

SZAKDOLGOZAT

Lukács Noémi Kitti
Mezőgazdasági mérnök

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Mezőgazdasági Mérnök szak

A FEHÉRJEELLÁTÁS ÚJ ALTERNATÍVÁJA ÉS
FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI
A HAZAI TAKARMÁNYOZÁSBAN

Belső konzulens:	Ancsin Zsolt tudományos segédmunkatárs
Készítette:	Lukács Noémi Kitti CYH93Q levelező tagozat
Intézet/Tanszék:	Élettani és Takarmányozástani Intézet- Takarmánybiztonsági Tanszék

Gödöllő
2023

Tartalomjegyzék

1	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK	2
2	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
2.1	<i>A GLOBÁLIS ÉLELMISZERTERMELÉS PROBLÉMÁI</i>	<i>4</i>
2.2	<i>A SZÓJA (GLYCINE MAX (L.) MERILL), MINT A TAKARMÁNYOZÁS „MEGKERÜLHETETLEN” ALAPANYAGA</i>	<i>4</i>
2.3	ALTERNATÍV FEHÉRJEHORDOZÓK I.	5
2.3.1	<i>Olajosmagvak.....</i>	<i>6</i>
2.3.2	<i>Hüvelyes magvak</i>	<i>7</i>
2.3.3	<i>Hüvelyes zöld takarmányok</i>	<i>10</i>
2.3.4	<i>Akvakultúra fehérjeforrások.....</i>	<i>11</i>
2.4	ALTERNATÍV FEHÉRJEHORDOZÓK II. (ROVAROK ÉS LÁRVÁIK)	12
2.4.1	<i>Szabályozás múltja és jelene.....</i>	<i>12</i>
2.4.2	<i>Takarmányozásban betöltött szerep.....</i>	<i>13</i>
2.4.3	<i>A szójadara kiváltásának lehetőségei rovarfehérjével.....</i>	<i>14</i>
2.5	ALTERNATÍV FEHÉRJEHORDOZÓK III.	19
3	ANYAG ÉS MÓDSZER	22
4	KUTATÁS.....	23
4.1	<i>ROVARFEHÉRJÉK ÖKOLÓGIAI LÁBNYOMÁNAK VIZSGÁLATA.....</i>	<i>23</i>
4.2	<i>A CSILLAGFÜRT ÖKOLÓGIAI LÁBNYOMÁNAK VIZSGÁLATA</i>	<i>35</i>
5	KITEKINTÉS.....	41
6	SAJÁT ROVARLÉTESÍTMÉNY SZIMULÁCIÓTERVEZETE	42
7	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	47
8	ÖSSZEFOGLALÁS	52
9	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	54
10	IRODALOMJEGYZÉK.....	55
11	NYILATKOZATOK.....	59

1 BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

Az agrárium környezeti kitettsége miatt elmondható, hogy az elsődleges kihívás a termeléshez használt természeti erőforrások védelme és hatékony felhasználása, mind mikro, makro és globális szinten. Emellett nem elhanyagolható probléma a mezőgazdasági termelés és a fenntartható növekedés kérdése sem. A következő évtizedek legfontosabb kihívásai közé tartozik az ivóvízhiány, a fehérjeellátás és a klímaváltozás. Akárhogyan megnézzük az élelmiszertermelésünket vagy a mezőgazdaságunkat, mindig azt mutatja, hogy valamilyen nagyon súlyos civilizációs kataklizma felé haladunk, mert nem leszünk képesek ellátni sem elegendő mennyiségű, se minőségű élelemmel az egyre növekvő populációt. Az élelmiszer-előállítás volumenét legalább a duplájára kell növelni, hogy a lakosság ellátása megoldott legyen. Ez a robbanásszerű növekedés takarmányozási problémákat okozhat. A húsfogyasztás növekedésével szintén párhuzamosan nő az ipar keveréktakarmány gyártása is, melynek fő fehérjeforrása, a szójadara. Az EU szójafüggősége számottevően nagy és az ellátottsága az exportőr országoktól függ, így hosszútávú megoldáshoz alternatív utakat kell kidolgoznunk. Természetesen a világ minden táján keresik azokat a lehetőségeket, amelyeknek a segítségével a növekvő fehérjeszükséglet akadálytalanul, kedvező áron, illetve biztonsággal kielégíthető.

Ezekkel összefüggésbe hozható az a probléma, hogy míg a gazdák próbálják kielégíteni a népesség húsfelhasználását, addig a népesség jelentős része pazarló étkezéseket folytat, ez azt eredményezi, hogy a lakóhelyek kihívásokkal néznek szembe az egyre növekvő szerves hulladékmennyiség kezelésében. Az élelmiszerpazarlás (élelmiszerveszteség és -hulladék) lokális, illetve regionális szinten történő redukálása kiemelt feladat a cirkuláris gazdaságban. Ez egyben termőföld-, energia- és vízpazarlást is jelent, ezért ennek csökkentése hozzájárul a klímaváltozás mérsékléséhez. Az alacsony begyűjtési arány és a nem megfelelő hulladékkezelés jellemzi, az ellenőrizhetetlen ártalmatlanítás, pedig gyakoribb és ez egy égető problémát hordoz magában, hiszen ez, metánkibocsátással jár együtt. A hulladéklerakókból és a szennyvízből származó metán teszi ki a globális hulladékszektor kibocsátásának 90%-át vagyis a globális kibocsátás körülbelül 18%-a antropogén metánkibocsátású (Bogner és mtsai,2008). A keletkező szilárdhulladék mennyisége magas szerves hulladékkal, biohulladék frakciójával rendelkezik. Ezért fontos, hogy a biohulladék ártalmatlanításra kerüljön, olyan intézkedések kerüljenek előtérbe, mint a komposztálás vagy más szerves hulladékkezelési lehetőségek, mert ezzel jelentősen csökkenthető a metán kibocsátásának mennyisége.

A növekvő kereslet kihívást jelent a gazdák számára, így megannyi kérdéskör kapcsolódik

hozzá, például, hogyan tudnak a gazdák egyre több fehérjében gazdag, tápláló élelmiszert előállítani anélkül, hogy további terhelést okoznának az egyre törékenyebb környezetnek? Milyen szerepet játszik az állatállomány érendje a bolygónk megvédésében a következő generációkban? Ezek a kérdések és számos másik is, arra készítetik a szakembereket, hogy alaposabban vizsgálják meg a környezet és takarmány jövőjét. Szerencsére az alternatív fehérjeforrások ismerete gyakorlatban való kamatoztatása a jövőben alapvető jelentőségűvé válhat.

Szakdolgozatomban bemutatott szakirodalmi kutatás és elemzés célja az alternatív fehérjehordozók közül, a *Csillagfürt (Lupinus)* és a *Fekete katonalégy (Hermetia Illucens)* ökológiai lábnyomának összevetése, a szakirodalomban fellelhető szakirodalom hazai adatok kiegészítése. A hagyományos állati takarmány, például a szójaliszt vagy halliszt, egyre korlátozottabb és drága vagy magas föld, - és vízigényhez kapcsolódik. Ezért a biohulladékot, rovartenyésztéshez fehérjeforrásként használni és így állati takarmányba beépíteni, nagyon ígéretes alternatívának tűnik. Nagy potenciált látnak benne, hogy hatékony módja legyen, hogy a biohulladékot fehérjében gazdaggá alakítsa és állati takarmányozásra alkalmas, zsírban gazdag biomassza készüljön belőle, hiszen a hulladék mennyiségét nagy mennyiségben tudja csökkenteni és gyorsan tud begyűjthető lárvákat felnevelni, amelyek jelentős %-ú biomasszává konverálhatóak. A Fekete katonalégy, a biohulladékkezelésben vonzó lehetőség, mivel megoldást kínálhat a hulladékkezelésre, miközben fehérjeforrást is biztosít, hogy segítsen enyhíteni az állati takarmányok iránti növekvő globális keresletet. Azonban a mai napig nagyon kevés információ áll rendelkezésre arról, hogy ez a technológia hogyan teljesít a közvetlen üvegházhatású gázok kibocsátása és a Globális Felmelegedési Potenciál tekintetében. A fenntarthatósági kérdést is szem előtt tartva; létrejöhet-e szemléletbeli generációváltás a takarmányozás területén, illetve képezheti-e a hazai fehérjestratégia alapját ezek a takarmányalapanyagok a jövőben?

További cél volt, hogy a szakirodalmi áttekintést átültessem a gyakorlatba, kritikai szemlélettel átértékeljem, kitekintést végezzek más országok, illetve hazai rovarfehérje létesítményekre. Ezen ismeretek alapján, egy olyan rovarfarm tervét készítettem el, mely alkalmas egy gazda ökológiai lábnyom csökkentéséhez. Ezzel hazai viszonylatban elméleti megoldást nyújthatok, a rovarfehérjék termelésére is, szerves hulladékgazdálkodás tükrében is.

A szakirodalmi kutatásom és a tervezetem eredménye hozzájárulhat egy alternatív, fenntarthatóbb és környezettudatos hazai takarmányozás elterjedéséhez is, szem előtt tartva a tudásintenzív módon a fenntarthatóságot is.

2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 *A globális élelmiszertermelés problémái*

A globális élelmiszertermelés 1960 óta csaknem megháromszorozódott, hogy megfeleljen a növekvő népesség igényeinek. Az állati fehérje iránti növekvő kereslet a takarmányösszetevők iránti keresletet is ösztönözte, ezáltal fokozva a korlátozott természeti erőforrásokra nehezedő nyomást. Ezzel összefüggésben az Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezet rámutatott az alternatív takarmányok alkalmazásának sürgető szükségességére és nyomós okot ad a helyileg elérhető takarmányösszetevők felfedezésére, úgy, hogy a környezetre minél kevesebb terhet rójon. Maga a mezőgazdaság felelős a vízlábnyom 70–85 % -áért és a világ üvegházhatásúgáz-kibocsátásának 30 % -áért (Shiklomanov,2003).

A hústermelést az élelmiszertermelés legbefolyásosabb területe. Egy kilogramm marha-, bárány-, sertés- és baromfihús előállításához több kg gabonát igényel, ebből következik, az, hogy az ilyen mennyiségű gabonatermesztés, intenzív földhasználatot és vízfogyasztást igényel. Hatással van az ökológiai lábnyomra. Emberi ételmezést tekintve, pedig nem beszélve, akár a hosszú ellátási láncról, melynek szintén fenntarthatósági aggályai vannak és akár az orosz-ukrán háború vagy a koronavírus is megmutat, hogy ezek a hosszú ellátási láncok szétestek. Legyen minél erősebb a kapcsolat a felhasználó és a termelő között, minél jobban lássák egymást, mely az élelmiszervásárlási tudatosság nagy szükségünk van a XXI.században.

Az emberiség egy másik hatalmas problémája, a pazarlásból vagy a tudatosság hiányából fakadó élelmiszerhulladék keletkezése. Az ENSZ szerint, a világon évente, az emberi fogyasztásra készülő élelmiszerek 1/3-a, minden éven kárba vész, melynek egy része hulladéklerakóban köt ki, ahol nem tud természetes módon lebomlani, így metángáz képződik belőle, ami köztudott, hogy üvegházhatású gáz és erősebb, mint a szén-dioxid. Ennek a fő oka, az, hogy nincs kényelmes alternatíva ennek megoldására, a komposztálhatatlan hulladékok esetében is.

2.2 *A szója (Glycine max (L.) Merill), mint a takarmányozás „megkerülhetetlen” alapanyaga*

A szója világviszonylatban a legnagyobb területen termesztett hüvelyes kultúrnövény. A hihetetlenül nagy jelentőségét főként magas fehérjetartalmának köszönhetik, de se ökológiai, se agronómiai pozitívumai nem elhanyagolhatóak (Balikó és Kuszák, 1997). Az állati eredetű takarmányfélék, a növényi fehérjékkel való felváltása számos gazdasági előnyöket is magában rejt,

hiszen 1 g állati fehérje 5-6 g növényi fehérje lekötését valósítja meg (Kralovánszky,1975). Az állati takarmányozásban szükséges fehérjéket elsődlegesen importszójával fedezik; ezt az importot először az 1970-es években próbálták meg kiszorítani.

A *szójabab*, a legértékesebb hüvelyes mag. Nyersfehérjetartalma 36-41 % közé tehető. Magyarországon átlagosan 38 %, de ez fajtától és évjárattól is függ, illetve kiváló biológiai értéket tartalmazó olajat is tartalmaz, olajtartalmát tekintve, általában 18-22 % között mozog (Andriska és Ponyi,1989). Szinte tökéletesnek tekinthető a kiegyensúlyozott szójafehérje esszenciális aminosav összetétele. Más gabonafehérjékkel összevetve, kevesebb kéntartalmú aminosavakat tartalmaz (metionin, cisztin, cisztein), de lizinben (2,3-2,4%) gazdagabb, ennek következtében a kétféle fehérje optimálisan kiegészíti egymást (Sági,1997). Limitáló aminosava, a metionin (0,5-0,55 %). Nyersrosttartalma 3,8 – 6,4 %, amelynek 25 – 50 %-a emészthető (Kurnik,1976). Tápérték szempontjából elmondható, hogy magas szénhidrátartalma (30,1%). Kalóriadús tápanyagokban, vitaminokban, biológiailag aktív vegyületekben igencsak gazdag. A számos pozitív tulajdonságok mellett, számolni kell a táplálkozás-élettani szempontokból hátrányos anti-nutritív anyagokkal; a tripszin-inhibítorral, a hemagglutininnal, fitohemagglutininnal, antivitamin faktorokkal, növekedésgátlókkal. Ezek az anyagok gátolják a táplálék értékesülését, lassítják a fejlődő szervezetek növekedési ütemét, epehólyag összehúzódást is előidézhet, amely epesav leadását eredményezi a vékonybélbe, ha a proteolitikus aktivitás csökken, akkor károsodik a metionin metabolizmus, a hemagglutininek (lektinek) hatására. Nyersen etetve gátolja a tripszin hatását az emésztőcsatornában, ami kedvezőtlen hatással van a fehérjehasználásra (Vetési, 2007). Hőkezeléssel, áztatási eljárásokkal az anti-nutritív hatás inaktiválható (Andriska és Ponyi,1989). Általában nedves hőkezeléssel veszik el a tripszin-inhibitor hatását. A vajat és szalonnát lágyítja. Az új szójabab fajták: Ascasubi, Aires, Pannónia kincse.

2.3 Alternatív fehérjehordozók I.

A világ eljutott addig a pontig, hogy a kihívások a mindennapi élet részévé váltak a gazdasági haszonállatok takarmányozásában. Az energia után a második legdrágább tápanyag, a fehérje. A fehérjeelőállítás ökológiai lábnyoma igencsak magas. A fejlődő országban megnövekedő haszonállat szám, pedig egyáltalán nem kedvez a drágának mondható fehérjének, így mindenféleképpen alternatív fehérjeforrásokra van szükség. A megfelelő fehérjeforrások kiválasztása nem csupán gazdasági, de környezetvédelmi szempontból is kulcsfontosságú. A szójadarát követő fő fehérjeforrás a halliszt is kritikusnak mondható, mert a mérhetetlen csökkenése, az óceánok túlhalászata miatt következik be. Alternatív fehérjeforrások a szójabab, extrahált szójadara és a

halliszt helyettesítésére, kiváltására alkalmas források:

- Olajos magvak közül: *repce, gyapotmag, pálmamag, napraforgómag*
- Hüvelyes magvúak közül: *új szójafajták (Ascasubi, Aires, Pannónia kin-cse), édes csillagfürt, borsó, lóbab, csicseriborsó, bársonybab,*
- Hüvelyes zöld takarmányok: *lucerna, lucernaliszt*
- Levélfehérje: *fű, cukorrépa-levél*
- Vízi, akvakultúra fehérjeforrások: *mikroalgák, makroalgák, békalencse, krill, kagyló-dara*
- Rovarak, bogarak, lárvák: *Fekete katonalégy, lisztkukac, házi légy, házi tücsök, selyemhernyó*
- Mikrobiális fehérje: *bakteriális fehérjeliszt*
- Ipari melléktermékek: *DDGS, CGF, repcepogácsa, kukoricaglutén, DDG*

Haltakarmányozásban a halliszt kiváltására alkalmas alternatív fehérjeforrások:

- *Szójadara, repcedara, napraforgó dara, zabdara, gyapotmag dara, búza-dara, borsó.*
- *Baromfi hús/csontlisztet, tollisztet (hidrolizált), ráklisztet, vérlisztet, hal-szilázst, hússzilázst.*
- *Rovarlárvát, egysejtű fehérjét, fűféléket, levélfehérjéket, növény szilázst, zooplankton, élesztőt, fitoplankton, baktériumot és algalisztet. Fehérjetartalmuk: 4-85%*

2.3.1 Olajosmagvak

A **repce** (*Brassica napus*) és **repceliszt** széleskörben elterjedt és használt fehérjeforrás, melyet a szójabab helyettesítésére használnak. 30-40%-os nyersfehérjetartalommal bír. A repceliszt, antinutritív hatással bír, mely korlátozza a használatát. A glükozinolát (keresztesvirágúak antinutritív anyaga) tartalma jelentős, (<25 mikromol/g)(Pál,2007). Vegetatív részek és szemtermések is S-tartalmú glikozinolátokat tartalmaz, gátolják a jód beépülését a tiroxinba, amely pajzsmirigy hipertrófiával próbálja meg ezt kompenzálni. Ebből következik, hogy a szervezet anyagcseréje lassul, amely növekedési vissza,- illetve lemaradásokat is eredményez vagy akár a zöld

repvét fogyasztó juhok elvetélhetnek vagy golyvás bárányok jöhetnek a világra. A repce szemtermése, erukasavat is tartalmazhat, (nyerszír max. 2%-a), ami halízt, halszagot ad a repceolajnak. Az ún. dupla nullás (kis glikozid- és eukasavtartalmú) fajták, mint pl. a Kanola repce is tartalmaz 1-2% erukasavat (Vetési,2007). Tehát elmondható, hogy a glükozinolátok egyáltalán nem kedvezőek a takarmányozásban, de, ha repcefehérje-koncentrátumot használnának, az mentes a glükozinolátoktól, fehérjetartalma közel 57%-os (Jones,1979).

A **napraforgóliszt**, (*Helianthus annuus*) jól ismert alternatív fehérjeforrás, de magas a fenoltartalma, főleg a klorogénsav, amiről köztudott, hogy rontja a fehérjeértékesítést (Gonzalez- Perez és mtsai 2002), így ez a fő korlátozó tényezője, annak, hogy használni lehessen (Mulder,2010). Fehérje szempontjából nem optimális a monogasztrikus állatokat tekintve, de esetleges használatkor aminosav-kiegészítést kell alkalmazni.

Az olajpálma (*Elaeis guineensis*)- **pálmamag dara**:<18%-os, közepes nyersfehérjetartalommal rendelkezik, de lizin és metionin hiányos. Magas, akár 20%-os nyersrosttartalom jellemzi (Mézses,2018).

A gyapot (*Gossypium hirsutum*) -**gyapotmagliszt** kapcsán a legnagyobb probléma, hogy számos országban, csak géntechnológiával módosított fajták állnak a rendelkezésre. A fehérjetartalma 30% és 50% közé tehető, de függ a fajtától és az olajkinyerés módjától. Átlagosan magas, 40%-os nyersfehérjetartalom jellemz, közepes emészthetőséggel. Magas, 15%-os a nyersrosttartalma. *Monogasztrikus állatok* számára nem optimális, hiszen alacsony a lizintartalma. Gátló vegyületet tartalmaz, a gosszipolt, ami egy polifenolos aldehid, amely képes behatolni a sejtekbe és enzimet gátolni (Elsimar,2002). Ezt a vegyületet a takarmányozási és gyártási technológiák nem tudják inaktiválni, mert a gosszipol, egy vaskelát-képző és kiegészítésként vasat követel (Światkiewicz és mtsai,2016).

2.3.2 Hüvelyes magvak

A takarmányozáshoz használt **Csillagfürtnek** (*Lupinus*), magas a nyersfehérjetartalma (32-42%), de ez a hántolás módjától és fajtájától függ (Sujak és mtsai,2006). Aminosav-összetétel szempontjából, metionin kiegészítést igényel, különösen baromfi esetében. Az alkaloid tartalma miatt használata korlátozandó, ha 0.04%-nál kevesebb, akkor fiatal állatok számára még adható (Ciesiolka és mtsai,2005). Kevés antinutritív anyagot tartalmaz. Limitáló tulajdonsága, a magas NSP (Nem keményítő alapú poliszacharid) - tartalom miatt nemkívánatos hatásokat is okozhat a baromfikban, de ez csökkenthető, például a héjak eltávolításával, hántolással vagy exogén NSP enzim hozzáadásával. Az emészthetőség javítása érdekében Naveed és mtsai

(1998), hajtalanított csillagfürtöt keverték a brojlerek takarmányához. Az eliminálásra enzimekészítményeket keverték a *baromitakarmányához* és kiegészítő módszereket is alkalmaztak, mint a koplalás, mikornizálás stb., így próbálván kiküszöbölni az NSP hatását. Míg más kutatók, arra jutottak, ha 20. napos korig etetnek 8-16-24% csillagfürtöt, akkor a súlygyarapodás, a látszólagos fehérjeemészthetőség csökkenése, a vékonybél viszkozitása nő. Ugyanerre a következtetésre jutottak Farrel és mtsai (1999) is, ahogy növelték a csillagfürt mennyiségét, hígabb ürülékürítést és vékonybél viszkozitást tapasztaltak, ebből, azt a következtetést vonták le, hogy 10%-nál nagyobb mennyiséget nem ajánlott adni. Gilbert és mtsai (2000) szintén brojlerek takarmányozásával kísérletezett, 8-19. napos brojlerek takarmányába 20-40 % arányban keverte a kétféle csillagfürtöt, amelyekhez egyidejűleg adtak xilanázt és cellulázt. A kísérlet eredményeként, azt tapasztalták, hogy a csillagfürt etetésével növekedést és takarmányértékesítést értek el, de a plusz xilanáz csak 20%-os csillagfürt fogyasztást eredményezett, míg a celluláz hozzáadásával javult a termelési volumen, de 20%-nál nagyobb mennyiségben nem javasolnak csillagfürtöt hozzáadni. Ennek ellenére Perez-Maldonado és mtsai (1999) rávilágított arra, hogy 25% édes csillagfürt etetése hasnyálmirigynagyobbodással és vékonybél-tartalom viszkozitás növekedésével jár. Kijelenthető, hogy tojótyúkók esetében 20-30%-kal, brojlereknél 10-25-40%-kal, pecsényekacsa esetében, pedig 10-20%-kal kell számolnunk (Pál, 2017). Tojótyúkók-nál 7-10 %-os használata során, se a tojástermelésre, se a tojás minőségére nincs kedvezőtlen hatással, de ezt elmondhatjuk a tenyészludak és tenyészkacsák esetében is (Vetési és mtsai,2004). Amikor bronzpulykák-kal végeztek etetési kísérleteket, akkor beszámoltak a kiváló takarmányértékesítésről, a kedvező húsminőségről, illetve a jó gazdaságossági mutatókról is; libáknál kedvező hatással rendelkezik (Dr. Gerendai,2006-Podmaniczky,2006). Pecsényekacsáknál megállapították, hogy az extrahált szójadara teljesen kiváltható a csillagfürttel, kortól függően 13–20%-ban is belekeverhető a tápba (Mihók,1997). Összességében magas fehérjetartalommal (32-42%) rendelkeznek, de metionhiányosak. Magas rosttartalom jellemzi (25%), de enzimkiegészítést igényel (xilanáz, celluláz), de hántolással ez csökkenthető. Magas alkaloidtartalommal rendelkeznek (lupinin, lupanin, spartein, lupanidin), de elérhetőek alacsony alkaloidtartalmúak, melynek alkaloidtartalma kevesebb, mind 0,04%. Általános bekeverési arány: Brojlerek esetében 10-15%. Tojók esetében 20% (Mézes,2018).

Alkaloid szempontjából a *halakra* is veszélyes lehet, hiszen az alkaloidok keserűek, így a halak takarmányfelvétele emiatt csökken, annak ellenére, hogy gyenge az ízérzékelésük. A pisztrángok, 50%-kal is etethetőek (Mézes, 2016).

Sertéseknél általában minden korcsoportban alkalmazható, de 5-10% az ajánlott, hogy tartalmazza az etetési keveréktakarmány.

A **Borsó** (*Pisum sativum*) fehérjetartalma a legkisebb az összes hüvelyes magvúak között, mindösszesen 23-27% nyersfehérjét tartalmaz, amely lizinben gazdag, de metioninból és triptofánból a lizinhez képest sokkal kevesebb található benne, mint amennyi szükséges lenne (Vetési,2007). A borsó fehérjekoncentrátum 80% nyersfehérjetartalommal, illetve TIA: 2-2.5 TIU/mg rendelkezik (Vetési,2007). Mérsékelt aminosav kiegészítést igényel, a monogasztrikus állatokat takarmányozás esetében. Nyerszsírtartalma kicsi, rosttartalma közepesnek mondható. Etetés előtt hőkezelés szükséges, az antinutritív anyaga, a tripszin-inhibitor miatt (Van Krimpen és mtsai,2013). A technológia szempontjából az őrlés, a hántolás és a hőkezelés a kedvező.

Baromfitakarmányozás tekintetében, míg a fiatal baromfi esetében 20%, kifejlett állatnál 25% (+pektináz 40%) (Pál,2017). Valdebouze és mtsai (1980) beszámolt arról, hogy a téli típusok (5700-11.700 U/g) tripszingátló aktivitása (TIA) kétszerese volt a tavasszal vetettekkel (2700-550 U/g) szemben. Ha számottevően nagy mennyiségben kell fehérjét biztosítani, akkor a szójaliszt helyettesítésére a borsó a legalkalmasabb.

Becslések szerint, a borsókeményítő piaca meg fog nőni, ez annak lesz köszönhető, hogy a *malacok* takarmányozásában kulcsfontosságú szerepe lesz, hiszen alkalmazása révén a bélbolyhok vitalitása és fejlődése nő, bél egészségének javulását, megakadályozhatja a korai elhullást is (Mézes, 2018).

Halak esetében, szójával együtt, lazaccal nem etethető, hiszen, olyan interakciót vált ki, amely káros hatású lehet, de ennek oka még ismeretlen (Mézes, 2016).

A **Lóbabot** (*Vicia faba*) az állati takarmányozásban ritkán és korlátozottan használják. A lóbab 25-30%-os nyersfehérjetartalommal bír, így kijelenthető, hogy nyersfehérjetartalma alacsonyabb, mint a szójababliszté. 7-9% nyersrostot tartalmaz (Vetési,2007). Mivel a lóbab is hüvelyes növény, így tartalmaz antinutritív anyagot, tripszin-inhibitor és tanninok a jellemzőek, de ezek hőkezeléssel részben elbonthatóak. A lóbab, egyéb potenciálisan mérgező vegyületeket is tartalmaz, mint a vicin és a divicin (Mézes,2018), amelyek alkaloid glükozidok és hozzájárulnak a favizmushoz, mind az állatban, mind az emberben egyaránt. Főzéssel ez inaktiválható, de ezt takarmányozásban nem szokták használni, hiszen túlzottan energiaigényes technológia. A *baromfitakarmányozást* illetően, a brojlerek maximum 20%, a tojótyúk, maximum 30% (Farrel és mtsai,1999).

Csicseriborsó (*Lathyrus sativus*), nyersfehérje szempontjából 26-25%-kal rendelkezik. Metionin és cisztein pótlást igényel, ha *baromfitakarmányozásban* használják. Antinutritív anyaggal is rendelkezik, tripszin inhibitor formájában, ezért *monogasztrikus állatok* etetésénél hőkezelés szükséges (Mézes,2018). Neurotoxikus vegyületeket is tartalmaz.

Bársonybab (*Mucuna pruriens*) is hasznos alternatívája a szójának, de főként Indiában elterjedt. A *baromfitakarmányozásban* 40%-kal növelhető a termelési volumen (Vadivel és mtsai,2011). Nyersfehérjetartalma 26,3%-ra tehető, de értékesülését korlátozzák egyes antinutritív anyagok, a fenolok, tanninok, tripszin-inhibitorok és fito hemagglutináló szerek (Mézes,2018). Megelőzőként szolgál, ha megfelelően feldolgozzák a babot, oldatos áztatással (Vadivel és mtsai,2000).

2.3.3 Hüvelyes zöld takarmányok

A **Lucernából (*Medicago sativa*)** különböző formában, különböző szárítási és feldolgozási módszerekkel lehet belőle takarmányt előállítani. Számítások alapján, az átlagos nyersfehérjetartalma 19-22%. Fehérjehozama a levelektől függ (értékes táplálóanyag 70%-a levélben található), a szár, pedig rostban gazdag, ezért a lucernaszéna minőségét nagymértékben a levél-szár arány befolyásolja (Vetési, 2007).

A *monogasztrikus állatok* takarmányozásában sokáig korlátozott, -főleg a sertéstakarmányozásban,- a szaponin tartalma miatt, de már rendelkezésre állnak szaponinmentes fajták is (Sen és mtsai,1998). A zöldbimbós, fiatal-zsenge állapotban kaszált, ázás nélküli, betakarított, vékony szárú, dús levélzetű, kellemes, jó illatú takarmány; ásványianyag,- Ca,- és karotintartalma nagy. Nyersrosttartalma 20-25%, karotintartalma 30-50mg/kg sz.a. Ha esőben történik a kaszálás, bálázás, akkor a nagy nedvességtartalom (<20-22%) miatt a széna bemelegszik, amelynek következtében a szénhidrát tartalom karamellizálódik, fehérjetartalom denaturálódik és az emészthetősége csökken (Vetési, 2007).

A **Lucernalisztet**, forró levegős eljárással, megszáritva készítik, amelyet lisztté őrölnek. Karotintartalom megőrzése a legnagyobb értékük, de korlátlan mennyiségben nem etethetőek egyetlen állatfajjal sem.

A *monogasztrikus állatok* esetében a nyersrosttartalom a korlátozó tényező, ezért a hízósertések abrakkeverékében 6% és 12 % közé tehető, így a *brojlertápok*ban 2-3%, a *tojótápban*, pedig 4-6% keverhető (Vetési, 2007).

A **levélfehérjék**, „zöld atombombák”, értékes alternatív fehérjeforrások, különösen a lucerna levele, melyet előszeretettel használnak levélfehérje- koncentrátumok előállításához. A Levélfehérjekoncentrátum technológia első szabadalmaztatója a magyar gépészmérnök, Ereky Károly, aki az 1920-as években szabadalmaztatta a zöldmalom eljárást, amely során fehérjedús takarmányokat állított elő friss növényekből. A fő probléma, a levélfehérje kinyerése és a tisztítása, hiszen ezek, mind hatással vannak a fizikokémiai tulajdonságokra, fehérjék tápértékére.

Az emészthetőség csökken, Maillard-reakció megy végbe, melynek következménye, hogy az oxidált polifenolok képződnek, amelyek csökkentik a lizin abszorpciót vagy más aminosavakét is (Moughan és mtsa,2008). Magyarországon a '70-es években két lucerna-biofinomító üzem épült. A szabadalmaztatott VEPEX, Vegetable Protein Extract technológiát használták, a barnaléből, növényi savóból továbbtenyésztett élesztő előállítását, amely az SCP, Single-Cell Protein nevet kapta. Kínában is épült üzem, ahol a lucernát préselik, majd a kipréselt lé szűrésével és centrifugálásával folytatódik a feldolgozás, ahol a végtermék, a fehérje, illetve pellet keletkezik. Itt fontos megjegyezni, hogy a fehérjét természetes módon vonják ki a lucerna leveléből, tehát nincs kémiai emisszió vagy kémiai szintézis, illetve a keletkező szennyvíz sem alkalmas a környezetszennyezésre.

2.3.4 Akvakultúra fehérjeforrások

Az akvakultúra eredetű fehérjeforrások is szóba jöhetnek, mint alternatíva az alacsony földhasználat és jó fajlagos fehérjehozam alapján.

Mikroalgák: Manapság a cianobaktériumfaj között az *Aphanizomenon flos-aquae*-t, *Spirulina maxima*-t, és a *Spirulina pratensis*-t alkalmazzák nagyüzemben tenyésztett körülmények között, míg a zöld algák közül, az értékes fehérjetartalma miatt, pedig a *Chlorella* fajt. A különböző mikroalgák 25-50% nyersfehérjét tartalmaznak, szárazanyag-tartalomra vetítve (Becker,2007), de magas víztartalommal bírnak, ezért szárítják őket. Mesterséges tavakban tenyésztik, betakarítás után szárítják, majd lisztet készítenek belőlük, ami 45% fehérjetartalommal és hasznos esszenciális aminosavakkal bír (Popp és mtsai,2016b). Az algatenyésztésnek két technológiája ismert, a heterotróf, fermentációs, melyet élelmiszeriparban olajként használnak és az autotróf (napfény+CO₂) eljárás, amely során biodízelgyártáshoz termelnek olajat. De ez az eljárás, sajnos megbukott.

Algaliszt, a *Spirulina* 34 sz.a.% hamu, 42% sz.a.nyersfehérjével rendelkezik, így maximum 50 g/kg adható a brojlereknek (Gongnet és mtsai,2001). A lehetőségeket és kockázatot tekintve, rendelkeznek baktérium-, toxin-, nehézfém-tartalommal. A táplálóanyag-tartalom igencsak változatos (cellulóz tartalmú sejtfal). Kísérleti szinten a *Spirulina* bizonyult leghatékonyabbnak, a és legmagasabb fehérjeértékesüléssel és javította az immunválaszt (Kovács és mtsai,2016).

Makroalgák: Tengeri moszatot, hínárt, nem a fehérjéje miatt termesztik Ázsiában, hanem alginát állítanak elő belőle, melyet emberi táplálékként használnak, illetve szerves trágyát készítenek belőle. Ezek a potenciális fehérjeforrások 10-30 % nyersfehérjetartalommal bírnak (Mézes,2018).

Békalencse nyersfehérjetartalmát tekintve 35-45%, de ez függ a környezet tápanyagtartalmától is. Tápanyagban gazdag környezetben (iszap) a *Púpos békalencse (Lemna gibba)* nyersfehérjetartalma eléri a 40%-ot is, addig alacsony tápanyagtartalomú környezetben csak 9% (Hassan és Chakbari, 2009). Takarmányfelhasználást illetően, a szárítási eljárás igen drága. Tehát a szárítási idő és a technológiai igény (90% sz.a.), illetve a dioxin és arzéntartalom miatt számos kockázatot rejt magában.

Az **antarktisi vörösrák** (krill) is alternatív utakat nyithat meg, de elsősorban jelenleg csak Norvégia és Kína érdekelt a fogásában. Krill főterméke az olaj, melyet táplálékiegészítésként használnak, viszont a mellékterméke a liszt, melyet főleg akvakultúrában használnak, mint takarmány.

2.4 Alternatív fehérjehordozók II. (rovarok és lárváik)

2.4.1 Szabályozás múltja és jelene

Az Európai Unió, csak rovarokat és lárváikat engedélyezte használatra és kizárólag halak, háziállatok, valamint más gazdasági haszonállatok takarmányozására és csak rovarfehérje hidrolizátumokat (melyeknek a molekuláris tömege 10.000 Dalton² alatti (a Bizottság 2017/893/EU rendelete). A rendelet a rovartenyésztés szubsztrátját is limitálja, ami azt jelenti, hogy nem állati-eredetű hulladékon nevelhetőek. Ahhoz, hogy takarmányozásban részt vehessenek, a termelésnek meg kell felelnie az (EK) rendelet kritériumainak. Az EFSA (2015) minősítette azokat a rovarokat, rovarfajokat, amelyeket közvetlen takarmányozásra vagy fehérjeforrásként biztonságosnak találtak, ezek a fajták részletes toxikológia vizsgálatokon is átmentek. Ilyenek: a halliszt, a nem-kérődző állatokból származtatható vérkészítmények, az állati eredetű di-, illetve trikálcium-foszfát, a nem kérődző állatokból származó hidrolizált fehérje, a nem kérődző állatokból származó zselatin és kollagén, a tojás és tojás termékek, a tej, tej alapú és tej feldolgozásából származó termékek, valamint a kolosztrum, a méz és a vegyes állati zsír.

Vizsont az állati eredetű hulladék, trágya használata tilos, minimalizálva a patogén, illetve prion fertőzés veszélyét. A 999/2001/EK (TSE) rendeletben meghatározásra került a *tenyésztett rovarok* fogalma. Az 1069/2009/EK rendelet 3. cikke (6) bekezdésének a) pontjában szereplő meghatározás szerinti, azon rovarfajokhoz tartozó haszonállatok, amelyeket a 142/2011/EU rendelet X. melléklete II. fejezete 1. szakasza A. részének 2. pontjával összhangban feldolgozott állati fehérje előállítására engedélyeztek: **Fekete katonalégy (*Hermetia illucens*)**, *Közönséges*

házilégy (Musca domestica), Közönséges lisztbogár (Tenebrio molitor), Penészevő gabonabogár –Alombogár (Alphitobius diaperinus), Házi tücsök (Acheta domesticus), Sávós tücsök (Gryllodes sigillatus), Banántücsök (Gryllus assimilis). Európai Unión kívüli más országokban számos rovarfaj és azok lárvái is felhasználásra kerülnek a gazdasági haszonállat takarmányozásában. Köztük a *Selyemhernyó (Bombyx mori)*, amelyből Kína több tízezer tonna/ év termelést produkál; a *Vörös sáskát (Nomadacris septemfasciata)*, pedig Afrikában és Ázsiában használják takarmányozásra. A 142/2011/EU rendelet X., XIV. és XV. melléklete határozza meg azokat a rovarfajokat, melyekből takarmányt lehet előállítani. Az Európai Unió a Fekete katonalégy lárva-ját engedélyezi baromfi és sertés számára is. A rovarok, mint gazdasági haszonállatokra, ugyanúgy vonatkozik és alkalmazandók a takarmányozási tilalom rendelkezései, ezért a jogszabályok meghatározzák, hogy a belőlük származó anyagok, milyen állatfajokkal etethetőek, illetve maga a rovarok takarmányozására milyen anyagok (ún. szubsztrátok) alkalmazhatóak.

2.4.2 Takarmányozásban betöltött szerep

A 2.4.1 Szabályozás múltja és jelene c. fejezetben megemlítésre került, hogy a fajták részletes toxikológiai vizsgálaton mennek át, ehhez kapcsolódva egyik legfontosabb kérdés a lehetnek-e mikroorganizmusok vektorai? Elmondható, nagyfokú szövetspecifitással rendelkeznek (Eilenberg és mtsai,2015), így nem jelentenek veszélyt emberre vagy állatra, de a testfelületükön állati vagy humán patogén mikroorganizmusok találhatóak, így vektorhordozók is lehetnek (Graczyk és mtsai,2005). Továbbá lehetnek bennük dioxinok, toxikus fémek jelenléte is (Pál,2017). A lárvák nem halmoznak fel peszticideket, gyógyszervegyületeket (Lalander és mtsai,2016), mikotoxinokat vagy a legtöbb nehézfémet (Diener és mtsai,2015). Figyelembe kell vennünk, hogy mind a nyersfehérjetartalom, mind a kitin,- mind a zsírtartalom befolyásolja a technológiát és annak hatékonyságát (Nowak és mtsai,2016). A mikotoxinok számos problémát eredményeznek a baromfitakarmányozásban is. Az egyes mikotoxinok egymás hatását erősíthetik, például fumonizin B1 és a DON együttes előfordulása megnöveli a kokcidiózis előfordulásának gyakoriságát és súlyosságát (Mézes,2018).

A 2.4.1. Szabályozás múltja és jelene c. fejezetben megemlítésre került, hogy a rendelet tiltja a szerves trágya használatát, viszont a FAO által támogatott egyik projekt arra irányult, hogy Afrikában a baromfitrágyát újrahasznosítsák, úgy, hogy takarmányozási célt képező rovarokat/rovarlárvaikat neveljenek rajtuk. Ilyenkor jogos a kérdés, hogy hordozói lehetnek-e patogén baktériumoknak (például Salmonella)? Ez orvosolható, hiszen különféle technológiai, hőkezelési (UV-besugárzás, pasztörözés, hőkezelés stb.) eljárással megszüntethető, leredukálható

(Klunder és mtsai,2012) Az avasodást is figyelembe kell venni, hiszen ezek a lárvák nagy lipiddtartalommal rendelkeznek, de ilyenkor szintén a technológiát hívjuk segítségül és a lárvákat zsírmentesíthetjük, ekkor már rovarlisztról beszélünk, mely jobban eltartható és kedvező hatással is bír. Ebben az esetben megnő a nyersfehérje,- és az aminosavtartalom.

2.4.3 A szójadara kiváltásának lehetőségei rovarfehérjékkal

A különböző rovarlárva aminosavtartalma vagy eléri, vagy meghaladja a referenciaértékként szolgáló szójadara aminosavtartalmát, ebből következtethető, hogy vagy teljes egészében vagy részben kiváltható. A rovarfehérjék hasznosítását és a táplálóanyagok hozzáférhetőségét döntő módon az egyes táplálóanyagok emészthetősége, valamint az antinutritív anyagok előfordulása határozza meg. Összességében elmondható, hogy a rovarlárva táplálóanyagtartalma, nyersfehérjetartalma: 42-63%. Nyerszsírtartalom: 20-36%. Metioninból hiányosak, kivéve a selyemhernyót (Mézes,2018). A fehérjetartalmat tekintve, a rovarok 11-26%-ban tartalmazznak nem fehérje eredetű nitrogénforrást. A meghatározáskor általánosságban alkalmazott 6,25-tel szorzott nitrogéntartalom körülbelül 20%-kal túlbecsüli a monogasztrikus állatok számára jól hasznosítható fehérjetartalmat (Janssen és mtsai,2017). A rovarok szárazságtűrőek, ennek következtében kicsi a vízigényük.

A **Fekete katonalégy** (*Hermetia Illucens*) megtalálható a természetben a baromfi-, a szarvasmarha- és a sertéstrágyában, illetve más szerves hulladékban is. A lárvák gyorsan nőnek szinte bármilyen szerves anyagon (rothadó gyümölcsön, zöldségen, desztillált gabonán, halbelsősegen, emberi és állati ürüléken is). Kiválóan alkalmas szerves hulladékok ártalmatlanítására, úgy, hogy fehérjében és olajban, zsírban gazdag biomasszává (biodízel, állati takarmányalapanyag, kitin) alakítsák. Nagy mennyiségű szerves anyagot képesek átalakítani értékes biomasszává. Oonincz és mtsai (2015), megállapította, hogy a takarmányozásra felhasznált anyagoknak hatása van az előállított rovarliszt táplálóanyagtartalmára is, főképp a nyersfehérjetartalomra, melynek összehasonlítását a 1. táblázat taglalja, amelynek alapjául a Fekete katonalégy (*Hermetia Illucens*) szolgál.

Takarmány típusa/fajtája	A Fekete katonalégy (<i>Hermetia illucens</i>) nyersfehérjetartalma (%)	Forrás
Baromfitrágya	37,9	Arango Gutiérrez és mtsai (2004)
Zöldség hulladék	39,9	Sprangers és mtsai (2017)
Gyümölcs hulladék	37,8	Mutafela (2015)
Baromfitakarmány	37,86	Diener és mtsai (2009)

1. táblázat

Heterogén takarmányokon nevelt Fekete katonalégy (Hermetia illucens) lárvájának nyersfehérjetartalma- saját szerkesztés a táblázatban szereplő források és Mézes(2018) alapján

Mérsékelik a szerves hulladékok, illetve trágya miatti környezeti gondokat, hiszen a lárvák akár a felére csökkenthetik a trágya és 2/3-ára a háztartási hulladék után megmaradt mennyiséget, 60-70 %-kal a szarvasmarhatrágából megmaradt anyag foszfor- és 30-50 %-kal a nitrogéntartalmát (Szendrő és mtsai,2018). Más rovarokkal szemben számos előnye van, például a kifejlett egyedek nem esznek, így könnyebb a tartásuk. Lárvákban természetes antibiotikum van, így csökkenti az *Escherichia coli* 0157:H7 szerotípusát (Szendrő és mtsai,2018).

A nyersfehérjetartalma, 42% (Wang és Shelomi,2017), 40,88% (Cullere és mtsai,2016). Elmondható, hogy 38-57% között mozog a nyersfehérjetartalma. Nyerszsírtartalma, pedig 6-38%. A lárvastádiumban felhasználható rovarok több nyerszsírt, de kevesebb nyersfehérjét tartalmaznak, mint a kifejlett formában felhasznált rovarok, például tücskök (Hetényi,2021). A zsírtartalom a sertéstrágyán 28%, a baromfitrágán 15-25%, olajban gazdag mellékterméken 42-49% alakul (Szendrő és mtsai,2018). Az összes zsírsav 21,4 – 49,3%-a a laurinsav (C12:0), de ez 60%-ra is növelhető (Makkar és mtsai,2014). Míg a szójadara lizintartalma 2,62%, addig a Fekete katonalégyé 1,93% (Cullere és mtsai,2016). A referenciaértékként szolgáló szójadara metionintartalma 0,52%, a Fekete katonalégyé 0,49% (Cullere és mtsai,2016). A fekete katonalégy lárvák antimikrobiális vegyületeket tartalmaz (Newton és mtsai,2008). Elhang és mtsai (2014), ilyen hatással rendelkező peptideket izolált. Telítetlen zsírsavtartalma:19-37% (Mézes,2018). Kalciumban jelentős, a többi rovarfajhoz képest, $7,5 \pm 1,7\%$ // 0,3-1% (Makkar és mtsai,2014).

A baromfitakarmányozásban: A termelési paraméterek csökkenése nélkül lehet a lárváját, a szójaliszt helyettesítőjeként használható kb. 25%-ig (Cullere és mtsai,2016). Schiavone és mtsai (2017), megállapították, hogy a zsírtalanított Fekete katonalégy –liszt alkalmazható baromfitakarmányozásban, mert a kén- és energiatartalmú aminosavakat jól emészt. Az aminosavak látszólagos ileális emészthetősége csak 68% (De Marco és mtsai,2015). Tojótýúkknál, a szójapogácsa teljes mértékben kiválható, tojástermelés csökkenése nélkül (Maurer és

mtsai,2016). A szójapogácsát 36%-50%-ban helyettesítették 12-24% rovarliszttel, megállapították nem volt hatással a takarmányfogyasztásra, tojástermelésre, nem volt egészségügyi gond, ám a szójadara teljes mértékű kiváltása kapcsán már tapasztalható csökkenő takarmányfelvétel és ennek következtében a tojástermelés csökkenése is (Marono és mtsai,2017). Hale (1973) 35%-ban keverte a lárvát a kukoricatakarmányba, jó hatással volt a brojlercsirkék növekedésére. A Ross 308-as brojlerrel való kísérletezésekor, 3% halliszt helyett 4,6-6,6 % katonalégylárvát kevertek bele, de nem tapasztaltak súlybeli változást (Elwert és mtsai,2010). Cullere és mtsai (2016), a brojlercsirkék takarmányába 10%-15%-ban kevert zsírtalanított fekete katonalégylárva-lisztet. Három csoportot vizsgáltak, 1.;2.;3.;kukorica 48%. A búzáé: 1.: 1,5%; 2.:6,8%;3.:8,8%. A szójaliszté: 1.: 44%; 2.:31%; 3.:25%. A dikalcium-foszfát arányát 8-ról, 6-ra redukálták, L-lizint is alkalmaztak. Megállapították, hogy hasonlóan alakultak a vágási és termelési eredmények. Mellhús pH-értéke csökkent. Más kísérlet eredményeképp levonták, hogy a lárva bekeverési arány növelésével a telítetlen és telített zsírsav megváltozott, a telítetlen zsírsav kárára gyakorolt hatást, így csökkent a hús egészségre kifejtett hatása. Növekedett a glutaminsav-, alanin, tirozin-, treonin, aszparginsav tartalom, így nőtt a hús fehérje-biológiai értéke, a Ca mennyisége, de csökkent a P-mennyiség.

A sertéstakarmányozásban: főként a malacoknál is felhasználható, de a nagy kitintartalmú kutikularéteget el kell távolítani a takarmányozás előtt (Newton és mtsai,1977). Ha ez nem történik meg és nagy mennyiségben alkalmazzák (33%), akkor csökken a takarmány szárazanyagtartalmának látszólagos emészthetősége (Mézes,2018).

A halak esetében: 25-50%-os halliszt helyettesítésére alkalmas, úgy, hogy nem rontotta a termelési mutatókat és nem változtatta meg a takarmányhasznosítást. Legtöbb halfajnál metioninból és ciszteinből kiegészítést igényel. A laurinsav dúsul, az omega-3-zsírsav, pedig csökken a halak szervezetében, ha Fekete katonalégylárvát etetünk, ilyenkor utóbbi korrigálható tengeri hínár etetésével. Nagyarányú bekeveréssel 50%-kal is csökkentheti az omega-3-zsírsavtartalmát (Henry és mtsai,2015). A rövid szénláncú zsírsavak könnyen oxidálódnak, így meggátolva a zsírdeponálást (Belghit és mtsai,2019). A kitin a zsírok felszívódását elősegíti a bélrendszerben, így gyorsítva az emésztést és a kiválasztást (Tanaka és mtsai,1997). A Fekete katonalégylárvájából kinyert olaj kedvezően hatott egyes halfajtákra, például a fiatal tükörpontyok zsírsav-anyagcseréjére, hiszen csökkent a hasúri zsírdeponálása, illetve a gyulladáscsökkentő citokinek szintje és a máj antioxidáns aktivitása is nőtt (Xu és mtsai,2020). Az olaj 2,5%-os keverésben kiváltja a szójaolajat a haltápban, pontyok esetében (Li és mtsai,2016). A kitin, gátolja bizonyos baktériumok, például a *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* szaporodását. A makrofág aktivitást fokozza, ezért a kitin immunstimuláns is (Esteban és mtsai,2001). A Fekete katonalégylárvájából kinyert olajban gazdag, ezért kitinnel

együtt pozitív hatással van a bél mikrobiótára, merthogy a patogén baktériumokat csökkenti, illetve a hasznos baktériumok számát is növeli. Ezek az antimikrobiális hatású peptidek, hatásosak a Gram + és Gram – baktériumok ellen is, így természetes gombaölő, illetve antibiotikum is (Yi és mtsai,2014). Rosszabb emészthetőség a kitin jelenléte miatt alakulhat ki, hiszen a rovarok a táplálkozásuk alapját képezik, így ezen kitin megemésztéséhez kitobiáz és kitináz enzimet termelnek (Henry és mtsai,2015). Így ez magyarázza, hogy egyes halfajoknál rontja, például nyílt tengeri lazacok esetében, addig a ponytféléknél vagy a tengeri halaknál javítja a termelési mutatókat, de van, hogy semleges hatással bír, például az aranymárna esetében. Halhús minőségét nem befolyásolja (Hetényi és mtsai,2021).

A közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) lárvai kiválóan hasznosítják a szerves hulladékanyagokat, mert 1,7 kg szerves hulladékanyagból 1 kg fehérjét tud előállítani. Mindenevők, növényi és állati eredetűt is fogyasztanak, például húst vagy tollat. Általában korpával és liszttel etetik őket. Alacsony vízszükségletűek, melyeket friss gyümölccsel, zöldséggel elégítenek ki. Ugyanakkor Kínában találhaó üzemben. szárított és főtt gyömlöcsökkel takarmányozták őket, melynek eredményeként a gyenge minőségű növényi melléktermék mixből rövid idő alatt fehérje-, zsír-, és energiagazdag takarmányt állítottak elő. Az EFSA kisebb kockázati besorolásúnak tartja. Míg a szójadara lizintartalma 2,62%, addig a lisztbukacé 3,89% (Ramos-Elorduy és mtsai,2002). A referenciaértékként szolgáló szójadara metionintartalma 0,52%, lisztbukacé 0,81% (Ramos-Elorduy és mtsai,2002). Lisztbogár lárva, telítetlen zsírsavtartalma: 60-70% (Mézkes,2018). Alacsony a hamu, - kalciumtartalma és a Ca:P aránya (kiegészítést igényel).

A baromfitakarmányozásban körülbelül 10%-ban javasolják. Aminosavjainak látszólagos ileális emészthetősége 86%, ezért kiválóan lehet helyettesíteni a szójadarát (De Marco és mtsai,2015). A brojlersírkék takarmányozásában 25%-osan is alkalmazható takarmánycsökkentés vagy termelési paraméterek csökkenése nélkül (Schiavone és mtsai,2014). Biasato és mtsai (2017), olajat és szójalisztet szerették volna kiváltani 5%;10%;15%-ban a liszttel, de a 40 napos testsúly nőtt; a takarmányfogyasztás és romlott a takarmányértékesítés. Vágási tulajdonságokban nem volt változás, de a zsírdepó aránya és mennyisége megnőtt. Viszont metionin kiegészítést kell alkalmazni, mert a lisztbukacé fehérjéjének metionintartalma nem elégíti ki a baromfi szükségletét (Ramos-Elorduy és mtsai,2002). Ramos –Elorduy és mtsai (2002), 5%;10%-ban kevert lisztbogárlisztet a takarmányba, nem figyeltek meg változást a súlygyarapodás-takarmányfogyasztás-takarmányértékesítés során, ezt az aminosav-kiegészítés miatt lecsökkent a metionin és cisztin aránya. Despins és Axtell (1994) kísérlete, arra irányult, hogy a csírkék 3; 8 napos koruk között vagy lisztbukacéot kaptak vagy tápot, de előtte és utána startert. Amikor csak lisztbukacéot kaptak és ettek, a növekedésükben visszamaradtak.

Házi légy (*Musca domestica*) lárvája a tartástechnológiától, illetve a takarmányozásra felhasznált szerves hulladék fajtájától függően 42- 63% fehérjetartalommal rendelkezik. Betegségvektorok, a trágyán való élés miatt, de pont ezért kiválóan alakít át tápanyaggá állattartó telepek trágyáit, lakosság szerves hulladékát. Fokvárosban ellenőrzött körülmények között nevelnek légylárvát. Hulladékként, vágóhídi vért és székletet használnak. Gyűjtés után szárítóba rakják a lárvákat, ledarálják őket. Aminosav-összetétele alapján a látszólagos emészthetősége is optimális (91%) a monogasztrikus állatok számára is (Pretorius,2011). 3,8% Lizint és 1,6% Metionint tartalmaz (Mézes,2018). Pretorius (2011, Ross 308-as brojlerrel kísérletezett, hogy a hallisztet helyettesítse légylárvával. A 10%-ban bekevert takarmányt fogyasztó csirkék érték el a legnagyobb testsúlyt, takarmányértékesítést, illetve takarmányhasznosítást, de az 50%-os már kedvezőtlen hatással volt, ez az aminosavak egymáshoz viszonyított arányának köszönhető és a meg nem emésztett N igencsak nagymennyiségű része a trágyába került, amely további környezetterhelést jelent. A tűzhelyen szárított, full-fat lárva aminosav emészthetősége jelentősen nem tér el a halliszt tápértékeitől, ugyanakkor a metabolizálható energia nagyobb. Alacsony a rosttartalma, foszfortartalom a katonaléggel megegyezik, lizintartalma is hasonló, de alacsonyabb a kalciumtartalma. Zsírtartalom függ, milyen anyagon tartják, mert, ha például cukron vagy tejporon tartják, akkor az megfelelő a brojler takarmányozásban. A házi légy báb fehérje-, rost- és zsírtartalma magasabb, mint a lárváé.

A baromfitakarmányozásban 10-15% mennyiségben adagolva 50%-ban tudja kiváltani a szójadarát, ha a termelési paramétereket figyelembe vesszük, hiszen javítja a takarmányértékesítést. Calvert és mtsai (1969), Leghorn kakasokkal kísérletezett. Egyhetes kortól, illetve napos kortól kapták a takarmányt, azok, akik napos kortól kapták, többet ettek és 10%-kal javult a súlygyarapodás.

Sertés takarmányozásban: A választott malacok esetében 10%-os mennyiségben adagolva, a szójadara egyidejű kiváltása mellett sem csökkentette a termelési paramétereket (Viroje és Malin,1989).

Házi tücsök (*Acheta domestica*). Könnyen tenyészthető, évi 6-7 generációt produkál. Szárított formában, 62% nyersfehérjét tartalmaz, de szükséges aminosavpótlás (triptofán, metionin), különös tekintettel akkor, amikor az összes szójalisztet helyettesítjük (Mézes,2018). Míg a szójadara lizintartalma 2,62%, addig a házi tücsöké 3,48% (DeFoliart és mtsai,2008). A referenciaértékként szolgáló szójadara metionintartalma 0,52%, a házi tücsöké 0,93% (DeFoliart és mtsai,1987). Tehát elmondható a rovarok körében alacsonyabb a mangán-, metionin-, fenilalanin-, triptofán- és a hisztidintartalma, de magas a cink-, és a leucintartalma.

A *baromfitakarmányozásban* a kutatások eredményeképp megállapították, hogy az esszenciális aminosavak közül, a triptofánban és a metioninban hiányos, ezért pótolni kell, főleg akkor, ha teljes egészében kiváltjuk a szójadarát (DeFoliart és mtsai,1987). Brojlernevelés esetén, 15%-os mennyiségben ajánlják, ekkor a termelési paramétereket szinten tartja (Wang és mtsai,2005), illetve a 25% bekeverési arány sem rontott rajta (Finke és mtsai,1985).

Selyemhernyó (*Bombyx mori*) nyersfehérje tartalma 46,7-63% (tartásterchnológia, takarmányozás és feldolgozástól függvényében), de ez akár 80%-ra is növelhető, illetve 32,2% nyerszsírt tartalmaz (Yaowang,1989).

Baromfitakarmányozásban 100%-ban helyettesítő a szójadara selyemhernyó bábjaival azonos termelési paraméterek és takarmányértékesítés javulása mellett (Khan és mtsai,2016).

Sertéstakarmányozásban ritkán alkalmazzák, mert az ízét a sertések nem kedvelik. Az aminosavak közül, a lizintartalmát tekintve kiváló takarmányalapanyag.

A *kérődzők takarmányozásába* nagyon jól beépíthető, hiszen a fehérje a bendőben nem bomlik le és bypass hányada magas (80%), de a vékonybélben történő fehérje emészthetősége csak 53%, ugyanakkor remek metionin forrás (Ioselevich és mtsai,2004).

Szöcskék (*Tettigonioidea*), **sáskák:** *Vörös sáska* (*Nomadacris septemfasciata*) és a *Barna szöcske* (*Locustana pardalina*) használható a takarmányozásban.

A *baromfitakarmányozásban*, intenzív brojlercsirke nevelésekor a szójadara 20-40%-ban kiválható vele a szójadara- termelési paraméterek csökkenése nélkül (Esmail,2017).

A *sertéstakarmányozásban* nem gyakori, mert a hízósertések esetében a húsnak hal ízt ad (Hemsted,1947).

2.5 Alternatív fehérjehordozók III.

Mikrobiális fehérje, Bakteriális fehérjeliszt : Az *élesztők*, (például *Candida utilis* és a *Kluyvermyces marxianus*) 10 mg élesztő 150 t/év élesztő sejt biomassza előállítására is képes, illetve biológiai értéke közepesnek mondható, fehérjetartalma 40% (Mézes,2018). A bakteriális fehérjék előállítása főként a metanotróf baktériumokból jöhet szóba. A biogáz termelésre felhasznált baktérium biomassza a *Aneurinibacillus*, *Brevibacillus agri*, *Ralstonia* és a *Methylococcus capsulatus*. Kiegyensúlyozott aminosav-összetétellel rendelkezik és jó az emészthetősége. Endotoxinokat és toxikus membrán összetevőket is tartalmaznak és a technológiában szeparációs nehézségekbe ütközünk (Pál,2017). Szárítás után porlasztva és hősterilizálás után használhatóak. 70% a fehérjetartalmuk, illetve 10% a zsírtartalmuk. Bekeverési arányuk: az összes N-tartalom 50%-a is lehet (Mézes,2018).

Baromfitakarmányozásban: Brojlertápok esetében 40 g/kg az alapja, ekkor a takarmányhasznosítás (FCR) nőtt; 120 g/kg esetében, testtömeggyarapodás történt (Øverland és mtsai,2010). *Halak esetében:* a *Methylococcus capsulatus* ajánlott, hiszen az 1 kg biomassa szárazanyag előállításához 2 köbméter metán használható fel. Emészthetőség szempontjából számottevően magas a lizin,- és arginintartalom, de alacsony a ciszteintartalom. Nyerszsír, pedig 87,2%. A lazac és a pisztráng esetében, a fehérje akár 18-19%-ban is helyettesíthető (Mézes,2016).

Ipari melléktermékek közül a legismertebbek egyike a **DGS és a DDGS**, amely a kukorica- vagy búzaalapú bioetanol-gyártás során a desztilláció után visszamaradó nedves vagy szárított cefremaradvány. A tisztán égő, magas oktánszámmal rendelkező üzemanyag mellett jó minőségű takarmány is keletkezik. Ha az aminosav-összetételét nézzük, akkor jól látható, hogy nem optimális a monogasztrikus állatok számára. Alacsony a lizin (0.59-0,89%) (Mézes,2018) és a triptofán szintje, különösképp, ha azt a kukorica magjából fermentálva nyerték ki. Átlagos szójabab és DDGS helyettesíthetőségi értéke 0,40-0,45%, de ezt a nyersfehérjetartalom határozza meg. Szárazanyagát tekintve, 87-93%-kal, nyersfehérjetartalmát tekintve közepes, 23-29%-kal rendelkezik, nyerszsír tartalma 3-12%, linolsav tartalma, az olajkivonás mértékétől függ, 1,5-6% közé tehető, nyersrosttartalma, pedig 3,5-4.5% (Mézes,2018), de glükánáz és xilanáz kiegészítést igényel. Bekeverési aránya 15-20%. Mikotoxinok tartalmát ellenőrizni kell (Pál,2017).

A baromfitakarmányozásban: brojlereket tekintve, akár 18%-os befogadási aránnyal is rendelkezhet (Heincinger és mtsai,2011), de átlagosan 5-25%-ban javasolják (Mézes,2018), pulyka esetében 25%-kal is megemelhető (Pál, 2017), ekkor nem csökken a termelési volumen, de kiegészítő aminosavat kell biztosítani. A Pannonia Gold a baromfitakarmányozásban: ~40 mg/kg xantofillt tartalmaz, (ebből az adatból jól látható, hogy a kukoricáéhoz képest közel kétszerese), ez kedvezően hat a tojás sárgájára és a brojler sárga bőrszínére.

A sertéstakarmányozásban: a DDGS: kukorica aránya 120-125, a DDGS: szójabab 45-55 (Mézes,2018).

CGF-Kukoricaglutén, esetében a rost,- és mikotoxintartalom is korlátozó tényező lehet (Pál,2017). Szárazanyagtartalma 86- 90%, nyersfehérjetartalom 21,5-23,9%, közepes, nyerszsír tartalma alacsony, 1,2-1,4%, nyersrosttartalma 2,8- 4,2%. Alacsony lizin és triptofán tartalmú, linolsavtartalma 0,6-0,7%. Bekeverési aránya, pedig 2-10%, de aminosav és enzim (glükánáz és xilanáz) kiegészítést követel (Mézes,2018).

A baromfi,- és sertéstakarmányozásban: Aminosav-összetétel szempontjából se baromfi (2-10%), se tojótyúk (5-10%) (Pál,2017), se sertés takarmányozásához nem optimális, mert ala-

csony a lizin,- (0,59-0,68%) és a triptofántartalma is (Mézes,2018), a leucintartalma, pedig magas (Pál,2017).

Repcepogácsa; a repceből (*Brassica napus*), préselve nyerik ki az olajat, ilyenkor a melegen vagy hidegen sajtolt repcepréselvény, 8-12%-os nyerszsírtalommal rendelkeznek. Energiatartalma jelentős. Olajelőállításakor, azaz észterezés keletkező melléktermék, a glicerin (Mézes,2018).

A baromfitakarmányozásban: az extrahált repcedara 20%-kal nem rontja a termelési volument, de, ahhoz, hogy a tojásmínőséget ne veszélyeztesse, az extrahált repcedarával 8%-ig, a repceporogácsával maximálisan 4%-os bekeverési arányt végezzünk.

A sertéstakarmányozásban: Nagy fehérjetartalommal, de fajlagosan alacsonyabb a fehérjemennyisége a szójadarához képest, magas zsír,- és energiataralommal rendelkeznek, jelentős metionin,- és ciszteintartalommal bír, ugyanakkor elmondható, hogy nagyobb mennyiségben rontja a granulátum minőségét, a természetes termelési mutatók romlását is okozhatja, aminosavösszetételét tekintve kedvezőtlenebb a szójadarához képest (Márkus és mtsai,2009). A hízósértéseknél 7-10%, tenyészkocáknál 5-10% bekeverési arányt javasolnak (Weiss és Schöne, 2006). Ha, az aminosavösszetételét nézzük, akkor láthatjuk, hogy a szójánál kisebb az esszenciális aminosavak mennyisége, így mesterséges kiegészítést, L-lizin-HCL igényel, ha ez nem valósul meg, akkor ez természetes mutatók romlását eredményezhet (Márkus és mtsai,2009). A kén-tartalmú aminosavakban gazdag, nagyobb fehérjetartalmának és kisebb rosttartalma miatt jobb alternatív energiaforrást kínál, mint az olajextrakció után visszamaradó extrahált repcedara (Mézes, 2018).

3 ANYAG ÉS MÓDSZER

Szakedolgozatom elkészítéséhez vegyes módszertant választottam, főként szakirodalmi összefoglalónak szánom, de tervezést is tartalmaz. Mint összefoglaló típusú dolgozat, az általam választott témában fellelhető releváns, aktuális témák összegyűjtéséből és feldolgozásából kívánom elérni.

Célom, hogy a feltárt irodalmat értelmezsem, rendszerezem, gondosan körülhatárolt témára vonatkozóan az ismereteket magas szinten elemezzem. Elsősorban szekunder kutatási módszereket alkalmazva tájékozodom a témát illetően. Mind könyv formájú irodalmat, cikkeket, mind az interneten található adatok elemzését rendkívül fontosnak tartom ebben a témában, hiszen egy napjainkban feltörekvő irányzatot igyekszem bemutatni a következőkben.

A kutatásom során kiemelt területnek tartom, hogy a választott témára vonatkozó elméleti háttérrel összefoglaljam és kapcsolatot teremtsék a nézőpontok között, következtetéseket levonni, átfogóan felvázolni az adott problémát, úgy, hogy mindeközben álláspontot foglaljak.

A dolgozomban kísérletet teszek a környezeti hatás megvizsgálásához. A Csillagfürtöt, valamint a rovarfehérjéket veszem alapul, kiemelve a Fekete katonalegyet. LCA-elemzéseken, szakirodalmakon keresztül vetem alá, milyen hatásindikátorok befolyásolják a környezeti hatásokat az előállítás és feldolgozás során. Fontos, hogy különböző hulladékkezelési LCA-kat, tanulmányokat, kutatásokat is tanulmányozzak, hiszen a biokonverzióra képesség nagy előrelépést jelenthet. Viszont a további felhasználásra való optimalizálás sem mindegy, mekkora ökológiai lábnyommal bír, így nem feltétlenül jó megoldás egy jó megoldás.

Szakedolgozatom, akár jó alapot is adhat arra, hogy hazánk is elinduljon azon a vonalon vagy teljes innovációban újat mutasson. A növénytermesztés és rovartenyésztés és a feldolgozási és környezeti hatások együttesét szükséges vizsgálni.

Mindenképp fontosnak tartom, hogy egy egyéni tervezőmunka is segítse a következtetéseket. Így saját rovarfarmot az Autodesk Inventor 2022-vel tervezve találtam a legalkalmasabbnak arra, hogy szakedolgozatom legfontosabb összefüggéseit feltárhassam és a gazdák számára is könnyen elérhető megoldást keressek.

4 KUTATÁS

4.1 Rovarfehérjék ökológiai lábnyomának vizsgálata

A rovarok potenciálisan csökkenthetik az állattenyésztés ökológiai lábnyomát. Az állattenyésztés ugyanis számos környezeti problémát okoz, például az üvegházhatású gázok kibocsátását, az erdőirtást, a vízszennyezést, halászatot, amely szintén befolyásolja a tengeri ökoszisztémákat. A rovarenyésztés hatással van a környezetre. Ez a hatás lehet közvetlen és közvetett, például a rovarok légzése és anyagcseréje CO₂-ot, CH₄-t, N₂O-t és NH₃-t bocsát ki. Közvetlen hatásként megemlíthető az üvegházi gázok kibocsátása. Az állattenyésztés CO₂ egyenértékben mérve – ha egységnyi CO₂ kibocsátás=1, akkor egységnyi CH₄=4, egységnyi N₂O=289 Globális Felmelegedési Potenciál (GFP), az üvegházhatású gázok 18%-áért felelős. Az állattenyésztés éves szinten az alábbi mértékben felelős a három legfőbb üvegházhatású gáz kibocsátásáért: a CO₂- 9%, a CH₄-35-40%, a N₂O - 65% (Steinfeld és mtsai,2006). Ooninx és mtsai(2010), megvizsgálta öt különböző rovarfaj üvegházhatású gázkibocsátásait és vetette össze a sertés és a húshasznú szarvasmarha kibocsátásainak értékével. Egy kg súlygyarapodásra vetítve a rovarok metán és dinitrogén-oxid kibocsátása szén-dioxid egyenértékben 3,37-170,95 gramm (fajonként eltérő), a sertésé 79,59-1130g, a húshasznú szarvasmarháé, pedig 2850g.

A vertikális tenyésztés újkeletű, hiszen a helykihasználás szempontjából igen kedvező, hiszen, amíg 1 tonna szójababot 1 év alatt 2, 7 hektáron tudnak megtermelni, addig 1 év alatt egy fél hektár méretű rovarfehérje feldolgozó üzemben annyi fehérje termelhető meg, mint amennyi egy közel 6000 hektáros (5913 ha) szójababültetvényen. Összehasonlítva ez 10.000-szer jobb területkihasználást jelent. Tehát aránylag kis területen, nagyon jó tápanyaghaznosítási mutatókkal végezhető a termelés, oly módon, hogy a környezetet sem károsítják. A takarmánygyártás, a környezet egyik fő mozgatórugója és hatással van a hagyományos állattenyésztési rendszerekre és ez alól a rovarenyésztési rendszerek sem kivételek. Ez nyilvánvalónak tűnik a földhasználat szempontjából is; mint a *liszt kukac*-termelő létesítmény a teljes földhasználat 0,2%-át tette ki, míg a takarmány előállításához szükséges létesítmény a földhasználat 99%-ához kapcsolódott (Ooninx és De Boer, 2012).

Azonban a potenciális fajok egész egyedfejlődését figyelemmel kell kísérni és mérni szükséges, ahhoz, hogy teljeskörű elemzést lehessen készíteni fenntarthatóságban felhasznált rovarfehérjékkel kapcsolatban. Az ehető rovarok nagy része kártevőként van nyilvántartva a mezőgazdaságban és kémiai szerekkel védekeznek ellenük azért, hogy elpusztítsák őket. Ezért, ha kézzel gyűjtik be ezeket a rovarokat, az csökkenti a növényvédelem negatív környezeti hatásait.

A rovarok képesek alacsony értékű mezőgazdasági melléktermékeket kiváló minőségű takarmányokká alakítani, mivel a rovartenyésztés rendkívül alacsony víz- és talajigényű. Másodszor, a rovarok bezárják a tápanyagciklus körét, mert felhasználhatóak, mint rovarliszt, rovarolajként, mint energiaforrás és a rovarürülék szerves trágyaként.

Az élelmiszerhulladék, ugyanolyan nagy probléma az emberiség számára, mint az üvegházhatás, mely össze is függ egymással, hiszen a hulladéklerakókban metán keletkezik. A **Fekete katonalégy lárvái** mindent felfalnak, köztük a nem komposztálható ételmaradékot (haj és csont kivételt képez). Tömegük sokszorosát is elfogyasztják, 200 kg lárva napi 800 kg vízzel kevert biomasszát fogyaszt el. A hagyományos állati takarmány, mint például a szójaliszt vagy halliszt, egyre korlátozottabb és drága vagy magas föld,- és vízigényhez kapcsolódik. Ezért a biohulladékot rovartenyésztéshez fehérjeforrásként használni állati takarmányban nagyon ígéretes alternatívának tartják (Salomone és mtsai,2017). Képesek a baromfi- és sertéstelepekről származó trágyát fogyasztani és átalakítani magas fehérje- és lipidtartalmú biomasszává.

A **liszt kukac**, fehérjében gazdag, összehasonlítható a hússal és a tejjel. Házi legyek és fekete katonalegyek összevethetőek halliszttal és szójababliszttal. Számos tanulmány, azt mutatja, hogy a rovartermelő rendszerek energiafelhasználása magas a referenciaértékekhez képest. Az energiaigény magas és viszonylag magas hőmérsékletet igényelnek a nevelés során. Ez azért van, mert rovarok poikilotermikusak; testhőmérsékletük függ a környezeti hőmérséklettől. Másrészt, a rovarok által fogyasztott takarmányt hatékonyan használják a növekedésre, a takarmányban lévő energiát nem kell felhasználni az állandó testhőmérséklet fenntartásához.

A liszt kukac termelőegység hatással volt annak közvetlen vízhasználatára nézve is. A létesítmény által felhasznált víz, csak egy töredéke volt a víznek (beleértve az esővizet is), ahhoz a vízmennyiséghez képest, amit a takarmány előállításához használnak. Egy gramm ehető marhahúsból származó fehérje előállításához 8-14-szer kell több földet, illetve körülbelül 5-ször annyi vizet kell használni, mint egy liszt kukac egy gramm ehető fehérjéjének előállításához. Az üvegházhatású gázok tekintetében, az emissziót nézve is, a liszt kukac kisebb környezetterhelést jelent, mint a hagyományos állattenyésztési rendszerek.

Oonincx és mtsai (2012), részletes környezeti hatástanulmányt publikált a globális felmelegedés, a mezőgazdasági földhasználat és az energiafelhasználás tekintetében, de a környezeti hatás egyéb paramétereit is figyelembe kell venni. A brojlercsirkék 32– 167%-kal magasabb kibocsátással járnak, a húsmarha pedig 6–13-szor több CO₂-eq, összehasonlítva a liszt kukacokkal. Ehhez a legjobb választás az életciklus - értékelés (LCA). Ezek az LCA-k lehetővé teszik a rovartermelő rendszerek összehasonlítását referenciaértékekkel. Smetana és mtsai (2015), arra a következtetésre jutottak, hogy a rovaralapú termékek kisebb környezeti hatással

járnak, a rovaralapú takarmány környezetbarátabb és alternatívája lehet a hagyományos magas fehérjetartalmú termékeknek. Míg a **halliszt** nagy energiafelhasználással és ezzel együtt magas üvegházhatásúgáz – kibocsátással jár, továbbá hatással van a vízlábnyomra is. Ezzel szemben a **szójababliszt** előállításához szükség van megannyi fölterületre, de korlátozott mennyiségű energiát használ. A szójababliszthez kapcsolódó üvegházhatású gázok kibocsátása alacsonynak mondható, ha csak a közvetlen kibocsátásokat vesszük figyelembe. Amikor a kapcsolódó erdőirtásokat (ún. földhasználati változtatásokat) vesszük figyelembe véve, ezek a kibocsátások magasabbak.

A **liszt kukac** fajták (*Tenebrio molitor* és *Zophobas morio*) vizsgálata esetében De Boer és mtsai (2014) LCA-t használt a kutatásaihoz és arra a következtetésekre jutottak, hogy a különböző liszt kukacnak kevés a lehetősége, hogy a takarmányba beillesszék, úgy, hogy ne növelje a karbonlábnyomot. Ezt részben a nagy energiaigényű technológiai eljárás, a hevítés és a szárítási lépés okozza. Azonban ők is, arra a következtetésre jutottak, hogy a nevelés során más, alacsony energiaigényű rovarfajokat alkalmazva, illetve a takarmányösszetevők helyett a salakanyagokon tenyésztett fajok a helyettesítési potenciálját növelik.

Van Zanten és mtsai (2015), a baromfitrágyán termesztett **házi légy** lárvák felhasználására összpontosított. Megállapították, hogy az a lárvaliszt előállításának energiafelhasználása a fő tényező, amely befolyásolja közvetlenül a környezeti hatást. Salomone és mtsai (2017), LCA módszertant használt a lehetséges környezeti hatások felmérésére, azaz az élelmiszerhulladék biokonverziója komposztta történő megvalósulására. Az 1 tonna kezelt élelmiszerhulladék Funkcionális Egységére vonatkozó eredmények 30,2 kg CO₂ eq a Globális Felmelegedési Potenciállal, és 215,3 MJ, az energiafelhasználás tekintetében, illetve területhasználattal 0,661 m²a értéket mutatnak. Ha összehasonlítjuk az alternatív nyersanyagforrásokkal takarmány vagy biodízel esetében, ezek az eredmények, azt mutatják, hogy a rovartermesztés legjelentősebb előnyei a földhasználathoz kapcsolódnak, míg az energiafelhasználás jelenti a fő terhet. Ha a **házi légy**ből készült lisztet közvetlenül összehasonlítják a halak 50:50 arányú keverékével, a földhasználat 98%-kal csökken, Globális Felmelegedési Potenciálja 61%-kal csökken, illetve az energiafelhasználás is csökken 38% -kal (Van Zanten és mtsai,2015). Azonban a **házi légy** kapcsán meg kell említenünk az anaerob emésztést. Ha ezt a közvetett hatást vesszük figyelembe véve, a házi légyliszt nettó energiaszükséglete körülbelül 40%-kal magasabb, és a Globális Felmelegedési Potenciáljaa körülbelül kétszer magasabb, mint korábban említett 50:50 keverék. A földhasználat azonban továbbra is jelentősen csökkent (97%). A melléktermékek (pl. csirketrágya vagy DDGS) alacsony környezeti hatást eredményezhet (Smetana és mtsai,2015). A répa-

pép azonban, amely szintén kis értékű mellékterméknek tekinthető, azt eredményezte a legnagyobb környezetterhelést. Ez azért volt, mert a lárvák gyengén fejlődtek a répapépen és, ezért sok takarmányt és fűtési energiát igényelt.

Rosangela és mtsai (2019) célja az állattenyésztésből vagy emberi tevékenységből származó hulladékon neveljék a rovarokat és bekerüljenek a mezőgazdasági termelési ciklusba (pl. talajtakaró), ezáltal fenntarthatóságot érjenek el a technológia folyamat során. Szárítással történő stabilizálás után az érett baromfitrágyából, zeolitból és vízből álló szubsztrátumon tenyésztett a Fekete katonalegyet kémiai elválasztják a laboratóriumban a fehérje-, lipid- és kitinfrakciók kivonására. Itt meg kell említenünk, hogy a nyersfehérjetartalom értékeléséhez figyelembe kell vennünk, hogyha annak a kiszámítása a konvencionális módon történik, azaz az $N \times 6,25$ értékkel számolunk, akkor az a rovar és a lárvájának nyersfehérjetartalmát felülírhatja, mert maga a kitin rendelkezik már N-tartalommal. Általában már $N \times 4,76$ értéket használnak (Jansen és mtsai, 2017). Rosangela és mtsai (2019) a fehérjéket kivonják, izolálják és más komponensekhez adják „bioműanyag”, illetve nitrogént kibocsátó műtrágya előállítás céljából. Eredményeik, azt mutatták, hogy az aspirációs rendszer energiafogyasztása magas, amelyet csökkenteni kell a környezeti hatások minimalizálása érdekében, de ez abszolút szükséges a veszélyes anyagok kibocsátásának elkerülésére miatt. A tanulmányukból kiderül, hogy, ezek az eredmények elősegítik az innovatív ipari termelésű bioműanyagok környezetbarát tervezését és minimálisra csökkenthetőek legyenek a környezeti hotspotok.

Más kutatások, más szemszögből közelítették meg azt, hogy megvizsgálják a különböző gyártási lépések és a termékek (rovarliszt, rovarolaj és rovarürülék) környezeti hatásait. Chloé és mtsai (2020) attribúciós életciklus-elemzés használtak, hogy értékeljék a szimbiózis modell környezeti hatását a szimbiózis nélküli modellhez képest, illetve a rovarliszt és a rovarolaj előállításának környezeti hatásait összehasonlították a megfelelő alternatíváikkal, a halliszt és a növényi olajok előállításával. Az eredmények, azt mutatták, hogy a szimbiózis modell jelentős változást vezet be a környezeti lábnyom tekintetében azáltal, hogy a CO₂-kibocsátást 80%-kal, a fosszilis erőforrások kimerülését, pedig 83%-kal csökkenti a szimbiózis nélküli modellhez képest. A szimbiózis modell segítségével előállított rovarliszt és rovarolaj magasabb fenntarthatósága is igazolódott, mivel a CO₂-kibocsátás legalább 55%-kal, illetve 83%-kal csökkent a legjobb halliszt és a növényi olaj alternatívákhoz képest. Az A-LCA magában foglalta a takarmány előkészítést (a nyersanyagok előállítását és szállítását, valamint a Fekete Katonalegy takarmányelőkészítést), a Fekete katonalegy tenyésztését és-szaporodását, a rovarliszt-, és rovarolaj-, valamint a rovarürülék feldolgozást. A két különböző gyártási modell (szimbiózis –

szimbiózis nélküli) környezeti hatásának felmérésére 1 t rovarlisztet+ 0,35 t rovarolajat +7 t rovarürüléket neveztek el Funkcionális Egységnek, mivel a három terméket egyidejűleg gyártották. A Fekete katonalégy lárvájának előállításához háromféle inputot használtak: mezőgazdasági és élelmiszer melléktermékek, amely a Fekete katonalégy lárvájának táplálására és a termelőlétesítmény működtetését szolgáló energia. Négy kimeneti áramlás létezik: három termék (rovarliszt, rovarolaj és rovarürülék) és víz.

Chloé és mtsai(2020) az LCAalapján az éghajlatváltozást, fosszilis erőforrások kimerülését és földhasználatot vették figyelembe.

A szimbiózis modell alapját, az képezte, hogy a búzamellékterméket közvetlen közelben található keményítőgyárból szállították a két telephelyet összekötő vezetéken keresztül. Ezt korrigálniuk kellett az LCA-ban, hiszen a mellékterméket nedvesen szállítják. Ennek eredményeként a mezőgazdasági melléktermékek nem igényeltek további párologtatást, így a Fekete katonalégy táplálásához nem adtak extra vizet. A keményítőgyártó és a rovartermelő létesítmény együttes elhelyezkedése lehetővé tette, hogy ezt a hőt használták a szaporodáskor is, így, ez 20%-kal csökkentette a rovartermelő létesítmény általános energiaszükségletét. Maradék energiát, pedig leszerződött fa-beszállítóktól, megújuló energiából és villamos energiából használtak. A keményítőtartalmú mezőgazdasági melléktermékek szállítása nem okozott több környezeti hatást, mivel ez utóbbiak közvetlen csővezetéken keresztül kerülnek továbbításra a partnerek között. Illetve a melléktermékek esetében a nitrogén-foszfor-kálium (NPK) ásványi műtrágyákat a rovarrésszel való helyettesítését vették alapul. Tehát feltételezték, hogy a megtermelt rovarürüléket kiszórják a mezőgazdasági területekre, így a szükséges ásványi műtrágyák 100%-át helyettesíti a búzamelléktermék előállításához. Megállapították, hogy a szimbiózis modellben a Fekete katonalégy lárvájának táplálása volt a döntő mindhárom vizsgált mutató tekintetében (91% az éghajlatváltozásra, 94% a fosszilis erőforrások kimerülésére és 96% a földhasználatra). A növekedés és a szaporodás a felhasznált energia teljes környezeti hatásának 47%-át tette ki takarmányelőkészítésben, a növekedésben és a szaporodásban

A szimbiózis nélküli rendszerben, a mezőgazdasági melléktermékeket szárazon, egy közelben lévő keményítőgyárból szerezték be, melyet teherautóval szállították; ezért további vízre volt szükség a mezőgazdasági melléktermékek összekeveréséhez és a szimbiózis modellben szereplővel azonos szárazanyagtartalmú Fekete katonalégy lárvák takarmányszubsztrát előállításához. Ez energiamix optimalizálást követel, hiszen, amíg a szimbiózis modellben a rovartermelő létesítmény energiaellátásához szükséges energiaforrása egy előre meghatározott °C-os kapott búzamelléktermék, addig a szimbiózis nélküli modellben a rovartermelő létesítmény áramellá-

tásához szükséges energiát földgázból és villamos energiából nyerik. A szimbiózis nélküli modellben nem számoltak az előállított rovarürülék használatával kapcsolatos következményes hatásokkal.

Ahhoz, hogy jobban megismerjük egy-egy szcenárió megvalósulhatóságát, ismernünk kell bizonyos paramétereket, hogy hasonló szcenárióban, hogy alakulna a szakirodalomban fellelt referenciákhoz képest. Chloe és mtsai(2020) megállapították, hogy a szimbiózis modell környezeti hatása 80-83%-kal volt alacsonyabb, figyelembe vették a klímaváltozást és a fosszilis erőforrások kimerülését, míg a földhasználat hatása 3%-kal volt magasabb. Összességében az összehasonlító elemzés kimutatta, hogy a nedves melléktermékek felhasználása és az energia-mix optimalizálása okozta a szimbiózismodell környezeti hatásának csökkenésének nagyobb részét az éghajlatváltozás és a fosszilis erőforrások kimerülése tekintetében. A CO₂-kibocsátás csökkenésének fennmaradó része az energiaoptimalizálásnak tulajdonítható. A szimbiózis modellben az ásványi műtrágyák rovarürülékkel való helyettesítése csak kis mértékben csökkentette a környezeti hatását az éghajlatváltozást. Figyelembe vették az éghajlatváltozás és a fosszilis erőforrások kimerülési mutatóit, a takarmánykészítés és a lárvák növekedésének és szaporodásának hatásait. Ezek egyenletesebben oszlottak el a szimbiózis nélküli modellben (55% és 33% a klímaváltozás, illetve a fosszilis erőforrások kimerülése esetén 46% és 37%), míg a szimbiózis modellben a takarmányelőkészítési lépés hatása több, mint 90%-ot tett ki (93% az éghajlatváltozásra és 96% a fosszilis erőforrások kimerülésére) és a fosszilis erőforrások kimerülését.

A lárvák etetéséhez szükséges mezőgazdasági melléktermékek messze a legnagyobb környezeti hatást kifejtő készletek voltak mindhárom mutató tekintetében. Az érzékenységi elemzés, amelyet annak ellenőrzésére végeztek, hogy a Fekete katonalégy lárvájának takarmányfelvétel csökkentése javíthatja-e a rovartermelés környezeti hatását, megmutatta, hogy a Fekete katonalégy lárvájának takarmányfelvétel 90%-ra történő csökkentése a környezeti hatás arányos (~10%) csökkenését eredményezte a klímaváltozás (kg CO₂ eq), fosszilis erőforrások kimerülése (GJ), földhasználat környezeti hatásindikátor tekintetében. Chloé és mtsai (2020) LCA eredményei, azt mutatták, hogy ez a szimbiózis modell megváltoztatja az ipari rovartermesztés fenntarthatóságát a CO₂-kibocsátás 80%-os csökkentésével és a fosszilis erőforrások 83%-kal csökkenti a fosszilis erőforrások kimerülését a szimbiózis nélküli modellhez képest. Ezenkívül a szimbiózismodell lehetővé tette a korábban a légkörbe kibocsátott hulladékenergia felhasználását a rovarnevelő létesítmény felfűtésére és a teljes rovartermelő létesítmény megújuló energiával való ellátását fa alapú energiaforrásból. Bár a szimbiózis modell kissé alulteljesített a

földhasználatban a szimbiózis nélküli modelljéhez képest, ez az erdőgazdálkodásnak köszönhető, amely köteles a fát biztosítani. A környezeti hatásmutatók közül a legnagyobb hozzájáruló tényező a rovarok búzamelléktermékkel való táplálkozása volt (éghajlatváltozás, a fosszilis tüzelőanyagok kimerülése, illetve földhasználat tükrében). Az energiafelhasználás, különösen a növekedési és szaporodási szakaszban, szintén hozzájárult a termelési folyamat összehatásához, de jóval kisebb mértékben. Ezek az eredmények megegyeznek a korábbi LCA-vizsgálatok eredményeivel; például a lárvák takarmányozásának és energiafelhasználásának környezeti hatásai 55%, illetve 38% voltak Smetana és mtsai (2019), illetve 75–80% és 15–19% Smetana és mtsai (2016) a kutatásaiban. Chloé és mtsai(2020) tanulmányában a takarmányok nagyobb hatása a mezőgazdasági melléktermékek felhasználásából adódik, míg a megújuló energia felhasználása drasztikusan csökkentette az energiafelhasználás hatását. Ezzel szemben a szimbiózis nélküli modell az energiafogyasztás az éghajlatváltozás hatásának jelentős hányadát és a fosszilis erőforrások kimerülését eredményezte.

Erdőirtással és anélküli modellt használtak az összehasonlításhoz Chloés és mtsai(2020). 1 tonna Fekete katonalégy-rovarolaj előállításához képest a környezeti hatás általános javulását mutatta az összes mutató tekintetében: 83-95%-kal csökkentette a CO₂-kibocsátást, 77-91%-kal csökkentette a fosszilis erőforrások kimerülését és 87-96%-kal a földhasználatot. Ezeket a csökkenéseket leginkább a korlátozott teret igénybe vevő vertikális rovartenyésztés, valamint a három iparág szimbiózisa okozta, amelyekben az egyik hulladékát a másokban nyersanyagként használják fel. Megerősítették, hogy az ipari méretekben előállított rovarliszt és rovarolaj fenntarthatóbb, mint az halliszt és növényi olaj, melyet már korábbi tanulmányok is javasoltak, például Salomone és mtsai (2017). Összességében a hallisztnek az ipari szimbiózis modellel előállított rovarlisztre való felváltása potenciálisan 24 kt-val csökkentheti a CO₂-kibocsátást és 336 TJ-val a fosszilis erőforrások kimerülését a rovartermelő létesítmény működése során, ami három-négyszeres csökkenést jelent. Emellett a legjobb alternatívához (erdőirtás nélküli szójaolaj) képest a szimbiózis modellt alkalmazó rovarolajtermelés 5,2 kt CO₂ kibocsátást, 64 TJ fosszilis erőforrást és 1900ha/év földhasználatot tett lehetővé (Chloé és mtsai, 2020).A rovartermékek előállítása a szimbiózis modellben, drasztikusan csökkenti az éghajlatváltozását és a fosszilis erőforrások hatását. A szimbiózis modellben, ahol a lárvák takarmányozásához a melléktermékeket közvetlenül szállítják és megújuló energiát is használnak, ott csökken a fosszilis erőforrások kimerülése és 80% -kal csökken a CO₂-kibocsátás. Ezen eredményeket összehasonlítva az alternatívákkal (halliszt a rovarliszthez és növényi

olaj a rovarolajhoz) azt mutatja, hogy a rovarliszt és a rovarolaj egyaránt fenntartható alternatíva, amely legalább 51%-kal csökkenti a CO₂-kibocsátást és 46%-kal a fosszilis erőforrások kimerülését.

A hulladéklerakókból és a szennyvízből származó metán teszi ki a globális hulladékszektor kibocsátásának 90%-át vagyis a globális kibocsátás körülbelül 18%-a antropogén metánkibocsátású (Bogner és mtsai,2008). A keletkező szilárdhulladék mennyisége magas szerves hulladékkal rendelkezik, más néven biohulladék frakciójával, amely élelmiszer- és konyhai hulladékból, élelmiszeriparból származik. Ezért fontos, hogy a biohulladék ártalmatlanításra kerüljön, olyan intézkedések kerüljenek előtérbe, mint a komposztálás vagy más szerves hulladékkezelési lehetőségek, mert ezzel jelentősen csökkenthető a metán kibocsátásának mennyisége. Biohulladékkezelés és a valorizációs lehetőségek tükrében, felhasználás szerint osztályozhatóak a keletkezett végtermékek, például műtrágyák, talajjavítók, energia, tüzelőanyag vagy fehérje állatok számára. Az egyik legnagyobb sikertörténet az AgriProtein, egy eredetileg dél-afrikai cég, amely a hulladéklerakókból a Fekete katonalégy-tenyésztéshez irányítja a hulladékot, halolajat és pálmaolajat helyettesítve.

A rovaralapú takarmányösszetevők fenntarthatóságának további javítása érdekében több szerző is kijelentette, hogy az emberi élelmiszerhulladék vagy trágya felhasználása hasznos lehet a termelési folyamat fenntarthatóságának növelésében.

A korábbi tanulmányok szerint a Fekete katonalégy lárvája egy ígéretes biomassa transzformátor, amely képes olyan takarmányáramokat fogyasztani, amelyek nem alkalmasak más állatok számára. Wang és mtsai (2016) felmérte a Fekete katonalégy lárvájának etetésének hatásait a különböző étrendekre (alapszcenárió rozsliszt és búzakorpa), arra a következtetésre jutott, hogy alacsony értékű élelmiszerfeldolgozási melléktermékek használata a fenntartható takarmánygyártás legjobb stratégiai közé tartoztak.

A lárvák takarmányértékesülésén még javítani kell. A lárvák takarmányfelvételének csökkentésére végzett érzékenységvizsgálat azt mutatta, hogy a környezeti hatás változásai közvetlenül arányosak a lárva takarmányértékesülés változásaival. A Fekete katonalégy lárvájának takarmányértékesülés-értéke lényegesen alacsonyabb, mint más rovaroké, ez a fő oka annak, hogy a legtöbb rovartermelő ezt a fajt választja. Valójában a Fekete katonalégy lárvájának takarmányértékesülés-értéke majdnem a fele volt az Oonincx és mtsai (2012) kapott 2,2 kg/kg élősúly értéknek, ami arra utal, hogy a Fekete katonalégy lárvájának takarmányozásértékesülés-értéke tovább optimalizálható a termelési rendszerek jobb stabilitása révén (Smetana és mtsai,2019).

A Fekete katonalégy biokonverziója számos előnnyel rendelkezik a hulladékkezelés más

formáival szemben, azon kívül, hogy a tehéntrágyától a kókuszshéjig szinte minden szerves hulladékot hasznos végtermékké alakít. A Fekete katonalégy lárvája függőlegesen tálcán nevelhető, ami azt jelenti, hogy egy nagyméretű, több tonna hulladékot egyszerre feldolgozó Fekete katonalégy- létesítmény nem igényel sok helyet. Nincs szükség speciális szerszámokra vagy felszerelésre, ami azt jelenti, hogy a tenyésztésnek alacsonyak a belépési pénzügyi és technikai akadályai és egy létesítmény felállítható egy fejlődő országba és szakképzetlen munkaerővel működtethető.

A Fekete katonalégy lárvája hatékony módja lehet annak, hogy a biohulladékot fehérjében gazdaggá átalakítson, valamint állati takarmányozásra alkalmas zsírban gazdag biomassza készüljön. A megközelítés alapja; a légylárvák biohulladékkal való táplálása. Ez a hulladék mennyiségét 50–80%-kal (nedves tömeg) csökkenti és, olyan gyors növekedésű lárvákat nevelhet, amelyeket körülbelül 14 nap elteltével begyűjthetőek és akár 20%-os hulladékból biomasszává konverzálható (összes szilárd anyagra vonatkoztatva) (Lohri és mtsai,2017). A lárvák tovább feldolgozhatók és halliszt helyettesítésére használhatók hagyományos állati takarmányként, illetve komposztálhatóak és talajjavítóként használhatóak. A Fekete katonalégy, a biohulladékkezelésben vonzó lehetőség, mivel megoldást kínál a hulladékkezelésre, miközben fehérjeforrást is biztosít, hogy segítsen enyhíteni az állati takarmányok iránti növekvő globális keresletet. Tökéletes megoldás lehet a városi szerves élelmiszerhulladék alapú biokonverzió.

Azonban a mai napig nagyon kevés információ áll rendelkezésre arról, hogy ez a technológia hogyan teljesít a közvetlen üvegházhatású gázok kibocsátása és Globális Felmelegedési Potenciál tekintetében. Mertenat és mtsai (2019) egy indonéziai hulladékkezelő létesítményt hasonlít össze egy nyílt komposztáló területtel. A telephelyen a Fekete katonalégy lárvák fő takarmányozási forrása a szelektív konyhai hulladék volt, főként hámozott, nyers gyümölcsből és zöldségből főtt ételekből, például a rizs és a zöldségek álltak. A csirketápot a lárvák etetésére használják az első 5 napban és a lárvák takarmányozásához, addig, amíg el nem érik a kifejlett állapotukra. A dobozokból meghatározott időben gázmintát (Ar) vettek, majd elszállították és elemezték őket, metánra, szén-dioxidra és dinitrogén-oxidra, konfigurált kromatorgráffal (GC). Az eredmények azt mutatták, hogy 45 perccel a dobozok lezárása után átlagosan 55% CO₂-t bocsátott ki, azonban a N₂O és CH₄ emisszió mértéke 45 perc után 77%, illetve 86% volt. Konklúzióként megállapítható, hogy a dobozok lezárása hatással van a Fekete katonalégy lárvák viselkedésére és táplálkozására, ami alacsonyabb kibocsátást eredményez. Arra voltak kíváncsiak, hogy 1 tonna biohulladék kezelésének Globális Felmelegedési Potenciálja hogy viszonyul a komposztálás Globális Felmelegedési Potenciáljához. A Mertenat és mtsai(2019) által

használt rendszerhatárok a szegregált háztartással kezdődnek, a biohulladék a kezelő létesítménybe kerül és komposztal végződik.

Az előnevelés után, a lárvákat és a maradványokat átszitálták. A betakarított lárvákat forrásban lévő vízbe mártották. Utána a lárvákat napon szárították. A lárvák betakarítása után a maradványokat komposztálták. A komposztáló létesítmény nyitott kényszerlevegőztetéssel rendelkező komposztáló rendszerként működik, napi 60 tonna biohulladék kezelésére alkalmas. Az ezen a kapacitáson történő energiafogyasztás alapján az 1 tonna hulladékkapacitással egyenértékű energiafogyasztást becsültek meg, A bevitt hulladékkezelés manuálisan történt, a gépek figyelembevétele nélkül (nem használtak hulladék aprítót). Mivel sokszor láthattuk, hogy az elektromos berendezések, nagyobb energiát követelnek. Majd közvetlen CH_4 és N_2O mintákat vettek és elemezték gázkromatográfiával. Az eredmények, azt mutatják, hogy a közvetlen CO_2 eq-kibocsátás 47-szer alacsonyabb, mint, ami a komposztálásból származik (Mertenat és mtsai,2019). Ami a teljes Globális Felmelegedési Potenciált illeti, a komposztálás kétszerese a Fekete katonalegyet kezelőlétesítmény Globális Felmelegedési Potenciáljának. A fő Globális Felmelegedési Potenciál a Fekete katonalegy-létesítményből származik. Arra a következtetésre jutottak, hogy a Fekete katonalegy biohulladék kezelése nagyon alacsony közvetlen ÜHG-kibocsátással és potenciálisan magas Globális Felmelegedési Potenciál -csökkentéssel jár. Megfigyelték az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását is, melyek átlagos 20-30% -os eltérést mutattak a dobozok között. Az eredmények átlagosan 0,4 g CH_4 -termelést és 8,6 g N_2O -termelést tartalmaznak tonnánként szerves háztartási hulladék. Általánosságban azonban feltételezhető, hogy a komposztáló rendszer alacsonyabb műszaki összetettsége magasabb közvetlen ÜHG- kibocsátást eredményez. Perednia és mtsai (2017) tanulmánya is megerősítette, hogy az aerob körülmények között nevelt Fekete katonalegy lárvák nem termelnek jelentős mennyiségű CH_4 -t.

Mertenat és mtsai(2019) eredményeiből megállapítható, hogy lárvák aktivitása hatással van az N_2O -termelésre. Ugyanakkor nem lehetséges megkülönböztetni a metabolikus vagy bakteriális N_2O termelést. Becslései szerint a hulladékban előforduló mechanikus levegőztetés felelős lehet az alacsony N_2O - kibocsátásért. A szaprofágok, N_2O emissziójára gyakorolt hatásának értékelésének összetettségét már kiemelte (Jacob és mtsai,2012) földigilisztákkal és kerti hulladékokkal kapcsolatos tanulmánya. Kimutatták, hogy a magas etetési arány növeli a N_2O kibocsátást. Ez látható az indonéz kutatás eredményeikben is, ahol az etetés után az N_2O növekszik.

A Fekete katonalegy létesítményből származó közvetlen kibocsátások alacsonyabbak, mint a komposztáló létesítményből származó. A Fekete katonalegy- létesítmény esetében az összes

kapcsolódó Globális Felmelegedési Potenciál 72% -át teszik ki, míg a komposztálás esetében 98% -ot (Mertenat és mtsai,2019). Az érzékenységi arány (ÉA) kiszámítása azt mutatja, hogy az N₂O-közvetlen kibocsátása a legkritikusabb paraméter. A CH₄ közvetlen kibocsátás, ez a legfontosabb paraméter. A figyelembe vett Fekete katonalégy rendszerben a maradékkomposztálásból származó közvetlen kibocsátás a Fekete katonalégy-kezelés teljes Globális Felmelegedési Potenciáljának 68% -áért felelős.

A Fekete katonalégy -kezelés utáni maradékanyagokban kevesebb a tápanyag és a szén (mivel ezeket a lárvák elfogyasztották) a friss biohulladékhoz képest. A Mertenat és mtsai(2019) megállapításai, azt mutatják, hogy: a közvetlen üvegházhatásúgáz- kibocsátás mérlegelésekor a Fekete katonalégy -kezelőegység alacsonyabb kibocsátást mutat a komposztáláshoz képest, az LCA eredményei azt mutatják, hogy a Fekete katonalégy -kezelés általános Globális Felmelegedési Potenciálja elsősorban a reziduum típusától függ. A maradékból táplálkozó lárvák üvegházhatásúgáz-kibocsátása nagyon alacsony volt, amikor összehasonlították a nyílt komposztálási folyamat mikrobiális kibocsátásával. Ez megmagyarázható, mivel a lárvák etetés közben folyamatosan mozgatják a hulladékot és ez által biztosítják a levegőztetést és a megfelelő légkörviszonyokat.

A Fekete katonalégy létesítmény villamosenergia -fogyasztása kritikus elem a teljes Globális Felmelegedési Potenciálja figyelembevételével. Ha a közvetett kibocsátásokat figyelembe vesszük a Fekete katonalégy -kezelés során a villamosenergia fogyasztása játszik nagy szerepet. A megnövelt mechanizációval nő az egy tonna hulladékra jutó áramfogyasztás. Azonban az új feldolgozási lépések és berendezések, például az alapanyag aprítója, az aktív szellőztető rendszerek vagy a lárvák betakarítására szolgáló rázószita bevezetése jelentősen megnövelheti az áramfogyasztást. A megújuló energiaforrások, például a napelemek figyelembevétele megalapozott létjogosultsággal bírhat, mivel csökkentheti a helyi villamosenergia-fogyasztással összefüggő környezeti hatást. Az anaerob emésztés ígéretesnek tűnik, mivel egyszerre két problémát is megoldhat: a maradékanyag-kezelést és a létesítmény üzemeltetéséhez szükséges energiaforrás biztosítását. Lalander és mtsai (2018) ígéretes eredményeket mutat a svéd egyetemi étkezdéből származó élelmiszerhulladékból származó Fekete katonalégy -kezelés -maradék biogázpotenciáljára vonatkozóan. Ezért további kutatásokra van szükség a háztartási maradék biometán potenciáljának értékeléséhez.

Általában a rovarok, köztük a Fekete katonalégy feldolgozása is technológia követelményeket igényel, viszont a lárvák zsírmentesítésekor rovarliszt keletkezik és jobban eltartható. Maga a zsírmentesítés, kedvező hatással is bír, hiszen megnő a nyersfehérje,- és aminosavtartalom. Míg a szárított lárva nyersfehérjetartalma 40,88%, addig a zsírmentesített lárváé 60,69%. A

szárított lárva lizintartalma 1,93, zsírmintesített lárvaé, pedig 2,96%. Míg a metionin tartalma a szárított lárvának 0,49%, addig a zsírmintesítetté 0,72%. Cisztein tartalomma, szintén ez elmondható, a szárított lárvaé 0,31%, addig a zsírmintesítetté 0,47%. Szárított lárva treonin tartalma 1,37%, a zsírmintesítetté, pedig 2,01% (Mézes,2018). Ebből látható, hogy kedvező hatással bír ez a technológiai megoldás, a Fekete katonalégy lárva esetében.

1 t rovarliszt előállításához meg kell vizsgálnunk, mely környezeti hatásokat befolyásolja. Itt különösképp kiemelném a klímaváltozás hatásindikátorát, illetve a földhasználatot. Ennek összehasonlítására szolgál a 4. táblázat.

4. táblázat

1 t rovarliszt előállításának környezeti hatásainak összehasonlítása különböző rovarfajok és termelési modellek felhasználásával – saját szerkesztés a megjelölt források alapján

<i>Rovarfajok</i>	<i>Források</i>	Klímaváltozás (kg CO₂ eq)	Indikátorok Fosszilis erőforrások kimerülése (GJ)	Földhasználat (m²/év)
Házi légy lárva	Van Zanten és mtsai. (2015)	770	9,3	32
Házi légy lárva	Roffeis és mtsai. (2015)	-	159,8-288,1	2790-5320
Liszt kukac lárva	Oonincx és mtsai (2012)	3500	44,3	4680
Liszt kukac lárva	Smetana és mtsai(2015)	7100-7550	80,0-101,0	50
Fekete katonalégy lárva	Muys és mtsai (2014) -	-	13,4-64,06	10-40
Fekete katonalégy lárva	Komakech és mtsai. (2015)	1240	1,5	-
Fekete katonalégy lárva	Salomone és mtsai. (2017)	2100	15,1	50
Fekete katonalégy lárva	Smetana és mtsai (2016)	1360-15,100	21,2-99,6	32-7030

4.2 A csillagfürt ökológiai lábnyomának vizsgálata

A csillagfürt ökológiai lábnyomát több tényező befolyásolja, például az előállításához szükséges földterület nagysága, az öntözéshez és az energiaigényhez szükséges víz- és energiaforrások használata, a talajerózió és a növényvédelem során használt vegyi anyagok. A csillagfürt termelésének helyi és organikus módszerekkel történő előállítása is csökkentheti az ökológiai lábnyomot. A csillagfürt termesztése környezeti hatásai jelentősek lehetnek, különösen a vízfelhasználás és az energiatermelés terén, nagy mennyiségű vízforrásokat igényel és a talaj erózióját is okozhatja.

A csillagfürt karbonlábnyomára vonatkozó adatok korlátozottak, az általános csillagfürt termesztési gyakorlatok hatásai alapján várható, hogy az édes csillagfürt termesztése, technológiai feldolgozása is jelentős környezeti hatásokkal járhat. A legtöbb LCA tanulmány csak a hagyományos fehérjeizolátumok előállításának lábnyomának kiszámítására összpontosít (Berardy és mtsai,2015), még kevesebb az enyhébb frakcionálási módszerekre (Vogelsang-o'Dwyer és mtsai,2020).

Ahhoz, hogy megnézzük, milyen környezeti hatásokat befolyásol a csillagfürt termesztése, feldolgozása, ahhoz különböző irodalmat, tanulmányokat kell megvizsgálnunk. Általánosságban elmondható, hogy meg kell határozni egy Funkcionális Egységet. A mezőgazdasági termelés és a tárolókban- takarmányüzemekbe történő szállítás, berendezések építése, karbantartása mind környezeti terhelést jelent. Egyes kutatásokban csak a termeléshez kapcsolódó erőforrásokat tartják relevánsnak, hiszen az eltérő finomítási fokú folyamatok összehasonlítása szempontjából ez a meghatározó.

A csillagfürtöt különböző eljárással, módszerrel dolgozhatjuk fel; nyersanyagot felhasználva, csillagfürtliszt frakció keletkezik, hagyományos frakcionálással fehérje izolátum frakció, enyhe vi- zes/ nedves frakcionálással dúsított fehérje frakció, száraz frakcionálással finom frakció, hibrid frakcionálással, pedig dúsított frakció keletkezik. Ezek mind megmutatják a csillagfürt teljes kiho- zatalát a kiindulási anyagból, illetve az összetevék fehérjetartalmát szárazanyagtartalom alapján (db%). A csillagfürt hagyományos frakcionálása a szakirodalmon (Berghout és mtsai, 2015) és egy szabadalmon (Wäsche és mtsai,2002) alapul. Általában minden nedves folyamat egy őrlés- sel, zúzással és áztatási lépéssel kezdődik. A keményítő és a rostfrakciók kezdeti szétválasztását hidrociklonokkal végzik. Ezeket a frakciókat ezután bepárlással vagy vákuumdobszűrővel és pneumatikus gyűrűvel szárítják. A hagyományos frakcionálási módszer szerint, az olajat (olaj- tartalmú növények esetében) először eltávolítják, majd a fehérjék izoelektromos módon ki- csapjuk, majd a semlegesítés következik. A fehérjében gazdag frakciókat ultraszűréssel koncent- rálják és/vagy porlasztva, fluidágyon szárítják.

A legenyhébb frakcionálási módszer, a *száraz frakcionálás*; amely az őrléssel és légszeparátor segítségével viszi véghez a frakcionálást. A hibrid frakcionálás során, a száraz frakcionálással kapott finom frakciót az enyhe vizes frakcionálással dolgozzák tovább.

Egy-egy LCA-modellben érdemes a mezőgazdasági termelés és szállítás meglévő hatásának és a modellezett frakcionálási folyamatok kombinálását figyelni. Anouk és mtsai (2020) először az Életciklus-leltárban (LCI) fellelt adatpontokat és a kapcsolódó háttérfolyamatokat egyesítették és leltárlistába állították össze a levegőbe(n) történő anyagáramlást (pl. metánt, dinitrogén-monoxidot), kilogrammban kifejezve, azaz CH₄/kg, N₂O/kg. Egy anyagáramlás több hatáskategóriát is befolyásolhat, például a dinitrogén –monoxid a levegőbe jutását, melynek a jellemzési értéke, az a 298 kg, azaz 1 kg g N₂O kibocsátása a légkörbe körülbelül 298 kg CO₂ kibocsátásának felel meg. A csillagfürt esetében sokszor az alábbi hatáskategóriát választják ki: A Globális Felmelegedési Potenciált ^(GFP) használó ökoszisztémákat, az emberi egészség során keletkező rákkeltő toxicitást, a „kék vízhasználatban” kifejezett vízfogyasztást használó erőforrások és a fosszilis erőforrások kimerülését.

Számos eltérés lehet az olaj- vagy keményítőtartalmú növények feldolgozása között, de a csillagfürt frakcionálása olajkivonási lépést igényel és sok felesleges vizet tartalmaz és ezt a vizet végül újra el kell távolítani. Ezenkívül a csillagfürt enyhe vizes frakcionálásakor a fehérjét még mindig izoelektromos kicsapással extrahálják. Ezért a fehérje kivonása fenntarthatóbb, ha mellőzzük az olajkitermelés és a fehérjekicsapást. A hagyományos frakcionálás helyett a száraz használata kedvezőbb és akár 99%-os hatást gyakorol a növényre (Anouk és mtsai, 2020).

A hibrid frakcionálás hatása a két módszer között rejlik. Geerts és mtsai (2018) is beszámolt arról, hogy az enyhe vizes frakcionálás magasabb az exergia hatékonysága, 54%, szemben a hagyományos frakcionálás 35% -ával. Továbbá Berghout és mtsai(2015) bemutatta, hogy az olaj kitermelése jelentős exergiavesztésekhez vezet. Ha ezt eltávolítjuk az enyhe vizes és hibrid frakcionálás során, akkor hozzájárulhatunk a környezeti mutatók csökkenéséhez

A csillagfürt, mind a hagyományos, mint az enyhe vizes frakcionálása is nagyobb környezet-terhelést von maga után.

A csillagfürt ezekre a fő feldolgozási lépésekre oszlik: őrlés, olajleválasztás, áztatás, szétválasztás (hidrociklon), kicsapás és semlegesítés, valamint szárítás vagy ultraszűrés.

A csillagfürt frakcionálása (az olaj eltávolítása nélkül) csökkenti az összes hatáskategóriát, mivel a hexán használata és a desztillálása elmarad. Ha az olajkivonás lépését elhagynánk, akkor az csökkenti a humán rákkeltő toxicitást. A rákkeltő toxicitás bizonyos fokú bizonytalanságot okoz, mivel nehéz mérni, kiszámítani és egyetlen hatásindikátorként szemlélni (Fantke és

mtsai,2018). Ez leginkább a hexán hevítésének tulajdoníthat -amit az olaj lepárlásakor használnak -mivel a hexánt újra felhasználják. Pontosabban, tonnánként csak 3 kg hexán található a csillagfürt -fehérje - izolátumban, ami jellemzően a légkörbe kerül a gyártás során (Európai Bizottság, 2008), és így befolyásolja az emberi rákkeltő toxicitást. Illetve, ha figyelembe vennénk a növénytermesztés során a peszticidek, rovarölő, gyomirtó szerek használatát, valószínűsíthető ezen téren is a rákkeltő hatás növekedése.

A csillagfürt enyhe vizes frakcionálásával, az olajfrakció nagyon kis mennyiségben van jelen a fehérjeizolátumban, a többi, pedig a rostban gazdag pellet.(Anouk és mtsai,2020). A fehérjében gazdag frakció funkcionális tulajdonságait az olaj jelenléte nem változtatja meg jelentősen a hagyományos fehérjeizolátumhoz képest (Berghout és mtsai,2014). Ugyanezt tapasztalták a csillagfürt száraz frakcionált finom frakciója esetében is, amely fokozott habstabilitást mutatott a hagyományos csillagfürt -fehérje izolátumokhoz képest (Pelgrom és mtsai,2015).

A száraz frakcionálás a lábnyom csökkenéshez vezet, mivel kevesebb áramot használnak, nem használnak gőzt és vegyszereket, de ezzel a módszerrel közel sem kapnak, olyan mértékű fehérjetisztaságot.

A szárításban alkalmazott lépések felelősek a lábnyom nagy részéért. Ezt erősítik meg Berghout és mtsai (2015) is, aki a szárításhoz sok energiát igénylő eljárások alternatíváit is fontolóra vette. Ami egyes növények frakcionálását illeti, például sárgaborsó esetében is a kezelések után a szennyvizet is visszajuttatták a környezetbe.

A hagyományos és az enyhe, nedves frakcionáláskor a Globális Felmelegedési Potenciált és a fosszilis erőforrások kimerülését nézzük, akkor a feldolgozás a domináns a termesztéssel szemben (a termesztés viszonylag alacsony energiaigénye miatt). Ami a vízfogyasztást illeti, a csillagfürt feldolgozása nagyobb mértékben járul hozzá az adatokhoz, mint maga a termesztéshez használt vízfogyasztás, de ez nyilván függ a termesztés helyétől.

Korábban kimutatták, hogy az alacsonyabb fokú finomítási csökkenti a környezeti terhelést. De az alacsonyabb fokú feldolgozás alacsonyabb fehérjetisztaságú frakciókat eredményez Berghout és mtsai (2015), azt javasolták, hogy a finom frakció további tisztításával, enyhe vizes frakcionálással növelni lehet a tisztaságot. A csillagfürt hibrid frakcionálása 58%-ról növeli a finom frakció tisztaságát 87% -ra, 30% -os fehérjetermeléssel.

Amennyiben keletkezne felesleges víz, azt is el kell párologtatni, ami további energiát igényel. A csillagfürt hagyományos fehérjeizolátumának éghajlatváltozási potenciálja 5,8 kg CO₂-eq/kg fehérje, míg az enyhébb vizes változat 4,6 kg CO₂-eq/kg fehérje. Ismét a száraz frakcionálásnak van a legalacsonyabb karbonlábnyoma, 1,3 kg CO₂-eq, míg a hibrid módszer 3,8 kg

CO₂-eq/ kg fehérjét ad (Anouk és mtsai,2020). Ez bizonyítja, hogy az enyhén frakcionált összetevők képesek ugyanannyi fehérjét adni, mint a hagyományos mód és ezt, csökkentett karbonlábnyom mellett tudja produkálni.

A csillagfürt enyhe vizes frakcionálásának fehérjehozama 64%, szemben a hagyományos 59%-os frakcionálással. Ezek a megállapítások azt mutatják, hogy a hagyományos frakcionálás enyhébb alternatívái alacsonyabb Globális Felmelegedési Potenciálja mellett magasabb fehérjehozamra lehet számítani. A száraz frakcionálás mindkét frakció 100% -os fehérjetermelést tartalmaz.

Összességében elmondható, hogy a fenntarthatósági szempontokat tekintve egy alacsonyabb fokú finomítás, képes ugyanannyi fehérjét adni, min a hagyományos frakcionálás, úgy, hogy kisebb ökológiai lábnyomot hagy. Ráadásul az enyhébb módszerek magasabb fehérjetermeléssel rendelkeznek fehérjevesztés nélkül. A növényi fehérjében gazdag összetevők termelése közben létrejövő környezeti hatások jelentősen csökkenthetők a finomítás mértékének csökkentésével. A feldolgozás nagyon fontos eleme a teljes környezeti hatásnak és bizonyos esetekben nagyobb, mint a növénytermesztése.

Az enyhe vizes frakcionálás esetén, a fehérjekicsapási lépés kihagyása jelentősen csökkenti a Globális Felmelegedési Potenciált, az emberi rákkeltő toxicitást, a vízfogyasztást és a fosszilis erőforrások 30-40%-os kimerülését. A Globális Felmelegedési Potenciál legnagyobb csökkenését csak száraz feldolgozásban érték el, a hagyományos frakcionáláshoz képest akár 93% -os csökkenéssel (Anouk és mtsai, 2020). A hagyományos módszer adja a legmagasabb fehérjehozamot, bár nagyobb környezeti hatás árán. A szárítás, az, amely a legjobban hozzájárul a terheléshez. A nedves frakcionálással kapott frakciók magasabb fehérjetermeléssel rendelkeznek a hagyományos teljes finomításhoz képest alacsonyabb a Globális Felmelegedési Potenciájuk. Mind a száraz, mind a száraz és nedves frakció kombinációja jelentősen csökkenti a környezeti hatást, de a fehérjetermelés és a tisztaság is lényegesen alacsonyabb. Összességében elmondható, hogy a környezeti hatást a fehérjék tisztasága és hozama mind lehetővé teszi a fenntartható takarmányösszetevők kiválasztását.

A normalizációs értékekhez (Sleeswijk és mtsai,2008) viszonyítva szeretném számokba foglalva szemléltetni, érzékeltetni a környezetterhelést, amely 1 t Csillagfürt-fehérje előállításával jár (Anouk és mtsai,2020), melyet a 2. és 3. táblázat foglal össze.

2.táblázat
Az LCA során alkalmazott normalizációs értékek (Sleeswijk és mtsai,2008)

Hatás kategória	Mértékegység	EU ₂₅₊₃	Világ	EU ₂₅₊₃ (a világ %- ban)
Éghajlat változás				
idő horizont= 20 év	kg CO ₂ -eq.	6.57E+ 12	5.76E+ 13	11
Idő horizont = 100 év	kg CO ₂ -eq.	5.21E+ 12	4.18E+ 13	12
Idő horizont = 500 év	kg CO ₂ -eq.	4.49E+ 12	3.36E+ 13	13
<i>Ózon károsodás</i>	kg CFC-11-eq.	6.79E+ 06	2.10E+ 08	3
Savasodás				
Idő horizont= 20 év	kg SO ₂ -eq.	2.23E+ 10	3.01E+ 11	7
Idő horizont = 100 év	kg SO ₂ -eq.	2.36E+ 10	3.18E+ 11	7
Idő horizont = 100 év	kg SO ₂ -eq.	2.49E+ 10	3.36E+ 11	7
Idő horizont = 500 év	kg SO ₂ -eq.	2.84E+ 10	3.78E+ 11	8
<i>Édes vízi eutrofizáció</i>	kg P-eq. (édes vízbe)	3.47E+ 08	3.77E+ 09	9
<i>Tengeri eutrofizáció</i>	kg N-eq. (felszíni vízbe)	5.89E+ 09	5.71E+ 10	10
Légzőszervi hatás				
<i>Fotokémiai oxidáció</i>	kg NMVOC-eq.	2.80E+ 10	3.51E+ 11	8
<i>Szálló por</i>	kg PM ₁₀ -eq.	8.12E+ 09	9.92E+ 10	8
Humán toxicitás				
Idő horizont = 100 év	kg 1,4-DCB eq. (városi levegőbe)	1.24E+ 11	1.20E+ 12	10
Időhorizont = jelen	kg 1,4-DCB eq. (városi levegőbe)	2.27E+ 12	8.86E+ 12	26
Édes vízi toxicitás				
Idő horizont = 100 év	kg 1,4-DCB eq. (friss vízbe)	5.83E+ 09	2.94E+ 10	20
Időhorizont = jelen	kg 1,4-DCB eq. (friss vízbe)	6.03E+ 09	3.07E+ 10	20
Tengeri ökotoxicitás				
Idő horizont = 100 év	kg 1,4-DCB eq. (tengervízbe)	8.98E+ 09	2.85E+ 10	32
Időhorizont = jelen	kg 1,4-DCB eq. (tengervízbe)	1.78E+ 12	6.24E+ 12	29
Szárazföldi ökotoxicitás				
Idő horizont = 100 év	kg 1,4-DCB eq. (ipari területen)	4.07E+ 09	3.72E+ 10	11
Időhorizont = jelen	kg 1,4-DCB eq. (ipari területen)	6.37E+ 09	5.09E+ 10	13
Ionizáló sugárzás	kBq U-235 eq.(levegőbe)	2.90E+ 12	7.97E+ 12	36
Mezőgazdasági földhasználat	m ² × év	2.10E+ 12	3.30E+ 13	6
Városi föld használat	m ² × year	1.89E+ 11	4.71E+ 12	4
Fosszilis erőforrás kimerülés	kg Sb eq.	7.23E+ 11	7.78E+ 12	9

3. táblázat

A 1000 kg/ csillagfürt feldolgozásához szükséges környezeti hatás – termelés és szállítás nélkül – saját szerkesztés Anouk és mtsai(2020) alapján

Hatáskategória	Egység	Csillagfürt frakcionálása			
		Hagyományos	Enyhe vizes	Száraz	Hibrid
Globális felmelegedés	kg CO eq	1464	1156	107	564
Sztratoszfériuok ózonréteg kimerülés, csökkenés	kg CFC11 eq	0.00034	0.00030	0.00003	0.00014
Ionizáló sugárzás	kBq Co-60 eq	24.5	24.6	3.8	12.1
Ózonképződés, emberi egészség	kg NO _x eq	0.0979	0.0613	0.0008	0.0563
Finom részecskék képződése	kg PM2.5 eq	0.48	0.41	0.03	0.19
Ózonképződés, szárazföldi ökoszisztémák	kg NO _x eq	0.1277	0.0688	0.0013	0.0607
Talajelsavasodás	kg SO ₂ eq	1.57	1.33	0.10	0.61
Édesvízi eutrofizáció	kg P eq	0.00013	0.00012	0.00001	0.00006
Tengeri eutrofizáció	kg N eq	0.0091	0.0067	0.0002	0.0027
Szárazföldi ökototoxicitás	kg 1,4 -DCB	81.1	77.7	6.8	37.2
Édesvízi ökototoxicitás	kg 1,4 -DCB	0.028	0.026	0.003	0.013
Tengeri ökototoxicitás	kg 1,4 -DCB	0.157	0.143	0.013	0.082
Humán rákkeltő toxicitás	kg 1,4 -DCB	0.43	0.31	0.02	0.15
Humán nem-karcinogén toxicitás	kg 1,4 -DCB	4.11	3.32	0.35	1.69
Földhasználat	m ² a crop eq	0.20	0.14	0.00	0.08
Ásványi erőforrások szűkössége	kg Cu eq	0.048	0.041	0.004	0.021
Fosszilis erőforrások szűkössége	kg oil eq	370	283	25	146
Vízfogyasztás	m³	27.0	18.3	0.2	9.6

5 KITEKINTÉS

A dániai Unibio fehérjében gazdag biomasszát hozott lére (kb. 72% fehérje), mikrobiális tenyésztésben állítják elő, amelynek egyetlen szén- és energiaforrása, a földgáz. Gyártása során keletkező egyetlen hulladéka a tiszta víz. Céljuk, hogy testre szabott fehérjét fejlesszenek ki, amely meghatározott állatfajokat céloz meg, kevesebb adalékanyagot használjanak a takarmánykeverékben, illetve, hogy nitrát kerüljön ki a környezetbe. Alapgondolatuk, hogy évente 140 milliárd köbméter földgázt lobbantanak és szellőztetnek ki. A földgáz a fő nyersanyag és szén- és energiaforrásként használják. Technikailag tiszta oxigént használnak az oxigénezési fermentációs folyamathoz, ammóniát, pedig nitrogénforrásként. Ha 200 millió m³ földgázt használnak az erjesztéshez és a fehérjéjük előállításához, ahelyett, hogy elégetnék, azzal 52% -kal csökken a CO₂ -kibocsátás.

Míg Dániában földgázban gondolkodnak, addig az Archer Daniels Midland élelmiszerfeldolgozó vállalat és a francia, InnovaFeed közös erővel létrehozzák a világ legnagyobb fehérjefeldolgozó üzemét. A közös terv alapja több milliárd Fekete Katonalégy tenyésztése és felhasználása. A jövőbeli terveiknek célja szerint évi 60.000 tonnányi állati takarmányfehérjét, 20.000 tonna olajat a sertés,- és baromfitakarmányozáshoz, valamint 400.000 tonnányi műtrágyát fognak előállítani. Céljuk, A föld- és vízhasználat csökkentése mellett, hogy segítsenek az állattenyésztőknek csökkenteni a CO₂-kibocsátást, karbonlábnyomot, valamint a nem fenntartható halászatból származó fehérjelisztől való függést.

Számos üzletember lát fantáziát, ennek a szektornak a meghódítására, melynek oka az, hogy a rovarokat hulladékon nevelve, hihetetlenül gyors rotációban hatékony biokonverzióra képes, takarmányhasznosító egyedek képzik a szektor alapját. Elmondható, hogy a fokozott környezeti hatás és terhelés és az agráriumban fellelhető véges erőforrások teljes mértékben felértékelik ezt a fiatal szektort, ebből következik, hogy a benne rejlő pénzügyi potenciál, így különösen vonzó a befektetői szféra számára is. A *magyarországi* Grinsect, a rovarfehérjeelőállításban utazó magyar startup vezetője Aszalai Sándor, meglátta a hatékony, környezetkímélő fehérjetermelés lehetőségét, felismerte az ökológiai teher súlyosságát és a hatékony gazdasági potenciált is. 200 kilogramm feletti lárvát tudnak előállítani naponta. Terveik között szerepel, hogy közel 4500 tonna szerves hulladékot hasznosít majd újra értékes rovarfehérjetakarmányként. Ez egy szabályozott körülmények között végzett intenzív, vertikális rovartenyésztés helyszíne. A Katonalégy (*Hermetia illucens*) hasznosítja a legjobban a takarmányt, mindösszesen csak 45 nap a teljes életciklusa. Aszalai, fantáziát lát az akvapóniás rendszerek kombinálásában is, hiszen a növénytermesztés hulladékanyagán felnevelkedett rovarok, majd a „trágyájuk” a növénytermesztés vízáramába is belekeverhető. Elmondható tehát, hogy egyedülálló know-how-val rendelkezik. Termékeiket akvakultúrában, petfoodként, illetve baromfi,- és sertéstakarmányozásban hasznosítják.

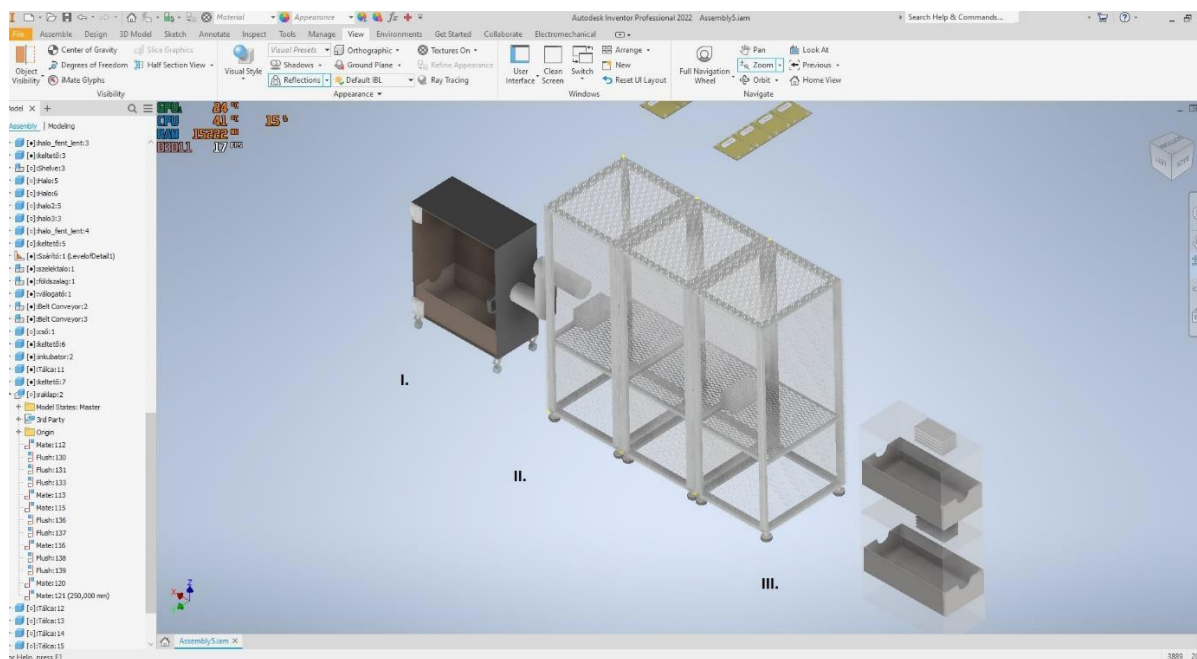
6 SAJÁT ROVARLÉTESÍTMÉNY SZIMULÁCIÓTERVEZETE

Szakedolgozatom utolsó felében, kiemelkedően fontosnak tekintem az elért eredményeket, a kísérleteket, a kitekintést, a kutatást összekapcsolom a tervezéssel, tervezek egy rovarfarmot, egy komplexumot, mint egy körforgásos gazdaság elvén előállított rovarokból kivont fehérje-üzemet, ahol megtörténik a szeparáció és feldolgozás, a termeléstől a csomagolás folyamatáig. Komplex egészében bemutatva, eljutva a következtetésekig és megvalósulhatóságig. Magyarországi viszonylatban elméleti megoldást nyújtok, mint jövő, a rovarfehérjék termelése és a hulladékgazdálkodás kapcsolatában is, amely kezdetlegesen is beindítható, mindenféle automatizálás nélkül. Ugyanakkor figyelni kell a technológiai fejlesztésekre is figye hiszen minőségi alapanyagot csak megfelelően kidolgozott technológia mellett tudnak előállítani. Az iparág fejlődésével, a technológiai eszközök iránti igény is nő.

Az év 365 napján folyhatna a termelés, rotálva, mesterségesen megteremthetik a Fekete katonalégy optimális fejlődéséhez szükséges körülményeket. Szabályozhatják a hőmérsékletet, páratartalmat, nappalok és éjszakák váltakozásait is.

Különböző életszakaszokban járó Fekete katonalégy lenne megtalálható; pete, neonate lárva, 5 napos lárva, felnőtt lárva, előbáb, báb, légy. A teljes folyamat három fázisból állna, maga a szaporításból, a nevelésből, a lárvák feldolgozásából. A nevelő részlegben; speciális ládáknak történne a lárvák felhízalása, ekkor takarmányoznák szerves melléktermékkel, amint elérték a szüreteléshez szükséges állapotot, a lárvákat elválasztanák a szubsztráttól és megindulhatna a feldolgozási folyamat. A kész termékeket sterilizálnák, szárítanák, préselnék, porítanák és legutoljára csomagolnák vagy eltárolnák, akár a saját otthonokban, gazdaságukban további felhasználás gyanánt.

Ez a modell és annak megvalósítása akár szimulációra és kísérletek helyszínéül is szolgálhatna. A szimuláció tervezéséhez, az Autodest Inventor 2022 programot használtam.

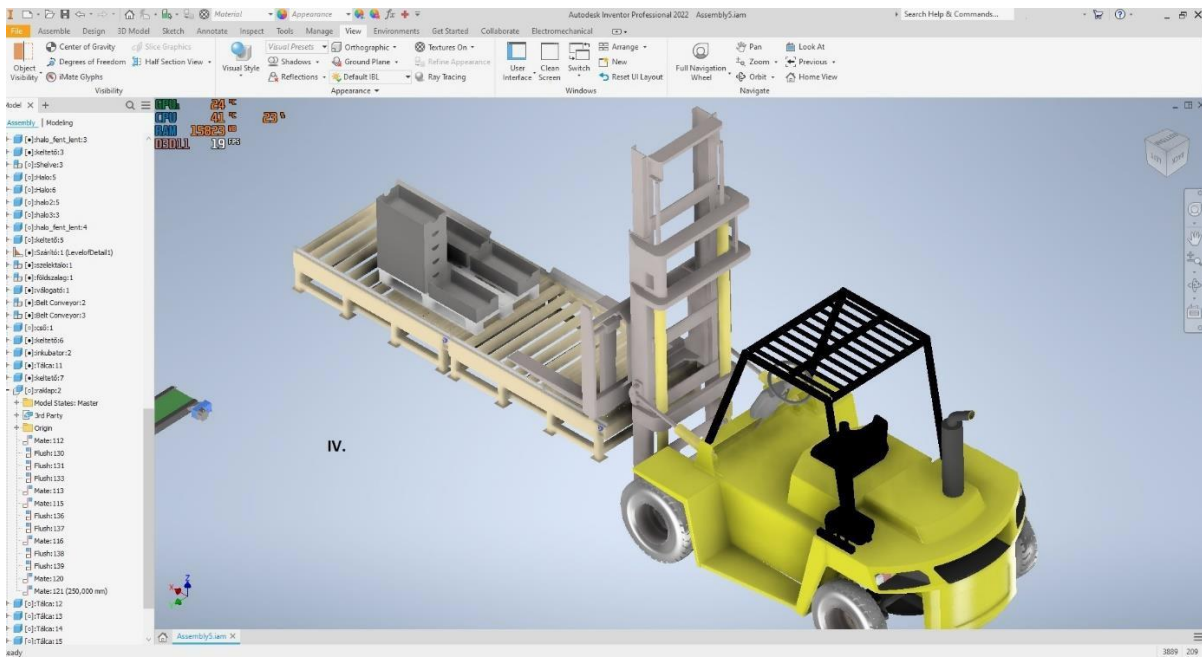


1.kép – A kezdeti helyszínek szemléltetése Investor 2022 programban-saját készítés

Az 1. képen látható I. elem egy lesötétített doboz, ahol megtörténik a metamorfózis utolsó szakasza, azaz a bebábozódást követően a katonalégy eléri az utolsó fázist, azaz felnőtt, kifejlett légy formájává alakul. Nevéből adódóan, ez egy sötét ketrec, nem éri őket zavaró inger, például fény, nedvesség, szélmozgás. A katonalégy fejlődési ciklusai közül a pete, illetve a bábállapot a legérzékenyebb, ekkor nem nagyon mozognak, nem nagyon vesznek táplálékot magukhoz, de ha nem megfelelőek a körülmények, minden felborulhat. Ez a doboz, mindent biztosít nekik, mert olyan anyagból készült, ami nem ereszti át a fényt, de biztosítja a szellőzést és meleget is. Ez lehet zsanérral és lesötétített plexivel ellátott doboz vagy zipzáros. Tehát itt kezdődik minden, ahol a frissen kikelt legyek várják a jelet, a stimuláló LED fény a II.-es (1.kép) elembe csalogatja őket. Itt szaporíthatóak a legyeket, a nőstények a párosodás után a hálós ketrecekben rakják le a petéiket. Tehát itt a párzási rituáléjukat végzik és a nőstény egyedek a petéket lerakják. A Grinsectnél megvásárolható, mind a lesötétített doboz, „Darkcage”, mint a szaporítóegység, a „Lovecage”, az M- méretű lovecage befogadóképessége akár 5000 db légy befogadására képes és 20-25 gramm pete jön létre 1 hét alatt, míg az L –méretű 12000 db légy befogadására alkalmas, illetve 50-55 gramm peteszámmal bír 1 hét leforgása alatt.

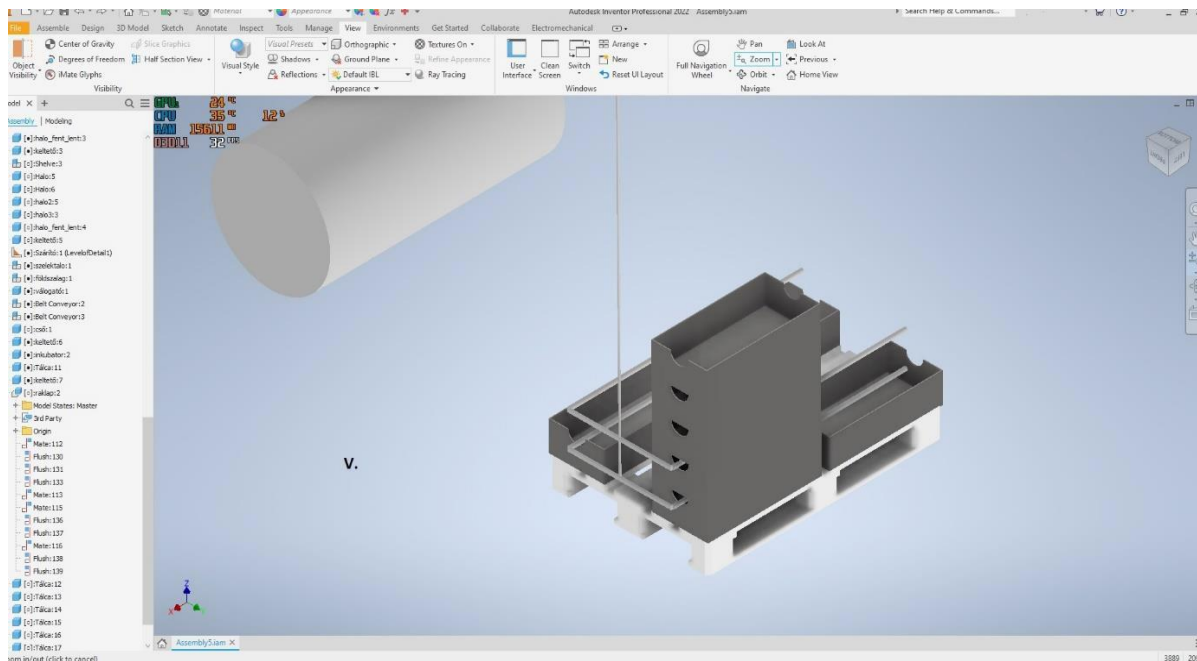
A III.-as egység(1.kép), az inkubátor, tehát a megtelt petézőket, petéket egy inkubátorba, egy külön polcra helyezhetőek el, ahonnan amikor a lárvák kikelnek, belesznek egy takarmánnyal teli dobozba, majd a következő pár hétben, addig amíg bábba nem fejlődnek, addig az otthonuk lesz. Itt a frissen kikelt lárvák belepotyognak az alattuk elhelyezett ládába. Amennyiben a

mérleg nem megoldható, akkor egy szenzort, lézert alkalmazhatunk, a dobozba potyogás méréséhez.



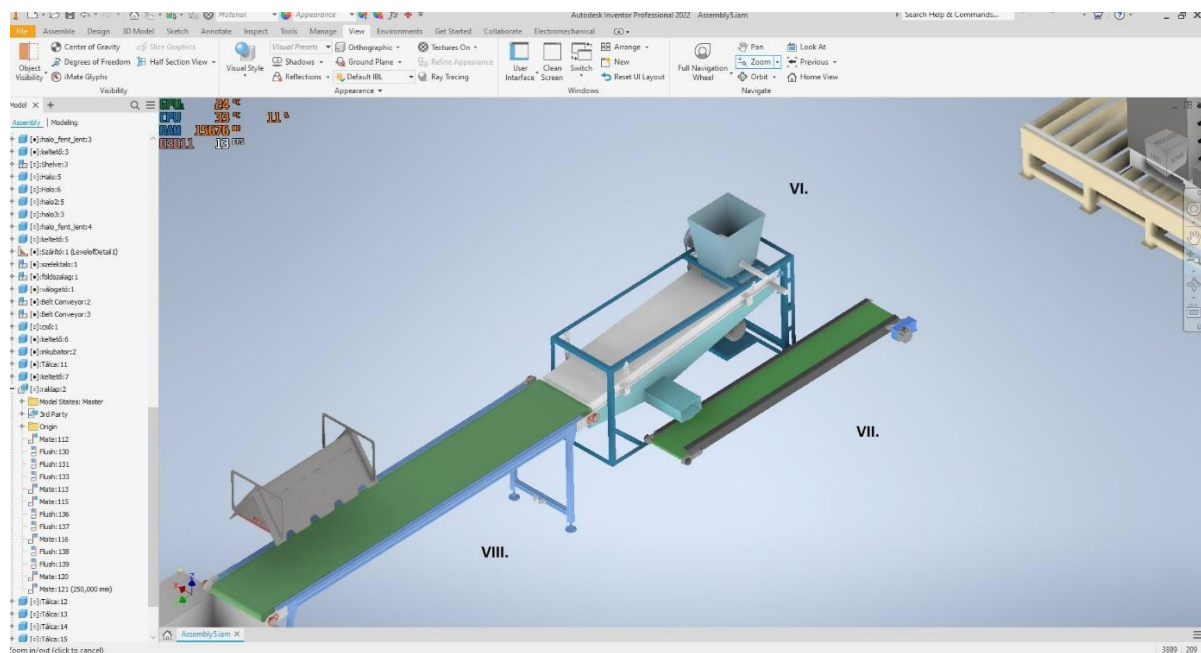
2. kép – A következő egység szemléltetése Investor 2022 programban-saját készítés

Amikor eléri a 10.000 db lárvát, akkor ládák egy (IV.)(2. kép) raklaphoz szállíthatók, melyet lehet blokkokban tartani.



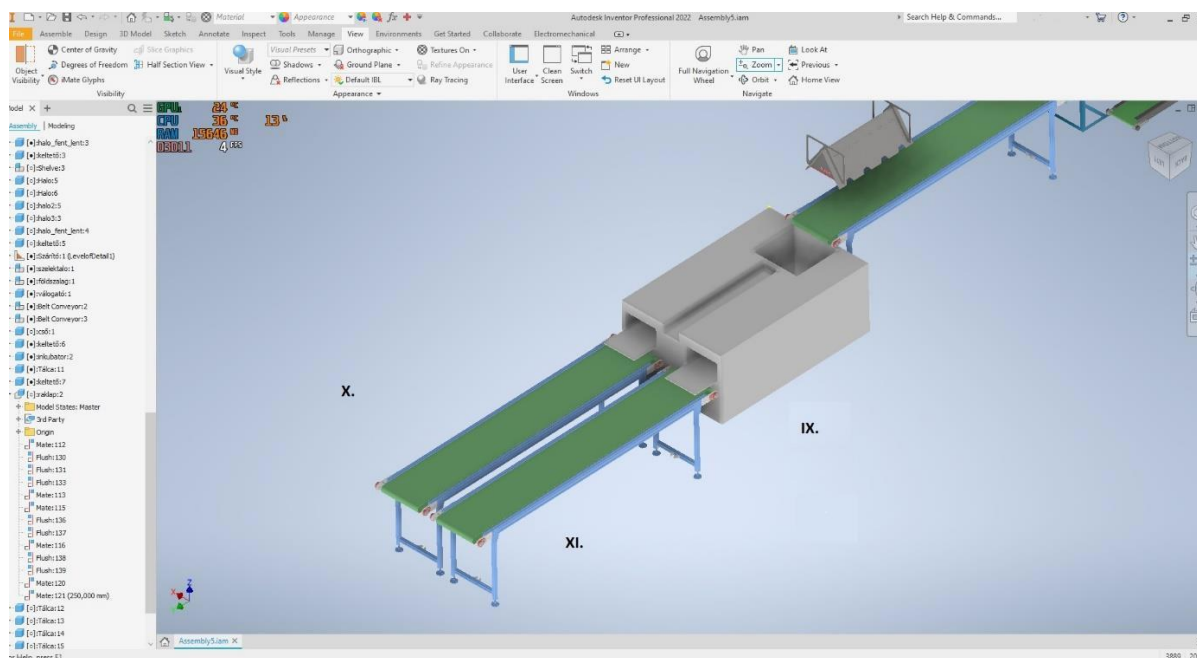
3. kép – Az etetés helyszínének szemléltetése Investor 2022 programban-saját készítés

Ezután a raklapok egy etetőegységhez (V.) szállíthatóak (3. kép). Amely, lehet teljesen automatizált vagy egy otthoni felhasználásra tervezett, ejtőtartályos etető, zárható-nyitható csappal. Ez az etetőrendszer, szerves melléktermékből áll, általánosan malomipari, pékipari mellékterméket használnak, addig egy hazai gazda, akár a saját, otthon termelt szerves élelmiszerhulladékát is használhatja vagy nagyobb léptékben gondolkodva, akár a környező emberek, falvak, városok élelmiszerhulladékát is, legyen az zöldség, gyümölcs vagy akár pékáru, hiszen a megtermelt élelmiszer 30%-át jelenleg is kidobjuk, melynek döntő részét a pékáru adja. Ez, azért kiemelkedő, hiszen orvosolni tudja a szerves hulladékgazdálkodás örökkön örökké fennálló problémáját, ez az ún. biokonverziós folyamat új pluszt képest a takarmányozási láncba hozni, hiszen képes elfogyasztani, magas fehérjetartalmú, magas minőségű fehérjévé és biotrágyává alakítani bármilyen szerves anyagot, tehát, ha a mellékterméket a lárva fogyasztják el, akkor a komposztáláshoz képest is kevesebb a szén-dioxid kibocsátás. Életük során három fázisban takarmányozhatóak, indító, nevelő és befejező „táppal”, a befejező táp is ugyanolyan minőséggel rendelkezik, ami hozzájárul, ahhoz, hogy előnyösen befolyásolja a légylárvá bétartalmát.



4.kép – A feldolgozás szemléltetése Investor 2022 programban-saját készítés

Ha az etetés befejeződik, akkor a raklapokat vissza lehet vinni a tárolóhelyre. Amikor a lárva már elég idősek már, akkor kezdődik a feldolgozásuk. Ilyenkor alkalmazható egy ládamanipulátort, amely a lárvaakat a szeparátorba önti (VI.) (4. kép), de ez otthoni felhasználásban, kézzel is történhet. Ekkor történik meg a lárva és a trágya szétválasztása (VII.) (4. kép). A lárva egy szalagon (VIII.) (4. kép) áhalad tovább, ahol egy lámpa sterilizálja őket és szárítja.



5. kép- A feldolgozás további egységének szemléltetése Investor 2022 programban-saját készítés saját

Maga a lárvákat 14 nap után dolgozhatóak fel, tehát hiába 45 nap a teljes életciklus, a kikeléstől a feldolgozásig csupán két hét telik el. Ez azért fontos, mert ennyire gyorsan semmilyen más módszerrel nem lehet fehérjeforrást nevelni és előállítani. Az elkészült lárvákat fertőtlenítjük (magas hőmérsékleten), leöljük, bábként a megsajtoló gépben végzik, majd kiszárítjuk és végül olajat préselhetünk belőlük (IX.)(5.kép). Az így létrejövő termékek a rovarliszt (X.)(5.kép) és a rovarolaj (XI.)(5.kép) Utolsó lépésben megtörténik a termékek csomagolása, a partnerekhez való kiszállítás, ez a lépés az otthoni felhasználás során elmarad, így szállítási környezetterhelés, illetve csomagolási terhelés is elhagyható.

Energetikai szempontból, mind egy vállalt, mind otthoni felhasználás szempontjából számottevően nagy energiát követel, de ez otthon megvalósítható napelem konstrukció kiépítésével is. A létrejövő trágya, otthon is felhasználható, illetve ez a technológia csökkenti a saját ÜHG-kibocsátásunkat.

7 KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

I. **Takarmányozás** szempontjából, míg az *Édes csillagfürt* etetésekor; Baromfi esetébe metionin kiegészítést kell alkalmazni. Magas nyersrosttartalommal rendelkezik; enzin kiegészítést igényel (celluláz, xilanáz). Alkaloidtartalomra figyelni kell, illetve magas NSP-tartalom miatt negatív hatásokkal lehet a baromfikra, de ez korrigálható. Halak esetében szintúgy az alkaloidtartalom a kedvezőtlen. Sertéseknél minden korcsoportban adható. Addig a *Fekete katonalégy* magas kalcium és fehérjetartalommal bír. A sertéstakarmányozásban a kutikularéteget el kell távolítani. Kiváló zsírsav garnitúra jellemzi. Közös pontjuk a csillagfürttel, hogy a Fekete katonalégy is metioninhiányos. A legtöbb halfajban metionin és ciszteinkiegészítést igényel. Előnye a csillagfürttel szemben, hogy a Fekete katonalégy antimicrobiális hatása, laurinsavban gazdag és a kitinnel együtt pozitív hatással van a bél mikrobiotájára, immunmodulátor is. Minden fajnál meghatározott arányban, százalékban kell bekeverni és alkalmazni.

4. táblázat

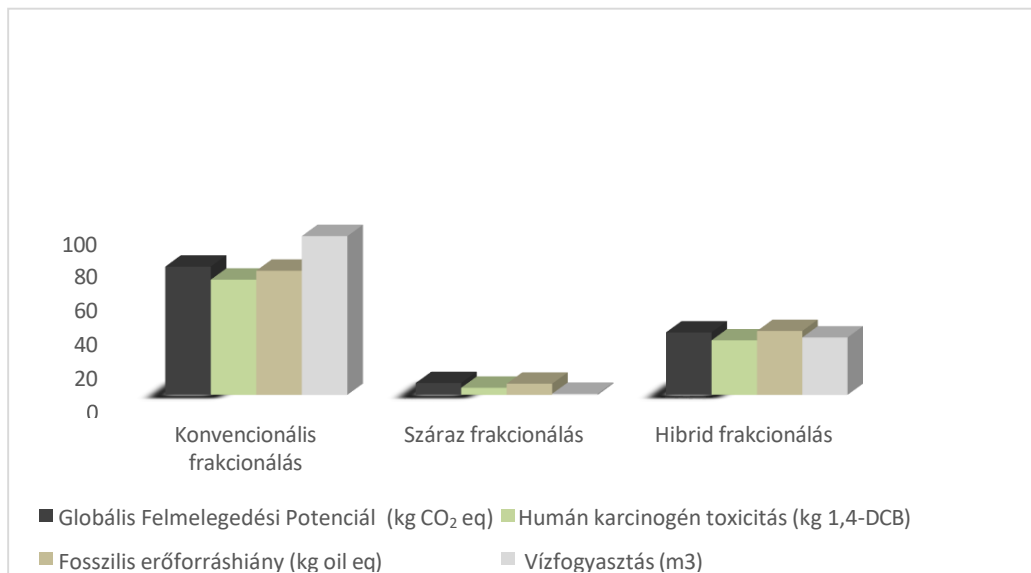
A *Csillagfürt* és a *Fekete katonalégy* összevetése a takarmányozásban-saját szerkesztés

Alkalmazás korlátai a takarmányozásban:	Csillagfürt	Fekete katonalégy
Baromfi esetén	metionin kiegészítéssel	metionin kiegészítéssel
Sertés esetén	minden életkorban adható	kutikula eltávolításával
Halak esetén	nem kedvező az alkaloid tartalma	metionin és cisztein kiegészítés szükséges

II. **Ökológiai lábnyomát** tekintve: A *Csillagfürt* esetében, számolnunk kell a termesztéssel, a megművelés energiáival, költségeivel és ebből adódó üzemanyagköltséggel, kibocsátásokkal, illetve a szállítás üzemanyagköltségeivel, kibocsátásokkal. Továbbá a piac és időjárás kiszolgáltatottságának. Munkaerőt igényel, a szántóföldi munkák és feldolgozás során is. Szántóföldet és erőforrásokat terheli. A termesztés horizontális termelést követel. Maga a feldolgozás, a finomítási fok adja az egyik legnagyobb lábnyomot. A száraz frakcionálás a lábnyom csökkenéséhez vezet, mivel kevesebb áramot használnak, nem használnak gőzt és vegyszereket sem, de a szárításban alkalmazott lépések felelősek adják a lábnyom nagy részét. A gyártás során környezetbe kilépő vegyi anyagok, melyek magas toxicitással és karcinogenitással rendelkeznek. Vízfogyasztást tekintve, a termesztés kevésbé vízigényes, mint a feldolgozás (pl. olajelvonás). A legmagasabb Globális Felmelegedési Potenciált, vízfogyasztást a konvencionális, hagyományos frakcionálás adja, majd ezt követi a hibrid frakcionálás. Elmondható, hogy a

Csillagfürt termelése és feldolgozása, a klímaváltozás, sztratoszférikus ózonszennyezés, foto-kémiai oxidánsok, ionizáló sugárzás, ózonszennyezés, finomreszecskek képződése, savasodás, eutrofizáció, tápanyag dúsulás, humán toxicitás, ökototoxicitás, vízfogyasztás stb. hatáskategóriákra fejt ki jelentős hatást. A karakterisztikus faktorokat tekintve, a klímaváltozás, kg CO₂ ekv./kg emissziót, sztratoszférikus ózon károsodás, KgCFC-11 ekv./kg, savasodás kg SO₂ ekv./kg, eutrofizáció KgPO₄ ekv./kg levegő, víz; humán toxicitás, ökototoxicitás víz, kg 1,4-DCB/kg víz emisszió tekintetében is a száraz frakcionálás bír a legkevesebb ökológiai lábnyommal.

A kutatásom által bemutatott ismeretek alapján foglalom össze az 1. ábrában, az 1000 kg Funkcionális Egységnyi csillagfürt különböző finomítási fokban mutatott Globális Felmelegedési Potenciálját, a fosszilis erőforrás kimerülését, az emberi karcinogén toxicitását és a vízfogyasztást.



1. ábra

1000 kg csillagfürt Globális Felmelegedési Potenciálja, a fosszilis erőforráshiány/kimerülés, az emberi karcinogén toxicitása és a vízfogyasztás a konvencionális, a száraz és a hibrid frakcionálás függvényében (%) Saját szerkesztés – Anouk és mtsai (2020) alapján.

Míg a Csillagfürt nagy földhasználatot igényel, addig a *Fekete katonalegyet*, ezzel szemben bárhol lehet tenyészteni, nem kell hozzá hosszú logisztikai lánc. Időjárás nem befolyásolja a termelést, hiszen mesterségesen van kialakítva a létesítmény minden alappillére. Vertikálisan tenyészthetőek, így nem igényel horizontális földhasználatot, tökéletes helykihasználással bír. Megesznek, mindent, ami szerves, így táplálásukhoz bármilyen szerves anyag megfelelő. Afrikában, bármilyen szerves melléktermékkel megetethető, akár ürülékkel is, de az EU szabályozása miatt, ez még nem megoldható, feszebb szabályoknak köszönhető, csak állati

takarmánynak minősített növényi anyaggal lehet a katonalegyeket táplálni.

Ha nincs szállítási energia, költség a termelés és a feldolgozás között, azaz helyben történik minden, helyben hozzák létre a nevelőegységet, ahol a megtermelt lárvák saját gazdaságban felhasználják vagy értékesítik, akkor csökkenthető a lábnyom. Helyben előállítható, nevelés és szaporítás, könnyen telepíthető, akár a melléktermék keletkezési helyére, így csökken a szállítási igény, költségek, energia és a fehérjefüggőség. A Fekete katonalégy biokonverzióra alkalmas és mivel az élelmiszer 30%-ét kidobjuk, ezt használhatjuk e rovarfehérje előállításához is. A városi szerves élelmiszerhulladék bevonásával csökkenthető a lábnyom, hiszen ezen melléktermékeket a lárvák elfogyasztják és a komposztáláshoz képest kisebb CO₂-kibocsátást eredményez. A Fekete katonalégy-bioreaktorok sem kell túl nagyok lennie: asztali méretű bioreaktorok léteznek a városi területeken élők számára is, hogy élelmiszerhulladékokat átalakítsák.

Az intenzív, vertikális rendszerben történő tenyésztésnek köszönhetően évente 2100-3800 tonnával csökkenti (6 tonnás kapacitás esetén) a szén-dioxid kibocsátást és 300 tonnával/ év csökkenti a túlhaláztatást is. Megoldás lehet a klímaválságra, nincs mennyiségi korlátja a rovartenyésztésnek, csak szerves melléktermék kell hozzá. Így elmondható, hogy alacsony tápanyagigényű, más haszonállat számára értéktelen melléktermékeken is felnevelhetőek, így, olyan anyagok is visszakerülhetnek a takarmánykörforgásba, amelyek a szemétkukák hulladéklerakókban végeznék, ahol metánt és egyéb ÜHG-at termelnének. A sertések és baromfik a természetes élőhelyükön is fogyasztanak rovarokat, így autntikus táplálékforrást jelenthet. A katonalégy-liszt GMO-mentes termék. Hipoallergén, érzékeny házikedvencek fehérjeellátásához is alkalmas.

Feldolgozása során, kiváló outputok is létrejönnek. Legyen az a rovarliszt, ami zsírszökkentet, magas fehérjetartalommal rendelkezik, kiváló aminosavtartalommal rendelkezik, melyet az EU engedélyez prémis, akvakultúrás, illetve társállatok takarmányozásában. Rovarolaj, mely kiválthatja a halolajat. Fagyasztott lárva, amely megegyezik az élő lárva tulajdonságaival és könnyen adagolható. Szárított egész rovar, illetve rovartrágya, mely a visszamaradt alomány, a rovar ürülékéből, a takarmány maradékából, a levedlett kültakaró keverékéből áll és kiválóan alkalmas talajjavítóként, ami a gombásodást csökkenti és rovartaszító is egyben. Ezen melléktermékek további felhasználása mind pozitív, mind negatív hatással is bír, hiszen előállít egy kiváló trágyát (rovarürülékből), de azt el is kell juttatni a felhasználóhoz, azok a földekre való kijuttatása mind terhet ró a karbonlábnyomra. Bele kell kalkulálnunk a rovarok életéhez szükséges, anyagcseréjéből adódó ÜHG-t is. Minőség beállítható és szabályozható, ellenőrizhető. Legolcsóbb és legkedvezőbb megoldás a bármely állati fehérjefeldolgozás szempontjából. Technológiai szempontból nézve, kezdetlegességgel is beindítható.

Mezőgazdaság jövőbeli alappillére lehet. Az azonosított piaci igényekre, problémákra, fehérjesszel válaszolhatunk, keresleti oldalon, például világszinten növekvő takarmány és élelmiszerigényekre és a fehérjeválságra; kínálati oldalról, pedig termelő és feldolgozó egységek melléktermékeivel és a pazarlásra.

A klasszikus állattartással szemben számos előnnyel rendelkezik. Még a tehenek átlagosan 285 naponta ellenek borjút, addig a Fekete katonalegyek, egyszerre akár ötszáz petét is rakhatnak. Az élelciklusuk lehetővé teszi, azt az előnyt, hogy a kereslet kielégítéséhez gyorsítsák a termelést. Nincs szükség vetésváltásra, nincs szükség növénynemesítési, növénytermesztési vonatkozások tekintetében új fajták előállítására, melyek rezisztensebbek időjárással vagy kártevőkkel szemben. Terméseredmények javítása, öntözési kapacitások fejlesztésére sincs szükség, így terhet vesz le a gazdák válláról. A rovartenyésztés kevésbé stresszes és a kicsi, sötét helyeket preferálják, amely könnyen kivitelezhető és biztosítható.

A technológia, lehet az iparág szuperhőse, hiszen az automatizálás, a robotika, az IoT és a felhőalapú szoftverek, az MI- algoritmusok együttes használatával elérhető a modernizálás és a gördülékeny termelés és az üzemeltetési költségek csökkenése is. Nincs szükség, különböző nagy ökológiai lábnyommal bíró finomítási frakciókra. Energetika szempontjából tudja az ökológiai lábnyomát növelni, számottevő a fogyasztás, hiszen ideális 25-32 °C megteremtéséhez szükséges energiaigényt követel egy-egy üzem.

III. A felsorolt tulajdonságoknak köszönhetően a fekete katonalegy előállításának ökológiai lábnyoma alacsony és fenntartható forrást jelent óceánok túlhalászásához hozzájáruló hallisztel, illetve az esőerdő irtásáért felelős import szójával és az szemben.

Következésképp és javaslatom szerint, több LCA vizsgálatra van szükség a rovartermeléssel kapcsolatban, elsődlegesen hazai viszonylatban. Magyarországon minden adott, ahhoz, hogy ez a lehetőség megvalósuljon. Magyar adatokkal, fogyasztással, energiákkal dolgozó LCA-val megvalósulhatna az első, ipari méretű komplexum. A saját tervezőmunkám-technológia terem egy szimulált költség alappilléreként szolgálhat egy kezdetlegesen beindítható vállalkozáshoz, mely már alkalmazza a napelem technológiát és, mely könnyen ipari méretűvé átalakítható, automatizálható, a továbbiakban bővíthető, illetve lépést tartva a fejlődéssel. Véleményem szerint az otthoni rovarkomplexumnak is lehetne napelemes, de függetlennek kell lennie a hálózattól és termelje meg magának, amit tárolni is tud. MVM kuaratócsoportja kiszámolta a mi égővünkön, hogy 3,8 szoros túlméretezés kell a napelemnek, tehát, hogy ennyivel nagyobb kell venni annál, mint amit szerintünk egy év alatt elhasználnánk az általa megtermelt energiából és kb. 80-90 akkumulátor kapacitás és nem egy félévnyi energiát kell eltárolni, hanem 3-3,5 napnyit. Vannak már kísérletek arra, hogy ne akkumulátorban, hanem hidrogénben tároljuk

ezeket az energiákat. Továbbá Magyarország bővelkedik a bányákban, így a bányák is tökéletesen megfelelnek az energiatárolásra való újrafelhasználásának (generátor, turbinák). Háztáji elektromosság-tárolásra (gazdák esetén), van egy olyan módszer, hogy azokat az autókban használt akkumulátorokat, amik a kapacitásuk 10-20%-át már elvesztették, olyan helyen használják tovább, ahol a súly/kapacitás, térfogat/kapacitás nem olyan életbevágó (jellemzően fixen telepített rendszerek). Így egyrészt kitolható az élettartamuk, másrészt olcsóbbak is lehetnek. Miután pedig végleg kimerültek, 95- 98%-ban újra lesznek hasznosítva. Ki kell terjeszteni építési, takarmányozási, termelési, szállítási, feldolgozási és tárolási, valamint a hulladékkezelési és tápanyag-újrahasznosítási folyamatokra is a magyar LCA-kat. Empirikus in situ – amennyiben nem Fekete katonalégyszolgálat alapul- adatok gyűjtését is végre kell hajtani, például farmokon, termelőhelyen, olyan életciklus-leltárat kell létrehozni, amelyek tükrözik a kérdéses termelés összetettségét, reális feltételeit, valamint a jövőbeli felnagyított szcenáriókat. Továbbá az élelmiszerhulladék kérdésköréhez kapcsolódóan megvalósítható lenne egy alternatív terv, miszerint szabályozva lenne a konyhai élelmiszerhulladék külön gyűjtése, majd heti elszállítása egy a településhez közeli vagy megyeszintű gyűjtőtelephelyre. Az egyidejű szerves hulladék begyűjtés miatt nem valósulna meg, akkora mértékű bomlás, anaerob erjedés stb. és beszállítás után azonnal a rovarkezelőbe kerülne, ott akár eltarthatóvá tennék, amíg a heti utánpótlás meg nem történik.

Ez a szemlélet egy új irányt nyitna meg, hogy ne csak entomológusok legyenek képesek rovarokat nevelni és tenyészteni, hanem maguk a gazdák is, akik képesek legyenek kiszámítható, költség-, és energiagazdaságos takarmányt előállítani az állataik számára és együtt kiszolgálják a rovarliszt dinamikusan növekvő keresletét. Tervek között szerepelne, hogy a kihelyezett rovarnevelési stratégiákkal megalkossanak egy rovarfehérje ellátási láncot és decentralizált módon növeljék a rovarliszt gyártói kapacitásukat. Az energiahatékony létesítmények tervezése, kombinálva a takarmányösszetevők hatékony felhasználásával várhatóan ahhoz vezet, hogy a következő évtizedekben csökkenti a környezetterhelést. Több LCA-t kell végezni az ilyen új létesítmények értékelésére. Továbbá figyelembe kell venni a termelési helyszíneket, mivel ez nagymértékben képes befolyásolni a környezeti hatásokat, különösen az energiafelhasználást.

Tehát a Fekete katonalégek ilyen módon történő hasznosításával, egy láncszemet hoznának vissza a 21. századi gazdasági működésbe, amivel fenntarthatóbb állapotokat teremthetnek, hiszen részlegesen vagy teljesen alkalmas a szója kiváltására. A lényeg, a tudás-intenzív gondolkodásmód.

8 ÖSSZEFOGLALÁS

Akárhol megnézzük az élelmiszertermelésünket vagy a mezőgazdaságunkat, mindig azt mutatja, hogy valamilyen nagyon súlyos civilizációs kataklizma felé haladunk, napjainkban az emberiségnek számos globális problémával kell szembenéznie. Alternatív mezőgazdasági megoldásokra van szükségünk, hogy ellensúlyozni tudjuk, a horizontális gazdálkodás korlátait, a megnövekedett élelmiszer-és fehérjeigényt, a drasztikus mértékű élelmiszerpazarlást, melynek hulladékkezelését ellenőrizhetetlen ártalmatlanítás jellemez és növelve az ÜHG mennyiségét, a klímaváltozás káros hatásait.

Vizsgálataim során kerestem a választ, olyan kérdésekre, hogy hogyan tudnak a gazdák egyre több fehérjében gazdag, tápláló élelmiszert előállítani anélkül, hogy további terhelést okoznának az egyre törekenyebb környezetnek? Milyen szerepet játszik az állatállomány étrendje a bolygónk megvédésében a következő évtizedekben? Létrejöhet-e szemléletbeli generációváltás a takarmányozás területén, illetve képezheti-e a hazai fehérjestratégia alapját ezek a takarmány-alapanyagok a jövőben?

A bemutatott alternatív fehérjeforrásokon belül célzottan a *Csillagfürtre (Lupinus)* és a *Fekete katonalégyre (Hermetia illucens)* terjed ki a vizsgálataim. A 1 t Csillagfürt termelésekor, feldolgozásakor fellépő ökológiai lábnyomjait, ahol megállapítható, hogy számos hatásindikátor karakterisztikus faktorában jelentős változás történik a különböző finomítási fokok alkalmazásával. A legkisebb ökológiai lábnyommal a száraz frakcionálás bír, ekkor a legalacsonyabb a Globális Felmelegedési Potenciál és a vízfogyasztás is.

Az eredmények értékeléséből kiderül, hogy a Fekete katonalégy lárvái hatékonyan alkalmazhatók, mint a jövő takarmányai, naponta a súlyuk többszörösének megfelelő mennyiségű élelmiszer-szubsztrátot fogyasztanak, így megoldást kínálnak a klímaválságra. Hiszen alacsony tápanyagigényű, más haszonállat számára értéktelen melléktermékeken is felnevelhetőek, így, olyan anyagok is visszakerülhetnek a takarmánykörforgásba, amelyek a szemétben, hulladéklerakókban végeznék, ahol metánt és egyéb ÜHG-at termelnének. Biokonverzióra alkalmas. Az ökológiai lábnyomuk kicsi; mind nevelés, mind feldolgozásuk során. Nem igényelnek földhasználatot, intenzív, vertikális rendszerben tenyészthetőek, melynek köszönhetően többezer tonnával csökkentheti a CO₂-kibocsátást. Az egyéb állati fehérjék termeléséhez képest alacsonyabb ÜHG-kibocsátás és inputfelhasználás mellett állítanak elő egységnyi fehérjemennyiséget, így versenytársaik lehetnek a hagyományos gazdasági állattartásnak. A feldolgozás következtében outputok is létrejönnek; a rovartrágya, mint értékes talajjavító, a rovarliszt és a

rovarolaj is, mint prémium minőségű takarmány és saját rovarkomplexum tervezésével egy hatékony láncszemet iktathatunk be a gazdák életébe is, egy fenntartható jövő érdekében, egy tudás-intenzív gondolkodásmódot kihasználva

Ez a szemlélet egy új irányt nyitna meg, hogy ne csak entomológusok legyenek képesek rovarokat nevelni és tenyészteni, hanem maguk a gazdák is; képesek legyenek kiszámítható, költség, -és Magyarország adottságait kihasználva megújuló energia-gazdaságos takarmányt előállítani az állataik számára és együtt kiszolgálják a rovarliszt dinamikusan növekvő keresletét. Az energiahatékony létesítmények tervezése, kombinálva a takarmányösszetevők hatékony felhasználásával várhatóan ahhoz vezet, hogy a következő évtizedekben csökkenti a környezetterhelést.

A Fekete katonalegyek ilyen módon történő hasznosításával, egy láncszemet hoznának vissza a 21. századi gazdasági működésbe, amivel fenntarthatóbb állapotokat teremthetnek, hiszen részlegesen vagy teljesen alkalmas a szója kiváltására, az állati takarmányozásban való felhasználás során.

9 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni mindazoknak, akik e dolgozat elkészítésében segítettek, akik nélkül nem születhetett volna meg a szakdolgozatom.

Mindenekelőtt köszönettel tartozom **Ancsin Zsoltnak**, akire, mint konzulensemre folyamatosan számíthattam, idejét nem sajnálva és feláldozva, észrevételeivel a véglegesítéshez nyújtott megjegyzésekért, javaslatokért, illetve építő szakmai tanácsaival járult hozzá a gondolataim végső formába öntéséhez.

Hálás köszönetemet szeretném kifejezni **Édesanyámnak**, **Édesapámnak** áldozataikáért és nem utolsó sorban szeretett **Keresztanyámnak** mindvégig kitartó biztatásáért.

Köszönöm a **Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem**, a volt Szent István Egyetem **oktatóinak**, akik munkájuk során felkeltették érdeklődésem a téma iránt, illetve kellő alapot adtak az elsajátításához is.

Végül, de nem utolsó sorban megköszönöm türelmét, bátorítását **leendő :)férjemnek**, illetve **barátaimnak**, akik mindvégig bízott bennem és fáradhatatlan lelkesítésükkel támogattak a szakdolgozatom elkészítésében.

10 IRODALOMJEGYZÉK

- Andriska V., Ponyi I.-né** (1989); Hatékonyság, versenyképesség, jövedelmezőség, optimalizációja a szántóföldi növénytermesztésben. OMIK. Budapest. II.kötet: Napraforgó és szója. pp. 97-156.
- Anouk Lie és mtsai** (2020); Less refined ingredients have lower environmental impact 24-45
- Arango Gutiérrez, G.P. és mtsai** (2004); Compositional, microbiological and protein digestibility analysis of the larva meal of *Hermetia illucens* L. 57. 2491–2500.
- Balíkó S., F.Kuszák K.** (1997); Amit a szójáról tudni kell. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Bp. pp. 5-17.
- Becker, E. W.** (2007); Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*. 25: 207–210.
- Berardy és mtsai** (2015) Life cycle assessment of soy protein isolate, (january) <https://doi.org/10.6084/M9.FIGS-HARE.1517821> (2015)(2023-05-01)
- Belghit, I. és mtsai** (2019); Insect-based diets high in lauric acid reduce liver lipids in freshwater Atlantic salmon. *Aquac. Nutr.*, 25. 343-357./ BSF larvae meal can replace fish meal in diets. *Aquaculture*, 503. 609-619.
- Berghout, és mtsai** (2015); Sust.assessment of oilseed fract. processes: a case study on lupin seeds. *J.Food Eng.* 150
- Biasato, I. és mtsai** (2017); Effects of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for female broiler chickens: implications for animal health and gut histology. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 234, 253–263.
- Bogner, J., és mtsai** (2008); Intergovernmental panel on climate change working, G., III, 2008: 11– 32.
- Calvert** (1969). *J. Econ. Entomol.*, 62 (4): 938-939
- Ciesiolka, D.–Muzquiz, M.–Burbano és mtsai** (2005); An effect of various Ni- forms used as fertilizer on *Lupinus albus* L. yield and protein, alkaloid and alpha-galactosides content. *Journal of Agr. and Crop Science*, 458–463.
- Cullere, M.–Tasoniero és mtsai** (2016); Blacksoldier fly as dietary protein source for broiler quails 1923–1930.
- De Boer és mtsai.** (2014); Replacement of Soybean Meal in Compound Feed by European Protein Sources Effects on Carbon Footprint 23-26
- De Marco és mtsai.** (2015); Nutr. value of 2 insect larval meals for broiler chickens: *A Feed Sci. Tech.* 209. 211–218.
- DeFoliart, G.–Nakagaki, B.–Sunde, M.** (1987); Protein quality of the house cricket. 66: 1367–1371.
- Despins, J. L., and R. C. Axtell,** (1994) Feeding behavior and growth of turkey poults fed larvae of the darkling beetle, *Alphitobius diaperinus*. *Poultry Sci.* 73:1526-1533
- Diener, S. és mtsai** (2009) Conversion of organic material by black soldier fly larvae: *Waste Man. Res.* 27, 603-610.
- Diener, S.; és mtsai** (2015); Bioaccumulation of heavy metals in the BS fly, *J. Insects Food Feed* 1. 261–270.
- Dr. Gerendai D.–Podmaniczky B.** (2006); A bronzpulykák takarmányozása, *Magyar Mezőgazdaság* 12.2.
- Dr. Gerendai D.** (2006); A libák alternatív takarmányozása, *Kistermelők Lapja* 10.11
- Eilenberg, J. és mtsai** (2015); Diseases in insects produced for food and feed. *J. Insects Food Feed* 1. 87–102.
- Elsimar Metzker Coutinho** (2002); Gossypol: a contraceptive for men 1223
- Elwert Cés mtsai** (2010). A novel protein source: maggot meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) in broiler feed. In 11., 23.-25. 140–142.
- Európai Bizottság** (2008); Guidance 19: Vegetable Oil and Animal Fat Extraction and Vegetable Oil Refining Activities Guidance; VOC Solvents Emissions Directive (2008) Directive 1999/13/EC
- Esmail, S. H.** (2017); Are alternative sources of poultry protein efficient? June 22–25
- Esteban, M. A. és mtsai** (2001); Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune system. *Fish Shellfish Immunol.*, 11. 303-315.
- Fantke, P., és mtsai** (2018); Toward harm.ecotoxicity char. in lifecycle impact assessment. *Environ.Toxi. Chem.* 37
- Farrel, D.J. és mtsai** (1999); Optimum inclusion of field peas, faba beans, chick peas and sweet lupins in poultry diets. II. Broiler experiments, *Br. Poult. Sci.*, 40: 674-680.
- Finke, M.D. és mtsai** (1985); An evaluation of the protein quality of mormon cricket *Poult Sci.*, 64. 708-712
- Geerts, és mtsai** (2018); Exergetic comp. of three diff. proc.routes for yellow pea: functionality 23-44

- Gilbert, C. és mtsai** (1999); Effect of enzyme supplementation on the growth and food conversion efficiency of broiler chicks on lupin-based diets. *Brit. Poultry Sci.* 40:31-32.
- Gonzalez-Perez és mtsai.**(2002);Isol. and charact. of undenatured chlor.acid freesunflower proteins,1713–1719.
- Gongnet G.P. és mtsai** (2001); Algae-meal (*Spirulina platensis*) from lake Chad replacing soybean-meal in broiler diets 265-268
- Graczyk, T és mtsai**(2005);Mechanical transm.of humanprotozoan parasitesbyinsects.*Clin.Microbiol.* 128132
- Hale, O.M.** (1973) Dried *Hermetia illucens* Larvae as a Feed Additive for Poultry. *Journal G En.Society*, 8, 16-20.
- Hansan, M. R.–Chakbari, R.** (2009); Use of algae andaquatic macrophytes as feed in small..No. 531. FAO. Rome.
- Heincinger, M.–Balogh, K.–Fébel, H.–Erdélyi, M.–Mézes, M.** (2011); Effect of diets with different inclusion levels of distillers dried grain with solubles combined with lysine and methionine supplementation on the lipid peroxidation and glutathione status of chickens. *Acta Veterinaria Hungarica.* 59: 195–204.
- Henry, M. és mtsai** (2015): Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 203. 1-22.
- Hemsted, W.R.T.** (1947); Locusts as a protein supplement for pigs. *East Afr. Agric. Forest. J.*, 12. 225–226.
- Hetényi és mtsai**(2021);A FKL felhasználása a haltakarmányozásban 2-3.
- Ioselevich, M és mtsai.** (2004); Nutritive value of silkworm pupae for ruminants. vol. 116.21-31
- Jacob-Depkat P.S. és mtsai**(2012). Emission of nitrous oxide and dinitrogen by diverse earthworm families from Brazil and resolution of associated denitrifying and nitrate-dissimilating taxa 365-91
- Janssen, R.H. és mtsai**(2017); N to-protein conversion factors for 3 edible insects *AFC.*,65.2275-2278.
- Jones, J. D.** (1979); Rapeseed protein concentrate prep. and evaluation.. *Oil Chemists' Society.* 56: 716–721.
- Khan, S.–és mtsai** (2016); Worm meal: a potential source of alternative protein in poultry feed.*WPSJ.*72: 93–102.
- Klunder, H.C. és mtsai**(2012); Microb.aspects of processing and storage of edible insects. *FC*, 26. 628–631.
- Komakech, A.J.; Sundberg, C.; Jönsson, H.; Vinnerås, B.** (2015); Life cycle assessment of biodegradable waste
- Kovács, M.–Tuboly, T.–Mézes, M.–Balogh és mtsai** (2016); Effect of dietary supplementation of *Spirulina* and thyme on serum biochemistry, immune response and antioxidant status of rabbits. *Animal Science* 16: 181–195.
- Kralóvanszky U.P.** (1975): A fehérjeprobléma. *Mezőgazdasági Kiadó.* Budapest. pp. 5-25. , 47-49. , 52-53.
- Kurnik E.** (1976); Nagyüzemi szójatermesztés. *Mezőgazdasági Kiadó.* Budapest. pp. 7-9., 27-116. 136-142.
- Lalander, C.; és mtsai**(2016); Fate of pharmaceuticals and pesticides in fly larvae composting. *STE.*, 279–286.
- Li, S. és mtsai** (2016): Defatted BSF larvae meal in diets for juvenile Jian carp ..*Aquaculture*, 477. 62-70
- Lohri, C.R. és mtsai**(2017); Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low-and middle-income settings. *Rev. Environ. Sci. Bio* 16, 81–130.
- Makkar, H. P. S. és mtsai** (2014): State-of-the-art on use of insectsas an.feed. *Anim. Feed Sci. Tech.*,197. 1-33.
- Márkus Richárd- és mtsai** (2009); A repceporgácsa felhasználásának lehetősége a sertéstakar.-ban10-20.
- Marono, S. - Loponte, R. - Lombardi, P. és mtsai** (2017); Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total repl, of soybeanmealfrom 24 to 45 weekofage, 1783-1790.
- Mertenet és mtsai**(2019); BSFLy biowaste treatment—Assessment of GWP *Waste Manag.*, 84, 173–181.
- Maurer, V. és mtsai**(2016); Repl.of soybean cake by *Hermetia ill.* meal in diets for layers. *J. IFF*, 2. 89–9014.
- Mézes M.** (2016); Egyes növényi fehérjék kedvezőtlen hatása halak bélcsatornájának állapotára 6-19.
- Mézes M.** (2017); A baromfi takarmányozás aktuális kérdései és jövőbeni kihívásai 7-19.
- Mézes M.** (2018); Alternative protein sources in the nutrition of farm animals 4-15.
- Mihók S.** (1997); Fehérvirágú édes csillagfűrt a peccenyekacsák takarmánykeverékében, *ÁTT* 46.4.361-373
- Moughan, P. J.–Rutherford, S. M.** (2008); Available lysine in foods: a brief historical overview. *Journal of AOAC International.* 91: 901–906.
- Mulder, W.** (2010); Proteins in biomass streams. Report 1134. 10-20.

- Mutafela, R.N.** (2015); High value organic waste treatment via black soldier fly bioconversion p20-30
- Muys, B.; Roffeis, M.** (2014); Generic Life Cycle Assessment of Proteins from Insects. In *Insects to Feed the World*, Proceedings of the 1st International Conference, Wageningen, The Netherlands 23-40.
- Naveed, A. - Acamovic, T. - Bedford, M.R.** (1998); Effect of enzyme supplementation of UK-grown *Lupinus albus* on growth performance in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, 39. Supplement: 36-37.
- Newton, G.L. és mtsai**(1977); Dried Herm. ill. larvae meal as a supplement for swine. *J. Anim. Sci.*, 44. 395–400.
- Newton, G.L. –és mtsai.** (2008); BSF prepupae: A compelling alternative to fish meal and fish oil 12-22
- Nowak, V. – és mtsai**(2016); Review of food composition data for edible insects. *Food Chem.*, 193. 39–46
- Oonincx, D. G. A. B., and de Boer, I. J. M.** (2012); “Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans - a Life Cycle Assessment” 21-44-
- Oonincx, D. G. A. B., van Huis, A., and van Loon, J. J. A.** (2015); “Nutrient Utilisation by Black Soldier Flies Fed with Chicken, Pig, or Cow Manure.” *Journal of Insects as Food and Feed* 1 (2): 131–39.
- Oonincx, D.G., és mtsai** 2010); An exploration on GHG and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption 34.42
- Oonincx, D.G.A.B.; de Boer, I.J.M.** (2012); Env. impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment 11-34
- Øverland, M. és mtsai** (2010) Evaluation of methane-utilising bacteria products as feed ingredients for monogastric animals. *Arch. Anim. Nutr.* 64: 171–189. [doi:10.1080/17450391003691534](https://doi.org/10.1080/17450391003691534) (2022-06-30)
- Pál László** (2017); Alternatív fehérjeforrások a baromfitakarmányozásban, 34 PE. Georgikon Kar, Keszthely 10-30
- Pelgrom és mtsai.** (2015); Functional analysis of mildly refined fractions from yellow pea Food Hydrocolloid 10-34
- Perednia, D., Anderson, J., Rice, A.** (2017); A comparison of the greenhouse gas production of black soldier fly larvae versus aerobic microbial decomposition of an organic feed material. *Res. Rev. J. Ecol. Environ. Sci.* 5. 10-32
- Perez-Maldonado, R.A. - Farrel, D.J. - Mannionc, P.F.** (1999); Optimum inclusion of field peas, faba beans, chick peas and sweet lupins in poultry diets. I. Chem. composition and layer exp.. *Br. Poult. Sci.*, 40. 667-673.
- Popp, J., Harangi-Rákos, M., Gabnai, Z., Balogh, P., Antal, G., Bai, A.** (2016b); Biofuels and Their Co-Products as Livestock Feed: Global Economic and Environmental Implications. *Molecules*, Vol. 21, No. 3, 285, 1-26. <https://doi.org/10.3390/molecules21030285> (2023-04.28)
- P.V.P, Chloe és mtsai**(2020); Indr. Symbiosis in Insect Production. *A Sust. Eco-Efficient and Circ. BM* 15.30
- Pretorius, Q.** (2011); The evaluation of larvae of *Musca domestica* as protein source for broiler production. 5-40
- Ramos-Elorduy, J. és mtsai** (2002); Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology.* 95: 214–220.
- Rosangela S. és mtsai**(2019); Using BSF to bioconvert waste from livestock production chain: LCA 12
- Roffeis M., Muys B., Almeida J., Mathijs E., Achten WMJ., Pastor B., Velásquez Y., Rojo S.** (2015); Pig manure treatment with housefly (*Musca domestica*) rearing—an environmental 12.34
- Sági F.** (1997); Fehérjehordozó takarmánynövények (szója, lóbab, borsó) termesztése és vetőmag-előállítása az Európai Unióban. *OMK és Dok. Kp. Bp. Mezőgazdaságunk útja az EU-ba*, 14. füzet. pp. 5-24., 39-47.
- Salomone, R. és mtsai**(2017); Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of Life Cycle Assessment to process using *Hermetia illucens*. *Journal of Cleaner Production* 140, pp. 890–905.
- Schiavone, A. és mtsai.** (2014); Nutrient digestibility of Herm. ill. & *Tenebrio molitor* meal in broiler chick. 32-44
- Schiavone, A., és mtsai**(2017). Nutritional value of a partially defatted... *J. Anim. Sci. Biotech.*, 8, 51–60.
- Sucharita Sen, Harinder P. S. Makkar, and Klaus Becker** (1998); Alfalfa Saponins and Their Implication in Animal Nutrition, *J. Agric. Food Chem.* 1998, 46, 131–140
- Shiklomanov, I.A. and Rodda, J.C.** (2003) World Water Resources at the Beginning of the 21. Century 10-15
- Sleeswijk és mtsai** (2008); Normalisation in product life cycle assessment: An LCA of the global and European economic

- systems in the year 2000 *Science of The Total Environment* , Volume 390, Issue 1, 1 February 2008, Pages 227-240
- Smetana, S és mtsai** (2015); Meat alternatives: LCA of most known meat substitutes. *Int JFC*,20, 1254–1267.
- Smetana, S.; Palanisamy, M.; Mathys, A.; Heinz, V.** (2016); Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective. *J. Clean. Prod.* 137, 741–751.
- Smetana, S.; Schmitt, E.; Mathys, A.** (2019); Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment. *Resour. Conserv. Recycl.*144, 285–296
- Spranghers, T. –és mtsai.** (2017); Nutr. composition of BSF prepupae reared on different organic waste substrates.
- Steinfeld, H és mtsai**(2006); Livestock’s long shadow: enviromental issues and options. FAO, Rome, 2006, 390.
- Sujak, A.–és mtsai** (2006); Compo.and nutritional evaluation of several lupine seeds. *FCchemistry.* 98: 711–719.
- Światkiewicz, S.–és mtsai** (2016); The use of cottonseed meal as a protein source for poultry: *WPSC72:* 473–484.
- Szendró K és Gyenis J**(2018).Rovarliszt a baromfitakarmányozásban 2. rész, 2-3.
- Tanaka, Y. és mtsai** (1997): Effects of chitin and chitosan particles on BALB/c 818 mice by oral and parenteral administration. *Biomaterials*, 8. 591-595.
- Vadivel, V.–Janardhanan, K.** (2000); Nutr. and anti-nutr. composition of velvet bean: *IJoFSaN51:* 279–287
- Vadivel, V.–és mtsai** (2011); Evaluation of velvet bean meal as an altern.protein.... *Animal.* 5: 67–73.
- Valdebouze P, Bergeron E, Gaborit T, Delort-Laval J** (1980) Content and distribution of trypsin inhibitors and hemagglutinins in some legume seeds. *Can J Plant Sci* 60:695–701
- Van Krimpen és mtsai.** (2013); Effects of available phosphorus (ap), Ca/ap ratio, and growth 21-45 ...
- van Zanten, H. H. E., Mollenhorst, H., Oonincx, D. et al.** (2015); “From Environm. Nuisance to Environmental Opportunity: Housefly Larvae Convert Waste to Livestock Feed.” *Journal of Cleaner Production* 102: 362–69
- Vetési és mtsai** (2004); Állattenyésztés és takarmányozás, Vol. 53, 2004., Édes csillagfürt etetése tyúkokkal 41-45
- Vetési M.-Dublec K-Sándor G-Faragó J-Erdélyi M** (2004); Az édes csillagfürt takarmányértéke és etetésének hatása a tojás-termelésre, Állattenyésztés és Takarmányozás 53.1.43-51.)
- Vetési, Margit** (2007); Általános takarmányozástan. Egyetemi jegyzet, Szent István Egyetem. Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Gödöllő, 122.pp
- Viroje W. és mtsai**(1989): Effect of fly larval meal gr. on pig manure as a source of prot.in early w. pig dities2323
- Wasche, A.és mtsai.** (2002); U. S. Jpn. Outlook 6, 335 *Waste Manag. Res.*,27, 603–610
- Wang, D. - Zhai, S.W. - Zhang, C.X. - Bai, Y.Y. - An, S.H. - Xu, Y.N.** (2005); Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 18. 667–670.
- Wang, Y.-S.; Shelomi,** (2017); M. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. *Foods* 6, 91.
- Weiss J., Schöne F.** (2006); Rapskuchen in der Schweinefütterung, E. V., 1-10. p.
- Xu, X. és mtsai** (2020); Black soldier fly larvae as a better lipid source than yellow mealworm or silkworm oils for juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio var. specularis*). *Aquaculture*, 527. 735453.
- Vogelsang-o’Dwyer és mtsai**(2020);Comparison of faba bean protein ingredients environmental performance *Foods*,13-22
- Yaowang, C.** (1989); Animal raising and plant cultivation on an integrated fish farm. *Integrated Fish Farming in China.* Chapter 9. NACA Technical Manual Bangkok 23-33
- Yi, H. Y. és mtsai**(2014): Insect antimicrobial peptides and their applications. *Appl Microbiol. Biotech.*, 98. 5807-5822

11 NYILATKOZATOK

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Lukács Noémi Kitti (hallgató Neptun azonosítója: CYH93Q) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: Gödöllő, 2023.05.02.



Ancsin Zsolt
belső konzulens

***Kérjük a megfelelőt aláhúzni!**

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: LUKÁCS NOÉMI KITT
A Hallgató Neptun kódja: CYH93Q
A dolgozat címe: A FELTÉRKÉPELLETÉS ÚJ ALTERNATÍVÁJA ÉS FELHASZNÁLHATÓSÁGI LEHETŐSÉGEIK A HÁZTARTÁSI TAKARMÁNYOZÁSBAN
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: ÉLETTANI ÉS TAKARMÁNYOZÁSTANI INTÉZET - TAKARMÁNYBIZTONSÁGI TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.


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

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

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

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

Kelt: Miskolc, 2023 év október hó 05 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.
² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.