

# **SZAKDOLGOZAT**

**Wang Anita**

**2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Budai Campus**  
**Élelmiszertudományi És Technológiai Intézet**  
**Élelmiszermérnöki alapképzési szak**

**Fekete katonalégylárvával kiegészített táppal etetett afrikai  
harcsa húsának vizsgálata**

**Belső konzulens:** Nyulasné Dr. Zeke Ildikó  
Egyetemi adjunktus  
Magyar Agrár- és  
Élettudományi Egyetem  
Állattermék és  
Élelmiszertartósítási  
Technológiai  
Tanszék

**Készítette:** Wang Anita

**Budapest**  
**2025**

# Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	1
1.1. Bevezetés.....	1
1.2. Célkitűzés .....	2
2. Szakirodalmi áttekintés .....	3
2.1. Magyarország halfogyasztása.....	3
2.2 Halhús, mint funkcionális élelmiszer .....	4
2.3 Afrikai harcsa elterjedése, környezeti igénye .....	5
2.4. Az afrikai harcsa táplálkozási szokásai.....	6
2.5. Afrikai harcsa megjelenése és specifikus tulajdonságai.....	6
2.6 Afrikai harcsa termelés Magyarországon .....	7
2.7 A halliszt, mint hagyományos takarmányfehérje.....	8
2.8. Alternatív fehérjeforrások.....	9
2.9. Az alternatív takarmány hatása a hús érzékszervi és fizikai paramétereire .....	10
2.10. Fekete katonalégy jellemzői.....	11
.....	11
.....	11
2.10.1 Alkalmazása a haltakarmányozásban .....	12
3. Alkalmazott módszerek .....	15
3.1 A kísérlet helye.....	15
3.2 Felhasznált módszerek .....	16
3.2.1 Színmérés .....	16
3.2.2 pH-mérés .....	17
3.2.4. Nyerszsírtartalom mérése .....	19
3.2.5. Nyersfehérjetartalom mérése .....	19
4. Eredmények és értékelésük .....	21
4.1. Színmérés eredményei.....	21
4.1.1. L* .....	21
4.1.2. a* .....	22
4.1.3. b* .....	23
4.2. A pH mérés eredményei.....	24
4.3. Nyers hal állománymérés.....	25
4.3.1. Keménység kiértékelése .....	25
4.3.2. Harapási munka .....	26
4.4. Nyerszsírtartalom mérésének eredményei.....	28
4.3. Nyersfehérjetartalom mérés eredményei .....	29
5. Következtetések és javaslatok .....	30
6. Összefoglalás .....	32
7. Köszönetnyilvánítás.....	34

<b>8. Irodalomjegyzék .....</b>	<b>35</b>
<b>9. Ábrák jegyzéke .....</b>	<b>40</b>
<b>10. Táblázatok jegyzéke .....</b>	<b>41</b>
<b>11. Nyilatkozatok .....</b>	<b>42</b>

# **1. Bevezetés és célkitűzések**

## **1.1. Bevezetés**

A világ népességének állati eredetű fehérjefogyasztását 16%-ban a halhús fedezi, amely iránt egyre csak nő a kereslet. Azonban a tengerek túlhalászottsága miatt a természetes vízi halászat mértéke nem tud lépést tartani ezzel a növekedéssel, ezért az akvakultúra egyre inkább előtérbe kerül. Ennek következtében a haltermelés folyamatosan bővül, és 2022-re az éves termelés elérte az 223,2 millió tonnát. Az élelmiszerfogyasztásra szánt halmennyiség a teljes globális haltermelés 89%-át teszi ki, amely meghaladta a 2018-as mennyiséget, annak ellenére, hogy a COVID-19 járvány hatással volt a halászat egyes területeire. Az emberek által fogyasztott vízi állatok mennyisége évek óta folyamatosan nő, tükrözve az egészségesebb étrend iránti keresletet és az urbanizáció hatásait (FAO, 2024). Azonban a tengeri halászból származó alapanyagok nem tudják tökéletesen kielégíteni az akvakultúra gyorsan növekvő igényeit, így egyre inkább problémássá válik, hogy a halak takarmányozásához is a halászati termékeket használják fel.

Történelmileg a halliszt volt a legfontosabb fehérjeforrás a kereskedelmi halásztakarmányokban. Ennek oka pedig a fehérje minősége, a tápanyagok koncentrációja, az ízletesség és az alacsony költség és bőség. Mivel a halliszt számos előnnyel rendelkezik, különösen a húsevő halak esetében, ezért nehéz ennek megfelelő értékű helyettesítő edelert találni. Ugyan a világ éves halliszt termelése stabil, és nem is jósolnak csökkenést értékében, az akvakultúra gyors növekedése megköveteli, hogy a halliszt más fehérjeforrásokkal helyettesítsék (Drew et al., 2007). Mivel a rovarok mind az édesvízi, mind a tengeri halak természetes táplálékának részét képezik (Howe et al., 2014), és mivel aminosavakban, lipidekben, vitaminokban és ásványi anyagokban gazdagok (Van Huis, 2013), valamint kis ökológiai lábnyomot hagynak maguk után (nincs szükségük termőföldre, alacsony az energia- és vízigényük), ezért potenciális alternatívaként tartják őket számon.

A rovarfajok közül a fekete katonalégy lárvája egyike azon fajoknak, amelyeket takarmányozási célból egyre nagyobb volumenben tenyésztenek és hasznosítanak Európában. 2017 óta az Európai Unió-másik-6 rovarfaj mellett-vízi állatok számára engedélyezi a fekete katonalégy lárvából előállított rovarliszt, rovarfehérje, illetve olaj takarmányként való felhasználást.

Az Európai Rovar Szektor az engedélyezés óta már több mint 5000 tonna rovarproteint értékesített, amelyből az előállított haltápok több mint fele Európában került forgalomba. A termelési volumen és az üzemek számának növekedése a fekete katonalégy lárvából előállított

termékek árának csökkenéséhez vezethet, mely jelenleg még mindig a halliszt árának többszöröse (Hetényi et al., 2021).

## **1.2. Célkitűzés**

Kísérletemben célul tűztem ki, hogy a fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) lárvájából készült liszt milyen mértékben képes helyettesíteni a hagyományosan alkalmazott hallisztet az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) takarmányozásában, valamint a helyettesítés mértéke milyen hatással van a hús minőségére és jellemzőire. A halliszt a felfeldolgozó ipar egyik legfontosabb, de legköltségesebb és környezetileg nagy terhet jelentő fehérjeforrása. A fekete katonalégy lárvája alkalmas lehet erre a célra, mivel magas fehérje- és zsírtartalma mellett előállításuk költséghatékony, és lényegesen kisebb ökológiai lábnyommal jár.

A kísérlet fő célja annak meghatározása, hogy a különböző helyettesítési arányok fekete katonalégy lárvával milyen hatást gyakorolnak az afrikai harcsa húsának kémiai és fizikai tulajdonságaira, valamint színparamétereire. Ennek megállapítására három etetési csoportot vizsgáltam: kontroll csoport, 33%-os helyettesítésű csoport (a takarmány 33%-a fekete katonalégy lárvaliszt) és az 50%-os csoport (a takarmány 50%-a fekete katonalégy lárvaliszt).

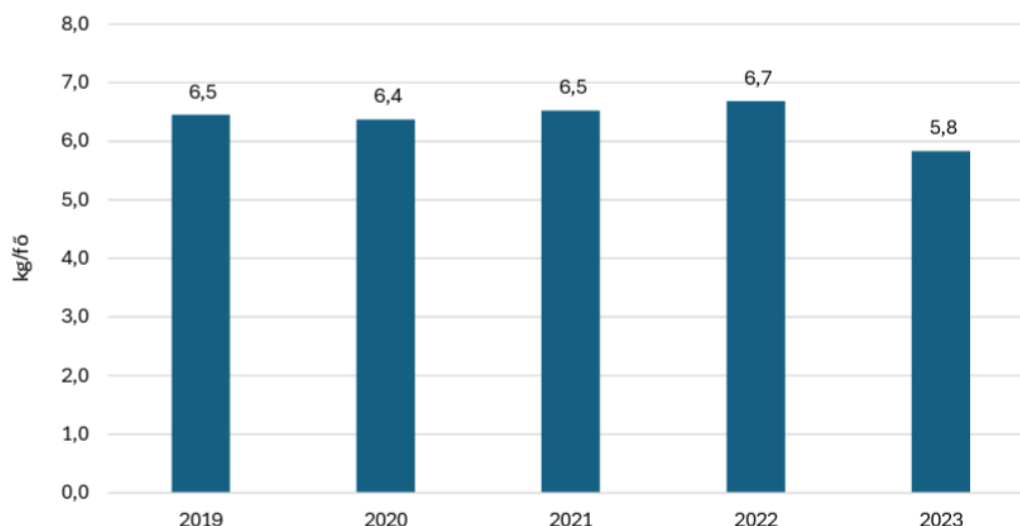
A kutatás hosszú távú célja hozzájárulni egy olyan takarmányozási rendszerhez, ami hozzájárul egy gyakorlatban is alkalmazható, fenntarthatóbb akvakultúra fejlesztéséhez.

## **2. Szakirodalmi áttekintés**

### **2.1. Magyarország halfogyasztása**

Magyarországon az egy főre jutó halfogyasztás lassan emelkedik: míg 1990-ben a lakosság átlagos halfogyasztása 2,7kg/fő volt, ez az érték 2010-re 3,5kg/főre, 2013-ra pedig 3,7kg/főre nőtt. Az élősúly alapján számított fogyasztási adat magába foglalja mind a tógazdaságból, mind a természetes vizekből származó halmennyiséget, beleértve a horgászszsákmányt is (Ózsvári&Máté, 2021). 2019-re az egy főre jutó halfogyasztás értéke elérte a 6,5 kg/főt, ezt folytatva a következő években a fogyasztás viszonylag stabil szinten maradt, kisebb ingadozásokkal (1.ábra). Ez az érték azonban még mindig jelentősen elmarad az Európai Unió átlagos halfogyasztásától, amely 24,36 kg/fő (European Commission, 2020).

1. ábra: Magyarország egy főre jutó halfogyasztása 2019-2023 között (Forrás: Kiss és munkatársai (2023))

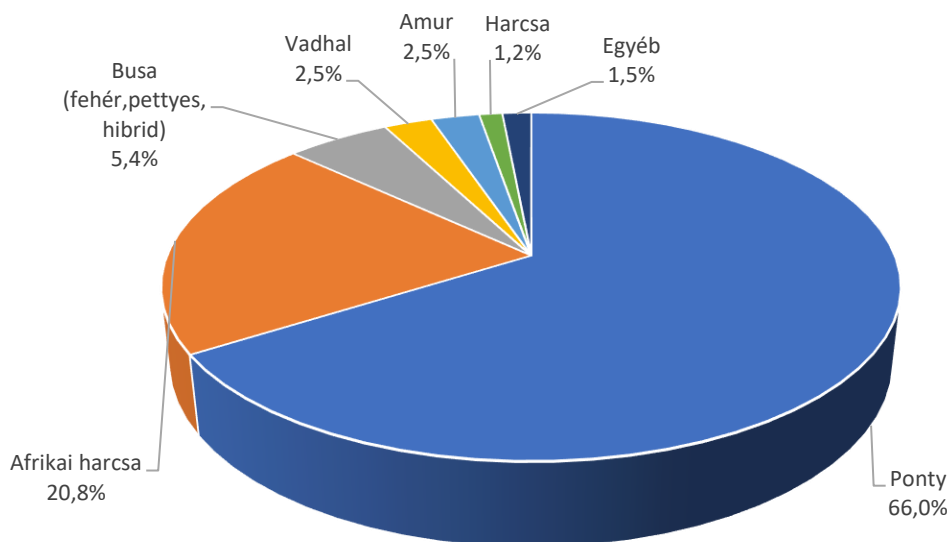


Az egy főre jutó halfogyasztás a hazai termékek és az importált halárak fogyasztását egyaránt tartalmazza. A két forrás között jelentős különbség figyelhető meg: míg a hazai halak elsősorban élő formában kerülnek értékesítésre, az importált áruk jellemzően feldolgozott halkészítmények (konzervek, fagyasztott-konyhakész termékek, fagyasztott filék, pácolt és füstölt halak). Az élő halak többnyire halkereskedőkön keresztül jutnak el a fogyasztókhoz. A halkereskedők korlátozott száma miatt azonban az ország bizonyos vidéki területein nehéz élő halat beszerezni. (Ózsvári&Máté, 2021)

A nagy áruházláncok és szupermarketek a karácsonyi szezon kivételével túlnyomórészt feldolgozott formában értékesítenek haltermékeket, beleértve az importált tengeri fajokat, valamint a hazai édesvízi halakat. Az utóbbi években az étkezési célra szánt halfajok választéka

fokozatosan bővült. Ennek eredményeként a hagyományosan pontycentrikus fogyasztás mellett növekvő tendenciát mutatnak a termálvizes rendszerekben nevelt halfajok, például az afrikai harcsa és a tokfélék piaci részesedése (2.ábra).

2. ábra: A magyarországi étkezési haltermelés megoszlása halfajok szerint 2019-ben (Forrás: Ózsvári&Máté, 2011)



Az áruházláncokban egyre nagyobb arányban értékesítenek különböző feldolgozottsági szintű hazai haltermékeket, amelyek igazodnak a változó fogyasztói igényekhez. Ez a tendencia azt mutatja, hogy a feldolgozott termékek iránti kereslet növekedése a modern vásárlási preferenciákhoz való alkalmazkodás része (Ózsvári&Máté., 2021)

## **2.2 Halhús, mint funkcionális élelmiszer**

A halhús köztudottan egészséges, könnyen emészthető élelmiszer, amely gazdag ásványi anyagokban, vitaminokban és telített zsírsavakban. Kedvező aminosav összetételének köszönhetően magas tápértékű és kiváló fehérjeforrás. A hal és haltermék fogyasztása hozzájárulhat a szív és érrendszeri, valamint más betegségek megelőzéséhez (Cahu et al., 2004; Mandel et al., 2005). Kutatások szerint rendszeres halfogyasztás bizonyos daganatos betegségek kialakulásának kockázatát is csökkentheti, illetve késleltetheti azok megjelenését (Senzaki et al., 2000; Sidhu, 2003). Emellett a halfogyasztás mérsékli a cukorbetegség kialakulásának valószínűségét (Patel et al., 2009).

Annak ellenére, hogy a halhús egészségre gyakorolt jótékony hatása jól ismert, tápértéke tovább növelhető. A haltenyésztés kiváló lehetőséget nyújt funkcionális élelmiszerek terén, hiszen a halhús összetételét befolyásoló tényezők a termelési folyamán szabályozhatók.



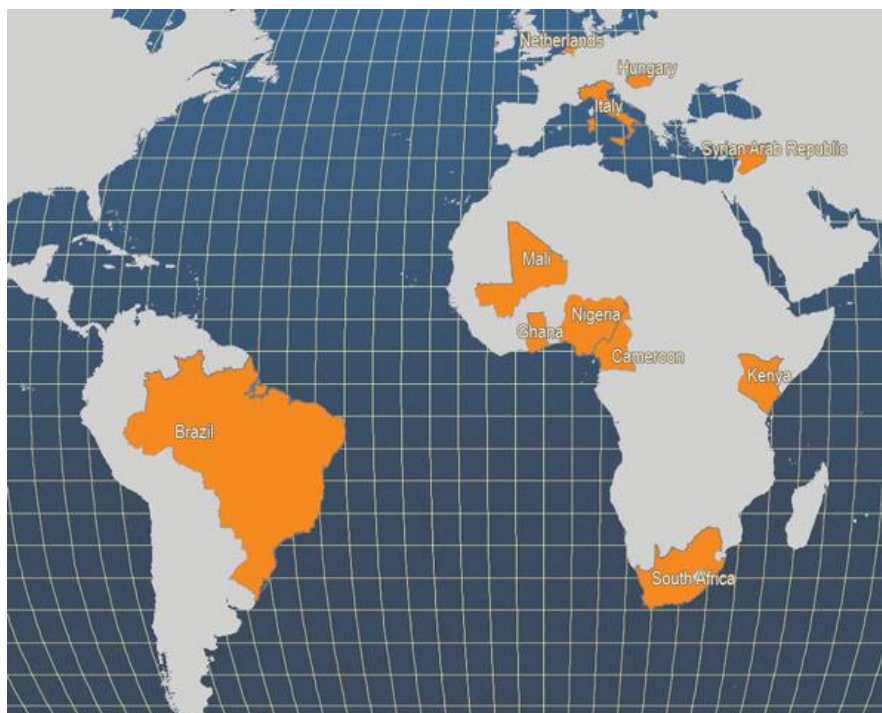
A funkcionális élelmiszereket fő kategóriába sorolhatók: termékek, amelyek javítják az élettani működést, valamint olyanok, amelyek bizonyos betegségek kialakulásának kockázatát csökkentik (Fogliano&Vitaglione, 2005). Kutatások igazolták, hogy ezek az élelmiszerek a változatos étrend részeként rendszeresen fogyasztva hatékonyabbak az egészség megőrzésében és a betegségek megelőzésében, mint a hagyományos élelmiszerek (Shahidi, 2009); Mandel et al., 2005).

### **2.3 Afrikai harcsa elterjedése, környezeti igénye**

Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) Afrikában, valamint Kis-Ázsiában őshonos, a harcsafélék (*Clariidae*) rendjébe tartozó halfaj. Gyakran mesterséges körülmények között tenyésztik, mivel stressztűrő képessége igen magas és kiválóan szaporodik ebben a közegben is. Jól alkalmazkodik a változó vízminőséghez, amit légköri oxigén belégzésével kompenzál, köszönhetően fejlett légzőrendszerének, amely lehetővé teszi számára a vízén kívüli légzést is. Melegigényes faj, hőmérsékleti optimuma 25-30°C között van, 15°C alatt immunrendszere összeomlik, a halfaj tömeges pusztulását okozza (Horváth&Urbányi,2000).

Az afrikai harcsa takarmányhasznosítási aránya rendkívül jó, 1,2-1,3 kg takarmány szükséges 1kg testsúlygyarapodáshoz. A hímek mintegy 25%-kal gyorsabban növekednek, mint a nőstények, de mindkét nem egy éven belül elérheti az 1kg-os testsúlyt. Természetes élőhelyén a legnagyobb példány elérte a 25kg-ot. Az ivarérettség viszonylag gyorsan, 6-18 hónap alatt éri el (Pintér&Pócsi, 2002).

3. ábra: Afrikai harcsa fő termelő országai (Forrás: FAO, 2006)



Világszinten 2006-ban összesen 91 ezer tonna afrikai harcsát termeltek, vagy fogtak ki természetes vizekből, amelynek 53%-át akvakultúrában állították elő. A legtöbb hal a főbb termelő országokból származnak, amelyeket a 3.ábrán láthatunk. Az iparszerű termelés az 1980-as évek végén és az 1990-es évek elején kezdődött, és 1994 óta a termelés mennyisége meghatszorozódott (FAO,2008). Ez a hal könnyű tartásának, kiváló termelési mutatóinak és kitűnő húsminőségének köszönhető.

#### **2.4. Az afrikai harcsa táplálkozási szokásai**

Az afrikai harcsa mindenevő faj. Természetes élőhelyén széles táplálkozási spektrummal rendelkezik, amelybe beletartozik a zooplankton, a vízi és szárazföldi rovarok, gerinctelenek, növényi anyagok és a halak is, amelyek fogyasztása az élőhelyen elérhető kínálattól függ. Opportunistista ragadozó, ami azt jelenti, hogy inkább az egyszerűbben hozzáférhető táplálékot részesíti előnyben, mintsem vadászna (Van der Waal, 1984; Groenewald, 1964)

Tartályos rendszerekben pelletezett vagy extrudált takarmányt használnak az etetésükhöz. Az afrikai harcsát éjszakai és nappali táplálkozóként tartják számon(Appelbaum and Kamler, 2000), napi táplálékának közel kétharmadát nappal fogyasztja el. 12 órás sötétség-világosság fotoperiódus alatt a halak többet fogyasztanak és gyorsabban nőnek, mint a folyamatos fénynek kitett egyedek (Rueda, 2004)

A halak nyersfehérje-szükséglete magas, amely mesterséges takarmányokkal elégíthető ki. Az előírt fehérjetartalom az életkortól függően: az ivadékok számára 54-66 %, a növendékek számára 45-50%, míg az idősebb egyedek esetében 40-45 % (Coppens Catfish Feed Program, 2011)

#### **2.5. Afrikai harcsa megjelenése és specifikus tulajdonságai**

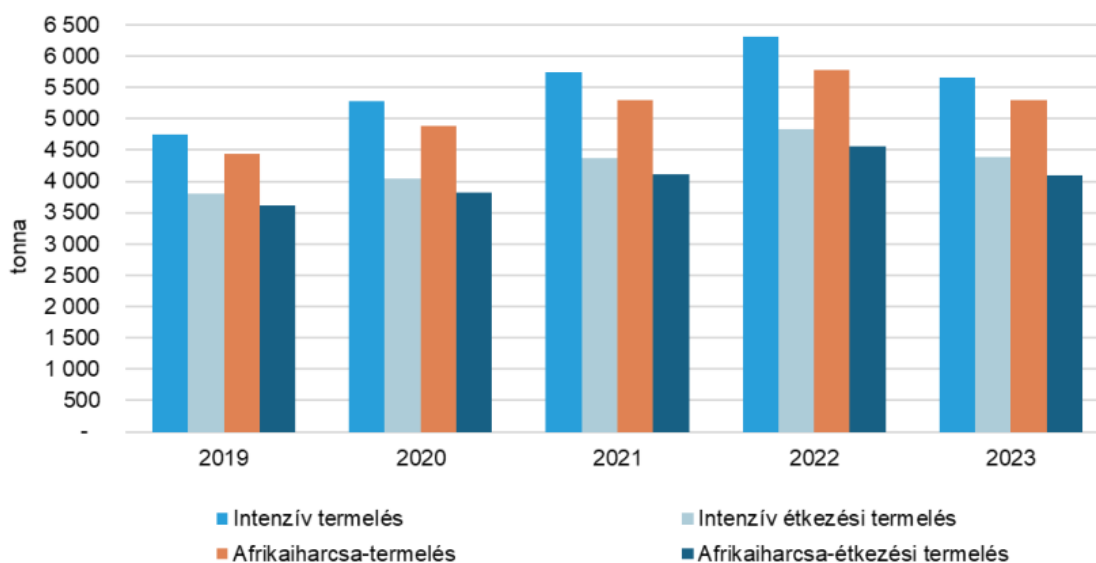
4. ábra: Afrikai harcsa ( Forrás:Okomoda et al., 2020)



A 4. ábrán egy már kifejlett afrikai harcsát láthatunk. Teste megnyúlt, henger alakú, feje felülről lapított. Bőre csupaszból, pikkelyek nélküli, és erősen nyálkás. Több színváltozata ismert, lehet márványos, világos- és sötétszürke. Mindhárom színváltozat esetében megfigyelhető, hogy a hát sötétebb színű, míg az oldalak világosabb árnyalatúak, a hasi rész pedig fehér vagy piszkosfehér (Peteri et al., 1989; Pintér&Pócsi, 2002). Egyedi jellemzője különleges kiegészítő légzőszerve, amelynek faágszerű porcos váza a 2-4. kopoltyúívhez kapcsolódik. A légzőszervet erekben gazdag légzőhám borítja, amely lehetővé teszi a hal számára a légköri oxigén felvételét. Ez a halfaj rendkívül gyors növekedésű, különösen a hímek esetében, akiknek növekedési üteme gyorsabb. A faj esetében az ivari dimorfizmus erőteljesen megjelenik. Az állomány mozgatása vagy új egyedek beillesztése fokozott agressziót vált ki, amely során a szerzett sérülések gyakran tömeges elhulláshoz vezethetnek (Horváth&Urbányi, 2000; Pintér&Pócsi, 2002).

## **2.6 Afrikai harcsa termelés Magyarországon**

5. ábra: Afrikai harcsa mennyisége az intenzív termelésen belül 2019-2023 között (Forrás: Kiss G., 2023)



Magyarországon az intenzív üzemi haltermelés főként az átfolyóvizes és recirkulációs rendszerű medencés haltermelő rendszereket, ezenfelül a ketreces haltermelést takarja. Az étkezési célra termelt hal mennyisége az elmúlt 5 év során folyamatosan növekedett, 2022-ben termelés volumene 20%-kal volt magasabb, mint 2020-ban, és a 2021-es mennyiséget is 10%-kal meghaladta, majd a 2023-as évben a 2020-as szintre mérséklődött (5.ábra). A korábbi növekedés az afrikai harcsa termelésbővülésének tudható be (Kiss G., 2023).

Sikerét elsősorban a szélsőséges éghajlati viszonyokhoz alkalmazkodott tulajdonsága okozza, geotermikus hulladékvizek, hőforrások, fürdők melegvizének másodlagos

hasznosítására alkalmazzák. Mivel tenyészthetősége és tartása nem nagy költségű, nem igényel speciális etetést, így ára viszonylag alacsony, gyakran megtalálhatók nagy üzlethálózatok hűtőpultjainak kínálatában. Szálkamentessége és ízletes húsa miatt vált népszerűvé a fogyasztók számára (Horváth&Urbányi, 2000). Nem csak a fogyaszthatósága miatt terjedt el, de sportágban nyújtott élvezeti értéke miatt is gyakran telepítik horgásztavakba.

## **2.7 A halliszt, mint hagyományos takarmányfehérje**

A pelágikus halakat (olyan halak, amelyek a nyílt tenger vizében, a víz felszínétől a mélyebb rétegekig terjedő oszlopban él, azaz nem kötődik a tengerfenékhez vagy a part menti sekély vizekhez) már több mint száz éve használják halolaj és halfehérjék előállítására különféle formákban. Kezdetben a halolaj volt a fő termék, amelyet szappan, festék, kenőanyagok, bőrök cserzése, illetve később margaringyártás során alkalmazták. A halfehérje, először présfogácsa formájában, később pedig szárított hallisztként, műtrágyaként és szárazföldi állatok takarmányaként szolgált. A halliszt rendkívül értékes fehérjeforrásnak számít, mivel könnyen emészthető, és optimális arányban tartalmazza az esszenciális aminosavakat. Ezenkívül nélkülözhetetlen tápanyagokat is biztosít, például hosszú láncú omega-3 zsírsavakat, mint az eikozapentaénsav (EPA) és a dokozahexaénsav (DHA). A halliszt továbbá fontos vitaminok-például B vitaminok (riboflavin, niacin), A-és D-vitamin-, valamint ásványi anyagok, mint a kalcium, foszfor, vas, cink, szelén és jód gazdag forrása (Hardy&Tacon, 2002).

A nem élelmezési célra szánt halak mennyisége várhatóan fokozatosan csökkeni fog a közeljövőben. Ennek oka egyrészt, hogy egyre több takarmányhal kerül közvetlenül emberi fogyasztásra, másrészt a szigorúbb halászati kvóták és az illegális halászat hatékonyabb ellenőrzése miatt mérséklődik a kifejezetten takarmányozási célú halászat. Bár elméletileg minden olyan fogás, amelyet halliszt és halolaj előállítására használnak, emberi fogyasztásra is alkalmas lenne, ez gyakorlatban akadályokba ütközik a piacgazdaság működése, az alacsony vásárlóerő, technológiai korlátok vagy biológiai sajátosságok miatt (Tacon et al., 2011). A nagyobb pelágikus halfajok közül sokat, amelyeket hagyományosan halliszt és halolaj készítésére dolgoztak fel, ma már egyre inkább emberi fogyasztás céljából értékesítenek. Norvégiában például a 2010-ben kifogott norvég tavaszi ivású atlanti hering körülbelül 90%-át emberi fogyasztásra használták, akár egész halként, akár filézve. A filézés során keletkező melléktermékeket továbbra is halliszt, halolaj vagy halkoncentrátum előállítására használták fel, amelyeket az akvakultúrában takarmányozáshoz keverték (Norges Sildesalgslag, 2011).

A halliszt iránti nagy kereslet és a kínálat természetes ingadozása jól tükröződik az árak folyamatos emelkedésében az elmúlt évtizedekben. Az 1990-es évek elején az átlagos ár 400-

500 USD/tonna körül alakult. 2002-től kezdve az ár folyamatosan növekedett, 2009-re elérve az 1200 USD/tonna értéket. Bár 2006-tól a szójaliszt ára is emelkedett, ez az áremelkedés nem közelítette meg a halliszt áremelkedésének mértékét.

A halliszt magas ára miatt egyre gazdaságosabbá vált a vadon élő és tenyésztett halak feldolgozása során keletkező melléktermékek újrahasznosítása takarmány céljára, megfelelő technológia alkalmazásával, amely biztosítja a mikrobiológiai biztonságot. Jackson (2009) szerint 2007-ben a halliszt globális termelésének akár 25%-a ilyen melléktermékekből származott. Mivel a helyi feldolgozóüzemekben keletkező melléktermékek napi mennyisége viszonylag alacsony lehet, a halliszt és halolaj előállításának megfelelő technológiákkal történő alkalmazása drága lehet (Naylor et al., 2009).

## **2.8. Alternatív fehérjeforrások**

A rovarliszt lehetséges felhasználása a haltakarmányokban az utóbbi időszakban jelentős figyelmet kapott (Barroso et al., 2014). A húsevő halak természetes táplálékuk részeként már fogyasztanak rovarokat, így indokolt lehet a rovarlisztet nyersanyagként alkalmazni a halak etetésében (Henry et al., 2015). Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) tudományos állásfoglalása alapján, a Növények, Állatok, Élelmiszerek és Takarmányok Állandó Bizottsága nemrégiben jóváhagyta az 999/2001/EK rendelet I. és IV. mellékletei, valamint az 142/2011/EK bizottsági rendelet X. és XV. mellékleteinek módosítását, amely a feldolgozott állati fehérjékre vonatkozó előírásokat érinti. Az Európai Unióban 2017 júliusától engedélyezett a rovarból származó feldolgozott állati fehérje (PAP) felhasználása haltakarmányokban. Az EU-ban csak az alábbi rovarokból származó lisztek használata engedélyezett: *Hemiptera illucens* (HI, fekete katona légy) és *Musca domestica* (MD, házilégy), *Tenebrio molitor* (TM, sárga lisztbogár) és *Alphitobius diaperinus* (kis lisztbogár), *Acheta domesticus* (házi tücsök), *Grylloides sigillatus* (csíkozott tücsök) és *Gryllus assimilis* (mezei tücsök) (A Bizottság (EU) 2017/893 rendelet, 2017).

Amikor a rovarlisztet és a hallisztet haltakarmány-összetevőként értékeljük, nemcsak a tápanyagokat, mint az energia, fehérje, esszenciális aminosavak (EAA), zsír és ásványi anyagok tartalmát kell figyelembe venni, hanem a nyersanyagok hozzáférhetőségét is. Eddig csupán néhány rovarfaj, mint például a TM, HI és MD, mutatott olyan tulajdonságokat, amelyek lehetővé teszik a nagyszabású termelést, ezért ezek kiemelt figyelmet kaptak az akvakultúrában való felhasználás során (A Bizottság (EU) 2017/893 rendelete, 2017). Például a fekete katona légy egyik sajátossága, hogy az összes zsírsav 21,4-49,3%-a laurinsav, ami megfelelő takarmányozással akár 60%-ra is növelhető (Makkar et al., 2014). A laurinsav és a kitin pozitív hatással van a bél mikrobiotára, mivel csökkentik a potenciálisan patogén baktériumok

jelenlétét és növelik a hasznos baktériumok számát. Aminosavak szempontjából elmondható, hogy jó lizinforrás, de metioninból és ciszteinből kiegészítésre szorul. A halfajok nagy részénél a fekete katonalégy lárva alkalmas volt 20-25%-os halliszt helyettesítésére a termelési mutatók és a takarmány hasznosítás változása nélkül (Belghit et al., 2019).

A rovarlárvák lisztjének tápértéke és kémiai összetétele nagymértékben függ a kezelés módjától (például a szárítási technológiától, zsírtalanítási eljárástól) és azoktól a táplálékoktól, amelyeken a rovarokat tenyésztették (Henry et al., 2015). Különösen a fehérjetartalom nem változik jelentősen a tápláléktól függően, azonban a lipidfrakció érzékenyebb a változásokra, mind mennyiségi, mind minőségi zsírsav összetétel szempontjából (Makkar et al., 2014). A rovarlisztek nyersfehérje-tartalma rendkívül eltérő (6.ábra), mert befolyásolják a tartási és takarmányozási körülmények, valamint a rovarlárva fejlettsége is. A rovarlisztek nyersfehérje-tartalmának emészthetősége is függ az adott rovarfajtól, valamint a takarmányban lévő mennyiségtől, továbbá az etetett halfajtól is (Nogales-Mérida et al., 2019). A bruttó energia tartalmát tekintve a rovarlárvák lisztje meghaladja a 21 MJ/kg szárazanyag értékét. A rovarlárvák jelentős zsírtartalma (15-20%) kihívást jelenthet, mivel a fehérjeforrásként történő felhasználásuk magas zsírtartalommal is járhat, ami gondot okozhat a takarmánykeverés, tárolás és pelletstabilitás terén. Emiatt a rovartermelők különböző módszerekkel (kémiai vagy fizikai extrakcióval) végeznek zsírtalanítást. Ennek eredményeként a fehérje mennyisége jelentősen megnövekszik, és az extrahált olajok más célokra, például takarmányokhoz (Schiavone et al., 2017) vagy biodízel előállítására is felhasználhatók (Li et al., 2016; Surendra et al., 2016; Henry et al., 2015).

1. táblázat: Egyes rovarlisztek nyersfehérje-tartalma (Forrás: Nogales-Mérida et al., 2019)

Rovar faj (1)	Nyersfehérje-tartalom (2) (g/kg)
Közönséges lisztbogár (3)	83,0 - 598,1
Fekete katonalégy (4)	307,5 - 588,0
Házilégy (5)	286,3 - 704,0
Házi tücsök (6)	88,0 - 641,0

## **2.9. Az alternatív takarmány hatása a hús érzékszervi és fizikai paramétereire**

A rovarlisztek nagyarányú felhasználása a halak takarmányozásában jelentős hatással lehet a halhús minőségére. Kutatások kimutatták, hogy a rovarliszt akár 50%-kal is csökkentheti a halhús omega-3 zsírsavtartalmát (Henry et al., 2015). A halfilé zsírsavösszetételének változása közvetlen hatással van a hús ízére és aromájára is (Turchini et al., 2004). Ennek ellenére egy 30 fős fogyasztói teszt nem mutatott ki különbséget a fekete katonalégy lárvaival

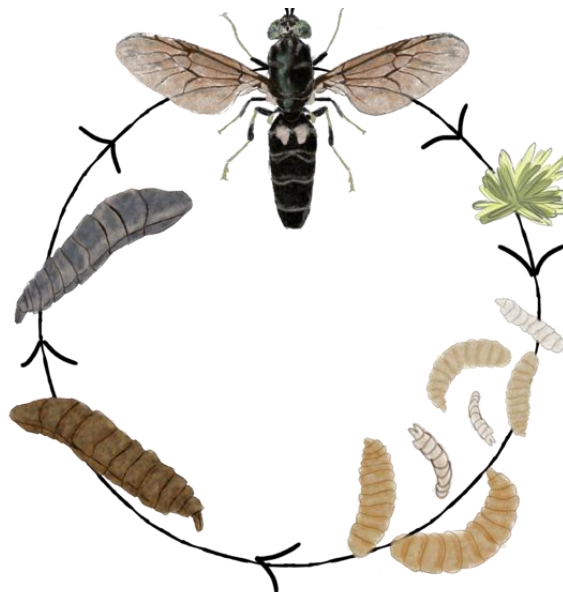
takarmányozott pisztráng és a hagyományosan etetett kontrollhalak filéje között (Sealey et al., 2011). A várt babérszag vagy íz, amely a laurinsavra jellemző, szintén nem volt jelen ezekben a filékben. Elképzelhető, hogy a halliszt 25%-os vagy 50%-os helyettesítése esetén az ízprofil változásai inkább a többszörösen telítetlen zsírsavak oxidációs termékeinek köszönhetőek, nem pedig a laurinsav jelenlétének. Hasonló eredményeket kaptak atlanti lazac esetében is, ahol 25%-tól egészen 100%-os halliszt helyettesítéséig nem volt jelentős különbség sem az ízben, sem a textúrában (Lock et al., 2016).

A rovartartalmú takarmányok antioxidáns hatását a lárvákban található kitozán fokozhatja. A kitozán, mint a kitin deacitált formája, csökkenti a halhús lipidtartalmának oxidációját, így lassítja az avasodást (Ojagh et al., 2010). Ugyanakkor 100%-os halliszt helyettesítés esetében az atlanti lazac filéjénél enyhe avasodás jelentkezett, mind a nyers, mind főzött formában (Belghit et al., 2019).

A fogyasztói attitűdök is jelentősen befolyásolják a rovaralapú takarmányok elfogadottságát. Egy spanyol felmérés szerint a fogyasztók nyitottak a fenntartható élelmiszertermelési módszerek iránt, ugyanakkor vásárláskor a minőséget és az árat részesítik előnyben (Ferrer et al., 2019).

## **2.10. Fekete katonalégy jellemzői**

6. ábra: A fekete katonalégy életciklusának szakaszai (Forrás: koimania.hu)



A fekete katonalégy a kétszárnyúak rendjébe, a Stratiomyidae családba tartozik. Amerikában a trópusi, szubtrópusi és melegebb mérsékelt övi területein őshonos, de a nemzetközi közlekedési fejlődésének köszönhetően az 1940-es évektől megtalálható a világ

trópusi és mérsékelt égövén egyaránt. A kifejlett rovar fekete színű, darázsszerű külsővel rendelkezik, testhossza 15-20 mm. A lárvák elérhetik a 27mm-es hosszt és a 6mm szélességet, és az utolsó lárvastádiumban akár 220mg-ot is nyomhatnak. Fejükön rágószájszerv található, ami a táplálkozásban és mozgásban is szerepet játszik. Színük világosbarna, de növekedésük során egyre sötétebb színűvé válnak, mire elérik a bábállapotot már sötétbarna színűek (Caruso et al., 2013). A lárvák általában 2 hónap alatt érnek be, de ha kevés a táplálék, a fejlődés akár 4 hónapig is tarthat. A bábállapot körülbelül 14 napig tart, de ez változhat, akár 5 hónapig is terjedhet. Három pár lábbal és két szárnyal rendelkeznek, az ivarok között méretbeli különbség figyelhető meg, a nőstény egyedek természetesebbek (Hall&Gerhardt, 2002). Sokféle bomló szerves anyagot képesek hasznosítani: rothadó gyümölcsöket, zöldségeket, halmaradékot, de akár állati és emberi ürüléket egyaránt (Diener et al., 2011).

A fekete katonalégy lárváinak nevelésére többféle módszert dolgoztak ki, ilyen például a sertéstrágyán (Newton&Sheppard, 2005), baromfitrágyán (Sheppard et al., 1994), illetve élelmiszerhulladékon való nevelés (Barry, 2004). A sikeres tenyésztéshez fontos, hogy meglegyen a megfelelő körülmény: az ideális hőmérséklet 29-31°C és a megfelelő páratartalom, ami optimálisan 50-70% közé esik. Ha túl nedves a levegő, az a táplálék vizesedését okozza, ami megnehezíti a lárvák légzését és mozgását (Barry, 2004).

A lárvák sűrű populációja nagy mennyiségű szerves hulladékot tud értékesbiomasszává alakítani ezt a folyamatot kereskedelmi szinten is fel lehet használni, hiszen számos környezeti probléma orvosolható vele, melyek a trágya és más szerves hulladékok felhalmozódásából adódnak. A lárvák például képesek a tojótyúkók vagy sertések trágyájának mennyiségét a felére csökkenteni, mindezt úgy, hogy nem használnak fel külön energiát más energiaforrást (Barry, 2004; Newton&Sheppard, 2005).

### **2.10.1 Alkalmazása a haltakarmányozásban**

Korábban már több kísérletet is végeztek, amelyben a hallisztet különböző mértékben helyettesítettek rovarliszttel a takarmányokban. A vizsgálatok többsége, ahol a fekete katonalégy lisztet különböző arányban használták a halliszt helyettesítésére, nem mutatott negatív hatást a növekedésre olyan halfajoknál, mint a szivárványos pisztráng, a csatornaharcsa, a tilápia, a sárga harcsa, az aranydurbincs vagy az európai sügér (Renna et al., 2017; Sheppard&Bondari, 1987; Magalhães et al., 2017).

Egy 60 napos nevelési kísérlet során 12 medencébe helyeztek el 15-15 afrikai harcsát, amelyeket 4 különböző etetési eljárással neveltek. A kontroll étrend fő fehérjeforrásaként hallisztet használtak, amelyet fokozatosan helyettesítettek fekete katonalégy lárvákkal 25, 50 és 75%-os arányban. A vizsgálat végére az 50%-os csoport mutatta a legnagyobb végsúlyt,



testtömeg gyarapodást és fajlagos növekedési rátát a többi csoporthoz képest. Ezeknél a halaknál magasabb fehérjetartalmat mértek, azonban a zsírtartalomban nem mutatkozott különbség (Fawole et al., 2019). Egy másik kísérletben egy 6 hónapos időszak során vizsgálták a fekete katonalégy lárva liszt fiziológiai hatását ikrás halak esetében. Az eredmények azt mutatták, hogy a halliszt 50%-ig kiváltható anélkül, hogy a hal fiziológiai állapotára és egyéb szaporodásbiológiai paraméterekre hatással lenne (Chemello et al., 2022).

Egy 8 hetes etetési kísérletet végeztek előnevelt sárga tuskésharcsák estében annak vizsgálatára, hogy a halliszt fekete katonalégy-liszt felhasználásával történő helyettesítése hogyan hat a növekedésükre. A halliszt különböző arányban került helyettesítésre: 0, 10, 15, 20, 25 és 30%-ban. Az eredmények azt mutatták, hogy a halliszt 20%-a helyettesíthető anélkül, hogy ez különösebben csökkentené a testtömeg-gyarapodást (Hu et al., 2017). Egy másik kísérletben Jian ponty vadékoknál helyettesítették a hallisztet 0, 25, 50, 75 és 100%-ban. Az eredmények azt mutatták, hogy az öt csoport között a növekedési teljesítményben és a tápanyag hasznosításban nem volt szignifikáns különbség. A bél szövettani vizsgálata azonban kimutatta, hogy a 75%-os vagy annál nagyobb halliszt helyettesítés bélrendszeri kóros elváltozásokat eredményeznek (Li et al., 2017).

#### **2.10.1.1. Hatása a halhús minőségére**

A fekete katonalégy lárvalisztből készült takarmány hatását a halhús minőségére már több kísérletben is tanulmányozták.

A halfilé színe fontos értékelési paramétere a hal minőségének és frissességének tekintetében, mivel a fogyasztók közvetlenül érzékelik őket, és jelentős hatással vannak a vásárlói döntésre. Az európai tengeri sügér esetében korábban kimutatták, hogy a növényi takarmányok és olajforrások magas arányú beépítése az étrendbe megváltoztathatja a bőr és a filé színét, a pigmentek lehetséges jelenléte miatt (Tibaldi et al., 2015). Stadlander és mtsai (2017) a szivárványos pisztráng filék színének sötéttedését írták le 28% fekete katonalégy lárva tartalom mellett, de más érzékszervi különbséget nem tapasztaltak a kontrollhoz képest. Az európai farkassügér húsának sem színét, sem az eltarthatóságát nem befolyásolta a 19,5%-ban használt fekete katonalégy lárva (45% halliszt kiváltás esetében; Moutinho et al., 2021), egyedül a pH és telített zsírsavak mennyisége növekedett a fekete katonalégy lárva mennyiségének emelkedésével. Hasonlóképpen a halliszt részleges helyettesítése (az étrend 25 vagy 50%-a) fekete katonalégy lárvával a szivárványos pisztráng étrendjében (Renna et al., 2017) vagy a halliszt teljes helyettesítése az atlanti lazac étrendjében (Bruni et al., 2020) nem befolyásolta a filé színét.

A textúra kritikus fontosságú a fogyasztói elfogadottság és a piaci érték szempontjából. Chang és munkatársai (2024) megállították, hogy a halliszt 60%-ig történő helyettesítése fekete katonalégy lárvalisztre nem befolyásolja negatívan a fehér garnélarák izom textúráját. A japán angolna esetében viszont a 60%-ban és 75%-ban helyettesített csoportok filéi szignifikáns eltérést mutattak a kontroll csoporthoz képest, a fekete katonalégy lárva jelenléte jelentősen megnövelte a halhús keménységét (Kuo et al., 2022). Ugyan erre az eredményre jutottak Hu és munkatársai (2020), amelyben a rizsföldi angolnák táplálékában helyettesítették a hallisztet fekete katonalégy lárvával, amelynek hatására a halak izomkeménysége szignifikánsan megnőtt.

A ragadozó fajok, mint például a szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*), az európai farkassügger (*Dicentrarchus labrax*) és az atlanti lazac (*Salmo salar*) esetében a 40-60%-os halliszt helyettesítés a fehérje és zsír emészthetőségének csökkenésével járt (Gasco et al., 2019, Nogales-Mérida et al., 2019). Ugyan ezek az eredmények tapasztalhatóak a sárga harcsa esetében, ahol a fekete katonalégy lárvával kiegészített táplálékkal etetett halak nyersfehérje-tartalma alacsonyabb volt, mint a kontrollcsoporté. A nyers zsirtartalom mérésénél szintén alacsonyabb értéket kaptak, mint a kontroll csoportnál (Xiao et al., 2018). Aisyah és munkatársai (2022) ezeknek az ellenkezőjét tapasztalta a vörös hibrid tilápia esetén, ahol a takarmány 30%-os fekete katonalégy lárva koncentrációval rendelkezett, szignifikánsan különbséget mutatott a kontroll csoporthoz képest, megnövelve a halhús nyerszsír- és fehérje tartalmát.

A rosszabb emészthetőség elsősorban a rovarok küldő vázában jelen lévő kitintartalomnak tulajdonítható (Longvah et al., 2011). Mivel a rovarok a legtöbb halfaj-különösen az ivadékok -természetes táplálékát képezik, így ezek a fajok a kitin emésztéséhez szükséges kitináz és kitobiáz enzimet termelnek (Henry et al., 2015; Nogales-Mérida et al., 2019). Az enzimek aktivitása és termelődési helye az emésztőrendszerben fajoként változó (Ringo et al., 2012). Ezzel magyarázható, hogy a kitin bizonyos halfajoknál javíthatja (pl.: pontyfélék, tengeri halak), míg másoknál (pl.: bölcsőszájú halak, nyílt tengeri lazacfélék) ronthatja a termelési mutatókat vagy éppen nincs rá hatással (pl.: aranymárna, *Tor putitora*). A táplálóanyagok emészthetőségének csökkenése ezért a kisebb kitináz, illetve kitobiáz aktivitással rendelkező fajoknál jelenthet problémát. Mindemellett a kitin gátolja bizonyos baktériumok (pl.: *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*) szaporodását, ezen keresztül kedvezően hat a bélflóra összetételére.

### **3. Alkalmazott módszerek**

#### **3.1 A kísérlet helye**

A kutatásom során vizsgált afrikai harcsákat egy visszaforgató akvakultúrás rendszerben (RAS) nevelték a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szent István Campusán. Három darab, félig feltöltött 1m<sup>3</sup>-es medencékben történt a halak nevelése 12 héten keresztül. A víz tisztításáról dobszűrő, UV-szűrő és biofilter gondoskodott. A víz hőmérsékletét  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ -on tartották Eheim Jager 3619 automata akváriumi fűtők segítségével. Az egész RAS rendszert, beleértve a hőmérsékletet, szűrést és a vízkeringést, egy PLC vezérelte felügyeleti rendszer szabályozta.

A halak napi háromszori etetést kaptak. A kontroll csoport etetéséhez hagyományos, a Haltáp Kft. (<https://haltapkf.hu/haltap/harcsa-nevelotap/20/>) által forgalmazott harcsáknak való haltápot alkalmaztak, amelynek összetétele az alábbi:

- búza
- szójadara
- húsliszt (baromfi)
- halliszt
- tepertőliszt
- rizskorpa
- kukoricaglutén
- 21951 komplett premix (Methionin, MCP).

Analitikai összetevői pedig:

- 42% nyersfehérje
- 11% nyerszsír
- 1,7% nyersrost
- 2% ásványi anyag

A második csoport esetében a takarmány 33%-át fekete katonalégy lárva liszttel helyettesítették, míg a harmadik csoport esetében ez az arány 50% volt.

A kísérletben mindhárom kezelési csoportból 9-9 halat mintavételeztem, majd a következő paramétereket vizsgáltam.: pH érték, szín, állomány, nyerszsír- és nyersfehérje tartalom.

## **3.2 Felhasznált módszerek**

### **3.2.1 Színmérés**

A színmérést a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budai Campusán, az Élelmiszertudományi És Technológiai Intézet Állitermék és Élelmiszertartósítási Technológiai Tanszék D épületének földszinti laboratóriumában végeztem el Conica Minolta CR-400 típusú digitális színmérő készülékkel (7.ábra), amely a CIE L\*, a\*, b\* színteret alkalmazza a minták objektív értékelésére. Ez a színtér három tengely mentén írja le a színeket:

L\*: világosság (0=fekete, 100=fehér)

a\*: Zöld-piros színskála (-a\*=zöld, +a\*=piros)

b\*: kék-sárga színskála (-b\*=kék, +b\*=sárga)

7. ábra: Conica Minolta CR-400 (Forrás: directindustry.com)



Első lépésben a halhús mintákat megmostam jeges vízben, felületüket óvatosan letöröltem, majd halanként 2 filére vágtam, amik a 8.ábrán láthatóak.

8. ábra: Kontroll, 33%-os, 50%-os etetési csoport filéi (Forrás: saját fotó)



A mérés megkezdése előtt a színmérő készüléket fehér standard lappal kalibráltam a pontos eredmények érdekében. Minden filén három különböző ponton végeztem mérést, hogy az esetleges heterogenitásokat figyelembe vegyem, így egy hal esetében 6 mérés történt (9.ábra). Az egyes pontok mérései alapján számítottam ki az átlagos  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  értékeket. Az átlagos színértékeket statisztikai elemzésnek vetettük alá annak érdekében, hogy megállapítsuk a különböző etetési csoportok közötti szignifikáns eltéréseket.

9. ábra: Színmérés a halak filéinek felületén (Forrás:saját fotó)



### 3.2.2 pH-mérés

A pH mérést Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budai Campusán, az Élelmiszertudományi És Technológiai Intézet Állitermék és Élelmiszertartósítási Technológiai Tanszék D épületének földszinti laboratóriumában végeztem el, amelyhez digitális pH-mérő készüléket használtam (10.ábra).

10. ábra: Digitális pH-mérő készülék (Forrás: testo.com)



A mérés megkezdése előtt a pH-mérőt kalibráltam pH 4,00 és pH 7,00 kalibráló oldatok segítségével. Az eszközt minden kalibrálás előtt desztillált vízzel leöblítettem és szárazra töröltem. A pH-szondát közvetlenül a halhúsba szúrtam, hogy pontos értékeket kapjak. Filénként három, halanként hat különböző ponton végeztem mérést, hogy a hús heterogenitását figyelembe vegyem, majd ezek átlagával dolgoztam tovább. Az összegyűjtött adatokat statisztikai elemzésnek vettem alá, annak érdekében, hogy meghatározzam, hogy a csoportok közötti eltérés szignifikáns-e.

### **3.2.3 Állománymérés**

A minták állományát TA.XTplus Texture Analyzer mérőeszközzel végeztem (11.ábra).

*11. ábra: TA.XTplus Texture Analyzer (Forrás: texturetechnologies.com)*



A textúra analizátort a gyártói előírások szerint kalibráltam. A mintát a mérőplatformra helyeztem, a mérőfejet pedig egységesen 6 mm-es távolságra állítottam (12.ábra). A készülék rögzítette a vágás során fellépő erőt (N), amely a hús keménységét jellemzi. Filénként 5, halanként 10 mérést végeztem, majd a kapott eredményeket átlagoltam. A kapott adatokat statisztikai elemzésnek vettem alá, annak érdekében, hogy meghatározzam, hogy a csoportok közötti eltérés szignifikáns-e.

A statisztikai elemzéseket ANOVA (Analysis of Variance) segítségével végeztem el. Egytényezős varianciaanalízis során kapott p-érték alapján állapítottam meg, hogy a csoportok közötti különbség szignifikáns-e. Ha a p-érték kisebb, mint a szignifikanciaszint ( $p < 0,05$ ), akkor a különbség szignifikánsnak mondható.



#### **3.2.4. Nyerszsírtartalom mérése**

A nyerszsírtartalom mérése a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszerkémiai és Analitikai Tanszéken történt. A vizsgálatot gravimetriás mérésen alapuló Soxhlet-extrakciós módszerrel végeztem el.

Az extrakció során a mintát előkészítettük, majd egy extraktorba helyeztük, amelyben a petroléter oldószer folyamatosan párologtatásra került. A mintából a zsír fokozatosan kioldódott, és amikor a folyadékszint elérte a kívánt magasságot, az oldott zsírt tartalmazó oldat automatikusan visszafolyt az oldószertartályba, ahol újra felmelegedett, párologott, így az extrakciós folyamat ciklikusan, többször is megismétlődött. Miközben az oldószer párologott, a benne lévő zsír az oldószertartályban maradt. Az extrakció végén a zsírt tartalmazó lombikot szárítószekrényben szárítottuk 105°C-on 1 órán át, majd lehűtés után visszamértük. A zsírtartalom értékét az eredeti minta tömegére százalékban adjuk meg.

#### **3.2.5. Nyersfehérjetartalom mérése**

A nyersfehérje mérése a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Táplálkozástudományi Tanszéken történt, meghatározásához a Kjeldahl-féle módszert alkalmaztuk, amely az AOAC Official Method 2001.11 szabvány szerint történt. Ez a mérési módszer a nitrogéntartalom mérésen alapul, amelyből egy úgynevezett konverziós faktor alkalmazásával határozható meg a nyers fehérje tartalma.

A mintákból nitrogén-mentes papírba ismert tömeget mértünk be, azután a minták kénsavas roncsolása és desztillálása következett. Minkét lépés Behrotest típusú félautomata berendezés (13.ábra) használatával történt.

13. ábra: Behrotest típusú félautomata berendezés (Forrás: saját fotó)



A roncsolótumból az ammóniát 33%-os NaOH oldattal szabadítottuk fel és 4%-os bórsav oldatban fogtuk fel. A végtitrálást 0,1 N sósav segítségével végeztük Tashiro indikátor jelenlétében.

A nyersfehérje tartalom százalékos értéke a mért nitrogéntartalom és a fehérje-konverziós faktor szorzataként számítható:

$$\text{nyersfehérje\%} = \text{Kjeldahl N} * F$$

Kjeldahl N=, ahol

- Vs: a fagyott sósav térfogata (ml)
- M: a standard sósav molaritása
- W: a bemért minta tömege (g)
- F: konverziós faktor

Az F konverziós faktor értéke hús és hústermékek esetén 6,25, ami azon alapul, hogy a fehérjék nitrogéntartalma 16% közüli érték.

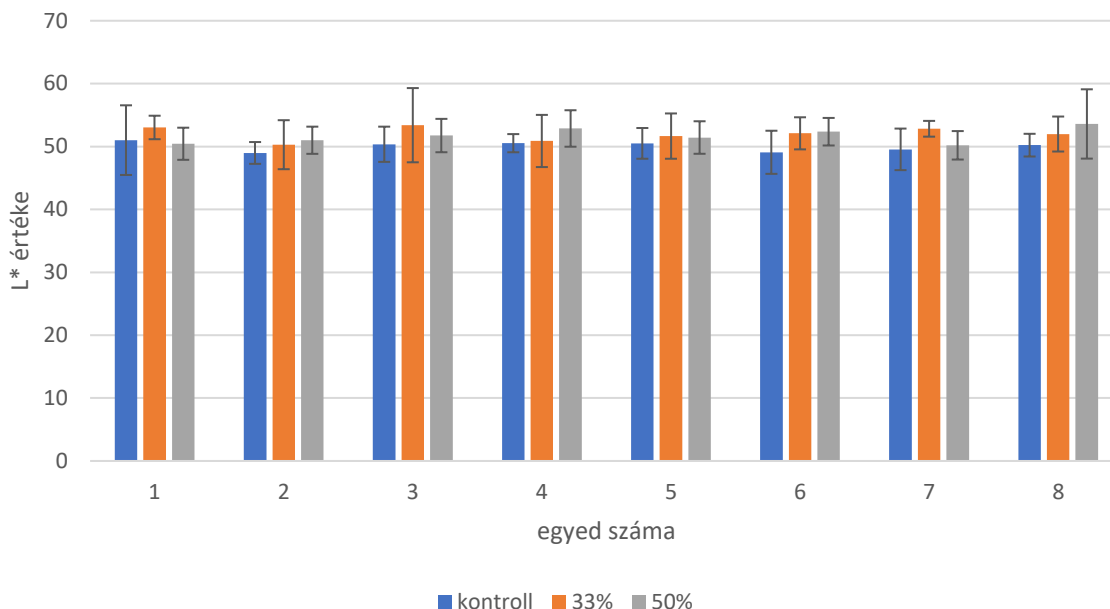


## **4. Eredmények és értékelésük**

### **4.1. Színmérés eredményei**

#### **4.1.1. L\***

14. ábra: Az L\* mérés eredményei (Forrás: saját mérés)



A kapott L\* értékek a 14. ábra mutatja, amely alapján elmondható, hogy a halliszt részleges kiváltása fekete katonalégy lárvaliszttel nem idézett elő számottevő változást a halhús világosságában. Az L\* a hús világosságát jellemzi 0-tól 100-ig terjedő skálán, amelyben a 0 érték a teljesen fekete, míg a 100-as érték a teljesen fehér szintet jelenti. Az ábrán jól megfigyelhető, hogy mind a három csoport esetén az L\* értékek nagyjából 50 körül alakultak, ami a közepes világossági tartományba esik bele. A helyettesítés mértékétől függetlenül a halhús világossága stabil maradt, nem következett be jelentős kivilágosodás vagy elsötétedés.

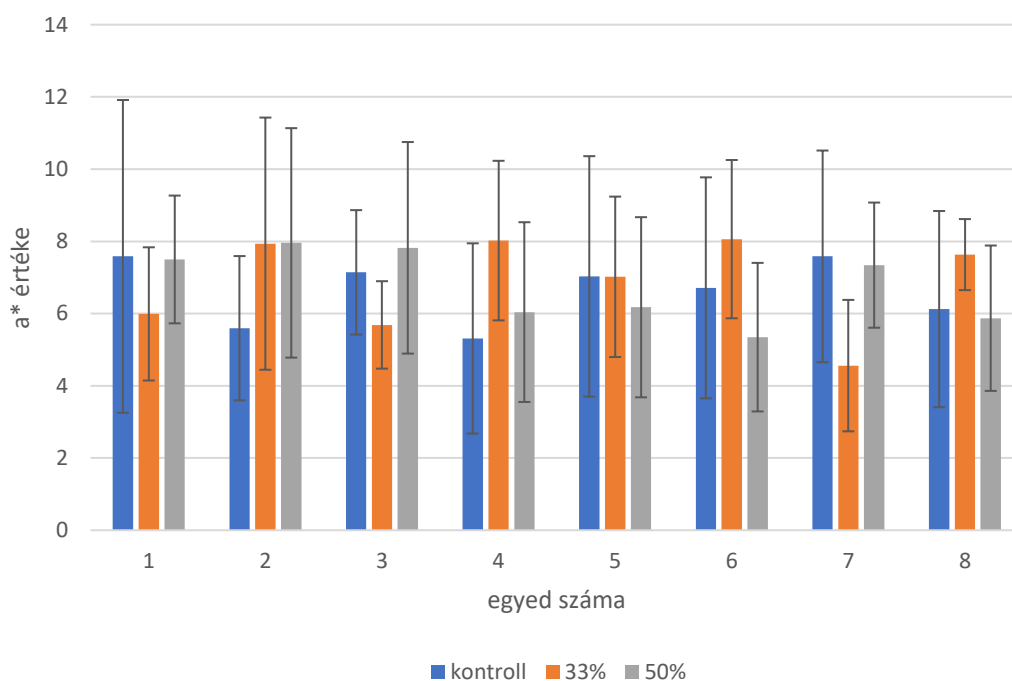
A kapott adatok részletes vizsgálata azt mutatja, hogy az egyedek között eltérések tapasztalhatók. Az 1-es mintánál a kontroll csoporthoz képest a 33%-os helyettesítés magasabb L\* értéket adott, azonban az 50%-os helyettesítés esetében ez nem elmondható. A 2-es, 4-es és 8-as mintáknál viszont már az vehető észre, hogy a 33%-os mellett már az 50%-os csoport L\* értékei is magasabbak lettek a kontroll csoporthoz képest. Ez a minta jól mutatja, hogy a rovarliszt jelenléte enyhe világosodást idézhet elő. A 3-as mintánál a 33%-os helyettesítés adta a legmagasabb értéket, amiből arra lehet következtetni, hogy a kisebb arányú helyettesítés hatása erősebben érzékelhető, mint a nagyobb arányúé. Hasonló eredmény figyelhető meg a 7-es minta esetében, ahol szintén az alacsonyabb helyettesítés hozta a legvilágosabb értéket. A 6-

os mintánál a kontroll értéke valamivel alacsonyabb, mint a két másik csoporté, tehát itt is ugyan az a megállapítás mondható el, a rovarliszt jelenléte világosabb húst okoz.

A statisztikai elemzés megerősítette, hogy az egyedek közötti különbség nem véletlenszerű. A p értéke 0,018 lett, ami a 0,05-ös szignifikanciaszint alatt van, tehát a különbség statisztikailag szignifikáns, a takarmány-összetétel módosítása valóban befolyásolja a hús világosságát.

#### **4.1.2. a\***

15. ábra: Az a\* mérés eredményei (Forrás: saját mérés)



Az a\* vizsgálata során kapott eredményeket a 15.ábra mutatja. Itt is elmondható, hogy a helyettesítés nem okozott drasztikus, minden mintán átívelő eltérést a halhús vörös-zöld komponensében, ugyanakkor a kapott adatok között már nagyobb különbség figyelhető meg a minták között. Az ábrából látható, hogy a minták a\* értékei inkább a pozitív tartományba esnek, ami a vöröses árnyalatot jelenti a vizsgált halhús esetében. Ez arra utal, hogy függetlenül a takarmány összetételétől, mindhárom csoportban a hús természetes vöröses színe volt a jellemző.

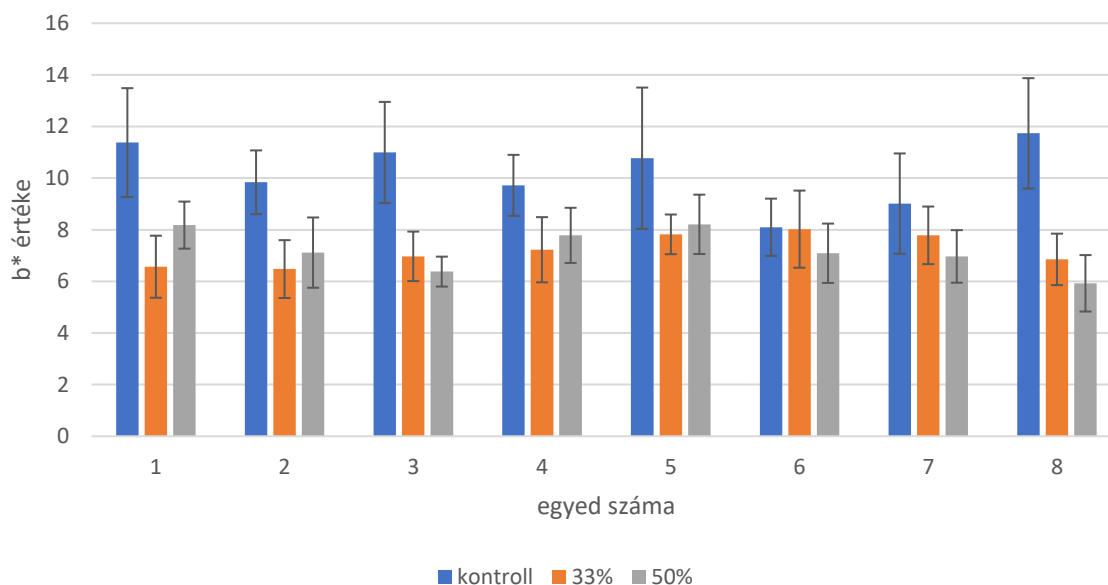
A legkiemelkedőbb tendencia a 33%-os helyettesítéssel takarmányozott csoport esetében figyelhető meg. Általánosan az a csoport produkálta a legmagasabb a\* értékeket.

Különösen a 4-es, 6-os és 8-as minták esetében latható, hogy ehhez a csoporthoz tartozó egyedek magasabb értékeket eredményeztek. Ez a magasabb vörösség arra utal, hogy a rovarliszt pozitív hatást gyakorolhat a halhús színére, esetlegesen a takarmány összetételében lévő pigmentek miatt, amelyek javíthatják a halhús vöröses árnyalatát. Ez a tendencia ígéretesnek mondható, mivel a fogyasztók gyakran a vörösebb húst részesítik előnyben a vásárlás során. Az 50%-os helyettesítéssel takarmányozott csoport mintái ezzel szemben többnyire alacsonyabb értékeket adtak, ami arra utalhat, hogy a magasabb rovarfehérje-tartalom már nem fokozza tovább a vöröses színt.

Az  $a^*$  értékek elemzése során megállapítható, hogy a halliszt részleges kiváltása fekete katonalégy lárvaliszttel nem okozott statisztikailag igazolható különbséget a vizsgált csoportok között. A  $p$ -érték 0,531, ami arra utal, hogy az eltérések nem tekinthetők szignifikánsnak. Az egyes minták közötti eltérések a biológiai variabilitásból eredhetnek, illetve abból, hogy a filék színe nem egységes, a vörös és fehér sávok váltakoznak benne. A halak egyedi anyagcseréje, növekedési dinamikája, valamint a tápanyagok eltérő hasznosulása mind hozzájárulhat ahhoz, hogy a színparaméterek között viszonylag nagy szórás figyelhető meg.

#### **4.1.3. b\***

16. ábra:  $A b^*$  mérés eredményei (Forrás: saját mérés)



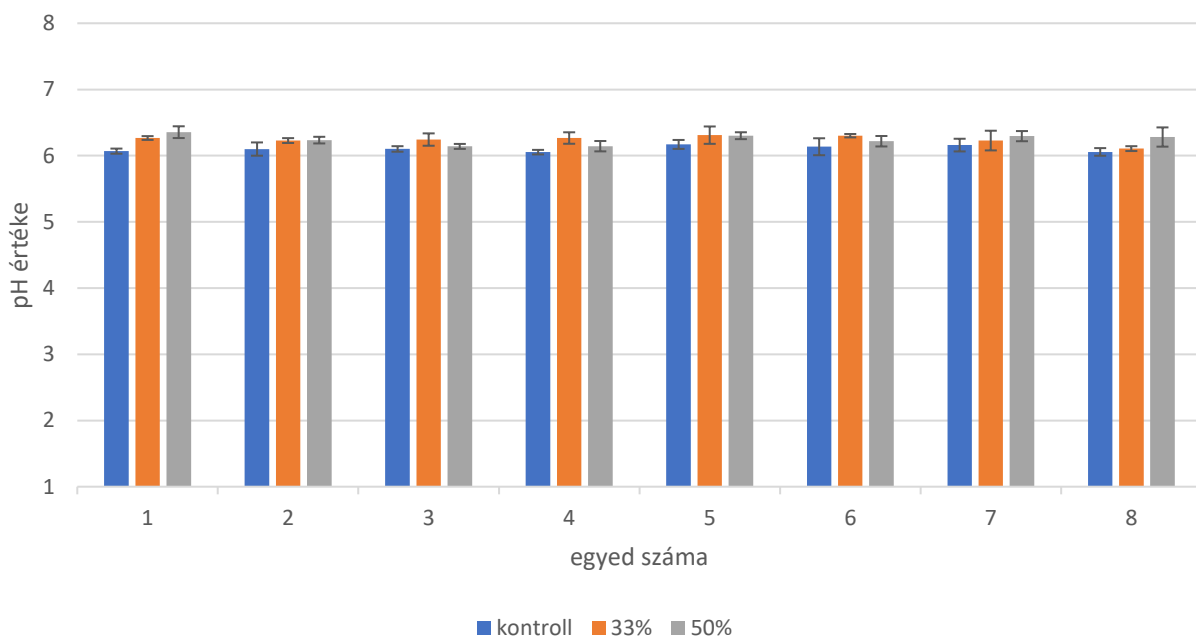
A kapott  $b^*$  értékek alapján a 16.ábrán látható, hogy a kontroll csoport  $b^*$  értékei a legmagasabb értékeket produkálja, jellemzően 9-12 körüli, tehát a hagyományos, halliszt alapú takarmánnyal etetett halak húsa volt a leginkább sárgás árnyalatú. Ezzel szemben a 33%-os és

az 50%-os helyettesítés esetén a  $b^*$  értéke lényegesen alacsonyabb a kontroll csoportéhoz képest, ami kevesebb sárgás tónust és vizuálisan frissebb, tisztább megjelenést jelez. Ezek az értékek stabilan 6 és 8 között mozognak, a csoportok értékei között minimális, elhanyagolható különbség van, ami arra utal, hogy a sárgaságot csökkentő hatás már a 33%-os bevitelnél is maximális.

A kapott  $p$ -érték ( $2,06 \cdot 10^{-23}$ ) azt bizonyítja, hogy a különbség statisztikailag erősen szignifikáns. A magas  $b^*$  érték a kontroll csoportban a halliszt magasabb zsírtartalmából vagy más olyan pigmentkomponensből ered, amelyek a sárgább árnyalatot kölcsönözik a húsnak. A halliszt részleges helyettesítése fekete katonalégy lárvaliszttel szignifikánsan csökkentette a halhús sárgaságát, a húst a kékesebb árnyalat felé tolva.

## 4.2. A pH mérés eredményei

17. ábra: A pH mérés eredményei (Forrás: saját mérés)



A 17.ábrán látható, hogy a kontrollcsoport értékei a legalacsonyabbak, stabilan 6 körüli értékek, ami alapján elmondható, hogy a halliszt alapú takarmánnyal etetett halak húsa enyhén savas volt, a 33%-os és 50%-os helyettesítés pedig valamivel magasabb értéket produkált, általában 6,2-6,4 között alakult, ami a halhús szempontjából normális és optimális értéknek tekinthető.

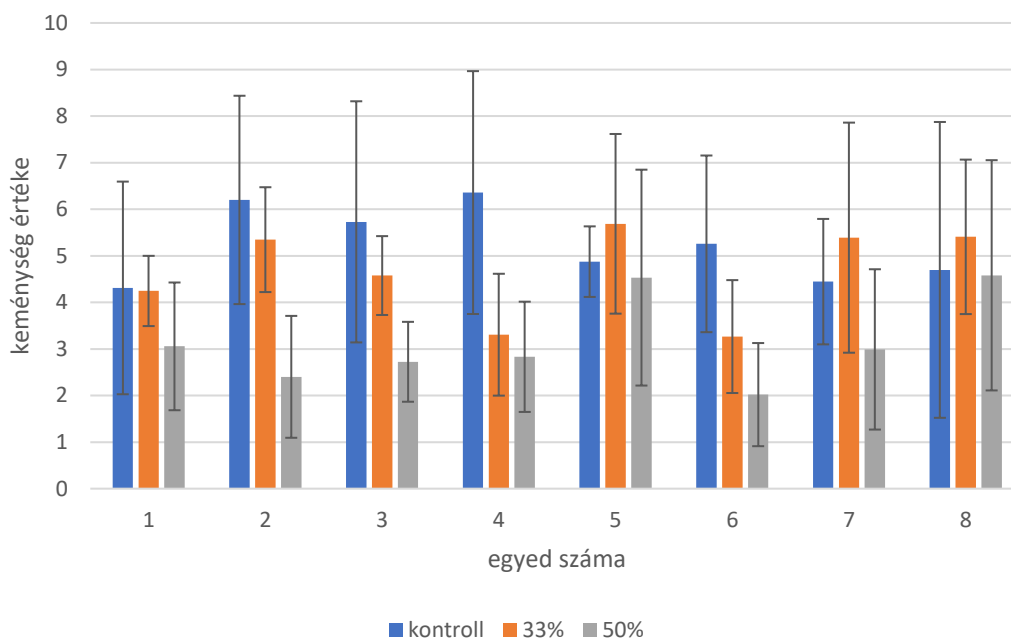
A  $p$ -értéke ( $1,26 \cdot 10^{-12}$ ) alacsony, amely megmutatja, hogy a kontroll és a rovarliszttel etetett csoportok közötti pH-különbségek statisztikailag szignifikáns. A pH-érték emelkedése közvetlenül a takarmány megváltozásának tulajdonítható. A magasabb pH érték általában jobb

vízmegekötő képességgel társul, ami kedvező hatással lehet a hús textúrája és szaftosság szempontjából. Viszont, a magasabb pH egyúttal kedvezőbb lehet mikroorganizmusok szaporodása szempontjából, ami az eltarthatósági időt lerövidítheti.

### **4.3. Nyers hal állománymérés**

#### **4.3.1. Keménység kiértékelése**

18. ábra: A keménység mérés eredményei (Forrás: saját mérés)



A 18.ábrán látható, hogy általánosan a kontroll csoport mintáinak keménysége volt a legmagasabb, közel 6 egység körüli értékekkel, míg a 33%-os és különösen 50%-os helyettesítési arányoknál a keménység fokozatosan csökkent.

A kapott p-érték ( $3,23 \cdot 10^{-6}$ ) alapján, a kísérleti csoportok közötti keménységbeli eltérés statisztikailag szignifikáns. Tehát a hús puhulása nem véletlenszerű, hanem a megváltozott takarmány-összetétel közvetlen hatása.

A kontroll csoport szolgált az etalonként, beállítva a halhúsra jellemző, standard keménységi szintet. Ezek a legmagasabb mért értékek, az erős és szilárd textúrát tükrözik, amely valószínűleg a magas halliszt tartalommal összefüggő optimális tápanyag-összetételnek köszönhető.

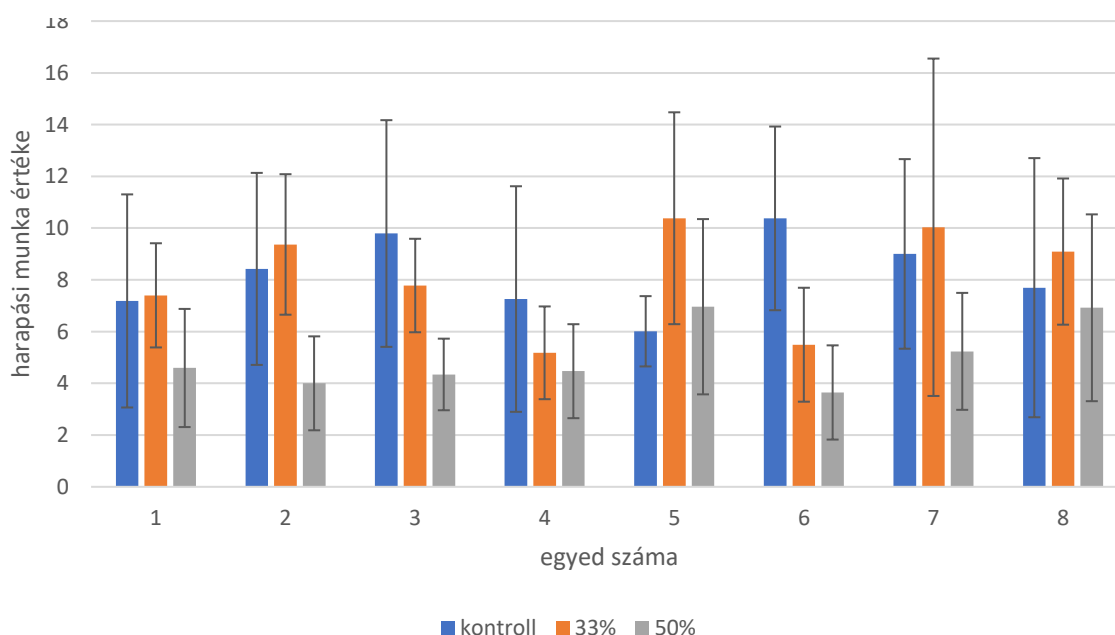
A halliszt 33%-ának rovarlisztre cserélése átmenetet képzett a kontroll csoport és az 50%-os csoport között. Ennél a csoportnál már észrevehető volt a keménység csökkenése, azonban a változás mértéke nem volt olyan jelentős, mint a nagyobb arányú helyettesítésnél. A

rovarliszt hatása fokozatos, és a szerkezeti különbségek a helyettesítés arányának növekedésével válnak markánsabbá.

Az 50%-os helyettesítés minden egyednél a legpuhább húst eredményezte. Ezekből az eredményekből arra lehet következtetni, hogy a fekete katonalégy lárvaliszt beépítése a takarmányba megváltoztatja a halhús izomszöveti struktúráját. Ez adódhat abból, hogy a rovarliszt fehérje- és aminosavösszetétele, valamint a benne található lipidek típusa eltér a hallisztétől, ami hatással lehet az izomrostok közötti kötőszövet mennyiségére és minőségére. A hallisztben nagyobb arányban található kollagén és egyéb strukturális fehérjék szilárdabb izomstruktúrát hoznak létre, míg a rovarfehérje könnyebben emészthető, és kevésbé járul hozzá a rostos, tömörebb hús szerkezetéhez. Továbbá, a keménység szignifikáns csökkenése összefüggésben lehet a vizsgált, szintén szignifikánsan megnövekedett pH-értékkel is. A magasabb pH-érték növeli az izomrostok közötti elektrosztatikus taszítást, ami nagymértékben növeli a hús vízkötő képességét. A megnövekedett mennyiségű és megváltozott eloszlású kötött víz a húsban fellazítja az izomszövet mátrixát, ami a textúra mérésében puha, kevésbé szilárd állaghoz vezet.

#### **4.3.2. Harapási munka**

19. ábra: A harapási munka mérés eredményei (Forrás: saját mérés)



A 19. ábrán látható a harapási munka mért értékei, ami azt az energiát mutatja meg, amely az izomszövet széthúzásához, a fogyasztó számára a hús megrágáshoz szükséges. Ez alapján a halliszt fekete katonalégy lárvaliszttel való helyettesítése kimutatható hatással volt a

halhús mechanikai tulajdonságaira is. A minták között tendencia figyelhető meg, a 33%-os helyettesítéssel takarmányozott csoport több esetben is a legmagasabb értékeket érte el. Ez alapján következtethetünk arra, hogy ennél az aránynál feszebb, ellenállóbb maradt a hús szerkezete, vagyis a rovarliszt ilyen szintű beépítése bizonyos mértékig erősítette a hús mechanikai stabilitását. Ezzel ellentétben, az 50%-os helyettesítés szinte minden esetben a legalacsonyabb értékeket produkálta, kivéve az 5-ös minta esetében, ahol a kontroll csoport mutatta a legalacsonyabb harapási munkát. Ez az eltérés valószínű az egyek közötti természetes variabilitásból adódik.

A p-értéke ( $6,53 \cdot 10^{-6}$ ) alacsony lett, ami igazolja, hogy a csoportok közötti különbség statisztikailag szignifikáns, a harapási munka megváltozása nem véletlen, hanem a fekete katonalégy lárva liszt jelenléte befolyásolja a halhús rágási ellenállását és a textúra szerkezetét.

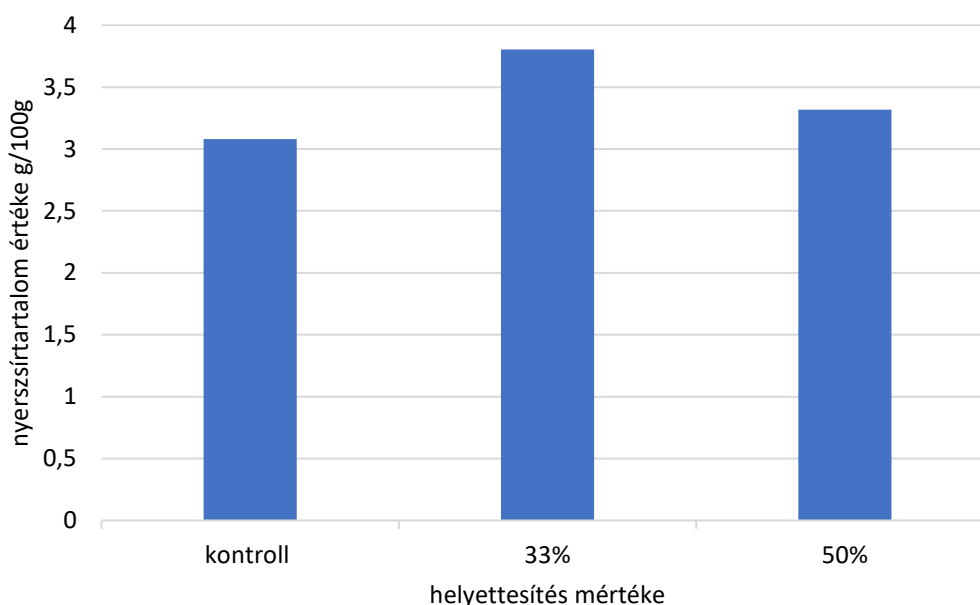
A 33%-os csoportnál tapasztalt magasabb értékekből arra következtethetünk, hogy ez a helyettesítési arány még kedvező hatással is lehet a halhús szerkezetére, fenntartva a hús rugalmas, kompakt jellegét. Bár ez a csoport szignifikánsan puhább volt a kontroll csoporthoz képest, nagyobb rágási ellenállást mutatott. A textúra ezen a köztes beviteli szinten kevésbé konzisztensen lágyul el, és a rovarfehérje hatása nem elegendő a szerkezeti kötések gyengítéséhez.

Az 50%-os csoport mutatta általánosan a legalacsonyabb harapási munka értékeket, amely megerősíti, hogy a halliszt magasabb arányú helyettesítése a leghatékonyabb a hús szerkezetének fellazításában, jelen esetben a legpuhább húst eredményezve. A fekete katonalégy lárva liszt eltérő lipid- és kötőanyag-tartalma módosíthatja a fehérjék közötti kölcsönhatásokat, ami kevesebb mechanikai ellenállást okozhat a harapás során.

Az 50%-os helyettesítés a halhús érzékszervileg érzékelhető puhulását is elérheti, ami a piaci igényeknek megfelelhet, ugyanakkor a túlzottan puha szerkezet elégedetlenséget is kiválthat a fogyasztókban, ha a feszebb textúrát társítják a frissességgel és a jó minőséggel.

#### **4.4. Nyerszsírtartalom mérésének eredményei**

20. ábra: A nyerszsírtartalom mérés eredményei (Forrás: saját mérés)



A 20.ábra a nyerszsírtartalom vizsgálata során kapott eredményeket mutatja be. A halliszt részleges helyettesítése fekete katonalégy lárvaliszttel befolyásolta a halhús zsírtartalmát, ugyanakkor a változás mértéke nem volt arányos a helyettesítés mértékével. A 33%-os helyettesítéssel etetett halak adták a legmagasabb nyerszsírtartalmat, míg a kontroll csoport a legalacsonyabbat. Az 50%-os helyettesítés esetében a zsír mennyisége visszaesett a 33%-os csoporthoz képest, de még így is meghaladta a kontroll értékeit.

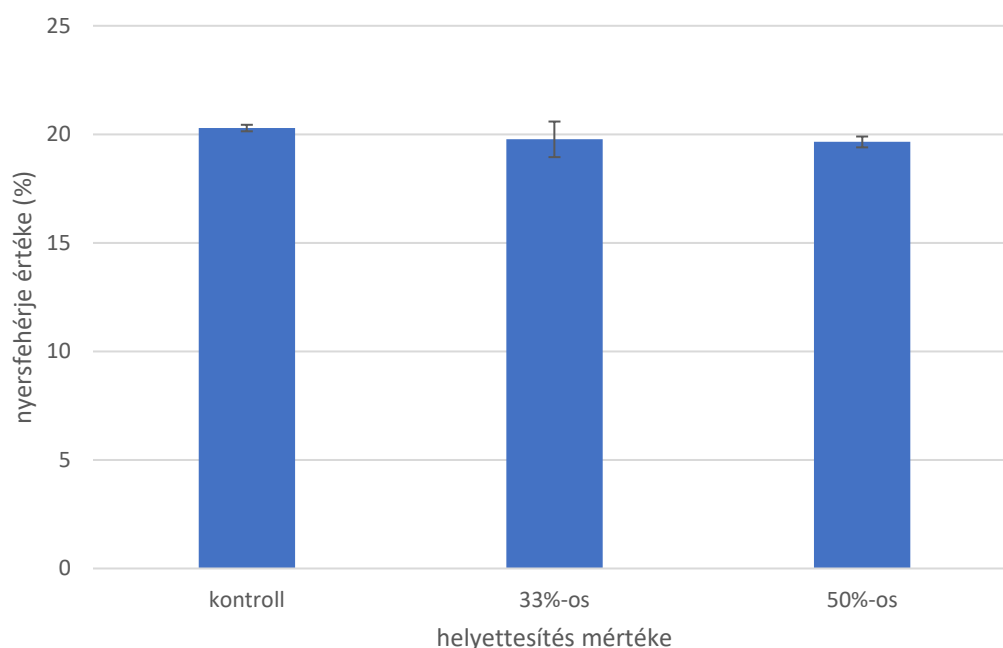
Mindkét rovarlisztes csoport zsírtartalma nőtt a kontrollhoz képest, annak ellenére, hogy a rovarlisztes takarmányok zsírtartalma (9,5% és 10,1%) alacsonyabb volt, mint a kontroll takarmányé (11,6%). Bár a takarmányok esetében a helyettesítéssel csökkent a zsírtartalom, a halhús zsírtartalmánál ennek ellentétje figyelhető meg. Ez arra utal, hogy a rovarliszt jelenléte nem csak a takarmány zsírmennyiségét, hanem a zsírsav-összetételét és emészthetőségét is módosította, ami a zsírok hatékonyabb beépülését segíthette elő a hal szervezetében.

A fekete katonalégy lárvák zsírtartalma általánosságban magasabb és több bennük a közepes lánchosszúságú zsírsav, amelyek máshogy hasznosulnak az anyagcserében, mint a halliszt hosszú láncú zsírsavai. Ez a különbség hozzájárulhat ahhoz, hogy a 33%-os helyettesítésnél a halak nagyobb mennyiségben raktározták el a húsban a zsírt. Lehetséges, hogy ezen a szinten a hal a rovarlisztből nyert tápanyagokat hatékonyabban fordította izom- és zsír felépítésére, mint a hagyományos halliszt.



### **4.3. Nyersfehérjetartalom mérés eredményei**

21. ábra: A nyersfehérjeartalom mérés eredményei (Forrás: saját mérés)



A 21.ábra a nyersfehérjetartalom mérés eredményeit mutatja be a három különböző takarmánnyal etetett afrikai harcsák esetében. A vizsgálat alapján elmondható, hogy a halliszt fekete katonalégy lárvaliszttel történő helyettesítése nem okozott jelentős eltérést a halhús fehérjetartalmában. Látható, hogy a három csoport nyersfehérje értékei hasonlóan alakultak, körülbelül 20% körüli tartományban. Ugyan a kontroll csoport kicsivel magasabb értéket mutatott, ez a különbség nem számottevő.

A takarmányok nyersfehérje-tartalma a helyettesítés mértékével párhuzamosan növekedett, míg a kontroll halliszt 41,8% fehérjét, addig a 33%-os helyettesítésű takarmány 47,1%-ot, az 50%-os pedig 49,3%-ot. Ennek ellenére a húsban ennek értéke nem növekedett a rovarliszt jelenlétével, arra utal, hogy a rovarliszttel etetett halak fehérje-felhasználási hatékonysága eltér a hagyományostól.

Ennek több oka is lehet. Egyrészt, a rovarliszt fehérjetartalma magas ugyan, azonban kitintartalma-amely nem emészthető fehérjeforrás-csökkentheti a takarmányfehérje biológiai hasznosulását, így a halak szervezetében ténylegesen hasznosuló fehérje mennyisége kisebb. Másrészt a rovarliszt összetétele különbözik a halliszthez képest, ami befolyásolhatja az emészthetőséget és a beépülő izomfehérjék mennyiségét.

## **5. Következtetések és javaslatok**

A kísérlet során bebizonyosodott, hogy a halliszt részleges helyettesítése nem okoz kedvezőtlen változást a halhús minőségében. A fekete katonalégy lárva egy jó potenciális alternatíva lehet a halliszt részleges helyettesítésére az afrikai harcsa etetésében.

Kimutatták, hogy a fekete katonalégy alkalmazása nem okoz jelentősebb különbséget az európai farkassügér (Moutinho et al., 2021), szivárványos pisztráng (Renna et al., 2017) vagy az atlanti lazac (Bruni et al., 2020) színében. Ebben a kutatásban azt állapítottam meg, hogy a rovar bevonása a takarmányba szignifikánsan megváltoztatta az afrikai harcsa filék  $L^*$ , illetve  $b^*$  értékeit, ugyanakkor az  $a^*$  esetében nem okozott szignifikáns különbséget a csoportok között. A változás azonban nem járt kedvezőtlen hatással, sőt, a filéket egy világosabb és kevésbé sárga tartományba tolta el. Az eredmények gyakorlati jelentősége abban rejli, hogy a halhús színe a piaci megjelenés egyik kritikus pontja, hiszen a fogyasztók vizuális benyomásai közvetlenül befolyásolják a termék iránti bizalmat és a vásárlási döntést.

A pH mérés eredményeként szignifikáns változást tapasztaltam a különböző etetési csoportok között. A fekete katonalégy lárvaliszttel etetett halak filéjében a pH értéke emelkedett. Hasonló eredményt volt megfigyelhető az európai farkassügérnél, ahol a takarmány 45%-át helyettesítették a rovarliszttel (Moutinho et al., 2021). A pH emelkedése önmagában nem jelent problémát, hiszen a hús szaftosságát segítheti elő, viszont a savasabb közeg kedvező lehet a mikroorganizmusok elszaporodásához.

A halhús állományában mind a keménység, mind a harapási munka mérésénél szignifikáns különbséget kaptunk a különböző etetési csoportok között. A keménységmérés során az 50%-os helyettesítés adta a legalacsonyabb értékeket, tehát ezeknek a halaknak a filéi voltak a legpuhábbak. A harapási munka során azonban 33%-os csoport adta a legmagasabb értékeket. Az eredmények nem egyeznek meg a korábbi vizsgálatokkal, hiszen a japán angolna (Kuo et al., 2022) és a rizsföldi angolna (Hu et al., 2020) esetében is a halliszt nagyobb arányú helyettesítése szignifikánsan keményebb húst okozott.

A nyerszsírtartalom mérésénél a 33%-os csoport produkálta a legmagasabb értéket, viszont ez a növekedés az 50%-os helyettesítés során visszaesett, de még így is magasabb volt ennek értéke, mint a kontroll csoport. Eredményeim részben ellent mondanak a korábbi kutatásoknak, például az atlanti lazac, európai farkassügér és szivárványos pisztráng vizsgálatánál kapott eredményeknek, hiszen ott nehezebb emészthetőéget tapasztaltak a nyerszsírsav tartalom mérése során (Gasco et al., 2019, Nogales-Mérida et al., 2019). Aisyah és munkatársai (2022) viszont hasonló eredményt kaptak, a halliszt 30%-os helyettesítésénél.

A zsírsav növekedése a rovarlisztben található magasabb telített zsírsavakkal magyarázható, amely a halhúsban zsírként raktározódik el (Georgescu et al., 2021). Az 50%-os csoport értékének csökkenését okozhatja a magas kitintartalom. A kitin gátolhatja az emésztést, így csökkenti a lipid hasznosulását, különösen magas arányú beépítés esetén (Longvah et al., 2011).

A nyersfehérje-tartalom tekintetében nem volt jelentős eltérés a csoportok között. Bár a nyersfehérje-tartalom csökkent a kontroll csoporthoz képest, ez a különbség nem tekinthető számottevőnek. Korábbi kutatások már tapasztaltak ehhez hasonló eredményeket például a sárga harcsa, az atlanti lazac, a szivárványos pisztráng és az európai farkassüger esetében is (Gasco et al., 2019, Nogales-Mérida et al., 2019; Xiao et al., 2018). Kutatások bizonyították, hogy a nyersfehérje-tartalom csökkenése a fekete katonalégy lárva külső vázában jelen lévő kitintartalomnak tudható be, amely nagy mennyiségben emészthetetlen a halak számára (Longvah et al., 2011).

Összességében elmondható, hogy a fekete katonalégy lárvaliszttel részben helyettesített takarmány kedvezően vagy semleges befolyásolta az afrikai harcsa filéinek minőségi jellemzőit. A halliszt 33%-os kiváltása kedvezőbb hatást mutatott a hús állományára és összetételére, mint a magasabb helyettesítési arány. Mindez azt jelzi, hogy mérsékelt arányban a rovarliszt fenntartható és jól hasznosítható fehérjeforrás az afrikai harcsa takarmányában.

## **6. Összefoglalás**

Napjainkban halhús iránti egyre növekvő kereslet a tengerek túlhalászottságát eredményezi, amellyel a természetes vízi halászat mértéke nem tud lépést tartani. Ennek okán a leggyorsabban növekvő élelmiszertermelő ágazat az akvakultúra lett. Azonban a tengeri halászból származó alapanyagok nem tudják kielégíteni az akvakultúra folyamatosan növekvő igényeit, ezért egyre nagyobb érdeklődés mutatkozik az alternatív fehérjeforrások iránt. Ebben a dolgozatban azt vizsgáltam, hogy a fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) lárvaliszt különböző arányú beépítése az afrikai harcsa étrendjébe miképpen befolyásolja a halhús minőségét a hagyományos haltakarmányhoz képest.

A kísérlet során afrikai harcsákat egy recirkulációs rendszerben nevelték 12 héten keresztül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szent István Campusán. Összesen 3 különböző etetési csoport került meghatározásra: a kontroll csoport, amely teljes mértékben a Haltáp Kft. által gyártott harcsa nevelő takarmányt kaptak, a 33%-os csoport, amely 33%-ban fekete katonalégy lárvalisztet és 67%-ban Haltáp Kft. harcsa nevelő takarmányt, illetve az 50%-os csoport, amely 50% fekete katonalégy lárvalisztet és 50% Haltáp Kft. harcsa nevelő takarmányt kapott. A kísérletben mindhárom kezelési csoportból 9-9 halat mintavételeztem, majd a következő paramétereket vizsgáltam: pH érték, szín, állomány, nyerszsír- és nyersfehérje-tartalom.

A kapott eredmények azt mutatják, hogy a rovarliszt beépítése több tulajdonságot is befolyásolt, de ezek a változások inkább kedvezőnek vagy semlegesnek mondhatóak. A halak színében világosabb és kevésbé sárgás árnyalatú változást idézett elő, ami előnyös lehet a piaci megítélés szempontjából. A színváltozás az L- és b\* értékében mutatkozott szignifikánsnak, míg az a\* komponensénél nem volt számottevő eltérés. A pH értékek esetében szignifikáns különbség volt tapasztalható, a rovarliszttel etetett halak filéiben a pH megemelkedett. Ez a változás nem feltétlen hátrányos, hiszen a hús lédúsabb állományát idézheti elő, azonban ez a tulajdonság a mikroorganizmusok elszaporodásához kedvező lehet. Az állományvizsgálatnál az 50%-os helyettesítésű csoport halainak húsa volt a legpuhább, míg a 33%-os csoport esetében voltak a filék a legrugalmasabbak és feszesebbek. A nyerszsírtartalom a 33%-os helyettesítésű csoportban mutatkozott a legmagasabbnak, ami a fekete katonalégy lárvaliszt magasabb telített zsírsavtartalmának tudható be. Ez az érték visszaesett az 50%-os helyettesítésnél, amit a lárvalisztben található kitin magas aránya okozhatott. A nyersfehérje-tartalom tekintetében nem volt jelentős különbség a csoportok között, tehát a rovarlisztből származó fehérje jól hasznosíthatónak bizonyult az afrikai harcsa számára.

Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a rovarliszt ígéretes, fenntartható alternatíva lehet a jövő takarmányozási rendszereiben, amellyel csökkenthető a halliszt-felhasználás anélkül, hogy a termék minősége romlana.

## **7. Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek Nyulasné Dr. Zeke Ildikó Csillának, aki szakmai útmutatásával, biztatásával és támogatásával végigkísérte a szakdolgozatom elkészítését.

Külön köszönet illeti Dr. Jánosi Anna tudományos főmunkatársat, aki készségesen segített a méréseim során.

Továbbá köszönettel tartozom Majzinger Koppánynak, aki türelmesen segített méréseim során.

## **8. Irodalomjegyzék**

2017/893 EU rendelet: A Bizottság 2017/893 rendelete (2017. május 24.) a 999/2001/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet I. és IV. mellékletének a 142/2011/EU bizottsági rendelet X., XIV. és XV. mellékletének a feldolgozott állati fehérjére vonatkozó rendelkezések tekintetében történő módosításáról.

Aisyah, H. N., Athirah, W.R., Hanani, W.R., Arshad, S.S., Hassim, H.A., Nazarudin, M.F., Ina-Salwany, M.Y. (2022): The effect of feeding black soldier fly larvae on growth performance, protein, and fat content of red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.). *Veterinary World*, 15(10): 2453–2457.

Appelbaum, S., Kamler, E., (2000): Survival, growth, metabolism and behaviour of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) early stages under different light conditions. *Aquac. Eng.* 22, 269–287.

Barroso, F.G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M.-J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., Pérez-Bañón, C., (2014): The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 422–423, 193–201.

Barry, T. (2004): Evaluation of the Economic, Social, and Biological Feasibility of Bioconverting Food Wastes with the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). University of North Texas, 5-26.

Belghit, I., Liland, N.S., Gjesdal, P., Biancarosa, I., Menchetti, E., Li, Y., Waagbø, R., Krogdahl, Å., Lock, E.-J. (2019): Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 503, 609–619.

Belghit, I., Waagbø, R., Lock, E.-J., Liland, N.S. (2019): Insect-based diets high in lauric acid reduce liver lipids in freshwater Atlantic salmon. *Aquac. Nutr.* 25, 343–357.

Bruni, L., Randazzo, B., Cardinaletti, G., Zarantonello, M., Mina, F., Secci, G., Tulli, F., Olivotto, I., Parisi, G. (2020): Dietary inclusion of full-fat *Hermetia illucens* prepupae meal in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Lipid metabolism and fillet quality investigations. *Aquaculture*, 529. 735678.

Cahu, C., Salen, P., De Lorgeril, M. (2004): Farmed and wild fish in the prevention of cardiovascular diseases: Assessing possible differences in lipid nutritional values. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 14, 34–41.

Caruso, D., Devic, E., Subamia, I.W., Talamond, P., Baras, E. (2013): Technical handbook of domestication and production of Diptera Black Soldier Fly (BSF), *Hermetia illucens*, Stratiomyidae. IRD Edition/IPB Presse, 978-979-493-610-8.

Chemello, G., Zarantonello, M., Randazzo, B., Gioacchini, G., Truzzi, C., Cardinaletti, G., Riolo, P., Olivotto, I. (2022): Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) enriched with *Schizochytrium* sp. on zebrafish (*Danio rerio*) reproductive performances. *Aquaculture* 550, 737853.

Coppens Catfish Feed Program. (2011).

Craig Sheppard, D., Larry Newton, G., Thompson, S.A., Savage, S. (1994): A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresour. Technol.* 50, 275–279.

Diener, S., Zurbrügg, C., Gutiérrez, F.R., Nguyen, D.H., Morel, A., Koottatep, T., Tockner, K. (2011): Black soldier fly larvae for organic waste treatment - prospects and constraints. 2nd International Conference on Solid Waste Management in Developing Countries, 13-15.

Drew, M. D., Borgeson, T. L., Thiessen, D. L. (2007): A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 138 (2): 118-136.

European Commission. (2020): The EU Fish Market. Publications Office of the European Union, 29.

- FAO. (2024): The State of World Fisheries and Aquaculture 2024.
- FAO. (2006): Fishery Statistics 2006.
- FAO. (2008): Fishery and Aquaculture Statistics 2008.
- Fawole, F.J., Adeoye, A., Tihamiyu, L.O., Ajala, K., (2019): Substituting fishmeal with *Hermetia illucens* in the diets of African catfish (*Clarias gariepinus*): Effects on growth, nutrient utilization, haemato-physiological response, and oxidative stress biomarker. *Aquaculture*, 518 (2020) 734849.
- Ferrer Llagostera, P., Kallas, Z., Reig, L., Amores De Gea, D. (2019): The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay. *J. Clean. Prod.* 229, 10–21.
- Fogliano, V., Vitaglione, P. (2005): Functional foods: Planning and development. *Molecular nutrition & food research*. 49. 256-62.
- Gasco, L., Gai, F., Maricchiolo, G., Genovese, L., Ragonese, S., Bottari, T., Caruso, G. (2018): Feeds for the aquaculture sector current situation and alternative sources. *Springer Briefs in Molecular Science: Chemistry of Foods*, 978- 3-319-77941-6.
- Georgescu, B., Struti, D., Papuc, T., Cighi, V., Boaru, A. (2021): Effect of the energy content of diets on the development and quality of the fat reserves of larvae and reproduction of adults of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), Faculty of Animal Science and Biotechnologies, 118: 297–306.
- Groenewald, A.A.V.J. (1964): Observations on the food habits of *Clarias gariepinus* Burchell, the South African freshwater barbel (Pisces: Clariidae) in Transvaal. *Hydrobiologia* 23, 287–291.
- Hall, D.C., Gerhardt, R.R. (2002): Flies, *Medical and Veterinary Entomology*, 127-161.
- Hardy, R.W., Tacon, A.G.J. (2002): Fish meal: Historical uses, production trends and future outlook for sustainable supplies. *Responsible Mar. Aquac.* 311–325.
- Hetényi, N., Nagyné, B.J., Bersényi, A., Jakabné, S.Zs. (2021): A fekete katonalégy lárva felhasználása a haltakarmányozásban, *Állattenyésztési és Takarmányozás*, 306-318.
- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., Fountoulaki, E. (2015): Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Anim. Feed Sci. Technol.* 203, 1–22.
- Horváth, Á., Urbányi, B. (2000): The effect of cryoprotectants on the motility and fertilizing capacity of cryopreserved African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) sperm. *Aquaculture Research*, 31, 317-324.
- Howe, E.R., Simenstad, C.A., University of Washington, Toft, J.D., University of Washington, Cordell, J.R., University of Washington, Bollens, S.M. (2014): Macroinvertebrate Prey Availability and Fish Diet Selectivity in Relation to Environmental Variables in Natural and Restoring North San Francisco Bay Tidal Marsh Channels. *San Franc. Estuary Watershed Sci*, 12.
- Hu, J., Wang, G., Huang, Y., Sun, Y., Zhao, H., Li, N. (2017): Effects of Substitution of Fish Meal with Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal, in Yellow Catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) Diets. *Israeli Journal of Aquaculture*, 69.
- Hu, Y., Huang, Y., Tang, T., Zhong, L., Chu, W., Zhenya, D., Chen, K., Hu, Y. (2020): Effect of partial black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal replacement of fish meal in practical diets on the growth, digestive enzyme and related gene expression for rice field eel (*Monopterus albus*). *Aquaculture Reports*, 17:100345.
- Jackson, A. (2009): Fish In - Fish Out (FIFO) Ratios explained. *Aquac. Eur.* 34, 5–10.



Kiss, G. (2023): Statisztikai jelentések – Lehalászás jelentés. Budapest: NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet.

Kiss, G., György, Á., Radócné, K.T., Timmel, E., Szabó, K. (2023): Jelentés a szervezet működésének 2023.évi eredményeiről. Magyar Akvakultúra És Halászati Szakmaközi Szervezet, 45-46.

Konica Minolta Sensing. (n.d.). Chromameter CR-400. DirectIndustri.

Kuo, I. P., Liu, C. S., Yang, S. D., Liang, S. H., Hu, Y. F., Nan, F. H. (2022): Effects of Replacing Fishmeal with Defatted Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* Linnaeus) Larvae Meal in Japanese Eel (*Anguilla japonica*) Diet on Growth Performance, Fillet Texture, Serum Biochemical Parameters, and Intestinal Histomorphology. *Aquaculture Nutrition*, 1866142.

Li, S., Ji, H., Zhang, B., Tian, J., Zhou, J., Yu, H. (2016). Influence of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil on growth performance, body composition, tissue fatty acid composition and lipid deposition in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture* 465, 43–52.

Li, S., Ji, H., Zhang, B., Zhou, J., Yu, H.. (2017). Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. *Aquaculture* 477, 62–70.

Lock, E.R., Arsiwalla, T., Waagbø, R. (2016). Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. *Aquac. Nutr.* 22, 1202–1213.

Longvah, T. - Mangthya, K. - Ramulu, P. (2011): Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. *Food Chem.*, 128. 400–403.

Magalhães, R., Sánchez-López, A., Leal, R.S., Martínez-Llorens, S., Oliva-Teles, A., Peres, H. (2017). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 476, 79–85.

Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197, 1–33.

Mandel, S., Packer, L., Youdim, M.B.H., Weinreb, O. (2005). Proceedings from the “Third International Conference on Mechanism of Action of Nutraceuticals.” *J. Nutr. Biochem.* 16, 513–520.

Moutinho, S., Pedrosa, R., Magalhães, R., Oliva-Teles, A., Parisi, H., Peres, G. (2021): Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae larvae meal in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles: Effects on liver oxidative status and fillet quality traits during shelf-life. *Aquaculture*, 533. 736080.

Naylor, R.L., Hardy, R.W., Bureau, D.P. (2009): Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106:15950–15955.

Newton, G. L., Sheppard, D.C., Watson, D. W., Burtle, G. J., Dove, C. R., Tomberlin, J. K., Thelen, E. E. (2005): The Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, as a Manure Management/Resource Recovery Tool. *State of the Science, Animal Manure and Waste Management*, 0-5.

Nogales-Mérida, S., Gobbi, P., Józefiak, D., Mazurkiewicz, J., Dudek, K., Rawski, M., Kierończyk, B., Józefiak, A. (2019): Insect meals in fish nutrition. *Rev. Aquac.* 11, 1080–1103.

Norges Sildesalgslag. (2011): Arsrapport 2011.

Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H., Hosseini, S.M.H. (2010): Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chem.* 120, 193–198.

- Okomoda, V., Tihamiyu, L., Ricketts, A., Oladimeji, S., Agbara, A., Ikhwanuddin, M., Isaiah, A., Abol, M.A. (2020): Hydrothermal Processing of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) Filets: Insights on the Nutritive Value and Organoleptic Parameters. *Veterinary Sciences*, 7.
- Ózsvári, L., Máté M. (2021): Az akvakultúra-ágazat globális, európai és magyarországi fejlődése. *Gazdálkodás* 65, 289–309.
- Patel, P.S., Sharp, S.J., Luben, R.N., Khaw, K.-T., Bingham, S.A., Wareham, N.J., Forouhi, N.G. (2009): Association Between Type of Dietary Fish and Seafood Intake and the Risk of Incident Type 2 Diabetes. *Diabetes Care* 32, 1857–1863.
- Peteri, A., Horvath, L., Radich, F., Purpanne, B.F. (1989): Breeding of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Halászat*, 82, 86-91.
- Pintér, K., Pócsi, L. (2002): *Hal. Mezőgazda kiadó, Budapest*, 32-40.
- Renna, M., Schiavone, A., Gai, F., Dabbou, S., Lussiana, C., Malfatto, V., Prearo, M., Capucchio, M.T., Biasato, I., Biasibetti, E., De Marco, M., Brugiapaglia, A., Zoccarato, I., Gasco, L. (2017): Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 8, 57.
- Ringo, E., Zhou, Z., Olsen, R. E., Song, S. K. (2012): Use of chitin and krill in aquaculture – the effect on gut microbiota and the immune system: a review. *Aquacult. Nutr.*, 18. 117-131.
- Rueda, P.A., Schrama, J.W., Verreth, J.A.J. (2004): Behavioural responses under different feeding methods and light regimes of the African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles. *Aquaculture*, 347-359.
- Schiavone, A., Cullere, M., De Marco, M., Meneguz, M., Biasato, I., Bergagna, S., Dezzutto, D., Gai, F., Dabbou, S., Gasco, L., Dalle Zotte, A. (2017): Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) fat in broiler diets: effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality. *Ital. J. Anim. Sci.* 16, 93–100.
- Sealey, W.M., Gaylord, T.G., Barrows, F.T., Tomberlin, J.K., McGuire, M.A., Ross, C., St-Hilaire, S. (2011): Sensory Analysis of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, Fed Enriched Black Soldier Fly Prepupae, *Hermetia illucens*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42, 34–45.
- Senzaki, H., Tsubura, A., Takada, H. (2000): Effect of Eicosapentaenoic Acid on the Suppression of Growth and Metastasis of Human Breast Cancer Cells in vivo and in vitro. *World Rev Nutr Diet*, 88:117-25.
- Shahidi, F. (2009): Nutraceuticals and functional foods: Whole versus processed foods. *Trends Food Science & Technology*, 376–387.
- Sheppard, C., Bondari, K. (1987): Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Aquaculture Research*, 18, 209-220.
- Sidhu, K.S. (2003): Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. *Regul Toxicol Pharmacol*, 38, 336–344.
- Stadtlander, T. - Stamer, A. - Buser, A. - Wohlfahrt, J. - Leiber, F. - Sandrock, C. (2017): *Hermetia illucens* meal as fish meal replacement for rainbow trout on farm. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3. 165–175.
- Surendra, K.C., Olivier, R., Tomberlin, J.K., Jha, R., Khanal, S.K. (2016): Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming. *Renew. Energy, Special Issue: New Horizons in Biofuels Production and Technologies* 98, 197–202.

Tacon, A.G.J., Hasan, M.R., Metian, M. (2011): Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects, FAO fisheries and aquaculture technical paper. FAO, Rome, 23-26.

Testo. (n.d.): testo 206-pH1-pH műszer folyadékhoz.

Texture Technologies (n.d.): TA.XTPlus Connect Texture Analyser.

Tibaldi, E., Chini Zitteli, G., Parisi, G., Bruno, M., Giorgi, G., Tulli, F., Venturini, S., Tredici, M. R. and Poli, B. M. (2015): Growth performance and quality traits of European sea bass (*D. labrax*) fed diets including increasing levels of freeze-dried *Isochrysis* sp. (T-ISO) biomass as a source of protein and n-3 long chain PUFA in partial substitution of fish derivatives. *Aquaculture*, 440, 60-68.

Tong, C., Hongxing, L., Fenglu, H., Chang, X., Erchao, L. (2024): Impact of defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal on health, muscle texture, and intestinal microbiota in Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*, 596-1016.

Turchini, G.M., Mentasti, T., Caprino, F., Panseri, S., Moretti, V.M., Valfrè, F. (2004): Effects of dietary lipid sources on flavour volatile compounds of brown trout (*Salmo trutta* L.) fillet. *J. Appl. Ichthyol.* 20, 71–75.

Van der Waal, B.C.W. (1974): Observation on the breeding habits of *Clarias gariepinus* (Burchell). *J. Fish Biol.*, 6: 23–27.

Van Huis, A. (2013): Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 563–583.

Xiao, X., Jin, p., Zheng, L. (2018): Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal protein as a fishmeal replacement on the growth and immune index of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Aquac Res.* 001-9.

## 9. Ábrák jegyzéke

1. ábra: Magyarország egy főre jutó halfogyasztása 2019-2023 között (Forrás: Kiss és munkatársai (2023))	3
2. ábra: A magyarországi étkezési haltermelés megoszlása halfajok szerint 2019-ben (Forrás: Ózsvári&Máté, 2011)	4
3. ábra: Afrikai harcsa fő termelő országai (Forrás: FAO, 2006)	5
4. ábra: Afrikai harcsa ( Forrás:Okomoda et al., 2020)	6
5. ábra: Afrikai harcsa mennyisége az intenzív termelésen belül 2019-2023 között (Forrás: Kiss G.,2023).	7
6. ábra:A fekete katonalégy életciklusának szakaszai (Forrás: koimania.hu)	11
7. ábra: Conica Minolta CR-400 (Forrás: directindustry.com)	16
8. ábra: Kontroll, 33%-os, 50%-os etetési csoport filéi (Forrás: saját fotó)	16
9. ábra: Színmérés a halak filéinek felületén (Forrás:saját fotó)	17
10. ábra: Digitális pH-mérő készülék (Forrás: testo.com)	17
11. ábra: TA.XTplus Texture Analyzer (Forrás: texturetechnologies.com)	18
12. ábra: Állománymérés az afrikai harcsa filéjén (Forrás: saját fotó)	19
13. ábra: Behrotest típusú félautomata berendezés (Forrás: saját fotó)	20
14. ábra: Az L* mérés eredményei (Forrás: saját mérés)	21
15. ábra: Az a* mérés eredményei (Forrás: saját mérés)	22
16. ábra: A b* mérés eredményei (Forrás: saját mérés)	23
17. ábra: A pH mérés eredményei (Forrás: saját mérés)	24
18. ábra: A keménység mérés eredményei (Forrás: saját mérés)	25
19. ábra: A harapási munka mérés eredményei (Forrás: saját mérés)	26
20. ábra: A nyerszsírtartalom mérés eredményei (Forrás: saját mérés)	28
21. ábra: A nyersfehérjeartalom mérés eredményei (Forrás: saját mérés)	29

## **10. Táblázatok jegyzéke**

1. táblázat: Egyes rovarlisztek nyersfehérje-tartalma (Forrás: Nogales-Mérida et al., 2019) .....	10
---------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## 11. Nyilatkozatok

### Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

#### 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Wang Anita
Neptun-kódja:	EBS2H5
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat
A munka címe:	Fekete katonalégység lárvával kiegészített táppal etetett afrikai harcsa húsának vizsgálata

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

#### 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

#### 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

##### I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
fordítás	ChatGPT5	szakirodalmi áttekintés
nyelvi korrektúra	ChatGPT5	Eredmények és értékelésük

##### II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve, verziója, elérhetősége	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet
----------------------	----------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	--------------------------------------

			<b>bejegyzésének sorszáma</b>

### 3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....


.....

.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

**Kelt:** Budapest 2025. 10 hó 23 nap



**Hallgató aláírása**



**Konzulens/Témavezető aláírása**

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Wang Anita  
A Hallgató Neptun kódja: EBS2H5  
A dolgozat címe: Fekete katonalégy lárvával kiegészített táppal etetett  
afrikai harcsa húsának vizsgálata  
A megjelenés éve: 2025  
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi És Technológiai Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológiai  
Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

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

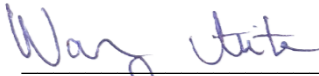
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

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

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

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025 év 10 hó 29 nap

  
Hallgató aláírása



## NYILATKOZAT

Wang Anita (hallgató Neptun azonosítója: EBS2H5) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*<sup>2</sup>

Kelt: 2025 év 10 hó 29 nap



belső konzulens

---

1 A megfelelő aláhúzendó.

2 A megfelelő aláhúzendó.