségek optimalizálása szempontjából lényeges tényező a termékek takarmányhoz való hozzáadási aránya.

Az egyidejű dóziszválasz etetési kísérlet módszertanát már több irodalmi összefoglaló is foglalkozott, ám a közelmúltban vitatottá is vált. Ezért kellett egy olyan termékek használni, melynek biológiai hasznosulása már ismert. Ilyen például a keményítővel 65%-os tisztaságúra hígított DL-metionin (65% DLM, 35% keményítő), melynek relatív biológiai hasznosulását a hígítás mértéke alapján 65%-hoz közeleli. Korábban történtek a különböző metioninforrások összehasonlítására vonatkozó kísérletek, de ezek között kevés volt a független, tudományos igényű eredmény, illetve a modern brojler vonalakkal célszerű a korábbi kísérleteket megismételni, nyert adatokra is. Ezért egy holland takarmánykutató intézetben beállítottak egy vizsgálatot, hogy meghatározzák a metionin-hidroxi-analóg DL-metioninhez viszonyított relatív biológiai hasznosulását a leggyakoribb teljesítményparaméterekre, illetve igazolják, hogy a multiexponenciális regressziós analízis alkalmas a relatív biológiai hasznosulás becslésére, ha belső standardként 65%-os hígított DL-metionint használnak.

A kísérlet eredménye azt mutatta, hogy a tápok DL-metionin, metionin-hidroxi-analóg vagy a 65%-os DL-metionin kiegészítése a kontroll csoporthoz képest javította az állatok súlygyarapodását és a vágási kihozatalát.

A kapott értékek megerősítik, hogy az egyidejű dóziszválasz megközelítés megfelelő módszer a táplálóanyag-források relatív biológiai hasznosulásának meghatározására (BARNA, 2018).

3. Anyag és módszer

Kísérletünkben megvizsgáltuk a DL-metionin (DLM), a metionin-hidroxi-analóg (MHA) és a 65%-os metionin szintre hígított DL-metionin (PROXYMet) hatékonyságát kukorica-búza-szója alapú tápsoron, Ross 308-as brojlercsirkékkel.

A PROXYMet egy hígított DLM, amelynek metioninkoncentrációja 65%, lehetővé teszi az egyszerű és termék alapú 1:1 helyettesítést MHA-al bármely takarmánykészítményben, a már említett 65%-os metionin ekvivalenciája szerint.

A vizsgálat fő célja az volt, hogy a termelési paraméterek és a testösszetétel alapján összehasonlítsuk a fent említett különböző metioninforrások hatékonyságát.

3.1 Kísérleti körülmények

Mélyalmos fülkékben végeztük a hizlalást a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus Takarmányozási és Takarmányozás-élettani Tanszékének kísérleti telepén, számítógépes vezérlésű állatházban. A kísérlet 2021. november 2-án kezdődött és 2021. december 13-án ért véget. Összesen 576 darab Ross 308 brojler kakast vásároltunk a Gallus Kft. devecseri keltetőjéből. A csibéket véletlenszerűen osztottuk el a 24 fülke egyikébe, fülkénként 24 egyeddel, 14 madár/m² állománysűrűséggel. Minden kezelést 6 ismétlésben vizsgáltunk. Az állatokat a keltetőben fertőző bronchitisz (CEVAC BRON), Newcastle-betegség (VITAPEST) és gumboró betegség (CEVAC TRANSMUNE) ellen vakcinázták. A világítási programot a tenyésztő cég (Aviagen, 2019) ajánlásai szerint határoztuk meg (1. táblázat). Alomanyagként szalmaszecska-t használtunk.

1. táblázat: A vizsgálat során alkalmazott világítástechnikai program

Nap	Sötét (órák)	Világos (órák)
0	0	24
1-7	1	23
8-11	4	20
12-41	6	18

3.2 Kísérleti tápok

Háromfázisú hizlalást alkalmaztunk, indító (0-10. nap; keverék), nevelő (11-24 nap; pelletált takarmány) és befejező (25-41 nap; pelletált takarmány) tápok etetésével. A kezelések közötti különbség csak a metionin kiegészítés formája és mennyisége volt (2. táblázat).

2. táblázat: Takarmánykezelések

Kezelés kód	metionin kezelések
T1	Kontrol (metionin kiegészítés nélkül)
T2	Kontrol + MHA
T3	Kontrol + DLM
T4	Kontrol + PROXYMet

Az MHA keverék MHA-tartalma 63.6% volt; a PROXYMet 65% DL-metionint tartalmazott.

A kísérleti tápok kukorica, búza és szója alapúak voltak és az Evonik ajánlásai szerint készültek (Evonik 2012). A tápok összetételét és táplálóanyag tartalmát a 3 és 4. táblázat tartalmazza. Az ajánlásoknak megfelelő vitaminokat és nyomelemeket kereskedelmi, fázisspecifikus premixen keresztül biztosították. Összetételüket a függelék tartalmazza.

A kísérleti tápok az egyetem állította elő, az aminosav keverékeket, beleértve a teszttermékeket is, az Evonik gyártotta és szállította.

3. táblázat: Az alaptápok összetétele (g/kg)

Összetevők	Indító	Nevelő	Befejező
Kukorica	428	528	578
Búza	100	100	100
Szójabab liszt, 46%	386	295	249
Napraforgó olaj	38.1	34.4	33.0
MCP	10.8	9.68	8.89
Mészke	16.7	13.5	11.3
Só	2.71	2.68	2.92
Nátrium-hidrogén-karbonát	1.48	1.56	1.24
Premix*	5.00	5.00	5.00
Biolys®	4.44	4.45	4.46
ThreAMINO®	1.24	1.13	1.18
ValAMINO®	1.08	0.92	0.89
L-Izoleucin	0.45	0.63	0.72
L-Arginin	-	-	0.34
Összesen	~ 1000	~ 1000	~ 1000

4. táblázat: Az alaptápok számított táplálóanyagtartalma (%)

Táplálóanyagtartalom (%)	Indító	Nevelő	Befejező
Nyersfehérje	22.59	19.28	17.7
AMEn (MJ/kg)	12.65	13.00	13.2
Ca	1.05	0.90	0.85
av P	0.35	0.32	0.29
Nyersrost	2.29	2.12	2.03
Na	0.16	0.16	0.16
Cl	0.23	0.23	0.23
Lys	1.41	1.18	1.07
Met	0.325	0.288	0.255
M+C	0.685	0.608	0.545
Thr	0.94	0.80	0.74
Trp	0.28	0.23	0.20
Val	1.14	0.97	0.89
Ile	0.98	0.84	0.77
Arg	1.49	1.23	1.13
Gly	0.91	0.77	0.70
Ser	1.08	0.91	0.83
SID Lys	1.29	1.09	0.99
SID Met	0.63	0.54	0.50
SID M+C	0.93	0.81	0.75
SID Thr	0.82	0.70	0.65
SID Trp	0.24	0.20	0.18
SID Val	1.02	0.87	0.80
SID Ile	0.88	0.76	0.70
SID Arg	1.38	1.14	1.05
Gly/Lys ratio	1.19	1.20	1.21

3.3 Mérések

A kísérlet alatt a következőket vizsgáltuk:

- Testtömeg: kezdeti testtömeg a 0. napon (minden madár)
indító fázis végén - 10. nap (minden madár)
nevelő fázis végén - 24. nap (minden madár)
befejező fázis végén - 41. nap (minden madár)
- Elhullás: naponta
- Takarmányfogyasztás: minden fázis végén/minden fülke (0-10 nap, 11-24 nap, 25-41 nap)
- Takarmányhasznosítás: minden fázisra és fülkére kiszámítva (0-10 nap, 11-24 nap, 25-41 nap)
- Egyéb mérés: minden kezelésből 48 csirkét, összesen 192 madarat a 41. és 42. napon vágunk le és ellenőriztünk az alábbi felsorolt paraméterek szerint:

vágási kihozatal %
csontozott mellfilé % (bőr nélkül)
combhús % (bőrrel és csontokkal együtt)
hasűri zsír %

3.4 Az adatok statisztikai elemzése

Minden statisztikai elemzést az SPSS 23.0 Windows szoftvercsomaggal végeztünk, a kísérleti egység a fülke volt. A termelési jellemzők átlagait teljesen véletlenszerű elrendezésben, egytényezős variancia-analízissel (ANOVA) elemeztük. A csoportok közötti szignifikáns különbségeket Tukey HSD teszttel teszteltük. A statisztikai szignifikanciát $p \leq 0,05$ -nél deklaráltuk. Az indító és a nevelő időszak után, a 11. és 25. napon kizártuk az extrém alacsony vagy magas testtömegű madarakat. Az alsó (Q1) vagy a felső (Q3) kvartilistól 1,5-nél nagyobb interkvartilis tartományban (IQT) lévő adatértékeket kiugró értékeknek tekintjük.

4. Eredmények

4.1 A kísérleti tápok mért táplálóanyagtartalma

Az egyes tápok és a vizsgált összetevők mért tápanyag-tartalmát az 5-8. táblázatok mutatják. Az indító táp nyersfehérje-tartalma valamivel magasabb volt, mint a számított. A T1 és T2 kezelések MET-tartalma azonos volt, mivel a T2 kezelés MHA-FA kiegészítést tartalmazott. A T3 és T4 kezelések MET-tartalma hasonló volt, sorrendben 0,553% és 0,543%. Ugyanez a tendencia figyelhető meg a nevelői és befejező tápok MET-tartalmában is. A befejező tápok fehérjetartalma valamivel magasabb volt a vártnál, és a befejező takarmányok esetében volt némi különbség a T1-T2 és a T3-T4 kezelések MET-tartalma között. A T2 és T4 kezelések MET-tartalma kissé alacsonyabb volt.

5. táblázat: Az indító tápok mért tápanyagtartalma (%)

	T1	T2	T3	T4
Nyersfehérje	23.19	23.29	23.65	23.29
Ca	1.08	1.05	1.04	1.09
Összes P	0.60	0.61	0.63	0.63
Nyersrost	3.21	2.85	2.84	2.78
Nyerszsír	5.42	5.76	7.04	6.92
N-mentes kivonható anyagok	52.65	52.37	50.97	51.33
Keményítő	38.04	38.17	38.45	38.93
Lys	1.481	1.429	1.539	1.478
Met	0.315	0.317	0.553	0.543
MHA-FA	-	0.373	-	-
Cys	0.350	0.347	0.359	0.352
M+C	0.665	0.906	0.912	0.895
Thr	0.997	0.994	1.008	0.982
Ile	1.011	0.988	1.032	1.007
Arg	1.501	1.486	1.538	1.511
Gly	0.937	0.934	0.956	0.938
Ser	1.115	1.122	1.145	1.127

6. táblázat: A nevelő tápok mért tápanyagtartalma (%)

	T1	T2	T3	T4
Nyersfehérje	19.69	20.26	20.4	19.5
Ca	0.98	0.95	0.97	0.94
Összes P	0.57	0.54	0.60	0.54
Nyersrost	2.60	2.60	2.87	2.83
Nyerszsír	5.67	5.54	4.93	5.27
N-mentes kivonható anyagok	56.16	57.44	57.17	56.67
Keményítő	42.76	42.08	42.64	43.06
Lys	1.205	1.305	1.265	1.237
Met	0.279	0.288	0.476	0.455
MHA-FA	-	0.295	-	-
Cys	0.307	0.315	0.311	0.307
M+C	0.586	0.795	0.787	0.762
Thr	0.827	0.847	0.849	0.814
Ile	0.860	0.886	0.886	0.842
Arg	1.244	1.295	1.271	1.229
Gly	0.798	0.818	0.803	0.787
Ser	0.956	0.989	0.964	0.941

7. táblázat: A befejező tápok mért tápanyagtartalma (%)

	T1	T2	T3	T4
Nyersfehérje	18.29	18.36	18.45	18.55
Ca	0.87	0.89	0.91	0.90
Összes P	0.55	0.55	0.56	0.61
Nyersrost	2.88	2.94	2.99	3.99
Nyerszsír	5.44	4.50	5.05	5.08
N-mentes kivonható anyagok	59.23	59.23	58.33	57.10
Keményítő	45.17	44.22	44.72	43.35
Lys	1.132	1.128	1.168	1.170
Met	0.338	0.258	0.439	0.386
MHA-FA	-	0.268	-	-
Cys	0.295	0.289	0.298	0.302
M+C	0.633	0.721	0.737	0.688
Thr	0.772	0.773	0.787	0.787
Ile	0.783	0.805	0.816	0.788
Arg	1.151	1.164	1.184	1.171
Gly	0.722	0.731	0.743	0.744
Ser	0.871	0.878	0.889	0.908

8. táblázat: A mért metionin kiegészítések (g/kg)

	T2	T2	T3	T3	T4	T4
	kiszámított	mért	kiszámított	mért	kiszámított	mért
	Indító					
MHA-FA	3.8	3.73				
MetAMINO® DL-MET			2.48	2.43		
PROXYMet™ DL-MET					2.48	2.50
	Nevelő					
MHA-FA	3.2	2.95				
MetAMINO® DL-MET			2.08	2.04		
PROXYMet™ DL-MET					2.08	1.86
	Befejező					
MHA-FA	2.90	2.68				
MetAMINO® DL-MET			1.88	1.80		
PROXYMet™ DL-MET					1.88	1.10

4.2 Termelési jellemzők

4.2.1 Élő súly

Amint az a 9. táblázatban látható, a naposcsibék kezdeti testtömege hasonló volt, szignifikáns különbségek nélkül. Ahogy az várható volt, a metioninhiányos csoport élő súlya már az indító fázis végén szignifikánsan alacsonyabb volt, és a különbség a hizlalás teljes időtartama alatt megmaradt. A másik három kezelés közül a T3 kezelés élő súlya volt a legmagasabb, de ez a különbség nem volt szignifikáns. A madarak élő súlya a 10. és 24. napon valamivel elmaradt a tenyésztő cég teljesítménycéljaitól (Aviagen, 2019), de a 41 napos súly már megfelelt a teljesítménycélokknak.

9. táblázat: A madarak testtömege a kísérlet kezdetén és a hizlalási fázisok végén (g)

Takarmány	0. nap		10. nap	
	Mean	SEM	Mean	SEM
T1	45.8	0.10	231.5 ^b	2.54
T2	45.7	0.15	266.8 ^a	5.98
T3	45.9	0.27	278.6 ^a	8.26
T4	45.9	0.11	270.2 ^a	8.31
<i>F-test</i>	<i>NS (P > 0.05)</i>		<i>(P < 0.001)</i>	
Takarmány	24. nap		42. nap	
	Mean	SEM	Mean	SEM
T1	819 ^b	16.1	2141 ^b	20.7
T2	1123 ^a	12.0	3026 ^a	32.4
T3	1155 ^a	18.1	3138 ^a	47.3
T4	1106 ^a	32.6	3036 ^a	49.4
<i>F-test</i>	<i>(P < 0.001)</i>		<i>(P < 0.001)</i>	

4.2.2 Súlygyarapodás

Hasonlóképpen a testtömeg adatokhoz, a T1 csoport súlygyarapodása szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a másik három kezelés eredménye, és nem találtak szignifikáns különbséget a T2, T3 és T4 kezelések között. Ez igaz volt az induló, a nevelői, befejező szakaszra, valamint a teljes termelési időszakra (10. táblázat).

10. táblázat: A takarmány kezelések hatása a madarak testtömeg-gyarapodására (g)

Takarmány	indító		nevelő	
	Mean	SEM	Mean	SEM
T1	185.6 ^b	2.52	587 ^b	15.14
T2	221.1 ^a	5.88	857 ^a	9.99
T3	232.7 ^a	8.14	876 ^a	11.53
T4	224.3 ^a	8.24	836 ^a	25.73
<i>F-test</i>	(<i>P</i> < 0.001)		(<i>P</i> < 0.001)	
Takarmány	befejező		kumulatív	
	Mean	SEM	Mean	SEM
T1	1321 ^b	12.27	2095 ^b	20.6
T2	1902 ^a	22.51	2980 ^a	32.4
T3	1982 ^a	33.15	3092 ^a	47.1
T4	1929 ^a	34.38	2990 ^a	49.3
<i>F-test</i>	(<i>P</i> < 0.001)		(<i>P</i> < 0.001)	

4.2.3 Takarmányfelvétel

A metioninhány jelentős hatással volt az állatok takarmányfelvételére (11. táblázat). A T1 csoportban kezelt állatok kevesebb takarmányt fogyasztottak. A nevelői fázisban a T4-es kezelésnél a csirkék szignifikánsan több takarmányt fogyasztottak, mint a másik két metioninnal kiegészített kezelés (T2, T3). A kumulatív eredmények szerint a T3-as és T4-es kezelésű madarak takarmányfelvétele volt a legmagasabb. A T3 átlaga jelentősen meghaladta a T2-ét.

11. táblázat: A takarmánykezelések hatása a madarak takarmányfelvételére (g)

Takarmány	indító		nevelő	
	Mean	SEM	Mean	SEM
T1	243 ^b	4.13	1025 ^a	16.0
T2	257 ^a	4.77	1263 ^b	7.7
T3	261 ^a	4.94	1372 ^b	28.7
T4	266 ^a	3.85	1308 ^c	19.8
<i>F-test</i>	(<i>P</i> < 0.010)		(<i>P</i> < 0.001)	
Takarmány	befejező		kumulatív	
	Mean	SEM	Mean	SEM
T1	2567 ^b	73.0	3836 ^c	88.2
T2	3035 ^a	23.2	4555 ^b	27.3
T3	3129 ^a	41.9	4763 ^a	69.6
T4	3026 ^a	14.6	4601 ^{ab}	28.2
<i>F-test</i>	(<i>P</i> < 0.001)		(<i>P</i> < 0.001)	

4.2.4 Takarmányértékesítés

Ahogy az várható volt, a jobb súlygyarapodási adatok miatt az FCR kedvezőbb volt a MET-kiegészítővel ellátott takarmányokban is, a T2, T3 és T4-kezelések közötti különbség nélkül (12.

táblázat). A MET által kiegészített kezelések kumulatív FCR-je összhangban volt a Ross 308 csirkék teljesítménycéljaival.

12. táblázat: A kezelések hatása a csirkék takarmányértékesítésére (g/g)

Takarmány	indító		nevelő	
	Mean	SEM	Mean	SEM
T1	1.31 ^a	0.02	1.74 ^a	0.040
T2	1.16 ^b	0.03	1.47 ^b	0.009
T3	1.12 ^b	0.02	1.56 ^b	0.026
T4	1.19 ^{ab}	0.04	1.57 ^b	0.051
<i>F-test</i>	(<i>P</i> < 0.010)		(<i>P</i> < 0.001)	
Takarmány	befejező		kumulatív	
	Mean	SEM	Mean	SEM
T1	1.94 ^a	0.063	1.83 ^a	0.037
T2	1.59 ^b	0.022	1.52 ^b	0.016
T3	1.57 ^b	0.020	1.54 ^b	0.020
T4	1.57 ^b	0.025	1.54 ^b	0.026
<i>F-test</i>	(<i>P</i> < 0.001)		(<i>P</i> < 0.001)	

4.3 Testösszetétel

Mind a vágási kihozatal, mind a mellfilé százalékos aránya kedvezőbb volt a DL-MET-tel kiegészített tápok esetében (13. táblázat). A MET-hiányos csoportban a relatív mellhús-csökkenése 6% körül alakult, ami figyelemre méltó. Ez azt jelenti, hogy az állatok MET-kínálata nemcsak a súlygyarapodást befolyásolja, hanem az értékes húsrészek arányát is. A comb arányát csak kismértékben befolyásolták a kezelések. Nem találtunk különbséget a relatív hasúri zsír arányában sem.

13. táblázat: A kezelések hatása a testösszetételre (%)

Takarmány	Vágási kihozatal (%)		Mellfilé (%)	
	Mean	SEM	Mean	SEM
T1	72.31 ^b	0.74	14.41 ^b	0.24
T2	76.41 ^a	0.81	21.73 ^a	0.34
T3	77.29 ^a	0.68	22.11 ^a	0.37
T4	77.73 ^a	0.48	22.16 ^a	0.30
<i>F-test</i>	(<i>P</i> < 0.001)		(<i>P</i> < 0.001)	
Takarmány	Comb (%)		Hasúri zsír (%)	
	Mean	SEM	Mean	SEM
T1	21.72 ^a	0.24	1.36	0.073
T2	20.65 ^{ab}	0.24	1.40	0.128
T3	20.79 ^{ab}	0.21	1.21	0.072
T4	20.33 ^b	0.47	1.30	0.073
<i>F-test</i>	(<i>P</i> = 0.015)		NS (<i>P</i> > 0.05)	

4.4 Elhullás, kiugró értékek

A legtöbb elhullás az indító és a befejező fázisban történt (1,56%), és csak öt madár pusztult el a nevelői időszakban (0,87%). A halálozás a T1 és T3 csoportban volt a legmagasabb (2,8%), a T4 csoportban pedig a legalacsonyabb. Az összesített halálozási eredmények alacsonyak voltak, és nem bizonyítható, hogy a kezeléseknek bármilyen hatása lett volna (14. táblázat).

14. táblázat: Elhullás (madarak száma)

	Kezelések				Összesen
	T1	T2	T3	T4	
Indító	2	3	2	2	9
Nevelő	1	0	3	1	5
Befejező	3	3	1	2	9
Összesen	4	3	4	3	14
Összesen (%)	2.8	2.08	2.8	0.08	2.43

Az indító és a befejező fázis után az extrém alacsony vagy magas testtömegű madarakat kivettük (15. táblázat). A döntést az előzőekben leírt statisztikai értékelés alapján hoztuk meg. Az indító szakasz végén 5, míg a nevelői fázis után 9 csirkét távolítottunk el. Ezt a paramétert nem befolyásolták a kezelések.

15. táblázat: A kísérletből kizárt csirkék száma

Kiugró értékek	Kezelések				Összesen
	T1	T2	T3	T4	
10. nap	0	0	4	1	5
24. nap	2	3	2	2	9
Összesen	2	3	6	3	14
Összesen (%)	1.38	2.08	4.16	2.08	2.43

4.5 Európai hatékonysági tényező

Az európai hatékonysági tényezőt (EEF) világszerte használják a termelés hatékonyságának összehasonlítására. Ez a komplex paraméter magában foglalja a hizlalási végtömeget (kg/madár), az életképességet (100-mortalitás), a takarmányértékesítést (kg/kg) és a termelés hosszát (nap). Ezt a paramétert összehasonlítva az összes MET-tel kiegészített takarmány magas EEF-et eredményezett. A MET-hiány azonban mintegy 200-zal csökkentette a hatékonysági tényezőt (16. táblázat).

16. táblázat: Európai hatékonysági tényező (EEF)

Takarmány	EEF
T1	267
T2	460
T3	466
T4	455

5. Következtetések

Ebben a vizsgálatban a metioninnal kiegészített tápokon nevelt csirkék teljesítményparaméterei megfeleltek vagy meghaladták a standardokat. A MET-hiány azonban szinte minden vizsgált paraméterre jelentős hatással volt. Az alacsonyabb MET-ellátással rendelkező madarak végső testtömege és kumulatív súlygyarapodása körülbelül 30%-kal kevesebb volt. A MET-hiány körülbelül 17%-kal csökkentette a csirkék takarmányfelvételét és 35%-kal a relatív mellfilé arányát. A relatív combsúlyt és hasúri zsírt nem befolyásolta a MET-hiány. Ebben a vizsgálatban nem találtunk szignifikáns különbséget a három metioninforrás között. Tendenciájában a DL-metioninnal kiegészített tápok eredményei voltak a legjobbak, de a különbségek nem voltak szignifikánsak. Az egyetlen szignifikáns különbség a MET-források között az volt, hogy az MHA-FA csoport kumulatív takarmányfelvétele szignifikánsan alacsonyabb volt a DL-metioninhoz képest.

Összefoglalva, az eredmények bizonyítják a metonin jelentőségét a brojlertermelésben. A metionin hiányos kontroll tápok kiegészítése 100 egység metionin-hidroxi-analóggal vagy 65 rész DL-metioninnal, (DLM) akár MetAMINO^R, akár PROXYMet formában, jelentősen növelte a takarmányfelvételt, és javította a súlygyarapodást és a takarmányértékesítést a 41 napos hizlalás során. A 100 rész MHA cseréje 65 rész DLM-re hasonló élő teljesítményt és testösszetételt eredményezett.

6. Összefoglalás

Az aminosavak a fehérjék építőkövei, amelyek elengedhetetlen szerepet töltenek be gazdasági állataink életében, főként a baromfik életében. Az aminosavakat két csoportra tudjuk osztani: esszenciális és nem esszenciális aminosavakra. Az esszenciális aminosavakat a szervezet nem tudja előállítani magának, vagy csak nagyon lassan, ezért gondoskodnunk kell a megfelelő kiegészítésről. A baromfik limitáló aminosava a metionin, melynek D-és L-optikai formája is hasznosul. Mivel a hazai takarmány bázisunk fehérjében szegény, ezért az aminosav-kiegészítők jelenthetnek megoldást a legjobb termelés eléréséhez. A rendelkezésre álló metioninforrások biológiai hasznosulása igen eltérő, illetve az állattartók sem biztosak még a helyes használatukban. Néhány kutatás elérhető a MET-források biológiai hatékonyságáról, viszont további kísérletekre van szükség a biológiai hatékonyság értékeléséhez. Ezért is jött létre ez a tanulmány, hogy megvizsgáljuk a DLM, az MHA-FA és a PROXYMetTM összehasonlító hatásait egy kukorica-búza-szója alapú takarmánnyal a Ross 308-as brojlerok növekedésére és testösszetételére. A kísérletben a madarakat véletlenszerűen osztották be a 24 fülke egyikébe, fülkénként 24 madár (14/madár/m²) állománysűrűséggel. Minden kezelést 6 alkalommal ismételtünk meg. Háromfázisú hizlalást alkalmaztunk: indító (0-10 nap, keverék), nevelő (11-24 nap, pelletált takarmány), befejező (25-41 nap, pelletált takarmány). A kezelések közötti különbség csak a metionin kiegészítő formájában és mennyiségében nyilvánult meg. A kísérleti tápok az Evonik ajánlásai szerint készültek. A kísérlet alatt vizsgáltuk az egyes fázisok során az állatok súlygyarapodását, takarmányfelvételét és fajlagos takarmányértékesítését. A kísérlet végén meghatároztuk az állatok testösszetételét. A vizsgálat ideje alatt a metionin hiányos kezelés (T1) vizsgálati paraméterei szignifikánsan kisebbek voltak, mint a másik három kezelés értékei. A negatív kontroll csoport állatainak végső testtömege és kumulatív súlygyarapodása körülbelül 30%-kal volt kevesebb. A MET-hiány körülbelül 17%-kal csökkentette a csirkék takarmányfelvételét, a relatív mellfilé arányát pedig 35%-kal. A relatív comb súlyt és a hasúri zsírt nem befolyásolta. A három metioninforrás között nem találtak szignifikáns különbséget. A tendenciát tekintve a DL-metioninnal kiegészített tápok eredményei voltak a legjobbak, de a különbségek nem voltak jelentősek. Az egyetlen jelentős különbség az volt, hogy az MHA-FA csoport kumulatív takarmányfelvétele szignifikánsan alacsonyabb volt a DL-metioninhoz képest.

Köszönetnyilvánítás

Elsősorban köszönettel tartozom belső konzulensemnek, Dr. Dublecz Károlynak a segítségéért, hasznos tanácsaiért, amivel ez a tanulmány létrejöhett. Hálával tartozom a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem Takarmányozástani és Takarmányozás-élettani Tanszék kollégáinak, akik a kísérletben részt vettek és odaadó munkájukkal járultak hozzá ehhez a munkához. Köszönettel tartozom a férjemnek, aki minden alkalommal támogatott és hitt bennem. Köszönettel tartozom a családomnak, barátaimnak, szaktársaimnak, aki különféle módon járultak hozzá a dolgozat elkészüléséhez.

7. Szakirodalmi jegyzék

AVIAGEN (2014): Nutrition Specification for Ross 308 Broilers.

BALOGH A. P. (2003): Aminosavak jelentősége a baromfi-takarmányozásban. Agronapló szakfolyóirat, 3. havi.

BARNA A. (2015): Különböző metioninforrások értékelése. Baromfiágazat, 15. évfolyam: 28-32.

BARNA A. (2018): Metioninforrások biológiai hasznosulása. Baromfiágazat, 18. évfolyam: 45-49.

BELLOIR P.-LESSIRE M.-VAN MILGEN J.-SCHMIDLEY P.-CERRENT E.-TESSERAUD S. (2015a): Reducing dietary crude protein of broiler: a met-analysis approach, 11èmes Journées de la Recherche Avicoles et Palmipèdes a Foie Gras, Tours, France, 2015. 03. 25-26. 1-6.

BELLOIR P.-LESSIRE M.-BERRI C.-LAMBERT W.-CORRENT E.-TESSERAUD S (2015b): Revisiting amino acid nutrition. In the proceedings of the 20th European Symposium on poultry Nutrition. 24-27 August. Prague, 27-34.

BÖÖ I. (2000): A pecsenye-csirke. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 8-12, 18-21, 21-23.

CONDE-AGUILRA J. A.-COBO-ORTEGA C.-TESSERAUD S.-LESSIRE M.-MERCIER Y.-VAN MILGEN J. (2013): Changes in body composition in broilers by sulphur amino acid deficiency during growth. Poult Sci, 92. 1266-1275.

D'ANIELLO A.-D'ONOFIO G.-PISCHE'TOLA M.-D'ANIELLO G.-VETÈRE A.-PETRUCCELLI L.-FISHER G. H. (1993): Biological role of D-amino acid oxidase and D-aspartate oxidase. Effects of D-amino acids. Journal of Biological Chemistry, 268(36), 26941-26949.

DUBLECZ K.-KOLTAY I.-SUCH N.-DUBLECZ F.-HUSVÉTH F.-WÁGNER L.-PÉTERNÉ F. E.-MÁRTON A.-FARKAS V.-PÁL L. (2018): Lehetőségek a takarmányok nyersfehérje tartalmának csökkentésére monogasztrikus állatokban. Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft, Budapest. pp. 273-286.

DUBLECZ K.-SZŰTS G.-VINCZE L.-WÁGNER L. (1999): A baromfitakarmányok energia és fehérje értékelése. Keszthelyi Akadémia Alapítvány, Keszthely. pp. 4-5, 99-106, 109.

JOINT RESEARCH CENTRE OF THE EUROPEAN COMMISSION (2015): Best available techniques (BAT) reference document for the intensive rearing of poultry and pigs.

LAMBERT W.-SIMONGIOVANNI A.-TESSERAUD S.-CORRENT E. (2015): Threonine requirement of broiler chickens: integrated prediction by meta-analysis. In 20th European Symposium on Poultry Nutrition, Prague (CZE) 2015/08/25-27, Abstract.

MERCIER Y.-BERRI C.-BAÉZA E.-BORDEAU T.-CHARTRIN P.-ERCERAND F.-GERAERT P. A. (2009): Improvement of muscle oxidative stability and processing yield in relation with dietary methionine sources. Poultry Science Association 98th Annual meeting. Raleigh, North Carolina (USA) 2009/07/20-23. Abstract 117.

MUZSEK A. (2001): Brojlercsirke takarmányozása. Agronapló szakfolyóirat, 7. havi.

PÉCS M. (2017): Biotermék technológia. Kézirat. Műszaki Egyetem, Budapest. p. 1-6.
http://pc.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/abet/Biotermek_technologia/MSc_Biotermek_2/02%20Aminosavak%20-%20Treonin/03_aminosavak_szoveg.pdf

RODENHUTSCORD M.-SIEGERT W. (2017): Optimizing protein and amino acid nutrition for poultry. 16 BOKU-symposium Tierernahrung 2017.04.27. Vienna.

SHEN Y. B.-FERKET P.-PARK I.-MALHEIROS R. D.-KIM S. W. (2015): Effects of feed grade L-methionine on intestinal redox status, intestinal development, and growth performance of young chickens compared with conventional DL-methionine. Journal of animal Science, 93(6), 2977-2986.

INTERNET1:https://www-allaboutfeed-net.translate.google.com/animal-feed/feed-additives/physiological-functions-of-methionine-in-poultry/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=hu&x_tr_hl=hu&x_tr_pto=sc (2018. 01. 08)

INTERNET2:https://www-thepoultrysite-com.translate.google.com/articles/comparison-of-lmethionine-dlmethionine-and-methionine-hydroxy-analogue-in-a-high-ambient-temperature-environment?x_tr_sl=en&x_tr_tl=hu&x_tr_hl=hu&x_tr_pto=sc (2017.01.24)

INTERNET3:https://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-BroilerHandbook2018-EN.pdf (2018)

8. Melléklet

- Premix összetétel

		Indító	Nevelő	Befejező
		0.5%	0.5%	0.5%
Paraméter		Koncentráció		
Száranyanyag	%	95.87	96.20	95.35
Ca	%	14.96	17.43	30.44
Zn	mg	24,000	24,000	19,200
Cu	mg	4,000	4,000	1,920
Fe	mg	15,000	15,000	5,800
Mn	mg	24,800	24,800	5,800
I	mg	270	270	240
Se	mg	54	54	70
A-vitamin	NE	2,600,000	2,000,000	2,000,000
D3-vitamin	NE	1,000,000	1,000,000	800,000
E-vitamin	mg	16,000	13,000	11,000
K3-vitamin	mg	490	490	540
B1-vitamin	mg	900	900	380
B2-vitamin	mg	2,100	2,100	1,025
B6-vitamin	mg	1,500	1,500	640.00
B12-vitamin	mg	16	16	3.80
Niacin (PP)	mg	8,300	8,300	5,720
Pantoténsav	mg	3,000	3,000	2,000
Folsav	mg	264	264	264
Biotin	mg	30	30	28
Betain	mg	134,400	134,400	38,600
Monensin-Na	mg	0	22,000	0
Narasin	mg	9,000	0	0
Nikarbazin	mg	9,000	0	0
Antioxidáns	mg	13	10	10

- A három fázis bemutatása képekben (saját kép)



- Kísérleti istálló és berendezése (saját kép)



- A kísérletből kizárt, kelésgyenge egyed (saját kép)



NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Borsodiné Csonka Anna Zsófia
A Hallgató Neptun kódja: F40NB2
A dolgozat címe: Különböző metioninforrások hatékonyságának összehasonlítása
brojlercsirkékkel
A megjelenés éve: 2023.
A konzulens tanszék neve: Takarmányozástani és Takarmányozás-élettani Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

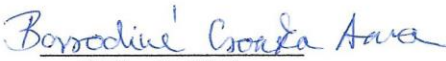
Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: Vasszécseny, 2023. 04. 23.


Hallgató aláírása