

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM  
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR  
ÁLLATTUDOMÁNYI TANSZÉK

ROVARFEHÉRJE TARTALMÚ TAKARMÁNY ETETÉSÉNEK VIZSGÁLATA A  
BROJLERCSIRKÉK HIZLALÁSI TELJESÍTMÉNYÉRE

TDK dolgozat

Készítette:

HERMÁN ZSOLT

Konzulens:

DR. ZSÉDELY ESZTER

egyetemi docens

PhD

Mosonmagyaróvár

2021

## Tartalomjegyzék

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Bevezetés</b>                                                  | <b>2</b>  |
| <b>2. Célkitűzés</b>                                                 | <b>3</b>  |
| <b>3. Irodalmi áttekintés</b>                                        | <b>4</b>  |
| 3.1. A brojlerhús előállítás jelentősége a világon                   | 4         |
| 3.2. A brojlercsirkék takarmányozása                                 | 6         |
| 3.2.1. A baromfifajok takarmányainak energia értékelése              | 7         |
| 3.2.2. A tyúk fehérje emésztésének értékelése                        | 8         |
| 3.3. Egyes rovarokban rejlő lehetőségek                              | 9         |
| 3.4. Egyes rovarok táplálóanyag értéke                               | 11        |
| 3.4.1. A rovarok fehérje és aminosav tartalma                        | 11        |
| 3.4.2. Zsírok a rovarokban                                           | 13        |
| 3.4.3. Szénhidrátok a rovarokban                                     | 14        |
| 3.4.4. Rost és kitin                                                 | 14        |
| 3.4.5. Ásványi anyagok és vitaminok a rovarokban                     | 15        |
| 3.4.6. Antinutritív anyagok a rovarokban                             | 15        |
| 3.4.7. A rovar takarmányok lehetséges veszélyei                      | 16        |
| 3.5. A rovarok takarmányként való felhasználásának jogi vonatkozásai | 17        |
| 3.6. Rovar tartalmú takarmány etetésének hatása a csirkék termékeire | 19        |
| <b>4. Anyagok és módszerek</b>                                       | <b>20</b> |
| 4.1. A kísérleti állatok elhelyezése és a takarmányozási kezelések   | 20        |
| 4.2. Kémiai vizsgálat módszerei                                      | 25        |
| 4.3. Biometria elemzés                                               | 26        |
| <b>5. Eredmények és értékelésük</b>                                  | <b>27</b> |
| 5.1. Átlagsúlyok alakulása                                           | 27        |
| 5.2. Súlygyarapodás alakulása a kísérletben                          | 28        |
| 5.3. Takarmányfogyasztás a kísérletben                               | 29        |
| 5.4. Takarmány-, energia- és fehérje-hasznosítás                     | 30        |
| <b>6. Összefoglalás</b>                                              | <b>33</b> |
| <b>7. Felhasznált irodalmak jegyzéke</b>                             | <b>34</b> |
| <b>8. Köszönetnyilvánítás</b>                                        | <b>39</b> |

## 1. Bevezetés

A mezőgazdaságban gyakran azonosítjuk a rovarokat problémákkal (kivételt képeznek ez alól természetesen a beporzó rovar fajok): hiszen károsítják kultúrnövényeinket, számos betegség terjesztésében vesznek részt, illetve gazdasági állataink ektoparazitái. Az utóbbi években mégis felértékelődött a rovarok szerepe, mint alternatív humán élelmiszer, illetve takarmányforrás. Az Egyesült Nemzetek Szervezete (United Nations) szerint a világ populációja 2050-re elérheti a 9,7 milliárd főt (*United Nations*, 2019). A hatalmas mennyiségű háztartási élelmiszerhulladék ellenére, amely az Európai Unióban kb. 76 kg/fő/év-re tehető (*Szabó-Bódi*, 2018), a rohamosan növekvő népesség számára megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszert kell előállítani az agráriumnak, az egyre csökkenő termőterületek mellett. Az egyre közelebbi fehérje krízis miatt kerültek előtérbe az utóbbi években a rovarok, mint lehetséges fehérjeforrás a takarmányozásban.

Egyes rovarfajok képesek a legkülönbözőbb anyagokból (növényi eredetű anyagok, élelmiszer hulladékok, trágya, szerves melléktermékek stb.) értékes fehérjét illetve zsírt előállítani. Más esetben melléktermék a rovarfehérje (pl. a selyemhernyó (*Bombyx mori*) bábja melléktermékként keletkezik a selyem előállítás során), mely szintén alkalmas baromfifajok takarmányozására (*van Huis és mtsai*, 2013).

A rovarok jó alternatívát jelenthetnek egyes takarmánykomponensek kiváltására. Előnyük, hogy nagy mennyiségben, viszonylag rövid idő alatt előállíthatók, jól beilleszthetők bizonyos gazdasági állatok takarmányaiba (*van Huis és mtsai*, 2013). Egyik ilyen részben, vagy akár egészben kiváltható anyag lehet a szója, illetve más fehérjehordozók (halliszt) (*Heuel és mtsai*, 2021).

A dolgozat készültekor bizonyos rovarfajok, meghatározott formában és meghatározott előállítási körülmények között már alkalmazhatók voltak takarmányforrásként egyes gazdasági állatok számára az Európai Unióban, adott jogszabályi körülmények mellett, amelyet 3.5 pont részletez.

## **2. Célkitűzés**

Az elvégzett kísérletünk során arra voltunk kíváncsiak, hogy a különböző növekedési szakaszokban hogyan hat a rovarlisztet tartalmazó takarmány a csirkék teljesítményére (pl. testsúly, súlygyarapodás, takarmányhasznosítás).

Bízom abban, hogy a jövőben a rovarokra fenntartható, és biztonságos takarmányforrásként tudunk majd tekinteni.

### 3. Irodalmi áttekintés

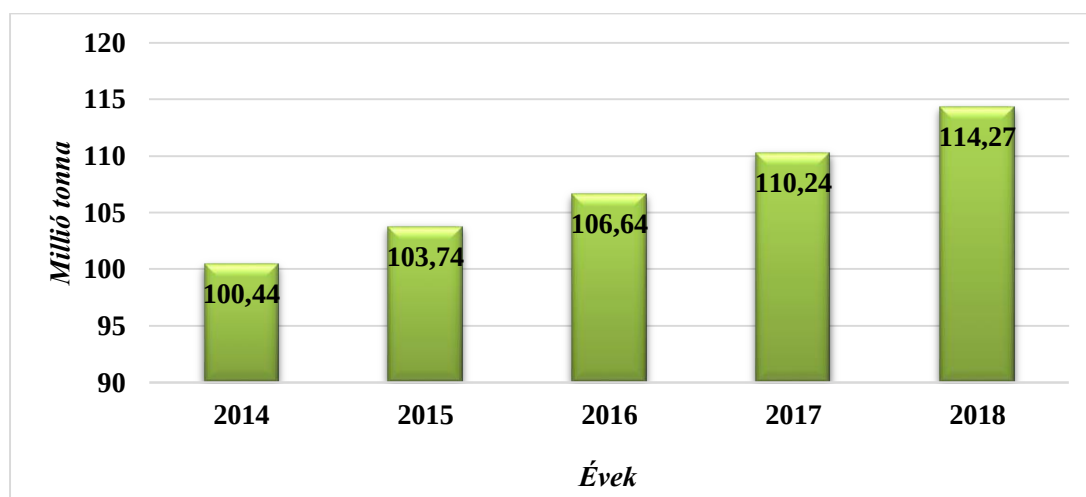
Brojlercsirkének kizárólag a húrukért tartott és tenyésztett tyúkokat nevezzük, melyek modern ipari körülmények között állíthatók elő (*URL*<sup>1</sup>).

A brojleripar az Egyesült Államokban alakult ki, az 1930-as években. A gyors ütemben fejlődő iparág az 1960-as évektől már elterjedt volt, minden földrészen és számos országban kialakultak azok a faktorok (pl. takarmánytermesztés fejlődése, biológiai alapok, állategészségügyi háttér), amelyek ma már a legjobban megszervezett állattenyésztési ágazattá teszik (*Bogenfürst és mtsai, 2011*).

#### 3.1. A brojlerhús előállítás jelentősége a világon

A világ hústermelése 2018-ra elérte a 342 millió tonnát, ami 2000-es évhez képest 109 millió tonnával (47 %) több termelést jelent. Az összes megtermelt húsnak 35 %-át adta a sertés-, 33 %-át a csirke-, 20 %-át pedig a marhahús tette ki. A 2000 – 2018-as időszak alatt a csirkehús termelés növekedett a legjobban – 59 millió tonnáról, 114 millió tonnára. A világ csirkehús termelésének több mint 90 %-át Ázsia (40 millió tonna), Amerika (48,3 millió tonna) és Európa (18,6 millió tonna) adja (*URL*<sup>2</sup>).

Az 1. ábra a világ csirkehús termelését mutatja. A 2014 – 2018-as évek között viszonylag egyenletes, lineáris növekedést mutat a világ csirkehús termelése.

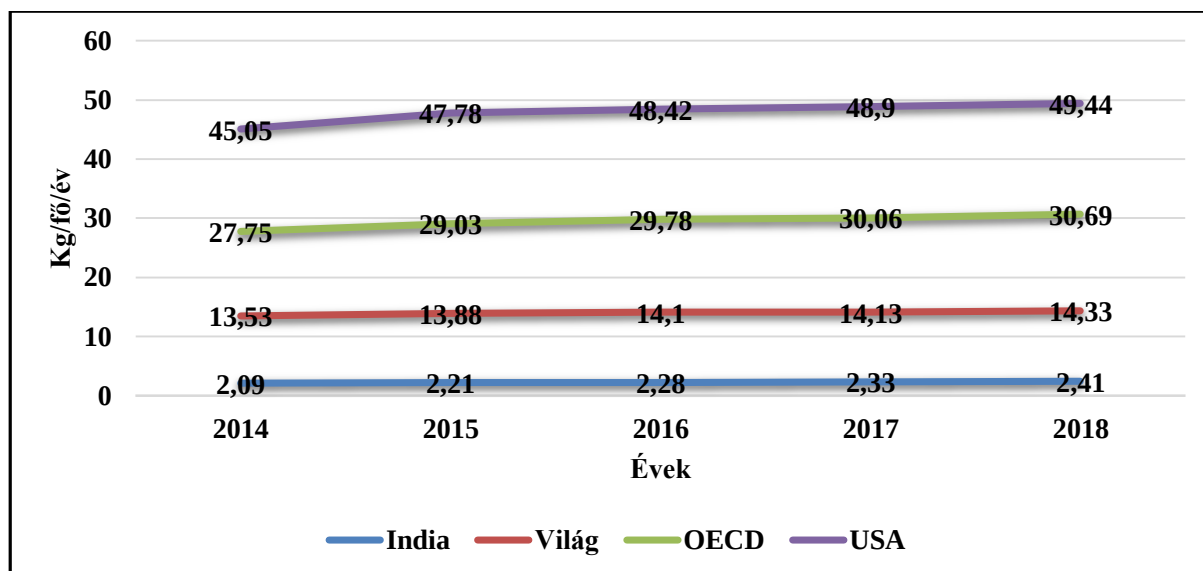


1. ábra: A világ csirkehús termelése (Forrás: *URL*<sup>2</sup>)

A 2. ábra baromfihús fogyasztással kapcsolatos adatokat szemléltet. Ezen látható, hogy az USA-ban 2014-ben 45 kg/fő/év, 2018-ban pedig 49,3 kg/fő/év volt a baromfihús fogyasztás. Az OECD (Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet) országaiban 2014-ben 27,7

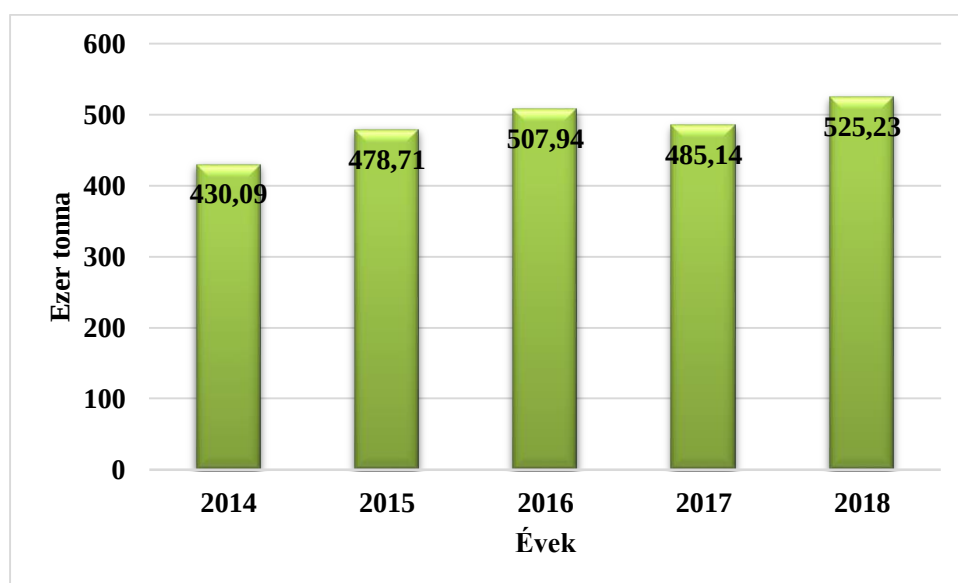
kg/fő/év volt a fogyasztás, ami 2018-ra 30,7 kg/fő/év-re növekedett. Még Indiában is, ahol 2018-ban ugyan még nem érte el a 2,5 kg-ot az egy főre eső csirkehús fogyasztás, de 4 év alatt 15%-os növekedés figyelhető meg.

A világ átlagos baromfihús fogyasztása tehát összességében növekvő tendenciát mutat, ugyanis 2014–2018 közötti időszakban 13,5 kg-ról 14,3 kg-ra növekedett az egy főre vetített éves baromfihús fogyasztás (OECD, 2021).



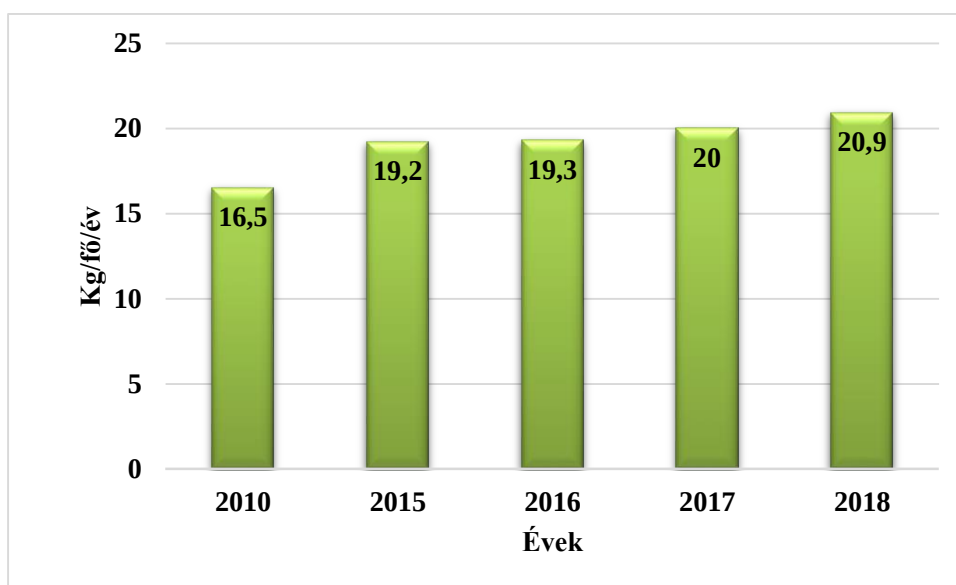
2. ábra: **Baromfihús fogyasztási adatok** (Forrás: OECD, 2021)

A 3. ábra Magyarország baromfihús termelését mutatja a 2014 – 2018-as években. A 2014-2016-ig tartó években növekedett a baromfihús termelés egészen 508 ezer tonna/évig. Ezt 2017-ben csökkenés követi, 2018-ban azonban ismét növekedett a termelés, ebben az évben a termelés 525 ezer tonna volt.



3. ábra: **Baromfihús termelés Magyarországon** (Forrás: URL<sup>3</sup>)

A 4. ábra Magyarország éves, egy főre levetített baromfihús fogyasztását mutatja. Jól látható, hogy az évek során egyre növekszik az egy főre jutó baromfihús fogyasztás. A világszintű termelés növekedésének, illetve az egy főre jutó fogyasztás növekedésének az egyik kulcs tényezője a csirkehús alacsony zsírtartalma. Az emberek tudatos, egészséges táplálkozása az utóbbi évtizedekben az előtérbe helyezte a baromfi húsokat, melyek manapság a legnépszerűbb húsfélékhez tartoznak (Kovácsné G.K., 2017)



4. ábra: Magyarország baromfihús fogyasztása (Forrás: URL<sup>4</sup>)

### 3.2. A brojlersirkék takarmányozása

A csirkehús termelés egyik jelentős alapanyaga világszerte a Ross 308-as típusú húshibrid csirke, ami ún. industriál hibrid. Intenzív, zárt, iparszerű tartásra lett előállítva. A tenyésztőüzemek a típus előállításakor 1,4 kg/kg-os takarmányhasznosításra szelektálnak, valamint arra, hogy az állatok 35 napos korukra elérjék a 2,5 kg-os súlyt.

A húshibrideket fehér plymouth anyavonalakkal és fehér cornish apavonalak keresztezésével állítják elő – három, illetve négyvonalas keresztezést alkalmazva. A háromvonalas hibrideknél az anyai oldalon két fehér plymouth nagyszülői vonal keresztezéséből előállított F1 anyákat párosítanak fehér cornish apákkal. A négyvonalas hibridek esetén F1-es anyákra két fehér cornish vonalból előállított F1-es apákat raknak (Benk, 2019).

A magas genetikai értékű fajtatiszta vonalakat csak néhány tenyésztő üzem végzi világszerte (Bogenfürst és mtsai, 2011). Ilyen vállalat pl. az Aviagen®, ami a Ross tenyész vonalakat előállítását végzi. Ezek az elsődleges tenyésztőüzemek nagyszülő- illetve szülőpárok

értékesítésével juttatják el termékeit világszerte. A szülőpárok terméke a végtermék hibrid (*URL*<sup>5</sup>).

A brojlersírkék számára a gyakorlatban ad libitum takarmányozást alkalmaznak. Az állatok leggyakrabban dercés formában fogyasztják a takarmányt. Fázisos takarmányozás esetén a nevelő illetve a befejező szakaszokban alkalmazhatnak granulált takarmányt is. A takarmányozás adja az egyik legnagyobb költséget a hizlalás során (kb. 60-65 %), így a precíz takarmányozással jelentősen befolyásolhatjuk az adott vállalat jövedelmezőségét (*Bogenfürst és mtsai*, 2011).

### 3.2.1. A baromfifajok takarmányainak energia értékelése

A madarak energiaszükséglete két részre osztható: beszélhetünk létfenntartó- illetve termeléssel kapcsolatos energiaszükségletről.

A létfenntartó energiaszükséglet a homeosztázis- és az alapvető életfolyamatok fenntartásához szükséges energiamennyiséget jelenti. A termeléssel kapcsolatos energia igény az előállított termékben megjelenő energiát, illetve az előállítás során képződő hőveszteséget jelenti.

A tyúkok energia igényét metabolizálható energiában fejezzük ki. Ennek alapját az adja, hogy a bélsár illetve a vizelet együttesen, ürülékként távozik a tyúk szervezetéből. Ha az elfogyasztott takarmány bruttó energiatartalmából (égéskor keletkező hőmennyiségét) kivonjuk az ürülék energiatartalmát, akkor a madár által metabolizált energiát kapjuk eredményként egységnyi elfogyasztott takarmányra vonatkoztatva (*Dublecz*, 2011) az alábbi képlet szerint:

$$ME \text{ (MJ/kg sz. a.)} = \frac{\text{a takarmánnyal felvett energia} - \text{az ürülékkal távozó energia}}{\text{elfogyasztott takarmány mennyisége}}$$

A takarmányok metabolizálható energiatartalmának megállapítására az alábbi képlet szolgál, ha ismerjük a takarmány táplálóanyag-tartalmát. (*Schmidt*, 2003):

$$AMEn \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \text{ takarmány} = 0,1551 \times \text{ny. fehérje \%} + 0,3431 \times \text{ny. zsír \%} + \\ 0,1669 \times \text{keményítő \%} + 0,1301 \times \text{cukor \%}.$$

Az 1. táblázat a Ross 308-as típusú húshibridnek ajánlott energiamennyiségeket tartalmazza. Jól látható, hogy az életkor előre haladtával magasabb energia tartalmú takarmányt fogyasztanak a madarak, amely egyre csökkenő nyersfehérje-tartalommal társul. A madarak egyre növekvő energiaigényét többek között a takarmány zsírtartalmának növelésével tudjuk elérni. A csibék takarmányai nem tartalmazznak nagy mennyiségben zsírokat, melynek biológiai

alapja, hogy a fiatal állatok zsíremésztése nem kielégítő a kevés epe szekréció miatt (Dublecz, 2011).

1. táblázat

**A Ross 308-as típusú 1,7 – 2,4 kg-os végsúlyú húshibrideknek ajánlott energia és nyersfehérje tartalom**

|                                        | M. e. | Indító (1-10. nap) | Nevelő (11-24. nap) | Befejező (25. nap-vágás) |
|----------------------------------------|-------|--------------------|---------------------|--------------------------|
| <b>Takarmány AMEn tartalma</b>         | MJ/kg | 12,55              | 12,97               | 13,39                    |
| <b>Takarmány nyersfehérje tartalma</b> | %     | 23                 | 21,5                | 19,5                     |

(Forrás: URL<sup>6</sup>)

### 3.2.2. A tyúk fehérje emésztésének értékelése

A tyúkok aminosav szükségletüket két forrásból tudják biztosítani: a takarmányból, illetve testfehérjék lebontásából (önmagának szintetizálja az aminosavat). Azokat az aminosavakat, melyeket az állat önmaga nem képes előállítani, de életfolyamataihoz nélkülözhetetlen esszenciális aminosavaknak hívjuk: ilyen pl. a lizin, metionin, fenilalanin, triptofán, treonin stb. A madarakban – hasonlóan a többi gazdasági haszonállathoz – egyidejűleg zajlanak a fehérje felépítő- és fehérje lebontó folyamatok. Az anabolikus (építő) illetve a katabolikus (lebontó) folyamatok nagysága az állat életkorának előrehaladtával egyre csökken. A kifejlett madarakban az anabolikus és katabolikus folyamatok kiegyenlítődnek, a testsúly állandó marad. A kifejlett, N-egyensúlyban lévő állatok fehérjeszükséglete tekinthető létfenntartó fehérje szükségletnek, melynek mértéke: 1,11 g N/kg élősúly/nap. A fehérjeszintézis energia igényes folyamat: egy gramm kb. 24 KJ energiájú fehérje beépítéséhez 48-50 KJ metabolizálható energiát kell biztosítani, fiatal illetve növendék állatoknak. A fehérje építés energetikai transzformáció ilyen esetben 40-50 % körül alakul (Dublecz, 2011).

A fehérjehasználáshoz megfelelő mennyiségben és arányban kell biztosítani a madaraknak az aminosavakat. Ha az állat igényeinek nem megfelelő mértékben biztosítunk egy adott aminosavat, akkor az limitáló tényezőként jelentkezhet. A limitáló aminosav a takarmánykeverék fehérje összetételétől függően változik. Ilyen esetben az állat termelése jelentős mértékben visszaesik. A megfelelő aminosav ellátást kristályos aminosav készítményekkel, illetve adott aminosavban gazdag fehérje hordozókkal lehet elérni. Ha a takarmányozásra használt fehérje aminosav tartalma az állat szükségletének megfelel, akkor ideális fehérjéről beszélünk. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a madarak szükségletének megfelelően álljon rendelkezésre aminosav a takarmányban, illetve az jelentős többletet ne

tartalmazzon. (Dublecz, 2011). Fontos tényező továbbá az aminosavak emészthetősége, amely több tényezőtől (az állat fajától, korától, fajtájától stb.) is függ (Schmidt, 2003).

A baromfik takarmányozásában a leggyakrabban előforduló limitáló aminosavak a metionon, lizin és treonin (Król és Szupczyńska, 2016).

2. táblázat

**A Ross 308-as húshibrid összes aminosav igénye**

| <b>Aminosav</b>           | <b>M. egység</b> | <b>Indító (0-10. nap)</b> | <b>Nevelő (11-24. nap)</b> | <b>Befejező (25. nap – vágásig)</b> |
|---------------------------|------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| <b>Lizin</b>              | %                | 1,44                      | 1,29                       | 1,16                                |
| <b>Metionin + cisztin</b> | %                | 1,08                      | 0,99                       | 0,91                                |
| <b>Metionin</b>           | %                | 0,56                      | 0,51                       | 0,47                                |
| <b>Treonin</b>            | %                | 0,97                      | 0,88                       | 0,78                                |
| <b>Valin</b>              | %                | 1,10                      | 1,00                       | 0,90                                |
| <b>Izoleucin</b>          | %                | 0,97                      | 0,89                       | 0,81                                |
| <b>Arginin</b>            | %                | 1,52                      | 1,37                       | 1,22                                |
| <b>Triptofán</b>          | %                | 0,23                      | 0,21                       | 0,19                                |
| <b>Leucin</b>             | %                | 1,58                      | 1,42                       | 1,27                                |

(Forrás: URL<sup>6</sup>)

A Ross 308-as típusú húshibridek összes aminosav szükségletét a 2. táblázat szemlélteti. Az indító fázisban a madarak takarmányában 1,44%-os lizin tartalmat ajánl a tenyésztő. Ugyanebben a szakaszban a tápban 0,56%-os metionin, illetve 0,97%-os treonin tartalmat szükséges alkalmazni a madarak megfelelő fejlődéséhez. A csirkék életkorának előrehaladtával a takarmány fehérjetartalmát csökkentjük, ennek megfelelően a nevelő- illetve befejező fázisban a takarmány aminosav tartalma is kevesebb, mint az indító szakaszban.

### **3.3. Egyes rovarokban rejlő lehetőségek**

A rovarok takarmánykeverékekbe történő felhasználása számos kérdést vet fel. Miért használjunk rovarokat a takarmányokban? Mely rovarfajt használjuk? Milyen formában juttassuk a takarmányba? Vannak-e a rovartartalmú takarmányoknak antinutritív hatásai? Milyen veszélyeket rejthetnek a rovarok? Ezekre a kérdésekre igyekszem ebben és a következő fejezetekben választ adni.

A világ egy főre jutó húsfogyasztása 2019-től 2050-re kb. 40 %-kal emelkedni fog. Jelenleg több, mint 30 %-a a világ termőföldjeinek az állattenyésztés számára takarmányt állít elő. Ahhoz, hogy a húsigény iránti emelkedéshez elegendő termőföld álljon rendelkezésre egyéb,

alternatív fehérje források szükségesek, mint pl. egyes rovarfajok (*de Souza-Vilela és mtsai*, 2019).

A rovarok a természetben is táplálékát képezik a madaraknak. Tyúkokat szabad tartás esetén gyakran láthatunk kapirgálni, ahol nem vetik meg a földön levő, illetve abból kibújó lárvákat, kukacokat. Tekintve, hogy a rovarok zsákmányként szerepelhetnek a baromfifajok terítékén, több kutató szerint érdemes lehet takarmányforrásként felhasználni őket (*van Huis és mtsai*, 2013).

A rovarok magas fehérje- és zsírtartalommal rendelkeznek, egyes fajoknak – melyeket takarmányozásra is használnak – kedvező az emészthetősége (*van Huis és mtsai*, 2013).

A különböző rovarfajok biológiai sajátosságai más-más tenyésztési körülményeket követelnek, illetve a rovar fogyasztó állatfajok is eltérő tápanyagigénnyel rendelkeznek. Takarmányozási szempontból egyes legyeket, illetve gyászbogarakat fontos kiemelni, pl. a fekete katonalég (*Hermetia illucens*) illetve házi légy (*Musca domestica*) tömegesen, iparszerűen előállítható. A légyfélék előnye, hogy rövid generációs intervallummal rendelkeznek, valamint képesek szerves anyagokból (zöldségek, gyümölcsök, tejipari melléktermékek, malomipari melléktermék stb.) értékes fehérje- és zsírforrást előállítani. Az előállított rovarok többféle formában kerülhetnek a takarmányokba (*van Huis és Tomberlin*, 2019).

Jelenleg baromfifajok számára az Európai Unión belül a következő formában alkalmazhatók a rovarok, mint takarmány: élő formában (csak néhány tagállamban engedélyezett, meghatározott jogszabályi feltételek mellett), valamint a belőlük kivont fehérjék és zsírok is engedélyezett különböző fajok etetésére ([URL<sup>7</sup>](#)).

Egy tanulmány szerint ([URL<sup>8</sup>](#)) a takarmányba juttatott zsírtalanított fekete katonalég (*Hermetia illucens*) nyűvek jól alkalmazhatóak brojlersírkék takarmányozására. A szója helyettesítésére (10 %-ban illetve 16 %-ban) alkalmazott rovarliszt nem volt negatív hatással az élősúlyra illetve a takarmány-felvételre. A nevelő illetve a befejező fázisban a szerző viszont kisebb koncentrációban ajánlja a rovarlisztet, mert a magasabb arányban nyűveket tartalmazó takarmányt fogyasztó állatok rosszabbul teljesítettek, mint a 16 %-os csoport. Egy másik tanulmányban azt tapasztalták, hogy a brojfertápokban legfeljebb 10 %-ban érdemes katonalég nyűveket (zsírtalanított) alkalmazni, nagyobb arányban ronthatja az állatok teljesítményét, valamint növekedhet a madarak húsának nehézfém tartalma.

*Bovera és mtsai* (2015) publikációjukban arról írnak, hogy a hagyományos brojler takarmányokban a szója helyettesítése *Tenebrio molitor* lárvá lizttel nincs hatással a madarak takarmány-felvételére illetve a súlygyarapodásukra, ám kedvezőbb takarmányhasznosítással rendelkeznek az állatok.

Egy régebbi tanulmány szerint a selyemlepke (*Bombyx mori*) bábjának lisztje alkalmas a hús- illetve árutozás hasznú tyúkok takarmányozásában a hallisztek kiváltására. A kísérletekben a tenyészállatokat is takarmányozták, amely során a tojások keltethetősége javult (*Mahendra és Rajaguru, 1977*). Egy másik selyemlepke faj (*Anaphe infracta*) lárváját halliszt helyettesítésére alkalmazva sem alakul kedvezőtlenül a brojlerok teljesítménye. A tanulmányban használt lárvák kedvező ára miatt az egységnyi termék takarmányköltsége csökkent (*Ijaiya és Eko, 2009*).

### **3.4. Egyes rovarok táplálóanyag értéke**

A rovarok takarmányként való felhasználásáról az első adat 1919-ből származik, azonban az első rovartartalmú takarmány kísérletek 1960-70-es években kezdődtek (*Finke és Oonincx, 2019*). Az utóbbi években már rengeteg tanulmányt találni a rovarok takarmányozásbeli felhasználásáról, ám egységes, konkrét takarmányozási tervek nincsenek leírva. Ez valószínűleg a rovarfajok tápértékbeli változékonyságának köszönhető, valamint, hogy a jogi szabályozások csak az utóbbi időben kezdtek nyitni egyes állatfajok felé.

#### **3.4.1. A rovarok fehérje és aminosav tartalma**

A rovarok fehérjetartalma a szárazanyag tartalom 25–75%-át teszi ki (*Finke és Oonincx, 2019*). A fehérjék építőkövei az aminosavak. A rovarok aminosav-tartalma nagymértékben függ attól, hogy a rovar élete során kifejléssel vagy teljes átalakulással fejlődik. *Finke és Oonincx (2019)* kutatásai szerint a kifejléssel fejlődő rovarok, pl. a házi tücsök (*Acheta domesticus*) számos általuk tanulmányozott vizsgálat szerint életük során viszonylag egységes aminosav összetétellel rendelkeznek fiatal (nimfa), illetve kifejlett (imágó) korban. Hasonló mondható el akkor is, ha különböző takarmánnyal etetik ezeket a rovarok. Egy másik kutatás szerint egy teljes átalakulással fejlődő rovar pl. a fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) négy különböző takarmánnyal történő etetése esetén is hasonló aminosav tartalmakkal rendelkeztek az állatok (*Spranghers és mtsai, 2017*). Ezek az adatok arra engednek következtetni, hogy egyes fejlettségi stádiumokban az állatok aminosav tartalma viszonylag konstans. Ez amiatt lehet, hogy a rovarok bizonyos testrészei csak megfelelő viszonyok (adott aminosav- illetve fehérje összetétel) mellett funkcionálnak megfelelően, így az eltérő takarmányok hatására sem alakulnak ki nagy különbségek az aminosav összetételben. Fontos azonban, hogy a nyűvek (lárvák) illetve az imágók aminosav-összetétele eltérő lehet, mert életmódjuk illetve testfelépítésük teljesen eltérhet (*Finke és Oonincx, 2019*). Egy másik tanulmányban az előzőekben leírtakhoz hasonlóan tapasztaltak, *Kulma és mtsai (2020)* publikációja szerint eltérő

korú (60-90-120 napos) *Zophobas morio* lárvák aminosav összetétele hasonlóan alakult. Ezzel szemben, egy csótányfajnál, a *Blaberus canifer* nimfa illetve imágó egyedeinél eltérő aminosav-összetétel volt tapasztalható. Finke (2002) tanulmánya szerint a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) lárvák aminosav-összetétele szintén eltér az imágóéktól. A lárvák több, mint 25%-kal több leucint, 35%-kal több fenilalanint és 120%-kal több tirozint tartalmaztak az imágóknál. Ezzel szemben, az imágókban több mint 50%-kal több glicint és 37%-kal több triptofánt talált, mint a kukacokban.

A 3. táblázat egyes takarmányozásra alkalmas rovarfajok aminosav-összetételét mutatja be. A táblázatban szereplő rovarfajok közül a légyféléknek van a legmagasabb metionin tartalma, ezt követi a házi tücsök (*Acheta domesticus*), a legkevesebb metionin tartalommal pedig a két gyászbogár-féle rendelkezik.

3. táblázat

**Egyes takarmányozásra alkalmas rovarfajok aminosav tartalma (mg/g nyersfehérje)**

| Aminosav              | <i>Acheta domesticus</i> | <i>Tenebrio molitor</i> lárvá | <i>Zophobas morio</i> lárvá | <i>Hermetia illucens</i> nyűvek/előbáb | <i>Musca domestica</i> nyűvek* |
|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
| Alanin                | 87,8                     | 80,2                          | 72,7                        | 62,7                                   | 34,7                           |
| Arginin               | 65,7                     | 60                            | 57,4                        | 52,8                                   | 30,2                           |
| Aszparaginsav         | 79,1                     | 81                            | 83,1                        | 88,3                                   | 62,1                           |
| Glutaminsav           | 109,2                    | 112,1                         | 127                         | 103,7                                  | 84,4                           |
| Glicin                | 52,3                     | 53,1                          | 48,7                        | 55                                     | 28,4                           |
| Hisztidin             | 22,8                     | 30,2                          | 31,1                        | 32,4                                   | 18,2                           |
| Izoleucin             | 40,3                     | 46,1                          | 46,9                        | 43,3                                   | 22,6                           |
| Leucin                | 78,6                     | 84,9                          | 80,4                        | 69,9                                   | 38,3                           |
| Lizin                 | 55,3                     | 55,4                          | 54,6                        | 59,1                                   | 44,9                           |
| Metionin              | 15,8                     | 13,3                          | 12,2                        | 18,8                                   | 15,8                           |
| Metionin + cisztin    | 24,9                     | 23,3                          | 21,8                        | 24,4                                   | -                              |
| Fenilalanin           | 31,5                     | 35,2                          | 37,2                        | 41,5                                   | 37,8                           |
| Fenilalanin + tirozin | 87,5                     | 102,6                         | 108,4                       | 112,3                                  | -                              |
| Prolin                | 56,7                     | 68,1                          | 55,9                        | 55,4                                   | 23,8                           |
| Szerin                | 44,1                     | 47,2                          | 44,1                        | 38,3                                   | 15,8                           |
| Treonin               | 35,7                     | 40,3                          | 39,9                        | 39                                     | 33,2                           |
| Triptofán             | 7,2                      | 10,5                          | 11,4                        | 15,1                                   | 41                             |
| Valin                 | 54,1                     | 62,9                          | 60,5                        | 63,8                                   | 27                             |

(Forrás: Finke és Oonincx, 2019 alapján. A táblázatban feltüntetett értékek több tanulmányból származó adatok átlagai.)

(\*Forrás: Hall és mtsai, 2018.)

Baromfikkal való etetés során az első limitáló aminosav mindegyik faj esetében a metionin, melyet másodikként a cisztin követ (Finke és Oonincx, 2019). Bamgbose (1999) szerint szintén

az első limitáló aminosav a metionin, ha kukorica-szója-húsliszt alapú takarmányban a húslisztet rovarlárva lisztre cseréljük.

A 4. táblázat egyes rovarok aminosav tartalmának emészthetőségét mutatja baromfira vonatkozóan. A feltüntetett rovarokban lévő aminosavak emészthetősége - kivételt képez a fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) báb - 86-95% között változik.

4. táblázat

**Egyes rovarfajok fehérje tartalmának emészthetősége baromfikkal való etetés során (%)**

| Faj és fejlettségi stádium    | Aminosav emészthetőség |               |                       |
|-------------------------------|------------------------|---------------|-----------------------|
|                               | Legalacsonyabb         | Legmagasabb   | Átlag (összes a. sav) |
| <b>Musca domestica nyűvek</b> | 92 (Ile)               | 98 (Lys)      | 95                    |
| <b>M. domestica nyűvek</b>    | 83 (Gly)               | 96 (Tyr)      | 91                    |
| <b>M. domestica báb</b>       | 86 (Ala)               | 100 (Ser+Asp) | 95                    |
| <b>Tenebrio molitor lárva</b> | 80 (Met)               | 93 (Ala)      | 86                    |
| <b>Hermetia illucens báb</b>  | 42 (Met)               | 89 (Pro)      | 68                    |

(Forrás: *Finke és Oonincx*, 2019. A táblázatban feltüntetett értékek több tanulmányból származó adatok átlagai.)

*Finke és Oonincx* (2019) szerint a táblázatban szereplő értékek megegyeznek, vagy jobbak a hagyományos fehérjeforrások (pl. szójadara, halliszt) emészthetőségénél. Ez alól csak a katonalégy lárva (*Hermetia illucens*) ad kivételt, amely rosszabban emészthető a baromfifajok számára.

### 3.4.2. Zsírok a rovarokban

A rovarok szárazanyagtartalmának 10-70 %-át teszik ki a zsírok (*Finke és Oonincx*, 2019).

Több tanulmány szerint a rovarok zsír- illetve zsírsavtartalma függ a rovarok fajától, korától, fejlettségi stádiumától. Befolyásoló hatása van továbbá a környezetnek (fény és hőmérséklet), illetve a fogyasztott tápláléknak (*Nestel és mtsai*, 2005; *Lease és Wolf*, 2011). A tenyésztett rovaroknál magas linolsav tartalommal találkozhatunk, mivel nagymértékben gabona alapú (vagy gabona melléktermék alapú) takarmányt fogyasztanak (*Finke és Oonincx*, 2019).

*Paul és mtsai* (2017) kísérletükben *Tenebrio molitor* kukacokat, illetve *Acheta domesticus* rovarok zsírsavösszetételét vizsgálták. Az állatok búzát, illetve sörgyártási melléktermékeket fogyasztottak. A *Tenebrio molitor* kukacokban a legnagyobb mértékben jelenlévő zsírsav az olajsav, a házi tücsökben pedig a linolsav volt.

Az 5. táblázat három rovarfaj zsírtartalmát mutatja be. Az adatok azt szemléltetik, hogy ennek a tápanyagnak a mennyisége nagyon változó a rovarokban. A publikáció szerzői szerint a zsírtartalom nagymértékben befolyásolható az állatok takarmányozásával.

5. táblázat

**Egyes rovarfajok zsír tartalma**

| Rovar faj                      | Zsírtartalom (% sz.a.) |
|--------------------------------|------------------------|
| <b>Hermetia illucens</b> lárva | 21-35                  |
| <b>Tenebrio molitor</b> lárva  | 19-36                  |
| <b>Acheta domesticus</b>       | 6,5-35                 |

(Forrás: *Oonincx és mtsai*, 2015)

### 3.4.3. Szénhidrátok a rovarokban

A szénhidrátok mennyisége nem számottevő a rovarokban (*Finke* 2002; 2013). *Ramos-Elorduy és mtsai* (2002) tanulmánya szerint a *Tenebrio molitor* lárvák 1-7%-ban tartalmazznak szénhidrátokat, ám ezek az eltérések is csak a tápcsatornában fellelhető élelemnek köszönhetők.

### 3.4.4. Rost és kitin

A rovarokban jelentős mennyiségű rost található, legnagyobb mennyiségben a rovarok exoskeletonjába ágyazva, kitin formájában. A kitin egy hosszú láncú nitrogén tartalmú polimer. Egyes állatokban, illetve az ember emésztő nedveiben találtak kitináz enzimet, mely képes a kitin bontására. Azokban az országokban, ahol a lakosság gyakran fogyaszt rovarokat, a kitináz enzim gyakrabban megtalálható az emésztőnedvekben. Egyes kutatások szerint a kitin paraziták-, és néhány allergiás reakció ellen védelmet adhat (*van Huis és mtsai*, 2013).

Az egerek, tyúkoks illetve sertések genomjában kettő kitin bontó enzim, a savas kitináz (*Chia*), illetve a kitotrioxidáz (*Chit1*) van kódolva. Ezeknek az állatoknak a gyomraiban egyes sejtekben expresszálódnak olyan gének, melyeknek a termékei az előbb említett enzimek, melyek képesek a kitin lebontására. A „Chia” gén expresszálódása illetve megléte, valamint az enzim aktivitása is függ az állat életmódjától (ragadozó, növényevő, mindenevő). Az említett gének a legnagyobb mértékben a mindenevőkben expresszálódnak. Ha szeretnénk összevetni egyes állatfajok kitin emésztését, akkor azt bizonyos mértékig becsülhetjük a kitináz enzimet kódoló gének kifejeződéséből, illetve a képződő fehérjék specifikus aktivitásából. Ha a kutyák kitin emésztését ezek alapján 1-es értéknek vesszük, akkor ehhez viszonyítva a többi állat kitin emésztése nagyságrendekkel nagyobb – ezek a viszonyszámok a következők szerint alakulnak: kutya – 1; szarvasmarha – 10; sertés – 6 000; csirke – 113 000; egér – 140 000.

Jól látható a számokból, hogy a mindenevők sokkal jobban emésztik a kitint, mint a növényevő szarvasmarha, vagy a ragadozó kutya (*Tabata és mtsai*, 2018).

*Finke* (2007) szerint a tenyésztett rovarok kitintartalma 12-137 mg/kg szárazanyag között változik.

#### 3.4.5. Ásványi anyagok és vitaminok a rovarokban

A rovarok kalcium tartalma alacsonyabb a belső, csontos vázzal rendelkező állatokéval összehasonlítva. Ha rovarokat használunk a takarmányunkban, akkor számolnunk kell azzal, hogy valószínűleg kalcium kiegészítést kell alkalmaznunk a keverékünkbe. Ez függ természetesen a rovar fajától, valamint, hogy milyen hasznosítási irányú tyúkkal etetjük (*Khusro és mtsai*, 2012).

Az egyéb ásványi anyagok (magnézium, foszfor) megfelelő mennyiségben vannak jelen az állatok igényeihez képest. Az ásványi anyagok mennyisége egyes légy fajokban különösen magas lehet.

Az A-vitamin jelenléte a rovarokban meglehetősen alacsony mértéket mutat, a karotinoidok viszont jelentős mennyiségben lehetnek jelen a legyek étrendjétől függően. Szintén variábilis a rovarok E-vitamin tartalma, mely szintén a táplálkozásuktól függ. A B-vitaminok számottevő mennyiségben találhatók meg a legtöbb rovar fajban (*Finke és Oonincx*, 2019).

#### 3.4.6. Antinutritív anyagok a rovarokban

Egyes takarmánykomponensekben lehetnek olyan anyagok (nem keményítő szénhidrátok, fitátok, oxalátok stb.) melyek különböző módon befolyásolhatják a táplálóanyagok felszívódását, hasznosulását. Csökkenthetik a fehérjék emészthetőségét, megköthetnek egyes tápanyagokat, károsíthatják a belek hámsejtjeit, mellyel csökkenthetik az emésztés hatékonyságát. Ezeket összefoglalóan antinutritív anyagoknak nevezzük (*Schmidt*, 2003; *Dublecz*, 2011).

A rovarok esetében a kitin tekinthető antinutritív anyagnak, amely ronthatja az emészthetőséget. Ezt az antinutritív hatást több tanulmányban is leírják (*De Marco és mtsai*, 2015; *Schiavone és mtsai*, 2017; *Araújo és mtsai*, 2019; *Gariglio és mtsai*, 2019;). Mindezek ellenére a szerzők kijelentik, hogy alkalmasak lehetnek a kísérletek során alkalmazott rovarfajok (*Hermetia illucens* és *Tenebrio molitor*) a baromfik takarmányozására.

*Józefiak és mtsai* (2016) szerint egy megfelelően összeállított, az állat igényeit fedező rovarfehérje alapú takarmány biztosíthatja akár laboratóriumi állatok vagy házasított állatok

megfelelő fejlődését és növekedését. Szerintük ezeknek a takarmányoknak nincsen limitáló illetve antinutritív hatása az egerekre, halakra illetve baromfikra.

#### 3.4.7. A rovar takarmányok lehetséges veszélyei

A 178/2002/EK rendelet szerint a veszély egy „élelmiszerben vagy takarmányban található biológiai, kémiai vagy fizikai hatóanyag, amely az egészségre károsan hathat” (URL<sup>9</sup>).

Ilyen veszélyes biológiai ágensek lehetnek pl. a patogén baktériumok, vírusok, paraziták. A kémiai veszélyekhez tartoznak a peszticidek, dioxinok, nehézfémek stb. Fizikai veszélyek lehetnek egyes apró, éles tárgyak vagy részecskék, mint pl. az üveg, fém darabkák, műanyagok stb (Meijer és van der Fels-Klerx, 2019).

A biológiai veszélyeket tekintve a rovarok egyrészt lehetnek mechanikai közvetítők (vektorok), mely során továbbadhatják állatoknak az egyes betegségeket. Másik részről, az állatok elfogyaszthatják az olyan rovarokat (takarmány alapanyagokat), melyek valamilyen patogént hordoznak. Egyik nagy veszélyt a rovarok felnevelésére használt takarmányokban (pl. szerves mezőgazdasági melléktermékek, tejipari melléktermékek, trágyák stb) fellelhető vírusok jelenthetik (pl. rotavírusok, hepatitis A, hepatitis E). A rovarok vektor szerepet betöltve átadhatják embereknek, illetve állatoknak is ezeket a kórokozókat. Ilyen esetekben, ha veszélyforrás lehet a rovarnevelésre használt anyag, fontos a végtermék megfelelő feldolgozása (pl. hőkezelés).

A rovarokban továbbá nagy mennyiségű baktériumflóra található, melyek között patogének is jelen vannak. Az utóbbiak, melyek veszélyt jelenthetnek az emberekre, a *Salmonella*-, és a *Campylobacter* genus tagjai, valamint az *Escherichia coli* patogén törzsei (pl. O157:H7). Erickson és mtsai (2004) kísérletében *Salmonella enterica* Enteritidis szerovariánsal fertőzött baromfi ürüléket kaptak fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) nyűvek táplálékként. Két nap után a baktérium fellelhető volt a rovarokban. Hat nap elteltével a bennük fellelhető *Salmonella* Enteritidis koncentrációja csökkent.

A kémiai veszélyeket tekintve a rovarok által fogyasztott növényi anyagokban számos veszélyes anyag lehet, amelyek akumulálódhatnak a rovarokban (Bordiean és mtsai, 2020). Ilyenek pl. egyes peszticidek. Egy tanulmány szerint 24 órás éheztetés után lisztukucacokban szignifikánsan csökkenhet a veszélyes anyag, attól függően, hogy milyen vegyszerről van szó. Ennek ellenére a szerzők szerint a rovarok által fogyasztott szubsztrátokat nagyon fontos megvizsgálni, hogy ne tartalmazzanak túl nagy mértékben veszélyes anyagokat (Houbraken és mtsai, 2016). Egy másik publikációban azt vizsgálták, hogy egyes rovarfajokban (pl. *Tenebrio molitor*) mennyi veszélyes anyag lelhető fel. Vizsgálataikban peszticidek, DDT, dioxinokat és

nehézfémeket kerestek az említett rovarban, illetve más állati termékekben. Ezeknek az anyagoknak a mennyisége kisebb mértékben volt jelen a lisztukacokban, mint a tojásban, a húsban, illetve a halban (*Poma és mtsai*, 2017). *Mrček és mtsai* (2017) réz, cink, kadmium és ólom jelenlétét vizsgálták lisztukacokban. Vizsgálataik során magas és akár veszélyes mennyiségű kadmium koncentrációt találtak a rovarokban, melyek takarmány útján épültek a lárvákba.

A mikotoxinok különféle gombák által termelt, biológiai hatású anyagcseretermékek (*Várnagy*, 2017). Több tanulmányban az egyes mikotoxinok mint pl. az *Aspergillus* genus által termelt aflatoxin B1, illetve a *Fusarium* genus által termelt DON és ZEN nem épül be úgy a rovarokba, hogy ártalmas legyen. Ez annak köszönhető, hogy a rovarok egyrészt kiürítik ezeket az anyagokat (*Bosch és mtsai* 2017; *van Broekhoven és mtsai* 2017), másrészt az aflatoxin B1-et le is bonthatják (*Niermans és mtsai*, 2019).

### **3.5. A rovarok takarmányként való felhasználásának jogi vonatkozásai**

Ha rovarokat szeretnénk előállítani mint takarmányforrás, akkor ránk hasonló törvények vonatkoznak, mint a hagyományos takarmányt előállítókra, ám közrejátszanak a rovarokra külön irányuló szabályozások is (*Meijer és van der Fels-Klerx*, 2019).

Az Európai Parlament és a Tanács 178/2002/EK rendelete szerint a takarmány „feldolgozott, részben feldolgozott vagy feldolgozatlan anyag vagy termék, többek között adalék, amelyet állatok orális etetésére szánnak” ([URL<sup>9</sup>](#)).

Az Európai Parlament és a Tanács 178/2002/EK, 852/2004/EK illetve 183/2005/EK rendelete tartalmazza mindazon előírásokat, amelyeknek meg kell felelnie a takarmány előállítóknak ([URL<sup>7</sup>](#)).

Az International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF) ([URL<sup>10</sup>](#)) weboldalán nagyon jó összefoglalót találhatunk a rovar eredetű anyagok takarmányként való felhasználásának jogi vonatkozásairól.

A nemrég említett rendeletek értelmében, olyan rovarokat, amelyeket takarmányozási célra szánunk, csak növényi eredetű anyagokon nevelhetünk fel. Kivételt képez néhány állati eredetű anyag, mint pl. a tej, a tojás illetve ezekből készült termékek, valamint a méz, egyes zsírok és a nem-kérődző eredetű vérkészítmények. Jelenleg a vágóhídi hulladékon, trágyán, éttermi élelmiszer hulladékon hizlalni rovarokat tilos. Hasonló tiltás érvényes a vegyesboltokból származó élelmiszerhulladékokra valamint az élelmiszeripari hulladékokra (pl. sérült csomagolású) anyagokra is, ha tartalmaznak valamilyen húsféleséget vagy halat.

Mindezek mellett, a rovartenyésztőnek kötelessége, hogy az állatai egészségesek legyenek, ne terjesszenek bizonyos betegségeket.

A rovarok, illetve a belőlük kivont anyagok – az élő rovarokat kivéve –, melyeket takarmányként szeretnénk felhasználni, az EU-s jog szerint állati eredetű melléktermékeknek minősülnek (állatok, illetve állati eredetű termékek melyek nem emberi fogyasztásra lettek előállítva). Emiatt a tenyésztőnek különböző kötelezettségeknek kell megfelelnie, melyeket az 1069/2009/EK illetve a 141/2011/EK- rendelet tartalmaz.

A rovarokat olyan létesítményekben kell feldolgozni, melyek speciálisan erre a célra lettek tervezve. Erre azért van szükség, hogy a takarmány előállítás során az egyes veszélyességi tényezők jelenléte megállapítható legyen.

A rovarfehérjék takarmányozási célú használata korlátozott az Európai Unióban, mely a 999/2001/EK rendelethez köthető. A rendelet korlátozza, hogy kérődző illetve monogasztrikus állatokat haszonállatokból kivont fehérjékkel etessünk. Ennek oka a 2000-es években kitört BSE (Bovine Spongiform Encephalopathy) krízis volt, mely a fertőzött állatokból előállított fehérje készítményekkel köthető össze. Az előbb említett rendelet szerint a kisállatok (kutya, macskák, hobbi madarak, hüllők), valamint prémes állatok takarmányozására használhatóak a rovar-fehérje készítmények. Az előzőekben említett állatfajok mellett 2021 szeptemberétől a baromfifélék, valamint a sertések takarmányozásában is engedélyezték a rovarfehérjék használatát. Az élő rovarok, valamint a belőlük kivont zsírok tekintetében az adott tagállamok döntenek, hogy felhasználhatóak-e a takarmányozásban ([URL](#)<sup>7</sup>).

| Feed stocks                                  | Insect production                                                                   | Target species                                                                      |     |       |                                             |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|---------------------------------------------|
|                                              |                                                                                     | Protein                                                                             | Fat | Live* | Whole insects (dried or frozen, not milled) |
| ✓ Vegetal substrates                         |  |  | ✓   | ✓     | ✓                                           |
| ✓ Former foodstuff: vegetal, dairy and eggs  |                                                                                     |                                                                                     | ✓   | ✓     | ✓                                           |
| ✗ Former foodstuff: meat and fish            |                                                                                     |                                                                                     | ✓   | ✓     | ✗                                           |
| ✗ Catering waste and slaughterhouse products |                                                                                     |                                                                                     | ✓   | ✓     | ✗                                           |
| ✗ Animal manure                              |                                                                                     |                                                                                     | ✓   | ✓     | ✗                                           |

According to IPIFF members, the most commonly used insect species in animal feed are the black soldier fly, the yellow mealworm and the common housefly larvae.

Allowed from the 7th of September 2021

\* permitted under national legislation in certain EU Member States

5. ábra: A rovarok takarmányként való felhasználásának jelenlegi lehetőségei  
(Forrás: [URL](#)<sup>7</sup>)

Az 5. ábra összefoglalja a rovar eredetű takarmány anyagok jelenlegi helyzetét. Az IPIFF tagjai szerint a három leggyakrabban takarmányozási célra használt rovarfaj a fekete katonalégy (*Hermetia illucens*), a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*), illetve a házi légy (*Musca domestica*). (URL<sup>7</sup>). A rovarokból kivont fehérjék kisállatok, halak, baromfifélék, valamint sertések takarmányozására használhatóak. Élő formában egyes tagállamokban engedélyezett az etetésük mindegyik ábrán szereplő állatfaj számára, illetve a belőlük kivont zsírok is. Az egészben levő, szárított vagy fagyasztott rovarok csupán kisállatok takarmányozására engedélyezettek (URL<sup>7</sup>).

### 3.6. Rovar tartalmú takarmány etetésének hatása a csirkék termékeire

Rovar tartalmú tápok etetésekor számítanunk kell arra, hogy megváltozhat az előállított termék minősége. Cullere és mtsai (2019) vizsgálatai szerint, ha szójaolajat rovarolajjal helyettesítünk, akkor a csirkehús tápértéke nem változik negatív irányba, valamint az érzékszervi vizsgálatok során sem tapasztalhatunk nagy változásokat. A katonalégy olaj használata viszont hatással van a húsféleségek zsírsav-összetételére, hiszen gazdagította a csirkehúst telített zsírsavakkal – a telítetlenek kárára. Ezzel szemben, Kierończyk és mtsai (2018) vizsgálataikban azt állapították meg, hogy a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) lárvából származó olaj használata a takarmányban kedvezően hat a mellhús zsírsavtartalmára, egyéb teljesítményre irányuló negatív hatás nélkül. Fontos azonban, hogy az alkalmazott rovarolajak hatással vannak a húсок zsírsavösszetételére, amelyre tekintettel kell lenni a vásárlói igényeknek megfelelően.

A húsféleségeket tekintve Cullere és mtsai (2018) tanulmánya szerint a rovartartalmú takarmány nincs hatással a japán fűj (*Coturnix coturnix japonica*) hús érzékszervi minőségére. Ezzel szemben Pieterse és mtsai (2013) szerint a takarmányban alkalmazott 10 %-os házi légy (*Musca domestica*) hatására a brojlerok mellhúsában ugyan nagyon nehezen észrevehetően, de fémes utóíz jelentkezett, ám szaftosabb volt a hús a kontroll csoporttal összevetve. Schiavone és mtsai (2019) publikációjukban azt közölték, hogy a takarmányban alkalmazott fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) liszt növeli a brojlercsirkék mellhúsának piros színét. Különböző %-ban a rovarlisztet tartalmazó tápok esetén (0-15%) nem találtak különösebb eltérést a mellhúsok csöpögési-, illetve sütési veszteségénél a hagyományos takarmányt fogyasztó csoporttal szemben.

A bemutatott szakirodalomból látszik, hogy a jelenlegi publikációk nem egységes eredményeket mutatnak. A jövőben több vizsgálatot kell elvégezni, hogy biztosak lehessünk egyes rovaroktakarmányok milyen hatással vannak az állati húsféleségekre.

## 4. Anyagok és módszerek

### 4.1. A kísérleti állatok elhelyezése és a takarmányozási kezelések

A modell vizsgálatba 90 Ross-308 típusú húshibrid kakasokat vontunk be és 3 takarmányozási kezelésbe osztottuk el őket véletlenszerűen. Kezelésenként 5 ismétlést alakítottunk ki, 6-6 madár volt egy ismétlésben – és így 30-30 madár tartozott egy-egy takarmányozási kezeléshez. A madarakat a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának Állatkísérleti Telepén helyeztük el, a tenyésztőüzem által javasolt nevelési technológiának megfelelően. A vizsgálat 2020 őszén zajlott. A hizlalási idő 42 nap volt. A csirkék tartását a 6. ábra szemlélteti.



6. ábra: A csirkéknek kialakított fülkék

(saját felvétel)

A naposcsibék érkezésükkor egyedi megjelölést (szárnyjelzőt) kaptak, majd véletlenszerűen lettek a 3 kezelésbe elosztva. A kontroll (K) csoport madarai a teljes kísérlet időszakájában kukorica-búza-szója alapú takarmányokat fogyasztottak. Az S1 csoportban az indító takarmány tartalmazott 4% selyemhernyó (*Bombyx mori*) báb lisztet, és a nevelő- valamint befejező fázisban a kontroll csoporttal megegyező takarmányt kaptak. Az S2 csoportban a hizlalás második felében (nevelő- és befejezőtáp) tartalmazott a takarmány 4% selyemhernyó báb lisztet, míg az indítótáp a kontrollal azonos volt. A takarmányozási kezeléseket a 6. táblázat foglalja össze, a takarmányok összetétele a 7. táblázatban látható. A takarmányokba kevert

premixek összetételét (Agrofeed Kft. Győr) a 8. táblázat szemlélteti. A takarmányok számított táplálóanyag-tartalma a 9. táblázatban található. A takarmányokban felhasznált selyemhernyó báb liszt összetételét a 10. táblázat szemlélteti.

6. táblázat

**Takarmányozási kezelések a kísérletben**

| Kezelés          | Indítótáp | Nevelőtáp | Befejezőtáp |
|------------------|-----------|-----------|-------------|
| <b>K (n=30)</b>  | K indító  | K nevelő  | K befejező  |
| <b>S1 (n=30)</b> | S indító  | K nevelő  | K befejező  |
| <b>S2 (n=30)</b> | K indító  | S nevelő  | S befejező  |

K=kukorica-búza-szója alapú takarmány

S=4% selyemhernyólisztet tartalmazó takarmány

A kontroll és a kísérleti takarmányok összeállításánál a tenyésztői ajánlásokat vettük figyelembe (*URL*<sup>6</sup>) és arra törekedtünk, hogy a kontroll és a kísérleti takarmány esetében az azonos energia- és fehérjetartalomnál a számított aminosavösszetétel is lehetőleg azonos legyen a kétféle takarmány esetén. Ehhez előzetesen sor került a selyemhernyó báb liszt aminosavösszetételének meghatározására (10. táblázat).

A takarmányozási fázisok kialakításakor a tenyésztői ajánlásokat vettük figyelembe, így az állatok 1-10 napos korig indító-, 11-25 napos korig nevelő-, 26-42 napos korig pedig befejező takarmányt fogyasztottak. A takarmány keverékek összeállítását az Állatkísérleti Telep Himmelpunkt típusú takarmány keverőjében végeztük.

7. táblázat

**A kísérletben etetett takarmányok összetétele**

| Takarmány komponens        |   | K indító | S indító    | K nevelő | S nevelő    | K befejező | S befejező  |
|----------------------------|---|----------|-------------|----------|-------------|------------|-------------|
| <b>Kukorica</b>            | % | 31,00    | 32,90       | 34,20    | 36,00       | 39,60      | 41,10       |
| <b>Búza</b>                | % | 25,00    | 25,00       | 25,00    | 25,00       | 25,00      | 25,00       |
| <b>Extrahált szójadara</b> | % | 37,00    | 31,60       | 33,00    | 27,70       | 28,00      | 23,00       |
| <b>Selyemhernyó liszt</b>  | % | -        | <b>4,00</b> | -        | <b>4,00</b> | -          | <b>4,00</b> |
| <b>Takarmánymész</b>       | % | 1,00     | 1,00        | 1,30     | 1,30        | 0,90       | 0,90        |
| <b>Napraforgó olaj</b>     | % | 3,00     | 2,50        | 4,00     | 3,50        | 4,50       | 4,00        |
| <b>Indító premix*</b>      | % | 3,00     | 3,00        | -        | -           | -          | -           |
| <b>Nevelő premix*</b>      | % | -        | -           | 2,50     | 2,50        | -          | -           |
| <b>Befejező premix*</b>    | % | -        | -           | -        | -           | 2,00       | 2,00        |

\* Agrofeed Kft. Győr

## 8. táblázat

**A takarmányokban alkalmazott premixek összetétele**

| <b>Komponens</b> | <b>M. e.</b> | <b>Indító premix*</b> | <b>Nevelő premix*</b> | <b>Befejező premix*</b> |
|------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| <b>Lizin</b>     | g/kg         | 72,7                  | 82,9                  | 83,0                    |
| <b>Metionin</b>  | g/kg         | 93,0                  | 80,2                  | 50,0                    |
| <b>Ca</b>        | g/kg         | 137,7                 | 101,9                 | 125                     |
| <b>P</b>         | g/kg         | 77                    | 79,5                  | 52                      |
| <b>Na</b>        | g/kg         | 44,5                  | 53,3                  | 67                      |
| <b>A-vit.</b>    | NE/kg        | 506000                | 400000                | 500000                  |
| <b>D3-vit.</b>   | NE/kg        | 166666                | 200000                | 250000                  |
| <b>E-vit.</b>    | mg/kg        | 2850                  | 3400                  | 4200                    |
| <b>Fe</b>        | mg/kg        | 1620                  | 1950                  | 2430                    |
| <b>Cu</b>        | mg/kg        | 550                   | 650                   | 750                     |
| <b>Mn</b>        | mg/kg        | 4000                  | 4800                  | 6000                    |
| <b>Zn</b>        | mg/kg        | 3667                  | 4400                  | 5500                    |
| <b>I</b>         | mg/kg        | 40                    | 50                    | 60                      |
| <b>Se</b>        | mg/kg        | 13,4                  | 17,7                  | 19,4                    |

\* Agrofeed Kft. Győr

## 9. táblázat

## A kísérletben etetett takarmányok számított tápanyagtartalma

| Komponens            | M. e. | Indító-<br>táp K | Indító-<br>táp S | Nevelő-<br>táp K | Nevelő-<br>táp S | Befejező-<br>táp K | Befejező-<br>táp S |
|----------------------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Nyersfehérje         | g/kg  | 228,22           | 227,97           | 211,09           | 211,24           | 190,43             | 191,76             |
| ME_baromfi           | MJ/kg | 12,45            | 12,52            | 12,86            | 12,92            | 13,28              | 13,33              |
| Nyerszsír            | g/kg  | 53,14            | 56,14            | 63,22            | 66,21            | 68,83              | 71,79              |
| Nyersrost            | g/kg  | 32,56            | 30,27            | 31,29            | 29,02            | 30,04              | 27,85              |
| Nyershamu            | g/kg  | 63,22            | 63,98            | 59,29            | 60,10            | 49,96              | 50,94              |
| Lizin                | g/kg  | 14,44            | 14,40            | 13,23            | 13,22            | 11,47              | 11,54              |
| Metionin             | g/kg  | 6,21             | 6,66             | 5,20             | 5,66             | 3,92               | 4,40               |
| Metionin + Cisztin   | g/kg  | 10,05            | 10,41            | 8,80             | 9,18             | 7,25               | 7,66               |
| Treonin              | g/kg  | 9,06             | 9,24             | 8,04             | 8,23             | 7,02               | 7,25               |
| Triptofán            | g/kg  | 2,73             | 2,77             | 2,51             | 2,55             | 2,24               | 2,29               |
| Izoleucin            | g/kg  | 9,92             | 9,73             | 9,13             | 8,96             | 8,18               | 8,07               |
| Arginin              | g/kg  | 15,04            | 14,59            | 13,79            | 13,37            | 12,26              | 11,93              |
| Leucin               | g/kg  | 17,88            | 17,62            | 16,73            | 16,50            | 15,40              | 15,26              |
| Valin                | g/kg  | 10,67            | 10,77            | 9,90             | 10,01            | 8,97               | 9,14               |
| em. lizin            | g/kg  | 12,98            | 12,88            | 11,89            | 11,81            | 10,26              | 10,26              |
| em. metionin         | g/kg  | 5,87             | 6,24             | 4,88             | 5,26             | 3,64               | 4,03               |
| em. metinoin+cisztin | g/kg  | 9,09             | 9,39             | 7,91             | 8,22             | 6,44               | 6,78               |
| em. threonin         | g/kg  | 7,91             | 8,03             | 6,97             | 7,11             | 6,04               | 6,22               |
| em. valin            | g/kg  | 9,41             | 9,45             | 8,72             | 8,79             | 7,91               | 8,02               |
| em. triptofán        | g/kg  | 2,36             | 2,37             | 2,16             | 2,18             | 1,93               | 1,95               |
| em. izoleucin        | g/kg  | 8,92             | 8,70             | 8,21             | 8,01             | 7,35               | 7,20               |
| em. arginin          | g/kg  | 13,81            | 13,30            | 12,66            | 12,18            | 11,25              | 10,86              |
| em. leucin           | g/kg  | 16,22            | 15,92            | 15,19            | 14,92            | 14,02              | 13,82              |
| Ca                   | g/kg  | 8,77             | 8,76             | 8,34             | 8,33             | 6,75               | 6,75               |
| P                    | g/kg  | 6,54             | 6,48             | 5,98             | 5,92             | 4,88               | 4,83               |
| Na                   | g/kg  | 1,50             | 1,53             | 1,50             | 1,53             | 1,48               | 1,52               |
| Cl                   | g/kg  | 2,48             | 2,47             | 2,43             | 2,42             | 2,30               | 2,29               |
| Fitáz Ca             | g/kg  | 1,68             | 1,68             | 1,68             | 1,68             | 1,68               | 1,68               |
| Fitáz P              | g/kg  | 1,58             | 1,58             | 1,58             | 1,58             | 1,58               | 1,58               |
| Ca össz.+fitáz Ca    | g/kg  | 10,45            | 10,43            | 10,02            | 10,00            | 8,43               | 8,42               |
| P össz.+fitáz P      | g/kg  | 8,12             | 8,06             | 7,56             | 7,50             | 6,46               | 6,40               |
| DEB                  | meq   | 260,93           | 301,82           | 241,83           | 283,21           | 220,78             | 263,64             |
| A-vitamin            | NE/kg | 15 000           | 15 000           | 10 000           | 10 000           | 10 640             | 10 640             |
| D3-vitamin           | NE/kg | 5 010            | 5 010            | 5 000            | 5 000            | 5 320              | 5 320              |
| E-vitamin            | mg/kg | 85,50            | 85,50            | 85,00            | 85,00            | 89,38              | 89,38              |

## 10. táblázat

**A kísérletben alkalmazott selyemhernyó (*Bombyx mori*) báb liszt összetétele**

| <b>Aminosav</b>      | <b>g a. sav/100 g liszt*</b> | <b>g a. s./100 g fehérje*</b> |
|----------------------|------------------------------|-------------------------------|
| <b>Aszparaginsav</b> | 6,09                         | 10,64                         |
| <b>Treonin</b>       | 2,77                         | 4,84                          |
| <b>Szerin</b>        | 2,85                         | 4,98                          |
| <b>Glutaminsav</b>   | 8,14                         | 14,23                         |
| <b>Prolin</b>        | 2,82                         | 4,93                          |
| <b>Glicin</b>        | 3,10                         | 5,42                          |
| <b>Alanin</b>        | 3,07                         | 5,37                          |
| <b>Cisztin</b>       | 0,66                         | 1,15                          |
| <b>Valin</b>         | 3,06                         | 5,35                          |
| <b>Metionin</b>      | 1,98                         | 3,46                          |
| <b>Izoleucin</b>     | 2,33                         | 4,07                          |
| <b>Leucin</b>        | 3,75                         | 6,55                          |
| <b>Tirozin</b>       | 3,53                         | 6,17                          |
| <b>Fenilalanin</b>   | 2,71                         | 4,74                          |
| <b>Hisztidin</b>     | 2,01                         | 3,51                          |
| <b>Lizin</b>         | 3,72                         | 6,50                          |
| <b>Arginin</b>       | 3,29                         | 5,75                          |
| <b>Ammónia</b>       | 1,33                         | 2,32                          |
| <b>Összeg</b>        | 57,21                        | 100,00                        |
| <b>Tápanyag</b>      | <b>g/kg takarmány**</b>      |                               |
| <b>Száranyag</b>     | 947                          |                               |
| <b>Nyersfehérje</b>  | 597                          |                               |
| <b>Nyerszsír</b>     | 94,9                         |                               |
| <b>Nyershamu</b>     | 66,5                         |                               |
| <b>Kitin</b>         | 3,4                          |                               |

\* mért értékek

\*\*Padovai Egyetem által megadott adatok

A naposcsibék 30-31 °C-ra felfűtött baromfi istállóba érkeztek, a fülkékben az önetetők és önitatók segítségével az ad libitum takarmány- és vízfogyasztás biztosítva volt. A fülkékben faforgács almot használtunk. Az állatoknak néhány napig 24 órás megvilágítást biztosítottunk, majd ezt fokozatosan csökkentettük. Az istálló hőmérsékletét szintén fokozatosan csökkentettük úgy, hogy 21 napos korra érték el a 20 °C-ot.

A kísérlet során négyszer mértük az állatokat egyedileg (7. ábra): érkezéskor (1 napos korban), valamint a takarmányváltások idején (10 napos, 25 napos korban) és a kísérlet befejezésekor.



7. ábra: **Egyedi testsúly mérés** (saját felvétel)

Az állatok egyedi jelölésének köszönhetően követhető volt az egyéni teljesítmény a hízalási időszak alatt, így nemcsak a testsúlyt, hanem a súlygyarapodást is egyedileg tudtuk nyomon követni.

Az állatok ellátását a telep állatgondozói végezték, amelybe időszakosan magam is bekapcsolódtam. A napi feladatok közé tartozott az ivóvíz ellenőrzése, az itatók takarítása, a takarmány mennyiségének ellenőrzése, illetve pótlása, a napi adminisztrációs feladatok elvégzése, az állatok egészségének ellenőrzése.

Részt vettem a kontroll és kísérleti takarmányok elkészítésében, valamint a csirkék mérésében is.

#### 4.2. Kémiai vizsgálat módszerei

A takarmányok szárazanyag-tartalmát, valamint nyersrost és nyershamu-tartalmát a Magyar Takarmánykódex (2004) 2. kötetében ajánlott módszerek (5.1., 7.1., 9.1., fejezetek) alapján a Kar Állattudományi Tanszékének laborjában végeztük el. A nyersfehérje-tartalmat Dumas elven működő Rapid N cube (Elementar Analysensysteme GmbH, Németország) készülékkel mértük.

A selyemhernyóliszt aminosav-összetételt, valamint a kísérletben etetett takarmányok nyersrost-, cukor- és keményítőtartalmát Kaposváron a MATE Egyetemi Laborközpont Agrártudományi Laboratóriumában végezték el az alábbi módszerekkel:

- nyersrost tartalom (etetett takarmányok): 152/2009/EK III/I
- keményítő tartalom (etetett takarmányok): 152/2009/EK III/L
- összes cukortartalom (etetett takarmányok): MSZ 6830-26:1987
- aminosav-összetétel (etetett takarmányok, selyemhernyóliszt): MSZ EN ISO 13903:2005

#### **4.3. Biometriai elemzés**

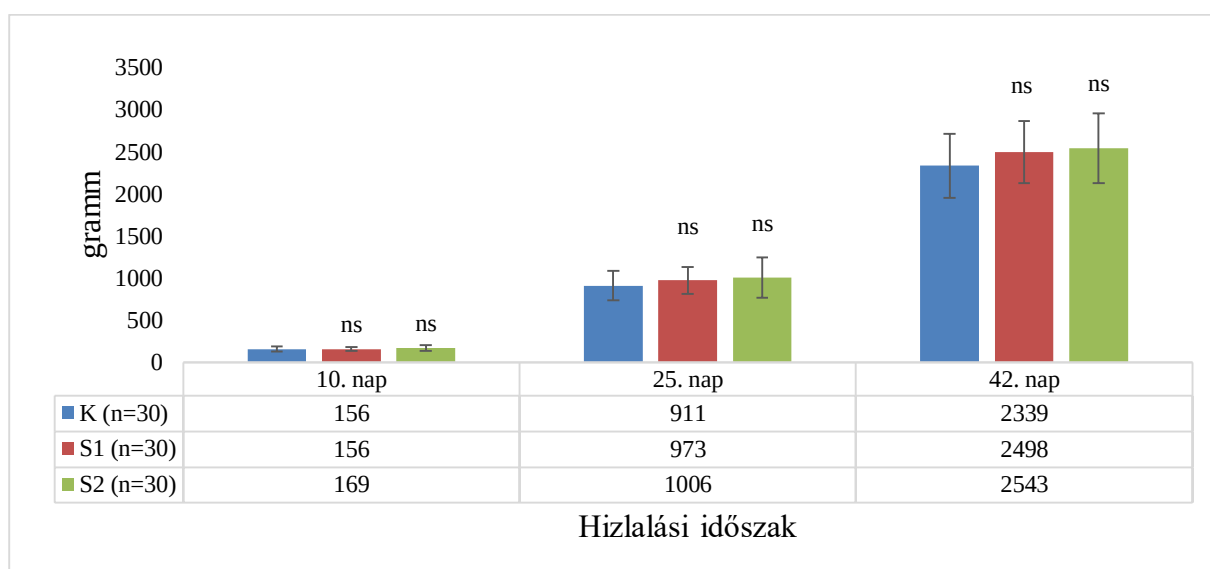
A kísérleti eredményeket egytényezős varianciaanalízissel értékeltük (Levene-teszt, one-way ANOVA , Bonferroni post hoc test homogén szórás esetén; Dunett T3 post hoc test heterogén szórás esetén) SPSS 13.0 for Windows program segítségével. A szignifikanciaszint  $p < 0,05$  volt.

## 5. Eredmények és értékelésük

### 5.1. Átlagsúlyok alakulása

A kísérlet során arra voltunk kíváncsiak, hogy a brojlercsirkék hizlalási teljesítményét hogyan befolyásolja, ha a kukorica-búza-szója alapú takarmányozáshoz képest a szója egy részét 4% selyemhernyóliszttel helyettesítjük. A következőkben a hizlalási teljesítmény eredményeit szeretném bemutatni.

A 8. ábra a madarak átlagsúlyának alakulását mutatja be. A naposcsibéket érkezéskor megmértük és véletlenszerűen helyeztük el őket a csoportokba. Valamennyi csoportban a kísérlet indulásakor az átlagsúly  $39 \pm 2$  g volt.



ns= nem szignifikáns azonos mérési időponton belül a K-hoz és egymáshoz képest sem

8. ábra: Az átlagsúlyok alakulása a kísérletben

A következő mérés az indítótáp etetésének befejezésekor volt, 10 napos korban, ahol azt találtuk, hogy az S2-es csoport csirkéi átlagosan 13 grammal nagyobb súlyúak voltak, mint a másik két kezelés állatai (169g vs. 156 g), de a különbség nem volt szignifikáns.

A nevelőtáp etetés időszakában a K és S1 csoport madarai a kontroll takarmányt fogyasztották, míg az S2-es kezelésben a rovarlisztes tápot kapták. A fázis végén, 25 életnapos korban az S2-es csoport madarainak súlya volt a legnagyobb 1006 g. Ugyanennél a mérésnél az S1-es csoport - ahol az 1-10. napig fogyasztottak rovarliszt tartalmú tápot a madarak - nagyobb súlyt ért el (973 g), mint a K csoport (911 g). Ugyanakkor a különbség egyik esetben sem volt szignifikáns. A kísérlet befejező fázisában a takarmányozási kezelés nem változott, vagyis a K és S1 csoport továbbra is kontroll takarmányt, az S2 pedig rovarliszt-tartalmú tápot fogyasztott. A kísérlet befejezésekor, a 42. napon, az állatok által elért súly a következőképpen alakult: legkisebb

átlagsúllyal a K kezelés madarai rendelkeztek (2339 g), az S1 csoportban 159 g-mal nagyobb átlagsúlyt (2498 g) mértünk, az S2 kezelés madarai (2543 g) pedig a legnagyobb értéket érték el. A mért különbségek azonban ebben az esetben sem voltak statisztikailag igazolhatók, valószínűleg a nagyobb szórások miatt.

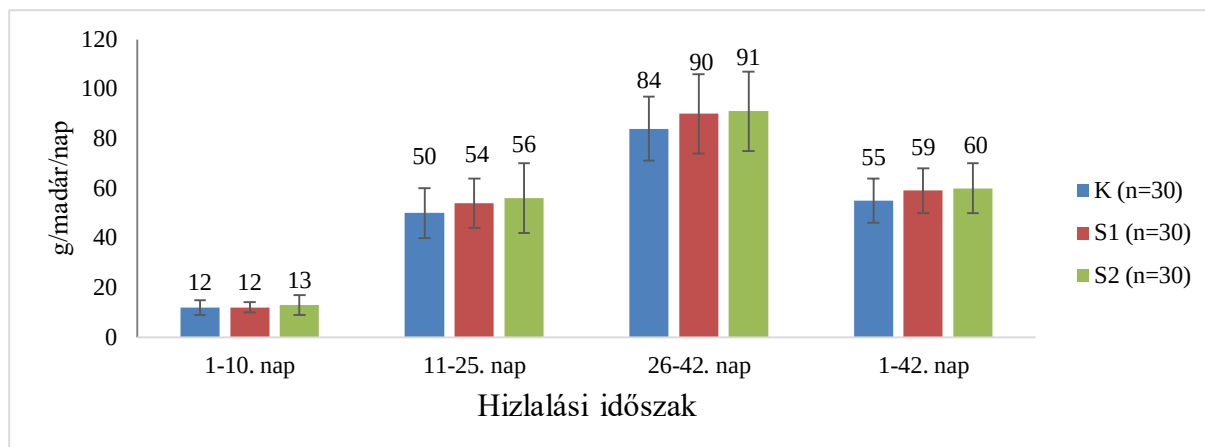
Más kutatásokban is vizsgálták már korábban a selyemhernyóliszt etésének a hatását brojlercsirke hizlalásban. *Ullah és mtsai* (2017) ketreces körülmények között neveltek brojlercsirkéket (Ross 308), mely során a takarmányban lévő szóját több kezelésben selyemhernyó (*Bombyx mori*) liszttel helyettesítették a befejező fázisban. Méréseik szerint a 22. naptól 6 %-os selyemhernyó lisztet tartalmazó táppal lehet a legmagasabb takarmányfelvételt és élősúlyt elérni, mellyel ők  $2143 \pm 4,33$  gramm átlagsúlyt értek el egyedenként a 42. napra.

Eredményeinktől eltérően egy másik kutatás szerint, a brojlercsirkék tápjába kevert 10 %-os házi légy (*Musca domestica*) nyúliszt szignifikánsan emeli a madarak vágósúlyát, a hagyományos szója alapú takarmánnyal szemben (*Hwangbo és mtsai*, 2009). *Khan* (2018) publikációja szerint a halliszt helyettesítésére használt selyemlepke báb liszt lineárisan növelte mindegyik kísérleti kezelés során (6 % HL – 0 % SBL; 4 % HL – 2 % SBL; 2 % HL – 4 % SBL; 0 % HL – 6 % SBL) a brojlercsirkék végleges súlyát. Hasonlóan javította a takarmányhasznosítást is a rovarliszt alkalmazása. A bábliszt alkalmazásával növelni tudta továbbá a hizlalás jövedelmezőségét is.

## **5.2. Súlygyarapodás alakulása a kísérletben**

A madarak súlygyarapodására vonatkozó adatokat a 9. ábra mutatja be. Az indítótáp etetés időszakában, az 1-10. napos korban, azt találtuk, hogy mindhárom kezelési csoportban szinte teljesen azonos volt a madarak napi súlygyarapodása (12-13 g/madár/nap). Ez azt mutatja, hogy a 4% selyemhernyóliszt tartalmú takarmány nem rontotta a súlygyarapodást az S1 csoportban. A nevelőtáp etetés fázisában (11-25. napos korban) a rovarlisztes takarmányt fogyasztó S2-es csoport madarai nagyobb súlygyarapodást (56 g/madár/nap) értek el, mint a másik két kezelés madarai (50-54 g/nap), ami a nagyobb átlagos élősúlyt eredményezte. A különbséget nem találtuk szignifikánsnak.

A befejezőtáp etetésekor (26-42. nap) hasonló tendencia volt megfigyelhető, mint a nevelő fázisban, de a csoportok közötti különbség ebben az esetben sem volt szignifikáns.



9. ábra: Súlygyarapodás a kísérlet egyes fázisaiban

Az egész hizlalási időszak alatt (1-42. nap) mért átlagos súlygyarapodás során az S1 és S2 csoportok madarai 59 illetve 60 g/madár/nap értéket értek el, míg a K csoport állatai 55 g/madár/nap eredményt adtak. Ez azt jelzi, hogy sem a hizlalás kezdetén, sem a hizlalás második felében etetett rovarfehérje-tartalmú táp nem befolyásolta kedvezőtlenül a napi súlygyarapodását a brojlersirkéknek.

Velten és mtsai (2018) tanulmányukban a takarmányban lévő szójadarát 50%-ban fekete katonalég (*Hermetia illucens*) nyüvekből készült darával helyettesítették. A 34 napos nevelési idő alatt az egyik rovarlisztes takarmányt fogyasztó kezelés madarai átlagosan napi 44 grammos, a másiké pedig 69 grammos súlygyarapodást értek el, ami hasonló, mint az általunk elért eredmény. Egy másik tanulmány szerint a takarmányokban 25%-ban (sz. a.%) alkalmazott fekete katonalég nyüliszt nincsen negatív hatással a súlygyarapodásra, a takarmány felvételre, valamint a takarmányhasznosításra. A kutatók szerint ez a rovarliszt alkalmas lehet a hagyományos fehérjehordozók kiváltására a brojlersirkék takarmányozásában (Józsefiak és mtsai, 2016).

### 5.3. Takarmányfogyasztás a kísérletben

A madarak takarmány fogyasztására vonatkozó adatokat a 11. táblázat tartalmazza. A hizlalás indító fázisában (1-10. nap) az S2-es csoport madarainak takarmányfogyasztása szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) eltért a másik két kezelés csirkéinek takarmányfogyasztásától. A nevelő szakaszban (11-25. nap) viszonylag egységes volt az állatok takarmányfogyasztása (73-74 g/madár/nap). A befejező fázisban az S1-es kezelés csirkéi fogyasztották a legtöbb takarmányt (166 g/madár/nap). A nevelő- és befejező szakaszban, valamint az egész hizlalási időszakot figyelembe véve nem találtunk a kezelések között szignifikáns eltérést.

11. táblázat

**Takarmányfogyasztás (g/madár/nap)**

| Kezelés          | 1-10. nap | 11-25. nap | 26-42. nap | 1-42. nap |
|------------------|-----------|------------|------------|-----------|
| <b>K (n=30)</b>  | 24±2 a    | 74±4       | 160±7      | 97±4      |
| <b>S1 (n=30)</b> | 25±4 a    | 74±3       | 166±10     | 99±4      |
| <b>S2 (n=30)</b> | 22±1 b    | 73±6       | 161±7      | 97±5      |

a, b: az oszlopokban jelenlévő különböző betűkhöz tartozó értékek között szignifikáns az eltérés ( $p < 0,05$ )

Biasato és mtsai (2017) szerint a tápokban alkalmazott nagyobb arányú közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) lárvaliszt alkalmazása növelheti a takarmányfelvételt, ezt selyemhernyóliszt etetésekor nem tapasztaltuk a kísérletben. Makkar és mtsai (2014) vizsgálataik során azt tapasztalták, hogy a takarmányban fekete katonalégy nyúliszttal kiváltott szójadara alkalmazásával a brojlercsirkék hasonló súlygyarapodást értek el, mint a kontroll csoport, de kisebb takarmányfelvétel mellett, ami miatt javult a takarmányhasznosítás.

Az eredmények tehát arra engednek következtetni, hogy a 4% selyemhernyóliszt alkalmazása nem rontotta a takarmányfogyasztást a nevelési időszak egyik fázisában sem.

**5.4. Takarmány-, energia- és fehérjehasznosítás**

Az állatok teljesítményében nemcsak az a fontos, hogy mekkora élősúlyt érnek el, hanem az is meghatározó, hogy ehhez mennyi takarmány, energia és fehérje szükséges a számukra. Ezért ezeket az értékeket is meghatároztuk.

12. táblázat

**Takarmány-hasznosítás (g/g)**

| Kezelés          | Indító (1-10.) | Nevelő (11-25.) | Befejező (26-42.) | Összes (1-42.) |
|------------------|----------------|-----------------|-------------------|----------------|
| <b>K (n=30)</b>  | 2,12±0,40 a    | 1,48±0,18 a     | 1,91±0,14         | 1,77±0,13 a    |
| <b>S1 (n=30)</b> | 2,09±0,32 a    | 1,36±0,10 b     | 1,87±0,22         | 1,70±0,12 b    |
| <b>S2 (n=30)</b> | 1,70±0,18 b    | 1,32±0,10 b     | 1,90±0,12         | 1,68±0,06 b    |

a, b: azonos oszlopon belül a különböző betűkhöz tartozó értékek között szignifikáns az eltérés ( $p < 0,05$ )

A madarak takarmányhasznosítása a 12. táblázatban látható. Az indító szakaszban (1-10. nap) szignifikáns ( $p < 0,05$ ) eltérést mutatott az S2-es kezelés madarainak takarmány-hasznosítása a másik két kezeléshez képest, annak ellenére, hogy a takarmánya a K csoporttal azonos volt. Az indító fázisban kísérletünkben a madarak más irodalomban található adattal összehasonlítva

gyengébb eredményt értek el. *Biasato és mtsai* (2018) közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) lárvá örleményt 5%-ban keverték brojler kakasok indító takarmányába, és az 1-12. napos időszakban 1,24 g/g takarmányhasznosítást értek el a madarak. *Biasato és mtsai* (2017) egy másik publikációja szerint, ugyanilyen arányban rovarlisztet tartalmazó takarmány hatására jércék 1,07 g/g-os takarmányhasznosítást értek el az 1-12. napon.

A nevelő fázisban a K kezelés csirkéinek takarmányhasznosítása szignifikánsan ( $p<0,05$ ) rosszabb volt, mint a másik két kezelés eredménye.

A befejező fázisban nem találtunk nagy eltérést a kezelések között.

Az egész hizlalási időszakot tekintve elmondható, hogy az S1 és S2 kezelés madarai (1,70 g/g; 1,68 g/g sorrendben) jobban teljesítettek a K csoport csirkéinél (1,77 g/g), ami arra utal, hogy ha az extrahált szója egy részét 4% selyemhernyóliszttal helyettesítjük, akkor az kedvezően befolyásolja a takarmányhasznosítást. Továbbá az is látható, hogy habár az indító fázisban a vártnál rosszabb volt a takarmányhasznosítás, a teljes kísérlet tekintetében azonban a brojlercsirke hizlalásra manapság jellemző értéket sikerült elérni, amely egy publikáció szerint 35 napos csirkék esetén 1,64 g/g (*Martínez és Valdivié*, 2021).

*Biasato és mtsai* (2017) is a saját eredményünkhöz hasonló takarmányhasznosítást publikáltak, melyben jércék az 1-40. napig tartó hizlalási időszak alatt 1,84 g/g-os takarmányhasznosítást értek el.

13. táblázat

**Fehérjehasznosítás (g/kg)**

| Kezelés          | Indító (1-10.) | Nevelő (11-25.) | Befejező (26-42.) |
|------------------|----------------|-----------------|-------------------|
| <b>K (n=30)</b>  | 485±91 a       | 312±37 a        | 364±26            |
| <b>S1 (n=30)</b> | 477±73 a       | 287±21 b        | 355±41            |
| <b>S2 (n=30)</b> | 389±42 b       | 279±20 b        | 364±23            |

a, b: azonos oszlopon belül a különböző betűvel jelölt értékek között szignifikáns az eltérés ( $p<0,05$ )

A takarmányhasznosítás alapján a fehérjehasznosítás is számolható (13. táblázat), ami arról ad információt, hogy egységnyi súlygyarapodáshoz mennyi fehérjére van szüksége az állatnak. Ennek a kiszámolásához a következő képletet használtuk:

takarmányhasznosítás (kg/kg)  $\times$  takarmány nyersfehérje tartalma (g/kg).

Az indító fázisban az S2 kezelés madarainak fehérje hasznosítása (389 g/kg) szignifikánsan ( $p<0,05$ ) jobb volt a másik két kezelésnél.

A nevelőtáp etetés időszakában a K kezelés állatainál tapasztaltunk szignifikánsan rosszabb ( $p<0,05$ ) eredményt a kísérleti csoportokhoz (S1, S2) képest.

A befejező fázisban nem tapasztaltunk eltérést a fehérjehasznosításban, ami várható volt, hiszen a takarmányhasznosítás sem tért el a csoportok között.

Az eredményeink alapján az látható, hogy a 4% rovarfehérje etetése vagy nem befolyásolta vagy javította a fehérje hasznosulást a brojlercsirkék esetében.

A kísérlet adataiból kiszámoltuk azt is, hogy hogyan befolyásolta az energiahasznosulást a rovarfehérje felhasználása, melynek eredményeit a 14. táblázat mutatja be. Az energia hasznosulás megmutatja, hogy egységnyi súlygyarapodáshoz mennyi energiára van szüksége a csirkéknek. Kiszámolásához a következő képletet használtuk:

$$\text{takarmányhasznosítás (kg/kg)} \times \text{takarmány energia tartalma (MJ/kg)}.$$

14. táblázat

**Az energia hasznosulás alakulása a kísérletben (MJ/kg)**

| Kezelés          | Indító (1-10.) | Nevelő (11-25.) | Befejező (26-42.) |
|------------------|----------------|-----------------|-------------------|
| <b>K (n=30)</b>  | 26,43±4,96 a   | 18,99±2,26 a    | 25,35±1,81        |
| <b>S1 (n=30)</b> | 26,22±4,00 a   | 17,48±1,29 b    | 24,78±2,88        |
| <b>S2 (n=30)</b> | 21,20±2,26 b   | 17,04±1,24 b    | 25,29±1,61        |

Az indító fázisban az S2-es kezelés csirkéinek energia hasznosítása szignifikánsan ( $p<0,05$ ) jobb volt a másik két kezelés madarainak teljesítményénél.

A nevelő szakaszban a K kezelés állatai teljesítettek szignifikánsan rosszabbul ( $p<0,05$ ) az S1 és S2 kezelés madaraihoz képest.

A befejezőtáp etetés szakaszában itt sem találtunk különbséget.

Mindez megegyezik a várakozásokkal, hiszen az energia hasznosulás alakulásánál is várható volt, hogy megegyezik a takarmányhasznosítás tendenciáival, hiszen annak felhasználásával számoljuk és arra törekedtünk, hogy azonos energia-tartalmúak legyenek a kontroll és kísérleti tápok.

Az egész hizlalás alatt egy állat elhullását tapasztaltuk az S2 kezelésben 35 napos korban, melynek oka valószínűsíthetően hirtelen szívhalál lehetett.

## 6. Összefoglalás

Az Európai Unióban a 2021 szeptemberében engedélyezték a rovarfehérje felhasználását a baromfi-takarmányozásban, amely az állattenyésztők- és tartók számára új lehetőségeket nyithat meg. A szakirodalomban fellelhető számos ezzel kapcsolatos vizsgálat arra utal, hogy a rovarok alkalmazása ebben az ágazatban működik, és ebben most már a jogi szabályozás is teret enged.

A Ross 308 hibrid kakasokkal elvégzett 42 napos hizlalási kísérlet adatai alapján az alábbi következtetések fogalmazhatók meg:

Az extrahált szójadara egy részének 4% selyemhernyóliszttel történő helyettesítése a hizlalás különböző fázisaiban:

- nem befolyásolta a hizlalás során az átlagos élősúly alakulását
- nem befolyásolta a súlygyarapodás alakulását a hizlalás során
- a takarmányhasznosítást kedvezően befolyásolta
- a fehérje- és energiahasznosítást a nevelő fázisban (10-25. napos kor között) javította

A kapott eredmények alapján elmondható, hogy a selyemhernyóliszt potenciális fehérjeforrás lehet a brojlercsirke hizlalásban.

További fontos vizsgálat a jövőben a rovarlisztnek a hús minőségére gyakorolt hatása, mert ezzel kapcsolatban nem egyértelműek az eddigi vizsgálatok eredményei, illetve a rovarliszt mennyiségének megállapítása a takarmány keverékekben, mert az irodalomban találtak szerint más koncentrációban is alkalmazhatóak lehetnek.

A jövőben véleményem szerint az igazán nehéz feladat az lesz, hogy a rovarokat megfelelő minőségben, illetve megfelelő mennyiségben elő lehessen állítani a jövőbeni kereslet fedezésére. Már Magyarországon is van takarmányozási célra rovarokat tenyésztő nagyüzem, és szerintem az ilyen üzemeknek a száma évről-évre nőni fog.

Nagy feladat még továbbá úgy gondolom egy szemlélet kialakítása, hogy a jövőben a gazdálkodók alkalmazzák a rovar tartalmú takarmányokat.

Véleményem szerint az első nagy probléma megoldódott, hisz a jogi szabályozás nyitott a rovar-takarmányok felé, a következő feladatok megoldása – a szemléletváltóztatás, illetve a különböző takarmányok piacra kerülése – pedig már folyamatban van.

## 7. Felhasznált irodalmak jegyzéke

- Araújo R.R.S., Benfica T.A.R.dos S., Ferraz V.P., Santos E.M.* (2019): Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil, *Journal of Food Composition and Analysis*, 76. 22-26. p., ISSN 0889-1575. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.005>.
- Bamgbose, A. M.* (1999): Utilization of maggot-meal in cockerel diets. *Indian Journal of Animal Science*, 69 (12): 1056-1058
- Benk Á.* (2019): Baromfitenyésztés. egyetemi jegyzet, Szegedi Tudományegyetem.
- Bogenfürst F., Horn P., Sütő Z., Kovácsné G. K., Kovács G.* (2011): Baromfitenyésztés. [https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0059\\_baromfitenyesztes/adatok.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0059_baromfitenyesztes/adatok.html)
- Bordiean A.; Krzyżaniak M.; Stolarski M.J.; Czachorowski S.; Peni D.* (2020): Will Yellow Mealworm Become a Source of Safe Proteins for Europe? *Agriculture*, 10. 233. p. <https://doi.org/10.3390/agriculture10060233>
- Bosch G.; Van Der Fels-Klerx H.J.; Rijk T.C.D.; Oonincx D.G.A.B.* (2017): Aflatoxin B1 tolerance and accumulation in black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and yellow mealworms (*Tenebrio molitor*). *Toxins*, 9. 185. p.
- Biasato I., Gasco L., De Marco M., Renna M., Rotolo L., Dabbou S., Capucchio M.T., Biasibetti E., Tarantola, M., Bianchi C., Cavallarin L., Gai F., Pozzo L., Dezzutto D., Bergagna S., Schiavone A.* (2017): Effects of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for female broiler chickens: implications for animal health and gut histology, *Animal Feed Science and Technology*, 234. 253-263. p. ISSN 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.09.014>.
- Biasato I., Gasco L., De Marco M., Renna M., Rotolo L., Dabbou S., Capucchio M.T., Biasibetti E., Tarantola M., Sterpone L., Cavallarin L., Gai F., Pozzo L., Bergagna S., Dezzutto D., Zoccarato I., Schiavone A.* (2018): Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for male broiler chickens: effects on growth performance, gut morphology, and histological findings, *Poultry Science*, 97. 2. 540-548. p. ISSN 0032-5791.
- Bovera F., Piccolo G., Gasco L., Marono S., Loponte R., Vassalotti G., Mastellone V., Lombardi P., Attia Y.A., Nizza A.* (2015): Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets, *British Poultry Science*, 56. 5. 569-575. p. DOI: 10.1080/00071668.2015.1080815
- Cullere M., Schiavone A., Dabbou S., Gasco L., Dalle Zotte A* (2019): Meat quality and sensory traits of finisher broiler chickens fed with black soldier fly (*Hermetia Illucens* L.) larvae fat as alternative fat source. *Animals*, 9. 4. 140. p. <https://doi.org/10.3390/ani9040140>
- Cullere M., Tasoniero G., Giaccone V., Acuti G., Marangon A., Dalle Zotte A.* (2018): Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: meat proximate composition, fatty acid and amino acid profile, oxidative status and sensory traits. *Animal*, 12. 3. 640-647. p., ISSN 1751-7311, <https://doi.org/10.1017/S1751731117001860>.
- Dublecz K.* (2011): Baromfitakarmányozás: Oktatási segédlet az Állattenyésztő mérnöki és a Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnöki MSc szakos hallgatók részére. Kaposvári Egyetem.
- De Marco M.; Martínez S.; Hernandez F.; Madrid J.; Gai F.; Rotolo L.; Belforti M.; Bergero D.; Katz H.; Dabbou S.* (2015): Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Animal Feed Science and Technology*, 209. 208–211. p.
- de Souza-Vilela J., Andrew N. R., Ruhnke I.* (2019): Insect protein in animal nutrition. *Animal Production Science*, 59. 2029-2036.

- Erickson M.C., Islam M., Sheppard C., Liao J., Doyle M.P. (2004): Reduction of *Escherichia coli* 0157: H7 and *Salmonella enterica* serovar enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *Journal of Food Protection*, 67. 685–690. p.
- Finke, M. D. (2002): Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21. 269-285. p.
- Finke, M. D. (2007): Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*, 26, 105–115. p.
- Finke, M. D. (2013): Complete nutrient content of four species of feeder insects. *Zoo Biology*, 32. 1. 27-36. p.
- Finke M.D., Oonincx D.G.A.B. (2019): Nutrient content of insects. Szerk.: A. van Huis, J. K. Tomberlin (2019). *Insects as food and feed – from production to consumption*. Wageningen Academic Publishers.
- Gariglio M., Dabbou S., Biasato I., Capucchio M., Colombino E., Hernández F., Madrid J., Martinez S., Gai F., Caimi C., Bellezza Oddon S., Meneguz M., Trocino A., Vincenzi R., Gasco, L., Schiavone A. (2019): Nutritional effects of the dietary inclusion of partially defatted *Hermetia illucens* larva meal in Muscovy duck. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 10. 10.1186/s40104-019-0344-7.
- Hall H.N., Masey O'Neill H.V., Scholey D., Burton E., Dickinson M., Fitches E.C. (2018): Amino acid digestibility of larval meal (*Musca domestica*) for broiler chickens. *Poultry Science*, 97. 4. 1290-1297.p., ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.3382/ps/pex433>.
- Heuel M., Sandrock C., Leiber F., Mathys A., Gold M., Zurbrugg C., Gangnat I.D.M., Kreuzer M., Terranova M. (2021): Black soldier fly larvae meal and fat can completely replace soybean cake and oil in diets for laying hens. *Poultry Science*, 100. 4., 101034, ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101034>.
- Houbraken M., Sprangers T., De Clercq P., Cooreman-Algoed M., Couchement T., De Clercq G., Verbeke, S., Spanoghe P. (2016): Pesticide contamination of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) for human consumption. *Food Chemistry*, 201. 264–269. p.
- Huis A., Van Itterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G., Vantomme P. (2013): Edible insects: Future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), Rome, Italy. - [https://www.researchgate.net/publication/311424459\\_Edible\\_insects\\_Future\\_prospects\\_for\\_food\\_and\\_feed\\_security\\_Food\\_and\\_Agriculture\\_Organisation\\_of\\_the\\_United\\_Nations\\_FAO\\_Rome\\_Italy](https://www.researchgate.net/publication/311424459_Edible_insects_Future_prospects_for_food_and_feed_security_Food_and_Agriculture_Organisation_of_the_United_Nations_FAO_Rome_Italy)
- Hwangbo J., Hong Eui-Chul, Jang A., Kang H., Oh J., Kim B., Park B. (2009): Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of environmental biology / Academy of Environmental Biology*, 30. 609-14. p.
- Ijaiya A.T., Eko E.O. (2009): Effect of replacing dietary fish meal with silkworm (*Anaphe infracta*) caterpillar meal on performance, carcass characteristics and haematological parameters of finishing broiler chicken. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8. 850-855. p.
- Józefiak, D., A. Józefiak, B. Kierończyk, M. Rawski, S. Świątkiewicz, J. Długosz, and R.M. Engberg (2016): Insects—A natural nutrient source for poultry—A review. *Annals of Animal Science*. 16. 2. 297-313. p., DOI: 10.1515/aoas-2016-0010.
- Khan, S. H. (2018): Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition, *Journal of Applied Animal Research*, 46. 1. 1144-1157. p., DOI: 10.1080/09712119.2018.1474743
- Khusro, M., Andrew, N., Nicholas, A. (2012): Insects as poultry feed: A scoping study for poultry production systems in Australia. *World's Poultry Science Journal*, 68. 3. 435-446. p. doi:10.1017/S0043933912000554
- Kierończyk B., Rawski M., Józefiak A., Mazurkiewicz J., Świątkiewicz S., Siwek M., Bednarczyk M., Szumacher-Strabel M., Cieślak A., Benzertiha A., Józefiak D. (2018): Effects of replacing soybean oil with selected insect fats on broilers. *Animal Feed Science and*

- Technology, 240. 170-183. p, ISSN 0377-8401, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.04.002>.
- Kovácsné G. K. (2017): Részletes állattenyésztéstan. Egyetemi előadás a környezetgazdálkodási agrármérnöki BSc szak részére. Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár.
- Król B., Šlupczyńska M. (2016): Ésszerű takarmányozás és állattartás. Wrocław, 2016, Wrocław University of Environmental and Life Sciences. <https://issuu.com/tudas-alapitvany/docs/livenutrition>.
- Kulma M., Kouřimská L., Homolková D., Božik M., Plachý V., Vrabec V. (2020): Effect of developmental stage on the nutritional value of edible insects. A case study with *Blaberus craniifer* and *Zophobas morio*. Journal of Food Composition and Analysis, 92. 103570, ISSN 0889-1575, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103570>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157519315571>)
- Lease H., Wolf B. (2011): Lipid content of terrestrial arthropods in relation to body size, phylogeny, ontogeny and sex. Physiological Entomology, 36. 29-38. p. 10.1111/j.1365-3032.2010.00767.x.
- Mahendra W., Rajaguru A. (1977): Use of silkworm (*Bombyx mori* L.) pupae as a protein supplement in poultry rations. Journal of the National Science Council Sri Lanka, 5.
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., Ankers, P. (2014): State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal Feed Science and Technology, 197. 1–33. p.
- Martínez Y., Valdivié M. (2021): Efficiency of Ross 308 broilers under different nutritional requirements. Journal of Applied Poultry Research, 30. 2. 100140, ISSN 1056-6171, <https://doi.org/10.1016/j.japr.2021.100140>.
- Meijer N., van der Fels-Klerx H.J. (2019): Health risk and EU regulatory framework. Szerk.: A. van Huis, J. K. Tomberlin (2019). Insects as food and feed – from production to consumption. Wageningen Academic Publishers.
- Mlček J., Adamek M., Adámková A., Borkovcová M., Bednářová M., Skácel J. (2017): Detection of selected heavy metals and micronutrients in edible insect and their dependency on the feed using XRF spectrometry. Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences, 11. 725–730. p.
- Nestel D., Papadopoulos N.T., Liedo P., Gonzales-Ceron L., Carey J.R. (2005): Trends in lipid and protein contents during medfly aging: an harmonic path to death. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 60. 3. 130-9. p. doi: 10.1002/arch.20091. PMID: 16235257.
- Niermans K., Woyzichowski J., Kröncke N., Benning, R., Maul R. (2019): Feeding study for the mycotoxin zearalenone in yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae—Investigation of biological impact and metabolic conversion. Mycotoxin Research, 35. 231–242. p.
- OECD (2021): Meat consumption (indicator). doi: 10.1787/fa290fd0-en (Accessed on 27 February 2021).
- Oonincx D.G.A.B., van Broekhoven S., van Huis A, van Loon J.J.A. (2015): Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-Products. PLoS ONE 10(12): e0144601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601>
- Paul A., Frederich M., Megido R.C., Alabi T., Malik P., Uyttenbroeck R., Francis F., Blecker C., Haubruge E., Lognay G., Danthine S. (2017): Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae, Journal of Asia-Pacific Entomology, 20. 2. 337-340. p. ISSN 1226-8615, <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.02.001>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1226861516305052>)
- Pieterse E., Pretorius Q., Hoffman L.C., Drew D.W. (2013): The carcass quality, meat quality and sensory characteristics of broilers raised on diets containing either *Musca domestica*

- larvae meal, fish meal or soya bean meal as the main protein source. *Animal Production Science*, 54. 622-628. p.
- Poma G., Cuykx M., Amato E., Calaprice C., Focant J.F., Covaci A.* (2017): Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. *Food Chemical and Toxicology*, 100. 70–79. p.
- Ramos-Elorduy J., González E.A., Hernández A.R., Pino J.M.* (2002): Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology*, 95. 1. 214-220. p.
- Tabata E., Kashimura A., Kikuchi A.* (2018): Chitin digestibility is dependent on feeding behaviors, which determine acidic chitinase mRNA levels in mammalian and poultry stomachs. *Scientific Reports*, 8. 1461. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19940-8>
- Ullah, R., Khan, S., Hafeez, A., Sultan, A., Khan, N. A., Chand, N., Ahmad, N.* (2017): Silkworm (*Bombyx mori*) Meal as Alternate Protein Ingredient in Broiler Finisher Ration. *Pakistan Journal of Zoology*. 49. 10.17582/journal.pjz/2017.49.4.1463.1470.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division* (2019): World Population Prospects 2019: Highlights. ST/ESA/SER.A/423.
- Rafi U., Sarzamin K., Abdul H., Asad S., Nazir Ahmad K., Naila C., Naseer A.* (2017): Silkworm (*Bombyx mori*) meal as alternate protein ingredient in broiler finisher ration. *Pakistan Journal of Zoology*, 49. 10.17582/journal.pjz/2017.49.4.1463.1470.
- Schiavone, A., S. Dabbou S., Petracci M., Zampiga M., Sirri F., Biasato I., F. Gai F., Gasco L.* (2019): Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on carcass traits, breast meat quality and safety *Animal*, 13. 10. 2397-2405.p., ISSN 1751-7311, <https://doi.org/10.1017/S1751731119000685>.
- Schiavone A., De Marco M., Martínez S., Dabbou S., Renna M., Madrid J., Hernandez F., Rotolo L., Costa P., Gai F.* (2017): Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8. 897–905. p.
- Schmidt J.* (2003): A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Sprangers T., Ottoboni M., Klotwijk C., Oryn A., Deboosere S., De Meulenaer B., Michiels J., Eeckhout M., De Clercq P., De Smet S.* (2017): Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97. 8. 2594-2600. p. doi: 10.1002/jsfa.8081. Epub 2016 Nov 14. PMID: 27734508.
- Szabó-Bódi B.* (2018): Az élelmiszerhulladékok szerepe a környezeti terhelésben. Doktori értekezés. Szent István Egyetem, Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola, Budapest
- van Broekhoven S., Gutierrez J.M., De Rijk T.C., De Nijs W.C.M., Van Loon J.J.A.* (2017): Degradation and excretion of the *Fusarium* toxin deoxynivalenol by an edible insect, the Yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *World Mycotoxin Journal*, 10. 163–169.p.
- van Huis A., Tomberlin J. K.* (2019): The potential of insects as food and feed. Szerk: *van Huis A., Tomberlin J. K.* (2019). *Insects as food and feed - from production to consumption*.
- van Huis A., van Itterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G., Vantomme P.* (2013): Edible insects: future prospects for food and feed security, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2013.
- Várnagy L.* (2017): Mérgezések. Szerk: Egri Borisz (2017): *Az állategészség-védelem alapjai*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Velten S., Neumann C., Bleyer M., Gruber-Dujardin E., Hanuszewska M., Przybylska-Gornowicz B., Liebert F.* (2018): Effects of 50 percent substitution of soybean meal by alternative proteins from *Hermetia illucens* or *Spirulina platensis* in meat-type chicken diets

with graded amino acid supply. Open Journal of Animal Sciences, 8. 119-136. p.  
doi: 10.4236/ojas.2018.82009.

#### **Internetes hivatkozások**

URL<sup>1</sup>: <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/poultry-species/chickens/en/> (Letöltve: 2021. 02. 27.)

URL<sup>2</sup>: <https://doi.org/10.4060/cb1329en> (Letöltve: 2021. 02. 26.)

URL<sup>3</sup>: [http://www.ksh.hu/docs/hun/eurostat\\_tablak/tab1/tag00043.html?lang=hu](http://www.ksh.hu/docs/hun/eurostat_tablak/tab1/tag00043.html?lang=hu) (Letöltve: 2021. 02. 27.)

URL<sup>4</sup>: [http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_zhc023a.html](http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_zhc023a.html) (Letöltve: 2021. 02. 27.)

URL<sup>5</sup>: <http://en.aviagen.com/> (Letöltve: 2021. 03. 26.)

URL<sup>6</sup>: [http://en.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Broiler/RossBroilerNutritionSpecs2019-EN.pdf](http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/RossBroilerNutritionSpecs2019-EN.pdf) (Letöltve: 2021. 03. 26.)

URL<sup>7</sup>: <https://ipiff.org/insects-eu-legislation/> (Letöltve: 2021. 04. 10.)

URL<sup>8</sup>: <https://www.poultryworld.net/Nutrition/Articles/2019/7/Insect-meal-Good-for-bird-and-eggs-451646E/> (Letöltve: 2021. 04. 10.)

URL<sup>9</sup>: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32002R0178> (Letöltve: 2021. 04. 10.)

URL<sup>10</sup>: <https://ipiff.org/> (Letöltve: 2021. 04. 10.)

## **8. Köszönetnyilvánítás**

Köszönettel tartozom Témavezetőmnek, Dr. Zsédely Eszternek, aki végtelen türelmével és szakmai tudásával hozzájárult a dolgozat elkészüléséhez.

Köszönöm az Állattudományi Tanszék dolgozóinak és munkatársainak segítségét, akik segítettek a vizsgálatok elvégzésében.

Köszönet illeti még az Állatkísérleti Telep dolgozóit, akik segítettek a csirkék mindennapi ellátásában.

Továbbá a padovai egyetemnek is köszönettel tartozom, amely a selyemhernyó lisztet biztosította a kísérlethez.

Végül köszönöm Mészáros Zsófiának a biztatást, ami végig kísért a dolgozat írásakor.

A dolgozat elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.