

DIPLOMADOLGOZAT

Sipiczki Ilka

Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök MSc

**Gödöllő
2024**



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus Takarmányozási és
Takarmánybiztonsági mérnök MSc

A LISZTKUKAC LISZT FELHASZNÁLÁSA BROJLERCSIRKE
TAKARMÁNYOZÁSBAN ÉS HATÁSAI A TERMELÉSI
PARAMÉTEREKRE

Belső konzulens:	Balláné Dr. Erdélyi Márta egyetemi docens Tóth Márk doktorandusz
Készítette:	Sipiczki Ilka BZCC2P Nappali tagozat, II. évfolyam
Intézet/Tanszék:	Élettani és Takarmányozástani Intézet, Takarmánybiztonsági Tanszék

Gödöllő
2024

Tartalom jegyzék

1	Bevezetés	4
2	Szakirodalmi áttekintés	6
2.1	Folyamatosan növekvő igények	6
2.1.1	Népességünk ugrásszerű növekedése	6
2.1.2	Húsfogyasztás változása	6
2.2	A hazai fehérjestratégia helyzete	7
2.2.1	Igények a közeljövőben	7
2.2.2	Olaj- és fehérje növények helyzete	7
2.2.3	Alternatív fehérje források	8
2.3	A rovarok jelentősége	9
2.3.1	Entomofágia és történelme	9
2.3.2	Rovarak használatának előnye a takarmányozásban	9
2.3.3	Rovarak potenciális szerepe takarmányként	10
2.4	Főbb régiók álláspontjai	11
2.4.1	Európai unió	11
2.4.2	Észak-Amerika	12
2.4.3	Ázsia	13
2.5	Lisztukac liszt előállítás	14
2.5.1	Lisztukac (<i>Tenebrio molitor</i>) életciklusa	14
2.5.2	Termelési technológia	14
2.5.3	Liszt előállítás lépései	15
2.6	Lisztukac táplálóanyag tartalma	15
2.7	Korábbi kutatások a lisztukac liszt használatáról	16
2.8	Ross 308	17
3	Vizsgálatok módszerei	18
3.1	Kísérleti elrendezés	18
3.2	Kísérlet során alkalmazott tartástechnológia	19
3.3	A kísérlet során alkalmazott takarmányozás	19
3.4	Termelési paraméterek	21
3.5	Vágási paraméterek	21
3.5.1	Testrészek és szervek abszolút és relatív súlyának megállapítása	21
3.5.2	Húsminőségi vizsgálatok	22

3.5.3	Hússzín vizsgálat	22
3.5.4	pH vizsgálat	23
3.5.5	Porhanyósság vizsgálat	25
3.5.6	Konyhatechnikai veszteségek	26
3.6	Statisztikai értékelés	26
4	<i>Eredmények és értékelésük</i>	28
4.1	Takarmány táplálóanyag-tartalmának vizsgálata	28
4.2	Elhullás	28
4.3	Súlygyarapodás	29
4.4	Takarmányfogyasztás	31
4.5	Takarmányértékesítés	32
4.6	Vágási paraméterek	32
4.7	Húsminőség	33
4.7.1	Szín vizsgálat	33
4.7.2	pH vizsgálat	35
4.7.3	Porhanyósság vizsgálat	36
4.7.4	Konyhatechnikai veszteségek	36
5	<i>Következtetések és javaslatok</i>	38
6	<i>Összefoglalás</i>	40
7	<i>Köszönetnyilvánítás</i>	42
8	<i>Nyilatkozatok</i>	43
9	<i>Irodalomjegyzék</i>	45

1 Bevezetés

Napjainkban olyan népszerű és csaknem klisének hangozható kifejezések hódítanak, mint a fenntarthatóság, ökológiai lábnyom, energiahiány, újrahasznosítás. A takarmány- és élelmiszeriparban ezek a fogalmak egy eszmében összpontosulnak melynek célja, hogy gazdaságosabb, környezetbarát és mind pénzügyileg, mind minőségileg versenyképes terméket állítson elő.

Mindezt egyre nagyobb volumenben hajlandó megvalósítani, hiszen földünk népessége folyamatosan gyarapszik és 2050-re elérheti a 9,5 milliárd főt, ami 70%-os növekedést jelent (FAO, 2009). A tendencia azt mutatja, hogy az emberek kevésbé részesítik előnyben a növényi alapú fehérje forrásokat és folyamatosan térnek át az állati eredetűre. Többek között tejet, halat, húst és tojást fogyasztunk szívesebben (Hunter et al., 2017). Étrendünkben az állati termékek fokozott használata magával vonzza a takarmány-alapanyagok iránti növekvő keresletet (Belghit et al., 2019). A baromfi takarmányozás alapvető elemei a kukorica és az extrahált szójadara, azonban a globális klímaváltozás folyamatos kihívások elé állítja a növénytermesztőket. A változó és bizonytalan terméseredmények miatt a növényi eredetű fehérjeforrások mennyiségének stabilitása a piacon változó, a genetikailag módosított növényekkel szemben pedig aggályok merülhetnek fel. Egyes fehérje források használata, mint a szójabab vagy a halliszt, nagy mértékben növeli a takarmányok költségeit, mivel az ember is fogyasztja ezeket (Kelemu et al., 2015). Továbbá az intenzív szójabab termesztés, főképp a trópusi területeken földfoglalást, erdőirtást, valamint egyéb kedvezőtlen lakossági és ökológiai problémákat válthat ki (Muscat et al., 2020). Azonban haszonállataink egyre jobb genetikai képességgel rendelkeznek, mely növekvő fehérje igényt von maga után. A fehérjehiány kiküszöbölése érdekében olyan forrásokat kell keresni melyek folyamatosan, biztonságosan és gazdaságosan képesek kielégíteni a növekvő igényt (Mézes, 2018). Rovarokat már a történelem előtti időkben is fogyasztottak az emberek a világ számos területén (Feng et al., 2018). Az általuk kínált megannyi (környezeti, gazdasági és táplálkozási) előny miatt vonzó összetevők az állatok takarmányozásában. Kisebb területen termeszthetők, mint a hagyományos takarmány-összetevők, rövid szaporodási ciklussal rendelkeznek és szerves hulladékkal is táplálhatók. Többek között a fekete katonalégy lárvái (*Hermetia illucens*), a közönséges házilégy (*Musca domestica*) és a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) azok a rovarfajok, melyeket széles körben használnak fehérje komponensként az állatok takarmányozásában (van Huis., 2017). Ezek a fajok tenyészthetők állati trágyán, kávébab-, alma-, narancs-törkölyön, növényi és gyümölcs hulladékon, állati tetemeken, hal

belsősegen, sütőipari- és éttermi hulladékokon (Mutungi et al., 2019). A rendkívüli hatékonysággal rovarfehérjét biztosító lisztkukac nevelése során átlagosan 1kg fehérje állítható elő 1,7 kg szerves hulladék felhasználásával, csupán 1m² területen (Van Huis és mtsai, 2013).

Jelenleg, társadalmunkban egyre nagyobb hangsúlyt kap a tudatos vásárlás és a fogyasztók több energiát fektetnek a jó minőségű, érzékszervi igényeinket kielégítő termékek felkutatására. Így hústermelésnél kiemelt figyelmet kell szentelni a minél kedvezőbb organoleptikus minőségi paraméterek elérésére.

Kísérletünk célja megvizsgálni, a lisztkukac liszt etetésének hatását egy közkedvelten használt brojlercsirke hibrid, a Ross 308 termelésére és húsminőségére. A kontroll csoportot összehasonlítva a kezelt csoportok teljesítményével arra a kérdésre keresünk választ, hogy a szója, mint a jelenlegi legkedveltebb növényi fehérjeforrás részben helyettesíthető e lisztkukac liszttel, a termelési eredmények leromlása nélkül. Ebben a témában, már folytattak hasonló kísérleteket, melyeknél pozitív eredmények mutatkoztak, viszont a lisztkukac liszt használatával, optimális bekeverési arányával kapcsolatban még nem született elegendő információ.

Mint takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök hallgató fontosnak tartom a jövőbe tekintő szemléletmódot, és az új, kevésbé ismert területek megismerését. A rovarlisztek használata és az általuk elért eredmények vizsgálata jelenleg igen népszerű, ugyanakkor még további vizsgálatokat igénylő terület. Úgy vélem, hogy a jövőben a rovarfehérje nagy szerepet kaphat a minőségi hústermelésben.



1.ábra: Baromfihús (<http6>)

2 Szakirodalmi áttekintés

2.1 Folyamatosan növekvő igények

2.1.1 Népeségünk ugrásszerű növekedése

A folyamatos technológiai fejlődésnek és az egészségügyi ellátás fejlődésének köszönhetően, világunkban a halálozási ráta alacsonyabb, mint eddig bármikor. Különösen a gyermekhalandóságban figyelhető meg nagy mértékű csökkenés. A halálozási arány csökkenése mellett a várható életkor viszont nőtt. Például egy fejlett országban élő nő várható életkora 1900-ban 50 év volt, azonban 1996-ra ez a szám 80 évre emelkedett ([http11](#))

A KSH adatai szerint 2000-ben a világ népessége 6,1 milliárd fő volt és mindössze 24 év alatt 8,1 milliárd főre emelkedett. Előre láthatólag ez a növekvő tendencia még évtizedekig ki fog tartani és 2060-ra földünk lakossága elérheti a közel 10 milliárd (9,98) főt. Legnépesebb régiók Afrika és Ázsia, melyek közül az előbbinél figyelhető meg jelentősebb növekedés. Európa, valamint Latin-Amerika és Karib szigetek térségében is észlelhető 2000 után növekedés, viszont a jövőben ezen adatok stagnálására számítanak. Kevésbé számottevő népesség növekedés figyelhető meg Észak-Amerikában, valamint Ausztrália és Óceánia régióiban ([http12](#)).

2.1.2 Húsfogyasztás változása

A népesség növekedésével párhuzamosan a világ teljes húsfogyasztása is folyamatosan növekszik. 1990-ben a globális húsfogyasztás körülbelül 180 millió tonna volt, 2018-ra egy kicsivel 300 millió tonna fölé emelkedett. Az egy főre jutó legnagyobb átlag húsfogyasztás a fejlettebb, gazdagabb régiókban figyelhető meg, mint Észak-Amerika, Óceánia és Európa. Habár az átlag ezeken a részeken a legmagasabb, 1990 óta kisebb mértékben emelkedett, mint az alacsony és közepes jövedelmű régiókban. Afrika, Ázsia és Latin-Amerika egy sokkal alacsonyabb szintről, erőteljesebb növekedést ért el 2018-ra (Martin et al., 2022).

A KSH adatai szerint Magyarországon az egy főre jutó húsfogyasztás 2010 és 2020 között átlagosan 15,5 kilogrammal megnőtt. Legnagyobb emelkedést a baromfi hús fogyasztásában figyelhetünk meg hiszen 2010-ben 16,5kg volt, 2020-ra pedig 25,2kg-ra emelkedett. A sertéshúsnál valamennyivel kevesebb, 3,5 kg-os növekedés volt, a marha- és borjúhúsnál egészen csekély, mindössze 0,2kg-mal fogyasztottak többet egy évtized elteltével ([http13](#)).

2.2 A hazai fehérjestratégia helyzete

2.2.1 Igények a közeljövőben

A folyamatosan növekvő hús- és tejtermékek iránt mutatkozó kereslet magával vonzza a gabonafélékből és olajnövényekből készített takarmányok felhasználásának bővülését. Előre láthatólag 2050-re a húsfogyasztás globálisan a mostani 320 millió tonnáról 470 millió tonnára fog emelkedni, ami közel 50%-os növekedést jelent. Ennek háttérében az áll, hogy az egy főre eső húsfogyasztás 10kg-os növekedésével számolhatunk 1,5 milliárd fő többletfogyasztó mellett. Jelenleg 47 millió tonna húst termelnek az EU-ban, így az egy főre jutó húsfogyasztás 68,5 kg. Ez a szám 2030-ig nem változik, azonban a húsexport a jelenlegi 4,35 millió tonnáról 4,7 millió tonnára fog emelkedni a trendek figyelembevételével. Hazánkban jelentős változásokra a húsfogyasztásban nem számíthatunk és a fogyasztás jelentős része továbbra is a baromfi- és sertéshústra fog korlátozódni (OECD/FAO, 2018).

A növekvő hús- és tejtermék fogyasztásának köszönhetően folyamatosan nő az ipari keveréktakarmány gyártás is, melynek mennyiség világszerte már elérte az egymilliárd tonnát, mely árban kifejezve 400 milliárd dollár. A globális keveréktakarmány közel 60%-át mindössze 4 ország/országcsoporth állítja elő, melyek Kína, az USA, az EU és Brazília. A tápok megoszlását figyelve, legnagyobb arányban baromfitápot gyártanak 45%-ban, majd ezt követi a sertés 26%, a kérődzők 20%, legkisebb arányban hal 4% és 5%-ban egyéb tápok aránya (FEFAC, 2017).

2.2.2 Olaj- és fehérje növények helyzete

Eddigi nézetek szerint, a keveréktakarmány-gyártásban a legfontosabb fehérjetakarmányt az olajnövények feldolgozásából visszamaradó olajmag dara, valamint a szója jelenti. A fehérjeforrásokkal szemben követelmény, hogy hektáronként minimum egy tonna nyersfehérjét tudjon biztosítani. Ez az EU-ban nem mindig teljesül, hiszen az olajnövények nyersfehérje hozama 0,7-1,2t/ha között mozog. Ezen érték javítására fehérjében gazdag szójabab fajták vezethetők be a piacra, javítva a hektáronkénti nyersfehérje termelést. Protein tartalma magasabb a repce- és napraforgómagénál de az EU-ban ezeknek a növényeknek nagy volumenű termelése miatt, az extrahált szójadara aránya viszonylag alacsony a keveréktakarmányokban. Magas fehérjetartalma és kedvező aminosav profilja miatt

jelenleg a szója a legfontosabb fehérjehordozó takarmány. Globálisan termelése háromszor nagyobb, mint a repce és a napraforgó hozama együttesen (Popp et al., 2016). A közeljövőben az EU-ban csekély esély mutatkozik az olaj- és fehérjenövények vetésterületének jelentős növekedésére, tehát ezek a növények nem fogják tudni kielégíteni a növekvő igényeket (European Commission, 2018).

2.2.3 Alternatív fehérje források

Az olajnövények, hüvelyes növények, valamint ipari melléktermékek mellett, léteznek kevésbé ismert, azonban hasonló vagy jobb minőségű proteinforrások is. Ilyen alternatíva lehet a levélfehérje, melyet lucernából vagy különféle fűfajtákból állítanak elő. Fehérjehozama ugyan magas- 2-2,5t/ha között mozog -de biológiai értéke alacsony. A fehérjeliszt előállításának energiaigénye és így a szénlábnyoma is igen magas, viszont hosszú távon a lucerna és fű amennyiben sikerül költséghatékonyá tenni kinyerését, potenciális fehérjeforrásnak bizonyulhat. (Popp et al., 2016).

Az akvakultúra eredetű fehérjeforrások, ugyancsak figyelemreméltó alternatívaként jelennek meg, az alacsony földhasználat és a jó fajlagos fehérjehozam miatt. Az algák a természet leggyorsabban növekedő élőlényei. Betakarítás és szárítás után esszenciális aminosavakban gazdag, 45%-os fehérjetartalmú lisztet kapunk (Bachis, 2015). Számos országban hivatalosan engedélyezték az alga eredetű takarmányokat a brojlercsirke, sertéstakarmányozásban egyes kutatások alapján maximálisan 10%-ban javasolják a használatát, leginkább az algafehérjére jellemző, állatok számára kevésbé kedvelt íz miatt. A jövőben akár a kérődzők takarmányozásában is szerepet foglalhat (Popp et al., 2016). A békalencsét a világ számos pontján használják takarmány-alapanyagként. Ugyan termékminősége megbízható és fehérje tartalma eléri a 35-45%-ot, fehérjeforrásként jelenleg nem tölt be kiemelkedő szerepet a takarmányozásban (Bachis, 2015). Az antarktiszi vörösrákot (másnéven krill) elsősorban humán élelmezési célra, mint krillolaj használják. Mellékterméke a liszt használata leginkább az akvakultúra-takarmányozásban elterjedt. Mennyiségét befolyásolja az engedélyezett kifogható mennyiség, a krillolaj iránti kereslet, valamint folyamatosan versenyezni kell az élelmiszercélú felhasználással (Bachis, 2015).

Az emészthető egysejtű mikroorganizmusokat egysejtproteineknek is nevezik, mely lehet akár alga, élesztő, gomba és baktérium is. Ezek az egysejtűek használhatók élelmezésre és takarmányozásra egyaránt. Ugyan ideális és költséghatékony proteinforrásnak bizonyulnak, előfordul, hogy minőségük megkérdőjelezhető, főleg azoknál a baktériumoknál melyek toxint

termelhetnek. Azonban előnyük, hogy az élesztők esszenciális aminosav tartalma legtöbb esetben magasabb értéket mutat, mint a szójadaráé (Tacon, 2015).

2.3 A rovarok jelentősége

2.3.1 Entomofágia és történelme

A rovarok takarmányban való használatát könnyebb elfogadni, ha ismerjük a rovarfogyasztás történelmét. Hiszen mi emberek is fogyasztottuk és fogyasztjuk ma is egyes földrészeken, kihasználva rengeteg előnyét.

Entomofágiának nevezik a bármilyen fejlődési szakaszban lévő, egész rovarok vagy részeik táplálékforrásként történő felhasználását, feldolgozott vagy feldolgozatlan formában.

Az emberek már több ezer évvel ezelőtt fogyasztottak rovarokat, alapvető étrendjük részeként. Ez a szokás egészen az ókortól napjainkig Afrika, Ázsia és Amerika területein a legelterjedtebb (Feng et al., 2020). Világszerte több mint 2000 rovarfajt fogyasztanak az emberek. Számos kutatás megerősíti, hogy a rovarok fogyasztása, mélyen gyökerezik ez emberi evolúciós történelemben. Bizonyítékul szolgálnak a paleodiétával kapcsolatos felfedezések, a fogzománc stabil szénizotópjának elemzése (Fontaneto et al., 2011), valamint olyan eszközök, régészeti leletek megléte, melyet az ókor emberei, nagy állatok csontjaiból készítettek és feltehetően a föld ásására, valamint az elfogyasztani kívánt termeszék felkutatására használtak (Meyer-Rochow, 2005). Továbbá számos rovar, többek között hangyák és bogár lárvák maradványait vélték felfedezni az emberek fosszilizálódott székletében (Mitsuhashi, 2008). Az első ismert írásos emlék, amely az entomofágiához kötődik Európában, Arisztotelész nevéhez fűződik, aki a Kr. e. 350-ben íródott *Historia Animalium* című könyvében leírja, hogy a nőstény kabócák párzás után ízletesebbek a megtermékenyített peték miatt (Shin et al. 2018).

2.3.2 Rovarok használatának előnye a takarmányozásban

A rovarok, takarmányozásba történő bevonásának, széles körben való elterjesztésének, számos előnye ismert.

Nagy mértékben történő termelésük ígéretesnek bizonyul környezetvédelmi szempontból, mégpedig az üvegházhatású gázok alacsony kibocsájtási szintje (van Huis et al., 2017), az 1 kg fehérje előállításához szükséges kis terület (Oonincx et al., 2012), valamint a

kiseb takarmányigény miatti területrendezés miatt. Csökkentheti az élelmiszer versenyt és a szerves anyagokat nagy értékű fehérjévé képes átalakítani (Meneguz et al., 2018). Újszerű megközelítést jelent, hogy a rovarok a hulladéknak tekintett anyagokat is átalakítják, eleget téve a fenntartható gazdálkodás ideológiájának (Meneguz et al. 2018).

A rovarfehérje emészthetősége elérheti a 68-89%-ot, mely kedvezőbb, mint az egyes olajnövényekből származó fehérjeforrások. A ragadozó halak és szabadtartású baromfik természetes táplálékául szolgál, de kutatások bebizonyították, hogy kitűnő fehérjeforrást jelentenek az együregű gyomorral rendelkező más élelmiszer termelő állatok (halak, garnélarák) számára is. A rovarok táplálóanyag-tartalmát figyelembe véve, igen nagy fehérjeszinttel rendelkeznek, mely 30-80% között mozog, zsírtartalma 4-60%, rosttartalma 5-60%-ot is elérheti. Továbbá rendkívül kedvező aminosav összetétellel rendelkezik. A földhasználat csökkentése érdekében is érdemes népszerűsíteni a rovarfehérje alkalmazását, hiszen egységnyi területről akár 150-szer több fehérjéhez juthatunk, mint egyes fehérjenövények termesztése által (Fitches, 2015).

2.3.3 Rovarok potenciális szerepe takarmányként

A növekvő fehérjeigényt egyre nehezebb kielégíteni szárazföldi és vízi gazdálkodással. Ez komoly következményekkel jár a bolygó erőforrásaira, a társadalmi-gazdasági fejlődésre és a környezeti fenntarthatóságra nézve. Alapvető fontosságú a közvetlen és közvetett emberi fogyasztásra alkalmas, jó tápértékű új élelmiszer alternatívák keresése. A rovarok haszonállatok etetésére való felhasználása ígéretes alternatívát jelent a rovarok táplálkozási tulajdonságai és lehetséges környezeti előnyök miatt.

Napjainkban a rovarok fokozott figyelmet kaptak, mint a takarmányozás fenntartható nyersanyagainak forrása, különösen a halak, baromfi és sertések számára. Jelenleg a legígéretesebb fajoknak a fekete katonalegyet (*Hermetia illucens*), a sárga lisztukacot (*Tenebrio molitor*), és a közönséges házilegyet (*Musca domestica*) tekintik. Bár gyors fejlődés várható, a rovarokra jelenleg nem fektetnek nagy hangsúlyt a takarmányiparban, elsősorban a technikai, pénzügyi és szabályozási akadályok miatt. A rovarok kielégítik az állatok táplálkozási igényeit a tápanyag-összetétel, az aminosav profil tekintetében, valamint számos állatfaj természetes étrendjét képezik így a takarmányelfogadás szempontjából is jó potenciállal rendelkeznek (Makkar, 2018). Alternatív takarmány-alapanyagként való használatukban nagy potenciál rejlik, hiszen lehetséges szabályozni az életciklus-folyamatait és ezáltal tömegesen

tenyésztani őket (Sánchez-Muros et al., 2014). A rovarok újszerű takarmány komponensként való használata a bélrendszerben kiváltott jótékony hatása miatt is egyre nagyobb figyelmet kap. Köszönhető ez annak, hogy bioaktív anyagokat, többek között laurinsavat, antimikrobiális peptideket és kitint tartalmaz, amelyek immunerősítő tulajdonságokkal rendelkeznek (IIPIFF 2019, Gasco et al., 2018). A piacon a rovartermelési üzletág gyors növekedése figyelhető meg. 2000 óta számos új céget alapítottak az Amerikai Egyesült Államokban (USA), Kanadában, Kínában, Dél-Afrikában és Európában. A rovartenyésztő ágazat növekedése leginkább a fekete katonalégység termelő vállalatok növekedéséhez köthető. A fekete katonalégység termelése globális mértékben gyorsan nőtt, 2014-2015-ben termelt 7000-8000 tonnás nedves tömegről 2016-ra 14000 tonnára növekedett (All about feed, 2019). Ez az ugrásszerű piaci növekedés tükrözi az előnyöket, melyekhez a termelők jutnak, amely abból fakadhat, hogy a fogyasztók tudatosították az állati eredetű élelmiszer-előállítás környezetre gyakorolt negatív hatásait. A rovarok tenyésztésének további előnye, hogy nagy mértékben csökkenthető a szerves melléktermékek ártalmatlanításának költsége.

Mivel a rovarokat számos állat, köztük halak, vadon élő madarak és szabadon tartott baromfi fogyasztja természetes közegükben, feltételezhető, hogy ezek az állatok az evolúció során alkalmazkodtak ahhoz, hogy a rovarok rendszeres étrendjük részét képezzék (Biasato et al., 2016, Sealey et al., 2011). Így érdemes a rovarfehérjét elfogadható kereskedelmi takarmányforrásnak tekinteni az elkövetkező években.

2.4 Főbb régiók álláspontjai

2.4.1 Európai unió

Az európai hozzáállást a rovarokhoz, mint takarmánykomponens használatához, nagyban befolyásolja a szarvasmarhák szivacsos agyvelő gyulladása (BSE), amely komoly veszélyt jelent a fogyasztók egészségére és biztonságára (Marberg et al., 2017, Belucco et al., 2017). 2001-ben a fertőző BSE miatt betiltották a feldolgozott állati fehérjék (PAP) használatát. A következő évben a 2002/32/EK kormányrendelet meghatározta takarmányozásra felhasználható anyagokat, valamint a takarmányban nem kívánatos anyagokat és azok maximális koncentrációját, melyről a teljes lista a 2002/32/EK kormányrendelet I. mellékletében tekinthető meg. Néhány év elteltével, a BSE helyes kezelésének és ellenőrzésének köszönhetően, módosították az állati fehérjékre kiszabott tilalmat és a 56/2013-

as kormány rendelet a kérődző eredetű alapanyagok kivételével engedélyezte az állati fehérjék használatát az akvakultúrában.

A 999/2001/EK rendelet I. és IV. melléklete, valamint a 142/2011/EU bizottsági rendelet X., XIV. és XV. mellékletét módosító 2017/893 rendelet a feldolgozott állati fehérje felhasználására vonatkozik. Ez a rendelet csak a tenyésztett víziállatok takarmányozására engedélyezi a nem kérődzőkből származó állati fehérjét. A II. melléklet felsorolja a tenyésztett rovarokból származó feldolgozott állati fehérjéket, amelyeket a prêmes állatokon kívül haszonállatok takarmányának az előállítására lehet használni. Jelenleg hét faj használata engedélyezett: házi tücsök (*Acheta domesticus*), szalagos tücsök (*Gryllodes sigillatus*), mezei tücsök (*Gryllus assimilis*), közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*), alombogár (*Alphitobius diaperinus*), fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) és a közönséges házilégy (*Musca domestica*). A rendelet továbbá meghatározza a rovarok takarmányozására használható anyagokat is. 2017-ben az (EU) 2017/1017 rendelet módosította a 68/2013/EU rendeletet a takarmány alapanyagok katalógusát tekintve és engedélyezték az élő szárazföldi gerinctelenek és nem élő szárazföldi gerinctelenek használatát takarmány-összetevőként, akár feldolgozva, akár feldolgozatlanul, azonban nem a 1069/2009/EK rendeletben leírtak szerint feldolgozva. Ezért a szárazföldi gerinctelenek megfelelő takarmány alapanyagnak minősülnek, kivétel azok a fajok, melyek káros hatást fejthetnek ki növényekre, állatokra vagy az ember egészségére. Jelenleg rovar eredetű zsírt minden állatfaj takarmányozására engedélyezték, de állat eredetű fehérjét csak prêmes állatok, vízi állatok, kedvtelésből tartott állatok, valamint a baromfifélék és a sertések takarmányozására használhatjuk (<http1>).

2.4.2 Észak-Amerika

Az Egyesült Államokban a takarmányok biztonságának ellenőrzéséért felelős hatóság a Szövetségi Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hatóság (FDA), amely a takarmányszabályozás területén együttműködik az American Feed Control Officers szövetséggel (AAFCO), különösen az új takarmány-összetevők kezelésében (Lähteenmäki et al., 2018). Az AADCO állami, szövetségi és nemzetközi szabályozó tisztviselőkből áll, akik felelősek az állati takarmányok biztonságos előállítását és címkézését szabályozó állami törvények betartatásáért. Az ehető rovarokat az Egyesült Államokban élelmiszer- adalékanyagnak tekintik (Lähteenmäki et al. 2018). Az AAFCOO hivatalos éves kiadványa tartalmazza a takarmány-összetevők teljes listáját definíciójukkal együtt, továbbá tartalmazza a jóváhagyott élelmiszer-adalékanyagok listáját, valamint az általánosan elismert biztonságos anyagok (GRAS) listáját. Jelenleg csak a

fekete katonalegyet tartják számon, mint takarmány összetevőt, szárított egész lárva és lárvaliszt formában egyaránt. Felhasználása azonban az akvakultúrára (lazacfélékre) korlátozódik. Kanadában az Animal Feed Division, Animal Health Directorate, a Kanadai Élelmiszer-felügyeleti Ügynökség (CFIA) hatósága felelős az 198-as Élelmiszer-törvény és takarmányrendelet kezeléséért, emellett regisztrálja a takarmányokat és takarmány-összetevőket, valamint kidolgozza a takarmányokkal kapcsolatos irányelveket (Lahteenmaki et al., 2017). Kanadában a rovarok újszerű takarmánynak számítanak, így nem ismert a biztonságos használatuk. A törvénynek megfelelően az új takarmányokat és azok regisztrációs folyamatát a 4. bekezdés (Káros anyagok), 4.1. albekezdése (Az új takarmányok kibocsájtásnak bejelentése és engedélyezése) tartalmazza, amelynél a hangsúly az állategészségügy és környezeti kockázatok értékelésén van. Minden bejegyzési javaslatnak részleteznie kell a rovar fajtáját, annak sajátos tenyésztési körülményeit, valamint azt az anyagot, amellyel a rovar táplálták, nevelték. 2016-ban engedélyezték a fekete katonalegy lárva használatát a csirke takarmányozásban, 2017-ben pedig az akvakultúrában való felhasználását is. 2018-ban az összes baromfi fajra kiterjesztették az engedélyt.

2.4.3 Ázsia

A rovarok számos ázsiai országban a történelem során elfogadottak voltak emberi táplálékként és takarmányként egyaránt, valamint kiváló fehérjeforrásként használták. Kínában nincsenek külön törvények a szabályozásukra. A rovarok takarmány-adalékanyagként is használhatók, de ebben az esetben a termelőknek be kell tartaniuk a takarmányokra és takarmány-adalékanyagokra vonatkozó közigazgatási intézkedésekben (Lahteenmaki, 2017) összegyűjtött szabályokat. Észak-Korea és Dél-Korea viszont eltérő szemlélettel rendelkezik a témában. Ennek a két országnak, annak ellenére, hogy történelme (majdnem a huszadik századig), nyelve, kultúrája és étkezési szokásai azonosak, jelenleg teljesen eltérően viszonyulnak a rovarokhoz, mint élelmiszerhez vagy takarmányhoz. Jo és Lee (2016) leírták, hogy Észak -Koreában vannak olyan jogi problémák, amelyek befolyásolják a rovarok takarmányként való használatát, hiszen állati eredetű fehérjének minősülnek, melyet tilos az állatok takarmányozásában használni. Másrészt a rovarokat Dél-Koreában az emberi táplálkozás történelmi alkotóelemének tekintik és a takarmányozásban is szerepet kapnak (Han et al., 2017). A Dél-Koreai kormány 2015-ben módosította a jogszabályokat, miszerint nincsenek konkrét szabályok a rovarok használatára élelmiszerként és takarmányként (Han et al. 2017).

2.5 Lisztkukac liszt előállítás

2.5.1 Lisztkukac (*Tenebrio molitor*) életsiklusa

Alexandre és társai (2017) egy korábbi tanulmányban figyelemmel követték egy francia lisztkukac termelő cég munkásságát. A Besançon-hoz közel eső Ynsect által előállított lisztet és olajat jelenleg kutatási célokra, valamint kisállat eledeléhez használják fel. Az általuk működtetett termelési rendszer évente 17 tonna friss lárva előállítására képes. A felnőtt nőnemű egyedek akár 400-500 pete lerakására képesek egy alkalommal (Spencer and Spencer, 2006). A lisztkukacok egyik óriási előnye, hogy rendkívül rövid biológiai életsiklussal rendelkeznek, melynek lefolyása a következő: a peték keltetése 3-9 napot vesz igénybe, az ezt követő lárvaállapot 26-76 napig tart, a nimfa állapot 3-12 napig, majd a bábállapot 5-17 napig (Li et al., 2013). A forrásokban leírt értékek azonban úgy tűnik, hogy alábecsülik a gyakorlatban tapasztalt valóságot, hiszen az előbb említett tanulmányban, a vizsgált létesítményben a lárvák nevelése 11-13 hétig is eltartott.



2. ábra: Közöséges lisztbogár: imágó, báb, lárva (<http10>)

2.5.2 Termelési technológia

A Ynsectnél használt technológia szerint a lárvákat táptalajon, műanyag tálcákban (24l) nevelik, 5 lárva/cm² kezdeti telepítési sűrűséggel. Ezeket a kereskedelmi céllal nevelt lárvákat bebábozódás előtti stádiumban gyűjtik be, ugyanis ezután az állapot után jelentős súlycsökkenés várható. Betakarításkor a lárvák 90%-a hűtőkamrákba kerül, 10%-át pedig reprodukcióra használják (két hét alatt imágóvá fejlődnek). A nevelő helységben állandó 28°C és 65% relatív páratartalom van, melyet dinamikus szellőztetéssel és hűtő rendszerrel tartanak

fennt. A lárvákat kétszer etetik egy héten gabonalisztból, búzakorpából és répapépből összeállított takarmánnyal.

2.5.3 Liszt előállítás lépései

A 11-13 hétig tartó nevelés befejeztével a lárvákat lisztté és olajjá dolgozzák fel, mely egy több lépésből álló folyamat. Először a begyűjtött lárvákat egy szita segítségével elkülönítik a megmaradt alomtól. Következő lépésben blansírozzák őket, melynek célja, hogy a forrásban lévő vízben elpusztuljanak a lárvák, a potenciális kórokozókkal együtt, valamint ilyenkor cseppfolyósodnak a lipidek növelve az extrakció hatékonyságát. Ez után hidegen sajtolják a lárvákat, mely során a pogácsából eltávolítják az olajat és a vizet. A pogácsák szárítása után kapjuk meg a lisztkukac lisztet, valamint centrifugálás (az olaj és a blansírozás után megmaradt víz szétválasztása) után az olajat (Azagoh, 2017).

2.6 Lisztkukac táplálóanyag tartalma

A lisztkukac lárva táplálóanyag tartalmát már több, mint 10 évvel ezelőtt is vizsgálták. L. Selaledi és munkatársai egy 2019-ben készült áttekintésben összegyűjtötték egyes irodalmakban található információkat, melyeket az 1. táblázatban mutatok be.

A lisztkukacok táplálóanyag tartalma függ az adott fajtól, valamint, hogy mely fejlődési stádiumban van. Általánosságban elmondható, hogy sok nyersfehérjét és nyerszsírt tartalmaz, valamint gazdag esszenciális aminosavakban, vitaminokban és ásványi anyagokban (Rumpold és Schlüter, 2013). A rovarok általában lizint és treonint is nagyobb mennyiségben tartalmaznak, melyek csak kisebb mennyiségben vannak jelen olyan közkedvelt gabonafélékben, mint a búza, a rizs, cassava és kukorica. Azonban metionin és cisztin tartalmuk kevesebb (Deforliart, 1992). A lisztkukac lárvák kevés kalciumot és sok foszfort tartalmaznak, így a brojlersírkék takarmányozásába építve javasolt kalcium kiegészítést használni, ellenkező esetben kalciumhiány és tünetekkel járó metabolikus csontbetegség alakulhat ki (Ravzanaadii, 2012).

1. táblázat: Száritott lisztkukac táplálóanyag tartalma, különböző kutatásokban (L. Selaledi et al. 2020), ND-nem vizsgált paraméterek

Táplálóanyagok:	Khan et al. (2017) (%)	Ravzanaadii et al (2012) (%)	Hussain et al. (2017) (%)	Bovera et al. (2015) (%)
Nyersfehérje	53	46,4	45,8	51,9
Nyerszsír	3,6	32,7	34,2	21,6
Nyersrost	3,1	4,6	4	7,2
Hamu	26,8	2,9	2,5	4,7
Nedvesség	ND	5,3	5,8	ND
Szárazanyag	ND	ND	ND	93,9
Ásványi anyagok:	Khan et al. (2017) (%)	Simon et al. (2013) (%)	Hussain et al. (2017) (%)	Ravzanaadii et al (2012) (%)
Nátrium	ND	65	ND	36,4
Kalcium	2,7	7,4	3,8	4,3
Kálium	ND	14,6	8,5	9,4
Foszfor	7,8	6,5	7	7,1
Magnézium	2,3	1,9	ND	2
Cink	1,2	1,7	1	1

2.7 Korábbi kutatások a lisztkukac liszt használatáról

Egy korábbi kutatásban melyet a pakisztáni Peshawar-ban végzett együttesen az Állatorvosi Kutatóintézet, valamint egy Baromfi Kutatóintézet, megvizsgálták a lisztkukac, brojlercsirkék húsminőségére és termelési eredményeire gyakorolt hatását. Ebben a kísérletben 120 napos csirkéket vizsgáltak, egy kontrol (WM-0) és három kezelt csoportban, melyeknél a lisztkukac lisztet 1(WM-1),2(WM-2) és 3(WM-3) % arányban keverték be a takarmányba. A 6 hetes tanulmány alatt az állatok *ad libitum* vizet és takarmányt kaptak.

A súlygyarapodásban szignifikáns különbség mutatkozott és a WM-3-as csoport érte el a legnagyobb tömeget. Ezt követte a WM-2-es csoport, majd a WM-1-es csoport. A kezelt csoportok takarmányértékesítése szignifikánsan jobb volt, mint a kontroll csoporté. A legjobb eredményt pedig a WM-3-as csoport érte el.

Ebben a tanulmányban az organoleptikus tulajdonságokat is megvizsgálták, mely az ízt, a puhaságot, a lédúságot, és a színt foglalta magába. Megállapították, hogy nem volt szignifikáns különbség a lisztkukac liszttel kezelt és a kontroll csoport között. (Ibrar et al., 2017)

Egy Dél-Koreában folytatott kísérletben 100 darab szexált brojlercsirkén vizsgálták a lisztkukacliszt hatását, különböző dózisokban. Öt csoportot alakítottak ki. A kísérleti csoportokban a rovarliszt bekeverési aránya 0,5(T1), 1(T2),2(T3) és 10%(T4) volt és a kísérlet a madarak 2 hetes korától, 5 hetes korig tartott. A takarmányfelvétel kezdetben a kontroll

csoportban volt a legmagasabb, azonban a hetek során a T2-es csoportban folyamatosan növekedett és a kísérlet végére ez a csoport érte el a legnagyobb értéket (172g). Megállapították, hogy a kontrol és a T1-es csoportokban lévő madarak testsúlya közel azonos maradt és számottevő növekedés nem volt megfigyelhető. A T2, T3 és T4 csoportok szignifikánsan nagyobb növekedést értek el és a kísérlet végére a T2-es csoport érte el a legnagyobb átlagos testsúlyt (1486 g). Legjobb takarmányértékesítő képessége a T4-es csoportnak volt. Megfigyelték, hogy a kezelt csoportok szívének, hasúri zsírnak és vékonybelének tömege jelentősen növekedett, mely az izom- és a zsírtermelés mennyiségének növekedése miatt lehetséges (Desiree és Sangsoo, 2013).

2.8 Ross 308

Kísérletünkhöz a Ross 308 brojlercsirke hibridet választottuk. Ez az Aviagen Group által kitenyésztett állat, jelenleg a világ egyik legelterjedtebb húshibridje. Közkedveltségének okai többek között a kiemelkedő grillfertig kihozatal, a mellhólyag hiánya, a jó darabolhatóság, valamint a csontozott mellhús aránya, mely kedvezővé teszi az állatok feldolgozását. Ezekkel a tulajdonságokkal gazdaságos és jövedelmező lehet kisüzemi tartása is. A fajta jellegzetessége a világos bőr, fehér tollazat, ovális testforma és kedvező húshozam, melyekhez elengedhetetlen a széles és erős lábszerkezet ([http8](#)) (3. ábra). Erőteljes, gyors növekedés és jó takarmányhasznosító képesség jellemzi. A tenyésztők, olyan vásárlók igényeinek kielégítésére hozták létre, akik következetes teljesítményt és sokoldalúságot várnak el ([http9](#)). A madarak, megfelelő tartási és takarmányozási körülmények között (melyet az Aviagen Group a „Teljesítmény mutatók” kézikönyvében részletesen taglal) 42 napos korukra, vegyes ivarban elérhetik akár a 2,7-2,8 kg-os testsúlyt is ([http8](#)).



3.ábra: Ross 308 brojlerhibrid ([http8](#))

3 Vizsgálatok módszerei

3.1 Kísérleti elrendezés

Kísérletünk 2024. május. 24-én került beállításra. A hat hétig tartó nevelést követően július 09-én került sor az állatok vágására. A kísérletben egy ismert húshibrid csirkét használtunk, a Ross 308-at. A szexált brojlercsirke kakasok (n=1050) egy, az Agrisearch KFT. tulajdonában lévő, Budapest határában elhelyezkedő kísérleti telepen lettek elhelyezve. A csibéket Newcastle-betegség, fertőző hörghurut, fertőző bursitis és baromfihimlő ellen vakcinázták a keltetőben.

Vizsgáltuk, hogy milyen hatással van a húscsirkék termelési paramétereire a takarmányba, különböző dózisokban bekevert lisztukac liszt. A kísérlet során 3 csoportot alakítottunk ki, egy kontroll (C), ahol a madarak kezeletlen takarmányt kaptak és két kezelt, amelyből az egyik takarmányában 2%-os bekeverési aránnyal szerepelt a lisztukac liszt (LBL2), a másik takarmányába pedig 4%-os arányban kevertünk (LBL4) lisztukac lisztet. Minden kezelésben 350 madár szerepelt. Egy fülkében 25 csirkét helyeztünk el és 14 ismétlés volt kezelésenként. Az istállóban az egy kezeléshez tartozó fülkéket véletlenszerűen jelöltük ki, minimalizálva ezzel az istállóhatásból eredő torzító eredményeket.



4.ábra: Kísérleti telep (Sipiczki 2024)

3.2 Kísérlet során alkalmazott tartástechnológia

Az Aviagen Group kibocsájtott egy tartástechnológiai kézikönyvet, melyben részletezi azokat a tartástechnológiai paramétereket, melyekkel a Ross 308-as hibridet optimális körülmények között tudjuk nevelni, maximalizálva ezzel genetikai teljesítőképességét. Kísérletünkben az Aviagen által javasolt tartástechnológiának megfelelően biztosítottuk a környezeti igényeket (párataralmat, fényprogramot, légáramlást, teremhőmérsékletet). Az állatok a teljes nevelési idő alatt *ad libitum* jutottak hozzá a takarmányhoz és ivóvízhez. Alomanyagként friss, száraz puhafa-forgácsot használtunk, rendkívül jó nedvszívó képessége miatt, melyet a ketrecek előkészítése során 8 cm vastagságban terítettük szét. A fülkék alapterülete 2,5 m² volt, tehát 10 madár került 1 m²-re. Az 5. ábrán látható, hogy minden fülkében egy önetető biztosította a folyamatos takarmány-ellátást és négy darab szelepes önitató az ivóvizet. Az etetők magasságát folyamatosan igazítottuk a madarak növekedéséhez, hogy minél könnyebben táplálékhoz juthassanak és minimalizáljuk a takarmányszóródást.



5.ábra: Önetető (Sipiczki 2024)

3.3 A kísérlet során alkalmazott takarmányozás

Az állatok a kísérlet teljes ideje alatt ugyanazt a takarmányt fogyasztották, -melyet a Vitafort Zrt. állított elő- azaz 1 fázisos takarmányozást alkalmaztunk. Minden csoport számára a dercés keveréktakarmány és ivóvíz *ad libitum* állt rendelkezésre, melyhez függesztett önetetőt és szelepes önitatókat szereltünk fel. A takarmány összetétele a 2. táblázatban látható. A három

takarmány kialakításakor elsődlegesen a full fat szója kiváltására használtuk a rovarlisztet. Ez az oka annak, hogy a nagyobb liszt kukac liszt tartalom mellett kisebb arányban szükséges bekeverni full fat szóját. Azonban a nagyobb arányú liszt kukac liszt bekeverésekor, több kukorica került a takarmányba.

2.táblázat: Takarmány összetevők

	Kontroll	LBL-2%	LBL-4%
Brojler kísérleti koncentrátum 85%-os	85	85	85
Kukorica	5,95	6,8	7,6
Extrahált szójadara	1	1	1
Full fat szója	7,6	4,8	2
Liszt kukac	0	2	4
Takarmány mész	0,3	0,35	0,4
MetAmino	0,1	0,05	0
L-Valin	0,05	0	0
Összesen	100	100	100

A 3. táblázat tartalmazza a számított táplálóanyag-tartalmat. A Vitafort Zrt.-vel együttműködve a takarmányok táplálóanyag-tartalma úgy lett beállítva, hogy a metabolizálható energia-, a nyersfehérje- és emészthető aminosav koncentrációja közel azonos legyen.

3.táblázat: Táplálóanyag-tartalom (%)

Táplálóanyagok	Kontroll	LBL-2%	LBL-4%
ME baromfi (MJ/kg)	12,74	12,84	12,95
Szárazanyag tartalom	88,89	88,87	88,86
Nyers fehérje	19,96	19,98	20,03
Nyers zsír	4,61	4,66	4,71
Nyers rost	3,53	3,53	3,52
Nyers hamu	5,66	5,65	5,64
Nmka	54,25	54,34	54,39
Lizin	1,23	1,23	1,24
Metionin	0,61	0,56	0,52
Metionin+Cisztin	0,95	0,96	0,97
Lizin em. bfi.	1,14	1,14	1,14
Metionin em. bfi.	0,58	0,54	0,49
Metionin+Cisztin em. bfi.	0,90	0,90	0,90

A kísérletben használt takarmányok pontos táplálóanyag-tartalmának megállapítását a Vitafort Labor Kft. vakon végezte el, weendei-analízissel. A nedvesség- és illóanyag tartalom megállapítására a 152/2009/EK r. III. m. "A" szabvány szerint végezték a vizsgálatokat. A nyersfehérje tartalom vizsgálata a MSZ EN ISO 16634-1:2009 szabvány alapján készült.

Megállapításra került a nyersrosttartalom (152/2009/EK r. III. m. "I"), a nyers olaj- és zsírtartalom (152/2009/EK r. III. m. H), valamint a nyershamutartalom (152/2009/EK r. III. m. "M"). A metabolizálható energia koncentráció meghatározásához (44/2003 FVM 5.m), szükség volt a cukortartalom meghatározására, melyet a 152/2009/EK r. III. m. J szabvány szerint végeztek, valamint a keményítőtartalom meghatározására, melyhez a 152/2009/EK r. III. m. L szabványban leírt módszert használták.

3.4 Termelési paraméterek

A madarak súlyát heti rendszerességgel (0., 7., 14., 21., 28., 35., 42. nap), egyedenként mértük, melynek alapján kiszámoltuk a heti súlygyarapodást. Ezzel egyidejűleg, ketrecenként a takarmányfogyasztást is mértük és kiszámítottuk az átlagos napi takarmányfogyasztást. Ezt az értéket elosztva az egy madárra jutó súlygyarapodással megállapítottuk a takarmányértékesítést is. A nevelési idő alatt hetente kiszámoltuk ezeket a paramétereket. Végül a súlygyarapodás, takarmányfogyasztás és takarmányértékesítés adatainak értékelése csoportonként történt. A napi rutin ellenőrzés során az elpusztult állatokat eltávolítottuk a fülkékből és feljegyzésre került a darabszám és az elhullásuk oka. Az adatokat a helyszínen papír alapon rögzítettük, majd excel-táblázatba felvezetve gyűjtöttük és számoltuk az értékeket.

3.5 Vágási paraméterek

A 6 hetes nevelés után a csirkéket laborvágás során extermináltuk, majd kopasztó gépben a tollakat eltávolítottuk. A laboratóriumi vizsgálatokat a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Szent István Campusán hajtottuk végre. Csoportonként (n=350) véletlenszerűen 28-28 db egyedet választottunk ki a vágáshoz, melynek mindegyikét vizsgálva állapítottuk meg a vágási súlyt, grilltest súlyát és vágási súlyhoz viszonyított százalékos arányát, mell súlyt és százalékot, comb súlyt és százalékot, máj súlyt és százalékot, valamint a zúza súlyát és százalékát. A húsmínőség vizsgálatokhoz (pH, szín, porhanyósság, csepegési veszteség, konyhatechnikai veszteség) a csoportonként levágott 28 db madárból, 10 db-nak a húsmintáit vizsgáltuk.

3.5.1 Testrészek és szervek abszolút és relatív súlyának megállapítása

A vágás napján elvégeztük az egyes testrészek és szervek súlyának mérését. Megállapítottuk a vágási súlyt, majd zsigerelest követően a grilltest (nem tartalmazza a lábakat,

fejet, nyakat és a zsigereket) súlyát és a vágási súlyhoz viszonyított százalékos arányát. A kezelési csoportonként 28 madár mindegyikéről lefejtettük a jobb mellfilét és eltávolítottuk a jobb combot, majd megmértük azok súlyát és kiszámoltuk a grillsúlyhoz viszonyított százalékos arányát. A belsőszervek eltávolítása során leválasztottuk a májat és megmértük annak súlyát és megállapítottuk a grillsúlyhoz viszonyított százalékos arányát, valamint a zúzót, melyet üres állapotban mérlegeltünk és számítottuk ki a grillsúlyhoz viszonyított százalékos arányát.

3.5.2 Húsminőségi vizsgálatok

Húsminőség vizsgálatánál a húsnak mindazon tulajdonságait számításba vesszük, melyek a tápláléértékét, a fogyasztói megítélést, az ember egészségét és a feldolgozhatóságot befolyásolhatja. A vizsgálatokat 4 fő téma szerint végezhetjük melyek a következők:

1. Higiénés minőség, mely a hús mikrobiológiai állapotát tükrözi és szorosan kapcsolódik az élelmiszer biztonsághoz.
2. Technológiai minőség, ahol a hús azon tulajdonságait vizsgálják, melyek utalnak a további ipari feldolgozás alkalmasságára.
3. Étkezési minőség esetében a fogyasztó szempontjából fontos, organoleptikus tulajdonságokat vizsgálják.
4. Tápláléértékkel kapcsolatos minőségi vizsgálatoknál pedig a húsok humán étkezésre való alkalmasságát jellemzik, melyek hatása sok esetben csak hosszú távon mutatkozik.

Általánosságban elmondható, hogy a takarmányozás nagy arányban befolyásolja a húsminőséget, azonban emellett egyes környezeti tényezők, valamint a genotípus, ivar és a kor is meghatározó lehet egyes minőségi paraméterekben (Babinszky és Halas, 2019).

A minőségvizsgálatokat, minden csoportból 10 egyed jobb oldali felületes és mély mellizmán (*m. pectoralis superficialis* és *m. profundus*) végeztük, melynek menetét a következő fejezetekben részletezem.

3.5.3 Hússzín vizsgálat

Húsok vásárlásánál sok fogyasztónak az elsődleges szempont a vizuális megjelenés. Egy termék kiválasztásánál az ár mellett a hús állaga és színe is döntő szempont lehet. Fontos tehát, hogy az előállított hús kedvező színnel rendelkezzen és ezt a tulajdonságát minél több ideig megőrizze. Így törekedni kell a minél nagyobb színstabilitással rendelkező termékek

előállítására. Annak megállapítására, hogy a lisztkukac liszt etetése által változik-e a húsok színe, színvizsgálatot végeztünk. Összehasonlítottuk a kontroll és a két kezelt csoportok eredményeit, valamint közvetlen vágás után és 24 óra elteltével is elvégeztük a vizsgálatot.

Csoportonként 10 madár mellmintáján végeztük el a CR-410 Konica Minolta kromamétert használva. Működésének alapja, hogy előre bemért színetalontól, vagy referenciaszíntől való eltérést tud meghatározni. (http7).

A műszer az emberi látáshoz hasonlóan vizsgálja a színeket és az $L^*a^*b^*$ rendszer segítségével értelmezi azokat, ahol L^* jelenti a világosságot, a^* jelenti a piros-zöld színek közötti átmenetet és árnyalatot, b^* jelenti a sárga-kék színek közötti átmenetet és árnyalatot.



6. ábra: Hússzín mérése CR-410 Konica Minolta kromaméterrel (Sipiczki 2024)

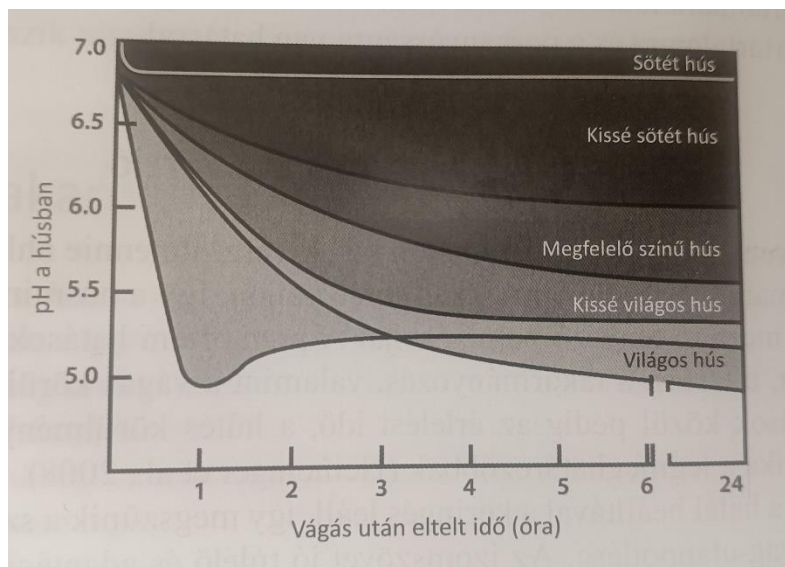
3.5.4 pH vizsgálat

Az állat keringési rendszerének leállása után, a szövetek oxigén- és tápanyag utánpótlása megszűnik, így az izmokban tárolt glikogén bontásával termelődik szubsztrát az ATP képződéséhez. Oxigén hiányában azonban a glükóz nem képes belépni a citrátkörbe, így tejsavvá alakul. A keletkező tejsavat a vér már nem szállítja el, így az felhalmozódik az izomszövetben csökkentve annak pH-ját. A tejsavtermelés során keletkező hő a bioaktív fehérjéket és enzimeket denaturálja.

Amennyiben az állatokat vágás előtt és közben jelentős mértékű stressz éri, az a glikogénkészletek mobilizálódását eredményezi. Így az anaerob glikolízis során az izmok tejsav-koncentrációja megnő és ennek hatására csökken a sejtmembránok integritása. Ebben az esetben a sejtek nem képesek a bennük lévő oldatot megtartani. Tehát a hús pH-jának hirtelen

csökkenése ($\text{pH} < 6,0$), minőségi szempontból nem elfogadható, úgynevezett PSE (pale, soft, exudative) húst eredményez (Babinszky és Halas 2019). Az értékes húsrészek, mint például a mell, elveszti vízmegtartó képességét jelentős főzési veszteséget eredményezve.

DFD (dark, firm, dry) húsnak nevezik, mikor az állatokat érő hosszú ideig tartó stressz hatására a hús sötétté, keménnyé és szárazzá válik.



7.ábra: A post mortem pH-változás és a húsmínőségi anomáliák közötti összefüggés (Babinszky és Halas, 2019)

A kísérlet során végzett pH méréseket a mellizomból vett mintákon, HI 99163 pH-mérővel végeztük. Vágást követően 15 perccel, illetve 24 óra elteltével ismételtük a vizsgálatokat. A szűrőelektroda izomba helyezése után és az érték stabilizálódását követően feljegyeztük és értékeltük azokat.



8.ábra: HI 99163 pH-mérő műszerrel

3.5.5 Porhanyósság vizsgálat

A porhanyósságot nyíróerő próbával jellemeztük, amelynek segítségével objektív módon tudjuk megítélni, hogy rágás során milyen érzékszervi benyomást kelt a fogyasztó számára. Csoportonként 10 mintát vizsgáltunk. A mellmintákat $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű fagyasztás után felengedtük, majd vákuumfóliáztuk és $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os maghőmérséklet eléréséig főztük. A folyamathoz a Wisd (witeg) digital Fuzzy Control System, WB-22-es vízfürdőjét használtuk (9. ábra).



9.ábra: Wisd (witeg) digital Fuzzy Control System, WB-22 vízfürdő (Sipiczki 2024)

A kívánt hőmérséklet elérése után a mintákat tálcán gyűjtöttük és $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig hűlni hagytuk. Ezt követően $1\times 1\text{ cm}$ -es hasábokat szeltünk le belőlük. A vizsgálat elvégzése a Warner-Bratzler pengével felszerelt TAXT Plus nyíróerő-érték mérő műszerrel történt. Az előzőleg készített próbatestek mindegyikén háromszor, három különböző ponton hajtottuk végre a mérést. Így megkaptuk a húsokra jellemző nyíróerő értéket, mely azzal a súllyal jellemezhető, amelyet a pengére helyezve, az teljes vastagságában keresztülmetszi a próbatestet és ezen értékek alapján tudtuk jellemezni a porhanyósság mértékét.



10.ábra: Warner-Bratzler pengével felszerelt TA XT Plus nyíró-erő analizátor (Sipiczki 2024)

3.5.6 Konyhatechnikai veszteségek

A vásárlók igényeihez igazodva szükséges megvizsgálni, hogy az előállított hús, a mindennapi, konyhai használatban milyen mértékű veszteségeket mutat. Kísérletünk során ezeket a veszteségeket százalékos formában értékeltük.

A csepegési veszteség megállapításához, laborvágást követően megmértük a kis mellizom (*m. pectoralis minor*) súlyát, majd 24 órára +4°C-os hőmérsékleten felfüggesztve tároltuk azokat. A két érték különbsége alapján állapítottuk meg a csepegési veszteséget, amelyet az eredeti minta súlyának százalékában adtunk meg.

Az olvasztási veszteség méréséhez -18 °C-on fagyasztott mintákból indultunk ki, amelyek súlyát a fagyasztás előtt mértük meg. A minták felengedtetése után újból megmértük azok súlyát és a kiindulási és felengedett súly különbségét a kiindulási súly százalékában megadva jellemeztük az olvadási veszteséget.

Főzés során is megfigyelhető bizonyos mértékű veszteség. Kiszámolásához a már felengedett minták mérlegelésének értékéből kivonásra került a minták azon súlya melyet 72 °C-os maghőmérsékletig történő főzés és szobahőmérsékletre való hűlés követően mértünk.

A teljes veszteséget az olvasztási- és főzési veszteség értékeinek összeadásával állapítottuk meg.

3.6 Statisztikai értékelés

A kísérletben elvégzett vizsgálatok során mért eredményeket One-way ANOVA tesztnek vetettük alá, ahol a használt takarmányozási csoportok (kontroll, LBL-2%, LBL-4%)

voltak a fix tényezők. A számításokhoz a S.A.S 9.1.3 (Statistical Analysis Software) for Windows szoftvert használtuk. Bonferroni tesztet végeztünk és az eltéréseket 5%-os szignifikancia szinten hasonlítottuk össze.

4 Eredmények és értékelésük

4.1 Takarmány táplálóanyag-tartalmának vizsgálata

A 4. táblázatban láthatjuk a Vitafort Labor Kft. által végzett takarmányvizsgálatok eredményeit. A takarmányok metabolizálható energia tartalma mindhárom csoport esetén azonosnak mondható. A nyersfehérje koncentráció azonban a vártnál nagyobb mértékben tér el a kontroll és az LBL-4% között. Összességében azonban, mivel a receptúra összeállítása során az aminosav-összetételre is optimalizáltunk, vélhetően ez az eltérés nem okozott jelentős különbséget a két csoport fehérje ellátásában.

4.táblázat: Takarmányok táplálóanyag-tartalma

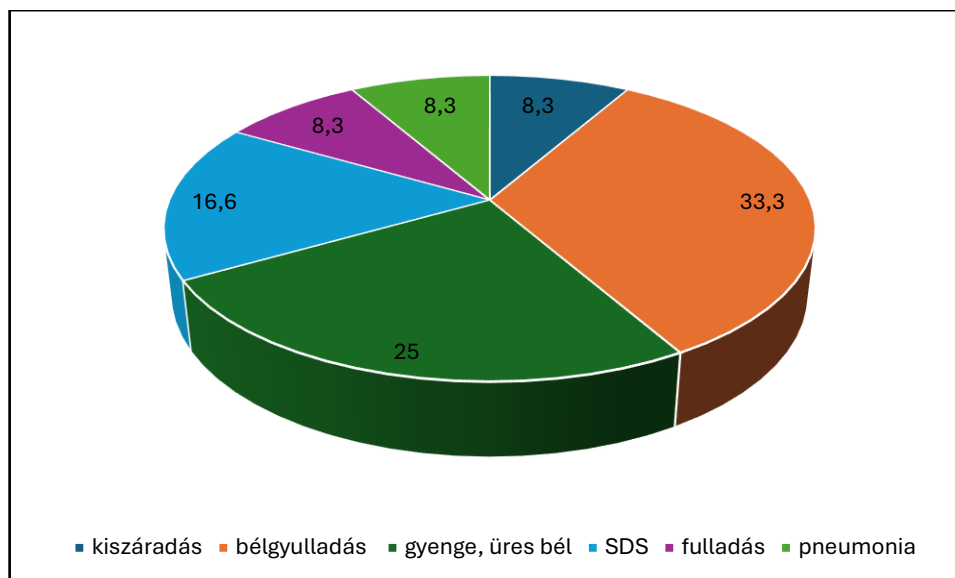
	AMEn /baromfi/	Nedvesség	Nyersfehérje	Cukor	Keményítő	Nyersrost	Nyerszsír	Nyershamu
Megnevezés	MJ/kg	%						
Kontroll	12,2	11,3	19,8	4,9	41,6	3,88	4,5	5,81
LBL-2%	12,3	10,8	18,9	4,7	43,3	3,92	4,38	5,67
LBL-4%	12,2	10,8	18,1	4,6	44,4	3,84	4,12	5,64

4.2 Elhullás

A kísérlet ideje alatt minden csoportban négy állat pusztult el, melyet az 5. táblázat mutat. A legtöbb elhullás az 1. valamint az 6. héten volt megfigyelhető. Ez azt jelenti, hogy a csoport és az állomány szinten egyaránt 1,14% volt a mortalitás, amely megfelel a technológiai elvárásnak. Az 11. ábra mutatja be az elhullások okát és azok %-os megoszlását.

5.táblázat: Elhullás (db)

	0-1. hét	1.-2. hét	2-3. hét	3.-4. hét	4.-5. hét	5.-6. hét	Összesen
Kontroll	2	0	1	0	0	1	4
LBL-2%	0	2	0	0	1	1	4
LBL-4%	2	0	0	0	0	2	4



11. ábra: Elhullás okának %-os megoszlása; SDS-Hirtelen Szívhalál Szindróma

4.3 Súlygyarapodás

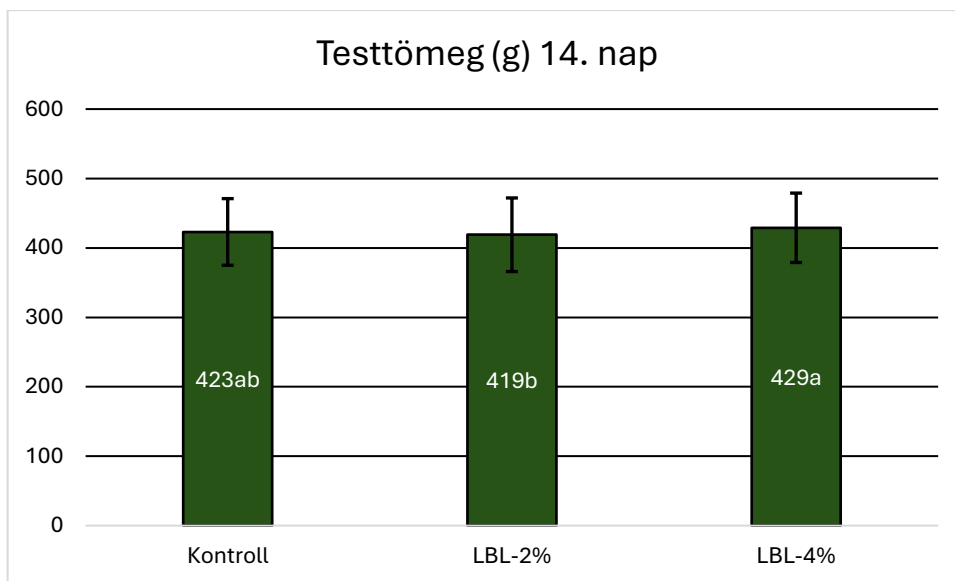
Az 6. táblázatot vizsgálva, megfigyelhető a három csoport átlagos testtömegének alakulása.

A 14. napon, a második mérés alkalmával lehet megfigyelni szignifikáns különbséget ($P < 0,05$). Az a csoport, ahol az állatok 2%-ban kaptak LBL kiegészítést, a 14. napon az átlag testsúly kisebb volt, mind a kontroll, mind az LBL-4 csoportban mért értéknél. Az utóbbival összehasonlításban azonban a különbség statisztikailag is igazolható mértékű.

A 42. napra mindkét kezelt csoport átlag súlya nagyobb volt a kontroll csoporténál, viszont ez statisztikailag nem számít jelentős eltérésnek.

6. táblázat: Átlagos élősúly (g/madár) azonos sorban eltérő betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérést mutatnak

	testtömeg (g)				
	kontroll	LBL-2%	LBL-4%	RSD	P-érték
1.nap	41,3	41,4	41,5	2,3	0,3993
7.nap	169	169	170	24,1	0,7263
14.nap	423ab	419b	429a	50,5	0,0366
21.nap	826	827	825	122	0,9724
28.nap	1304	1283	1287	210	0,3805
35.nap	1834	1862	1864	279	0,2786
42.nap	2407	2426	2450	343,3	0,2527

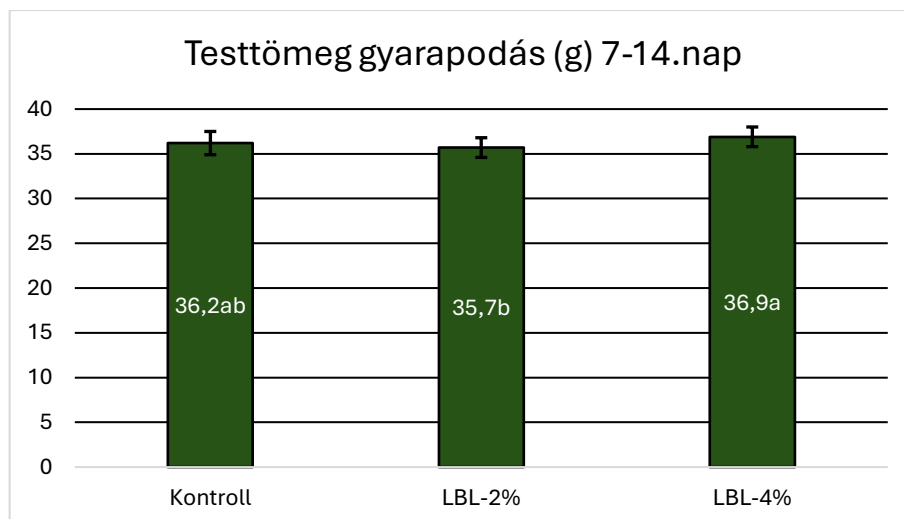


12. ábra: Testtömeg alakulások a 14. napon, a szignifikáns eltérést betűjelek mutatják; az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikánsan eltérnek egymástól $p < 0,05$ szignifikancia szinten

A 7. táblázatban, ahol a heti súlygyarapodás értékeit lehet nyomon követni, látható, hogy a 7. naptól a 14. napig történő súlygyarapodás esetében a két kezelt csoport értékei számottevően különböznek ($P < 0,05$). A kontroll csoport ez esetben is mindkét kezelt csoporthoz hasonló értéket mutatott. A többi héten, a három csoport súlygyarapodása hasonlóan alakult. Ugyanakkor a teljes 6 hetes súlygyarapodást vizsgálva is szignifikáns különbség van a csoportok között az egyedek átlagos napi súlygyarapodásában. Az LBL-4 csoport értékei jelentősen meghaladják a kontroll csoport értékét.

7.táblázat: Heti átlagos testtömeg gyarapodás (g/madár) azonos sorban eltérő betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérést mutatnak

testtömeg gyarapodás (g/nap)					
	kontroll	LBL-2%	LBL-4%	RSD	P-érték
1-7.napig	18,3	18,2	18,4	0,61	0,7354
7-14.napig	36,2ab	35,7b	36,9a	1,17	0,0295
14-21.napig	57,6	58,2	56,6	2,77	0,2821
21-28.napig	68,3	65,2	66	7,11	0,4779
28-35.napig	75,7	82,7	82,5	9,92	0,1185
35-42.napig	81,9	80,9	84,1	10,4	0,6972
1-42.napig	55,3a	56,7ab	57,4b	1,12	0,0429



13. ábra: Testtömeg gyarapodás a 2. héten, a szignifikáns eltérést betűjelek mutatják, az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikánsan eltérnek egymástól $p < 0,05$ szignifikancia szinten

4.4 Takarmányfogyasztás

A 8. táblázatban látható, hetekre bontva, hogy átlagosan mennyi takarmányt vettek fel az állatok egy nap. Minden csoportban hasonlóan alakult a takarmányfogyasztás a nevelés teljes ideje alatt. A göngyöltett egyedi takarmányfogyasztás a kísérlet során, a kontroll csoportban átlagosan 4329,5 g, az LBL-4% csoportban 4285,4 g, míg az LBL-2% esetében 4252,5 g volt. Tehát a nevelés alatt a legtöbb takarmányt a kontroll, a legkevesebbet az LBL-2% csoport egyedei vették fel, statisztikai szempontból azonban ezek a mennyiségek azonosnak tekintendők.

8.táblázat: Átlagos napi takarmányfogyasztás (g/nap)

napi takarmány felvétel (g/nap)					
	kontroll	LBL-2%	LBL-4%	RSD	P-érték
1-7.napig	21,3	21,1	21,1	0,41	0,3424
7-14.napig	43,7	43,3	43,1	1,38	0,4991
14-21.napig	82,5	83,1	84	3,43	0,5122
21-28.napig	137	135	135	6,12	0,7648
28-35.napig	145	147	147	6,07	0,6815
35-42.napig	189	178	182	22,9	0,4661
1-42.napig	103	102	101	3,8	0,4736

4.5 Takarmányértékesítés

A 9. táblázatban látható, hogy takarmányértékesítés tekintetében statisztikailag számottevő eltérés nem mutatkozott. A teljes nevelési időszakra számított takarmányértékesítés a két kezelt csoportban kedvezőbben alakult a kontrollnál.

9.táblázat: Átlagos takarmányértékesítés (kg takarmány/kg élő súly)

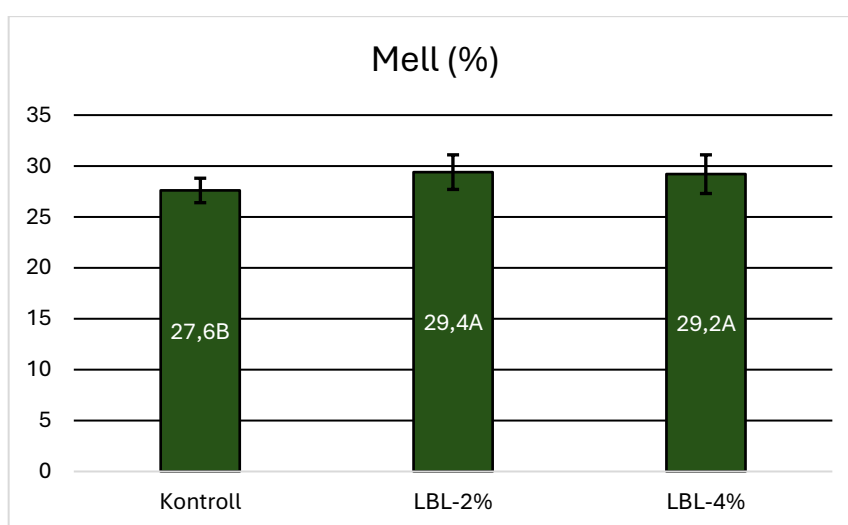
takarmány értékesítő képesség (kg/kg)					
	kontroll	LBL-2%	LBL-4%	RSD	P-érték
1-7.napig	1,17	1,16	1,15	0,04	0,4835
7-14.napig	1,21	1,21	1,17	0,06	0,0688
14-21.napig	1,44	1,43	1,49	0,1	0,2493
21-28.napig	2,01	2,13	2,07	0,28	0,5705
28-35.napig	1,93	1,81	1,82	0,28	0,4483
35-42.napig	2,32	2,23	2,19	0,35	0,5972
1-42.napig	1,83	1,78	1,78	0,07	0,1287

4.6 Vágási paraméterek

A 10. táblázatban a vágás során mért átlagos test-, testrész- és szervsúly adatok láthatóak. A vágási súly és a grilltest súlya a kontroll csoportban volt a legnagyobb, de szignifikáns eltérés nem mutatkozott a csoportok között. Az átlagos mellsúly az LBL-2% kezelésben részesített csoportban volt a legnagyobb. Bár az abszolút mellsúly az egyes csoportokban statisztikai szempontból hasonlóan alakult, a relatív mellsúly mindkét kísérleti csoportban szignifikáns mértékben meghaladta a kontroll értékét ($p < 0,0001$). Ennek háttérében az áll, hogy a kísérleti csoportok grill súlya kisebb a kontrollnál, miközben a mellsúly meghaladja azt. A comb, a máj és a zúzó súlya a kontroll csoportban volt a legnagyobb, de szignifikáns eltérést sem az abszolút, sem a relatív súlyok esetén nem tapasztaltunk a csoportok között.

10.táblázat: Vágási paraméterek átlagolt eredményei; azonos oszlopban eltérő betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérést mutatnak $p<0,0001$ szignifikancia szinten

	Vágási súly, g	Grill, g	Grill, %	Mell, g	Mell, %	Comb, g	Comb%	Máj, g	Máj, %	Zúza, g	Zúza, %
Kontroll	2704	1859	68,8	513	27,6B	566	30,5	39,6	2,14	25,9	1,4
LBL-2%	2677	1842	68,9	540	29,4A	561	30,5	38,2	2,09	25,2	1,38
LBL-4%	2585	1779	68,9	520	29,2A	532	30	36,8	2,09	25,6	1,46
RSD	286,5	190	1,97	64,3	1,63	63	1,72	5,65	0,34	3,23	0,22
P-érték	0,2718	0,2615	0,9561	0,2723	<0,0001	0,099	0,457	0,1908	8423	0,7233	0,445



14. ábra: Mellminták %-os aránya a grilltömegnek, a szignifikáns eltérést betűjelek mutatják, az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikánsan eltérnek egymástól $p<0,0001$ szignifikancia szinten

4.7 Húsminőség

4.7.1 Szín vizsgálat

A hús friss metszésfelületén végzett színvizsgálatok értékelését a CIELab (L^* , a^* , b^*) jelrendszer használatával végeztük. A 11. táblázat szemlélteti a vágás után 15 perccel elvégzett színvizsgálat eredményeit. Statisztikailag egyik paraméterben sem figyelhető meg jelentős eltérés, bár a vörös szín intenzitása a kontroll és az LBL-4% csoportok között közel szignifikáns mértékben különbözik.

11. táblázat: A hússzínmérési eredményei 15 perccel a vágást követően

15 perc	Kontroll	LBL-2%	LBL-4%	RSD	P-érték
L	64,4	64,1	66,2	2,39	0,1237
a	11,5	10,4	10	1,47	0,0857
b	12,3	11,2	11,4	1,57	0,2362

A 12. táblázatban látható a 24 óra elteltével végzett színvizsgálat adatai. Statisztikailag ebben az esetben sem figyelhető meg számottevő különbség a csoportok között.

12. táblázat: A hússzínmérési eredményei 15 perccel a vágást követően

24 óra	Kontroll	LBL-2%	LBL-4%	RSD	P-érték
L	62,8	62,8	64,6	2,74	0,2667
a	12,2	12,2	11,5	1,46	0,463
b	12,6	13,9	13,8	1,78	0,2246

A fogyasztói oldalt tekintve, fontos megvizsgálni, hogy egyes kezelések hatására előfordul-e szemmel látható különbség, melyhez Lukács (1982) a következő képletet adta meg könyvében: $\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$. Az így kapott eredmények értékeléséhez a 13. táblázatban szereplő adatokra lesz szükségünk. A 14.-es és 15.-ös táblázatok az egyes csoportok közötti színekülönbség szemmel látható fokát jelölik.

13. táblázat: A hússzín vizsgálat paramétereinek ($L^*a^*b^*$) komplex értékelése

Értéktartomány	Szemmel érzékelhető eltérés
$\Delta E^*_{ab} \leq 0,5$	nem észrevehető
$0,5 \leq \Delta E^*_{ab} \leq 1,5$	alig észrevehető
$1,5 \leq \Delta E^*_{ab} \leq 3,0$	észrevehető
$3,0 \leq \Delta E^*_{ab} \leq 6,0$	jól észrevehető
$6,0 \leq \Delta E^*_{ab}$	nagy

14. táblázat: Számolási adatok

(15perc) Csoportok	ΔE^*_{ab}
Kontroll-LBL-2%	1,58
Kontroll-LBL-4%	2,5
LBL-2%-LBL-4%	2,1

15. táblázat: Számolási adatok

(24 óra) Csoportok	ΔE^*_{ab}
Kontroll-LBL-2%	1,3
Kontroll-LBL-4%	2,3
LBL-2%-LBL-4%	1,9

Vágás után 15 perc elteltével a kontroll és az LBL-2%-os csoport között szemmel alig észlelhető színekülönbség mutatkozik. 24 óra elteltével a különbség tovább csökken. A kontroll

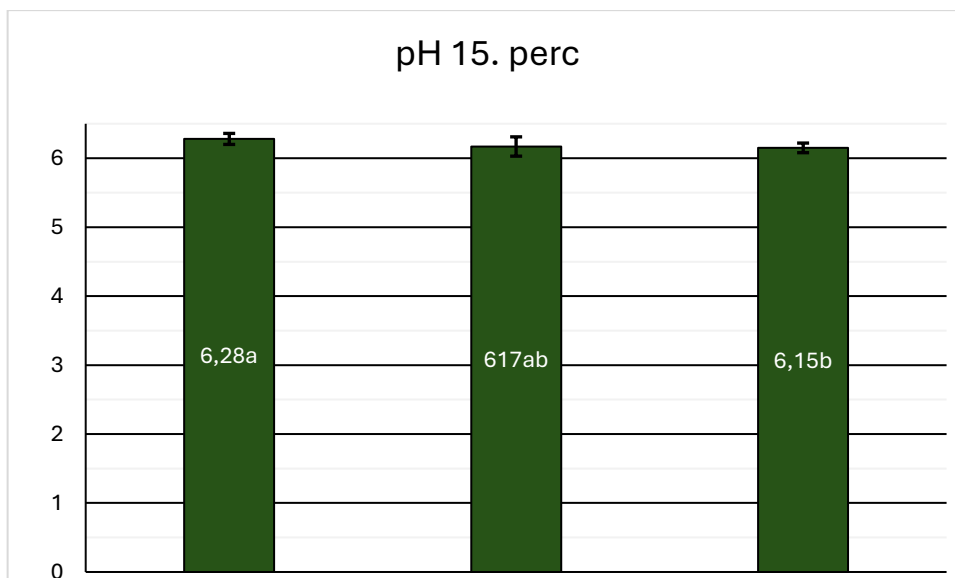
és az LBL-4% csoport között 15 perccel vágás után, észrevehető a színkülönbség, ugyanúgy, mint a két kezelt csoport között. Ez a megállapítás a 24 óra utáni eredményekre is elmondható. Megállapítható, hogy az állatokkal etetett, lisztkukaclisztet tartalmazó takarmány minden esetben eredményezett a húson olyan színbeli különbséget, mely emberi szemmel valamilyen mértékben észlelhető volt. Ez elsődlegesen abból adódik, hogy az LBL-4% csoport húsa mindkét mérési időpontban világosabb, valamint kevésbé vörös és sárga volt, mint a másik két csoport mintái.

4.7.2 pH vizsgálat

A kísérlet során 2 alkalommal történt pH mérés a húsmintákon, melynek eredményei a 16. táblázatban láthatók. Az első mérés alkalmával (amely 15 perccel a vágás után történt) szignifikáns különbség látható a kontroll, illetve LBL-4% csoport között ($P < 0,05$). 24 órás hűtve tárolás után azonban bár a kísérleti csoportok pH-ja kissé kevesebb a kontrollnál, de az eltérés nem számottevő. A vizsgálat során mért pH értékek (5,81-6,28) a baromfihúsban általános, normál értéktartományban mozogtak így gyakorlati szempontból nem tekinthető jelentősnek egyik eltérés sem.

16. táblázat: pH vágást követően, azonos sorban eltérő betűvel jelölt értékek szignifikáns eltérést mutatnak $p < 0,05$ szignifikancia szinten

	Kontroll	LBL-2%	LBL-4%	RSD	P-érték
pH, 15 perc	6,28a	6,17ab	6,15b	0,1	0,0178
pH, 24 óra	5,89	5,84	5,81	0,08	0,0838



15.ábra: vágást követő 15 perccel végzett pH mérés eredményeinek ábrázolása, a szignifikáns eltérést betűjelek mutatják; az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikánsan eltérnek egymástól $p < 0,05$ szignifikancia szinten

4.7.3 Porhanyósság vizsgálat

A 17. táblázatban figyelhető meg a porhanyósság vizsgálatának eredménye. Ahogy az látható a három csoport mindegyikében közel azonos értékeket mértünk. A csoportok között szignifikáns különbség nem mutatkozott.

17. táblázat: Az átlagos nyíróerő alakulása az egyes csoportok húsmintáiban

	Kontroll	LBL-2%	LBL4%	RSD	P-érték
Nyíróerő (kg)	1,62	1,56	1,59	0,38	0,8306

4.7.4 Konyhatechnikai veszteségek

A vágást követően mértük a csepegési veszteséget, melyhez a húsmintákat 24 órán keresztül függesztve, hűtve tároltuk (4°C), majd lemértük a súlyukat melyet kivontunk a kiinduló súlyból. A 18. táblázatban látható, hogy a három csoportban ez a veszteség közel azonos volt.

Mértük a konyhatechnikai veszteségeket is. Ehhez előzetesen lemért, majd lefagyasztott bal oldali mellizom felengedtettünk (+4°C), majd újból mérlegeltünk. Az eredeti súlyból kivonásra került az olvadás utáni súly, így megkapva az olvadási veszteséget, amelyet a kiindulási súly százalékában adtunk meg. Legnagyobb veszteség az LBL-4% csoportban mutatkozott, azonban nem tér el számottevően a többi csoport értékétől.

Kiszámításra került a főzési veszteség is, azonban e paraméter is hasonlóan alakult mindhárom csoportban. Az összes konyhatechnikai veszteséget az olvadási és a főzési veszteség összegeken számítottuk. Ez az LBL- 2 % csoportban volt a legnagyobb, ezt követte a kontroll, végül legkisebb veszteséget az LBL-4% csoportban mértünk, azonban statisztikailag a különbségek nem igazolhatók.

18. táblázat: Konyhatechnikai veszteségek (%)

	Kontroll	LBL-2%	LBL-4%	RSD	P-érték
Csepegési veszteség, %	4,07	3,8	3,9	0,88	0,7885
Olvasztási veszteség, %	7,07	7,01	7,37	1,45	0,8408
Sülési veszteség, %	27,3	26,8	28,9	2,29	0,1248
Teljes veszteség, %	34,4	36,3	33,8	2,95	0,1728

5 Következtetések és javaslatok

Globálisan a népesség növekedése, hazánkban pedig a szélsőséges időjárás és az éghajlat folyamatos változása miatt egyre nagyobb mértékben érzékelhető a fehérjeválság. A rovarok kutatása és megismerése, mint fehérjeforrás egyre nagyobb érdeklődést mutat a takarmányozás területén. A versenyképesség fenntartása és a vásárlók igényeinek kielégítése, a hústermelés egyik legjelentősebb kritériuma, így kutatási eredményeink által új tapasztalatokra tettünk szert a lisztkukac liszt optimális használatáról, a brojlersirkék termelésére és húsminőségére kifejtett hatásáról.

Korábbi kutatások eredményei alapján (Ibrar et al., 2017) arra számítottunk, hogy a lisztkukac liszt néhány százalékos arányban történő bekeverése a brojlersirke takarmányába növelheti a vágáskori testtömeget. Egyes kutatásokban (Desiree és Sangsoo, 2013) (Ibrar et al., 2017) változó eredmények születtek azzal kapcsolatban, hogy a lisztkukac liszt javíthatja-e a húsok organoleptikus tulajdonságait.

Kísérletünkben igazolódott, hogy a 6 hetes nevelés végére a lisztkukac lisztet fogyasztó csoportok átlagos vágási testsúlya meghaladta a kontroll értékét, bár a különbség statisztikailag nem igazolható. Ugyanakkor a napi súlygyarapodás a teljes nevelési időszakra vonatkoztatva a lisztkukac liszt etetés hatására növekedett olyannyira, hogy a nagyobb dózis esetében a kontrollhoz viszonyítva az eltérés már szignifikánsnak tekinthető. Mindeközben a takarmányfogyasztás és a takarmányértékesítés mindhárom csoportban, minden vizsgált időszakban azonosnak tekinthető.

A vágópróba alkalmával végzett mérések alapján megállapítottuk, hogy a mellkihozatal a lisztkukac liszt hatására szignifikánsan nőtt dózistól függetlenül mindkét kísérleti csoportban. Érdekes lehet további vizsgálatokat folytatni annak érdekében, hogy ennek a pozitív eredménynek az okát felderítsük, mivel a mellek súlyának növelésével fokozni tudjuk a gazdasági hasznot. A kísérletben vizsgált egyéb vágási paraméterek nem változtak jelentősen a kezelések hatására.

A húsminőségi vizsgálatok elvégzése során egyedül a hús vágás utáni pH értékében mutatkozott szignifikáns különbség a csoportok között, azonban mivel minden csoportban az optimális (5,6-6,1) tartományban mozgott a pH, ezért az eltérés gyakorlati szempontból nem számít jelentősnek. Emellett megállapítottuk, hogy a dózis függvényében a hús színe világosabbá, és kevésbé intenzív vörös ill. sárga árnyalatúvá válik a lisztkukac liszt hatására.

Vizsgálataink megerősítették a korábbi kutatásokban megállapított eredményeket, mely szerint a lisztkukac liszt pozitív hatással van a brojlersirkék termelési mutatóira. Annak tudatában, hogy a kezelések egyik paraméterben sem okoztak jelentős romlást, a jövőben -

előállításának gazdaságossá válása során - a liszt kukac liszt ígéretes alternatíva lehet a szója, mint fehérje komponens helyettesítésére. Ezért mindenképpen érdemes, esetleg más baromfi fajjal is további állatkísérleteket folytatni, az optimális bekeverési arány megállapítása érdekében.

6 Összefoglalás

Világszerte egyre nagyobb a kereslet a baromfi hústermékek iránt, mellyel a brojlercsirke előállítók folyamatosan próbálnak lépést tartani. Egyes fajok genetikai teljesítőképességének érvényesülése, jelentős mértékben függ a takarmány minőségétől. Így a takarmányt előállító cégek felé fokozott elvárásként jelenik meg a minőségileg kiváló és megfizethető termékek gyártása. A baromfitakarmányok költségeinek jelentős részét a fehérjekomponens teszi ki. A kiváló minőségű fehérjehordozók költsége folyamatosan emelkedik, így kiemelten fontos az új alternatívák keresése és vizsgálata. Többek között a nagy biológiai fehérjetartalma, megfelelő ásványi anyag összetétele, rövid élettartamuk és termelésüknek kis helyigénye miatt a rovarok potenciális alternatívát jelenthetnek. Vizsgálataink az egyik ismert rovarfajból, a közönséges lisztbogár lárvájából (*Tenebrio molitor*) készült lisztre terjedtek ki, valamint annak a brojlercsirkék termelési paramétereire, továbbá húsának minőségi mutatóira gyakorolt hatására.

Kísérletünket az AgriSearch Hungary Kft. tulajdonában lévő telepen végeztük. Rossz 308 hibrid szexált naposcsibe kakast állítottunk be 3 csoportba ($n=1050$). Egy kezelésben 350 db állat szerepelt. Csoportonként 14 ismétlés került beállításra és minden fülkében 25 db madarat helyeztünk el. A kontroll csoporttal kereskedelmi, kukorica-szója alapú keveréktakarmányt etettünk. A két kezelt csoport takarmányának összetétele úgy változott, hogy 2% (LBL-2%), illetve 4% (LBL4%) lisztukac lisztet tartalmazott. A receptúra összeállításakor a nyersfehérje, emészthető aminosav és metabolizálható energia koncentrációját azonos szintre állítottuk be. A 42 napig tartó nevelés alatt hetente rögzítettük az állatok testtömegét és takarmányfogyasztását, melyekből a heti súlygyarapodást és takarmányértékesítést is kiszámoltunk. A hat hét leteltével sor került a laborvágásra, mely során egyes vágási paramétereket (grilltest tömeget, a mell-, comb-, máj- és zúzó tömeget, valamint ezen értékek grilltömeghez viszonyított százalékos arányát) rögzítettünk. Csoportonként 10 madár mellmintáján végeztünk húsminőségi vizsgálatokat, melyek a szín, pH, porhanyósság és egyes konyhatechnikai veszteségek megállapítására terjedtek ki.

A vizsgálatok elvégzésével és az eredmények értékelését követően megállapítottuk, hogy a kezelések (2%, ill. 4% lisztukac liszt kiegészítés) hatására egyik paraméterben sem figyelhető meg szignifikáns visszaesés a kontroll csoporthoz viszonyítva. A lisztukac lisztet 4%-os bekeverési arányban fogyasztott állatok testtömeg gyarapodása szignifikánsan ($p<0,05$) jobb értékeket mutatott a kísérlet ideje alatt. Az eredményekből megfigyelhető, hogy a kezelt csoportok takarmányértékesítő képessége is jobbnak bizonyult, így takarmányfogyasztásuk is

kevesebb volt a kontroll csoporténál. A rovarlisztet fogyasztó madarak mellhús kihozatalának aránya (grilltömegre vonatkoztatva) is szignifikánsan ($p < 0,001$) nőtt a kontrollhoz viszonyítva. A hústermelésre vonatkozó, egyéb mért paraméterekben (grill tömeg, comb-és relatív szervtömeg, valamint ezek százalékos aránya) a három csoport hasonló eredményeket mutatott.

A minőségvizsgálatok során a húsok színének és pH-jának mérését, a vágást követően 15 perccel, illetve 24 óra elteltével végeztük. Színvizsgálatnál nem mutatkozott statisztikailag szignifikáns különbség, azonban számításaink bebizonyították, hogy emberi szem által észlelhető volt a csoportok közötti eltérés. A húsminták pH-ja mindkét mérés időpontjában a 4%-os kezelésben részesített csoportnál volt a legalacsonyabb. Porhanyósság, valamint konyhatechnikai veszteségek vizsgálatánál nem észleltünk jelentős eltérést.

Kísérletünk bebizonyította a korábbi kutatások eredményei alapján felállított hipotézist, mely szerint a lisztukac liszt takarmányba való bekeverése az általunk alkalmazott dózisban javíthatja a brojlercsirkék termelési mutatóit. Az elvégzett vizsgálatokkal kapcsolatban érdemes további állatkísérleteket végezni a lisztukac liszt etethetőségi korlátjának megállapítása érdekében.

7 Köszönetnyilvánítás

A kísérletet a **2020-1.1.2-PIACI-KFI-2021-00300** Rovar alapú fehérjetakarmány fenntartható, hulladékmentes gyártási technológiájának kifejlesztése és takarmányozási felhasználása gazdasági haszonállatokkal a körforgásos gazdaság modell szerint című projekt támogatásával végeztük el. Ezúton köszönöm a Vitafort Zrt.-nek, mint konzorcium vezetőnek, hogy engedélyezte, hogy diplomadolgozatomat a projekt részeként megvalósult kísérletre alapozzam.

Ez úton szeretnék köszönetet nyilvánítani konzulensemnek, Balláné Dr. Erdélyi Mártának, egyetemi docensnek, hogy szaktudásával, támogató munkájával és tanácsaival segítette diplomadolgozatom sikeres elkészülését.

Köszönettel tartozom Dr. Podmaniczky Bélának szakértelméért és a kísérleti telepen végzett precíz munkájáért, valamint az AgriSearch Hungary Kft.-nek, hogy részt vehettem a kísérlet lebonyolításában.

Szeretném megköszönni a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem; Szent István Campus Takarmánybiztonsági tanszék munkatársainak fáradhatatlan munkáját a laborvágás során. Kiemelten köszönöm Tóth Márk, PhD hallgató iránymutatását, szakmai tanácsait, valamint közreműködő munkáját a húsminőségi vizsgálatokban, illetve statisztikai számítások elvégzésében és értékelésében.

Végül szeretném megköszönni Családomnak és Barátaimnak, kitartó támogatását, hogy dolgozatom készítésének ideje alatt mellettem álltak és számíthattam segítségükre.

8 Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/:diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: SIPICZKI ILKA
A Hallgató Neptun kódja: BZCC2P
A dolgozat címe: Liszt Ferenc élet felhasználása konferencián
A megjelenés éve: 2024.
A konzulens intézetének neve: Élettani és Takarmányozástani Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Takarmánykezelési tanszék

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

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védés követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024 év 11 hó 02 nap

Sipiczki Ilka
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

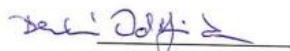
NYILATKOZAT

SIPICZKI ILKA (név) (hallgató Neptun azonosítója: BZCC2P)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: 2024 év 11 hó 02 nap


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

9 Irodalomjegyzék

- Alexandre, T., Julio, L., Aurélia, W., Frédéric, M., Melynda, H., Tristan, S., . . . Joel, A. (2018). Mealworm meal for animal feed: Environmental assessment and sensitivity analysis to guide future respects. *Journal of Cleaner Production*. 170, 1260-1267.
- Azagoh, C. (2017). Contribution à l'émergence d'une filière insecte: Mise au point d'un procédé de production de farine à l'échelle pilote et caractérisation de la fraction protéique. Doctoral thesis. AgroParisTech. May 2017, Massy Palaiseau, France.
- Babinszky, L., & Halas, V. (2019). Innovatív takarmányozás, Akadémiai kiadó. 626.-629.
- Bachis, E. (2015). Protein of marine organs. FEFAC workshop on the economic and scientific aspects of the use of alternative protein sources in animal nutrition.
- Belghit, I., Liland, N., Gjesdal, P., Biancarosa, I., Menchetti, E., Li, Y., & Lock, E. (2019). Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 503: 609-619. .
- Belluco, S., Halloran, A., & Ricci, A. (2017). New protein sources and food legislation: The case of edible insects and EU law, *Food Secur.* 9, 803.
- Biasato, I., De Marco, M., Rotolo, L., Renna, M., Lussiana, C., Dabbou, S., . . . et al. (2016). Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal inclusion in free-range chickens. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutri.* 100, 1104-1112.
- Deforliart, G. (1992). Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects. *Crop Protection* 11 (Science Publishers, INC.), 395-399.
- Desiree, A., & Sangsoo, S. (2013). Ground yellow ealworms (*Tenebrio molitor*L.) feed supplementation improves growth performance and carcass yield characteristics in broilers. *Open Science Repository Agriculture*.
- FAO. (2009. 11). Feeding the world in 2050. World Agricultural Summit on Food Security, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- FEFAC, *Feed and Food*. (2024. 02). Forrás: https://fefac.eu/wp-content/uploads/2024/03/FF_2023.pdf
- Feng, Y., Chen, X., Zhao, M., He, Z., Sun, L., & Wang, C. (2018). Edible insects in China: Utilization and prospects. *Insect Science*, 25(2): 184-198. .
- Feng, Y., Zhao, M., Ding, W., & Chen, X. (2020). Overview of edible insect resources and common species utilisation in China. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6 (1), 13-25.
- Fontaneto, D., Tommaseo-Ponzetta, M., Galli, C., Risé, P., Glew, R., & Paoletti, M. (2011). Differences in fatty acid composition between aquatic and terrestrial insects used as human food in human nutrition. *Ecology os Food and Nutrition*, 50(4), 351-367.
- Gasco, L., Finke, M., & van Huis, A. (2018). Can diets containing insects promote animal health? *J. Insects Food Feed*. 1-4.
- Han, R., Shin, J., Kim, J., Choi, Y., & Kim, Y. (2017). An overview of the South Korean edible insect food industry: Challenges and future pricing/ promotion strategies. *Entomol. Res.* 47, 141-151.
- http1 portal.nébih.gov.hu*. (2022. május 18). Forrás: <https://portal.nebih.gov.hu/-/a-rovar-eredetu-termekek-takarmany-celu-eloallitasa> (2024. 08)

- http10 Adobe storck. (2024). Forrás: <https://stock.adobe.com/images/larva-pupa-and-beetle-of-mealworm-beetle-tenebrio-molitor-a-species-of-darkling-beetle-pest-of-grain-and-grain-products-as-well-as-home-products/478786757> (2024.09.)
- http11 globalproblems.nyf.hu. (2011). Forrás: <http://globalproblems.nyf.hu/globalis-problema/a-fold-tulnepsedese/> (2024.07)
- http12 ksh.hu. (2024). Forrás: https://www.ksh.hu/interaktiv/grafikonok/vilag_nepessege.html (2024.07.)
- http13 ksh.hu. (2024). Forrás: https://www.ksh.hu/stadat_files/jov/hu/jov0026.html (2024.07.)
- http2 All about feed. (2020). Forrás: <https://www.allaboutfeed.net/New-Proteins/Articles/2016/12/Insectmeal-allowance-expected-in-2020-68992E/> (2024. 07)
- http3 2002/32/EK kormányrendelet I. melléklet. (2002. 05). Forrás: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0032> (2024. 07)
- http4 56/2013 kormányrendelet. (2013. 01). Forrás: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32013R0056> (2024. 05)
- http5 1069/2009/EK rendelet. (2009. 10). Forrás: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:300:0001:0033:HU:PDF> (2024. 06)
- http6 Brojler Ross 308 fajta leírását és a súly a csirkék. (2024). Forrás: [https://mint.tutkrabov.net/articles/brojler-ross-308-fajta-leirasat-es-a-suly-a.html](https://mint.tutkrabov.net/articles/brojler-ross-308-fajta-leirasat-es-a-suly-a-csirkek/) (2024.09.)
- http7 Primet Méréstechnikai Kft. (2024). Forrás: <https://primet.hu/termek/cr-400-cr-410/> (2024.09.)
- http8 csibebolt.hu. (2016). Forrás: <https://csibebolt.hu/portfolio-item/ross308/> (2024.09)
- http9 gallus.hu. (2012). Forrás: https://gallus.hu/wp-content/uploads/ross_308_brojler_teljestmeny_mutato.pdf (2024.09.)
- Hunter, M., Smith, R., Schipanski, M., Atwood, L., & Mortensen, D. (2017). Agriculture in 2050: Recalibrating targets for sustainable intensification. *Bioscience*, 67(4): 386-391. .
- Ibrar, H., Sarzamin, K., Asad, S., Naila, C., Rafiullah, K., Wagas, A., & Naseer, A. (2017). Meal worm (*Tenebrio molitor*) as potential alternative source of protein supplementation in broiler. *International Journal of Biosciences*. Vol.10, No.4 p.255-262.
- IPIFF. (2018). *The European Insect Sector Today: Challenges, opportunities and Regulatory Landscape. IPIFF Vision Paper on the Future of the Insect Sector towards 2030*. Forrás: http://ipiff.org/wpcontent/uploads/2018/11/Web-version_IPIFF_Sustainability-consult_Brochure-31-10-1.pdf (2024. 04)
- Jo, Y., & Lee, J. (2016). Insect feed for animals under the Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) regulations. *Entomol. Res.* 46, 2-4.
- Kelemu , S., Niassy, B., Torto, K., Fiaboe, H., Affognon, H., Tonnang, N., & Maniania és S. Ekesi. (2015). African edible insects for food and feed: inventory, diversity, commonalities and contribution to food security. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(2): 103-119.
- L., S., C. A., M., & M. Mabelebele. (2020). The use of yellow mealworm (*T. molitor*) as alternative source of protein in poultry diets: a review. *Tropical Animal Health and Production*, 52:7-16.
- Lähteenmäki-Uutela, A., Grmelova, N., Henault-Ethier, L., Deschamps, M., Vandenberg, G., Zhao, A., . . . Nemane, V. (2017). Laws of European Union, United States, Canada, Mexico, Australia and China. *Eur. Food Feed Law Rev. EFFL*. 12, 22-36.

- Lähteenmäki-Uutela, A., Hénault-Ethier, L., Marimuthu, S., Talibov, S., Allen, R., Neman, V., . . . Józsefiak, D. (2018). The impact of the insect regulatory system on the insect marketing system. *J. Insects Food Feed.* 4, 187-198.
- Li, L., Zhao, Z., & Liu, H. (2013). Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support system as a source of animal protein for humans. *Acta Astronaut.* 92, 103-109.
- Lukács, G. (1982). Színmérés. Műszaki kiadó. Budapest.
- Makkar, H. (2018). Review: Feed demand landscape and implications of food-not feed strategy for food security and climate change. *Anim.* 1744-1754.
- Marberg, A., van Kranenburg, H., & Korzilius, H. (2017). The big bug: The legitimization of the edible insect sector in the Netherlands. *Food Policy.* 71, 111-123.
- Martin, C. P., & Martin, O. (2022). Meat Consumption and Sustainability. (abstract No. 14) Annual review of resource economics 14: 17-42. p.
- Meneguz, M., Schiavone, A., Gai, F., Dama, A., Lussiana, C., Renna, M., & Gasco, L. (2018). Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae *J. Sci. Food. Agric.* 5776-5784.
- Meyer-Rochow, V. (2005). Traditional food insects and spiders in several ethnic groups of Northeast India, Papua New Guinea, Australia, and New Zealand, Ecological implications of mini livestock-potential of insects, rodents, frog and snails (pp. 389-414).
- Mézes, M. (2018). A rovarfehérje, mint a fehérjeellátás új alternatívája. *Állattenyésztés és takarmányozás*, 67(4): 287-296.
- Mitsuhashi, J. (2008). Entomophagy: Human consumption of insects. In J. L. Capinera (Ed.), *Encyclopedia of entomology* (pp. 1341-1343).
- Muscat, A., de Olde, E., de Boer IJ, & Ripoll-Bosch, R. (2020). The battle for biomass: A systematic review of food-feed-fuel competition. *Global Food Security*, 25: 100330. .
- Mutungi, C., Irungu, F., Nduko, J., Mutua, F., Affognon, H., Nakimbugwe, D., . . . et al. (2019). Postharvest Processes of Edible Insects in Africa: A Review of Processing Methods, and the Implications for Nutrition, Safety and New Products Development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59, 276-298.
- OECD/FAO Agricultural Outlook 2018-2027, Special focus: middle east and north Africa. (2018).
- Oonincx, D., & de Boer, I. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans-A life cycle assessment. *PLoS ONE*, 51145.
- Popp, J., Oláh, J., Harangi-Rákos, M., & Fári, M. (2016). A fehérjetakarmány helyettesítése alternatív fehérjeforrásokkal az EU-ban. *Gazdálkodás*, 60(6): 506-531.
- Ravzanaadii, N., Kim, S., Choi, W., Hong, S., & Kim, N. (2012). Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. *International Journal of Industrial Entomology*, 25(1), 93-98.
- Regulation (EU) No 2017/1017 Amending Regulation (EU) No 68/2013 on the Catalogue of Feed Materials. . (2017. 06 15).

- Regulation (EU) No 2017/893 Amending Annexes I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council and Annexes X, XIV and XV to Commission Regulation (EU) No 142/2011 as Regards the Provisions on Processed Animal Protein. (2017. 05 24).
- Regulation (EU) No 68/2013 on the Catalogue of Feed Materials. (2013. 01 16).
- Rumpold, B., & Schlüter, O. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802–823.
- Sánchez-Muros, M., Barroso, F., & Manzano-Agugliaro, F. (2014). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: A review. *J. Clean, Prod.* 65, 16-27.
- Sealey, W., Gaylord, T., Barrows, F., Tomberlin, J., McGuire, M., Ross, C., & St-Hilaire, S. (2011). Sensory analysis of rainbow trout, *oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *hermetia illucens* J. *World Aquacult. Soc.* 42, 34-45.
- Shin, J., Baker, M., & Kim, Y. (2018). Edible insects uses is south Korean Gastronomy: "Korean edible insects laboratory" case study. In A. Halloran, R. Flore, P. Vantomme, & N. Roos (Eds.), *Edible insects in sustainable food system* (pp. 147-159).
- Spencer, W., & Spencer, J. (2006). *Management guideline manual for invertebrate live food species*. Amsterdam: EAZA Terrestrial Invertebrate TAG.
- Tacon, P. (2015). New feed protein sources. Products from fermentation-yeast. OECD/FAO workshop on the economic aspects of the use of alternative protein sources in animal nutrition.
- Van Huis, A. (2013). Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology*, 58, 563-583.
- van Huis, A., & Oonincx, D. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 37,43.