

SZAKDOLGOZAT

Bartonicsek Norbert

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
élelmiszermérnöki alapképzési szak

Különböző fehérjetápokkal etetett afrikai harcsa húsának
vizsgálata

Belső konzulens: Nyulasné Dr. Zeke Ildikó Csilla
Egyetemi adjunktus

Belső konzulens
intézete/tanszéke: Állattermék és
Élelmiszertartósítási
Technológiai Tanszék

Belső konzulens: Majzinger Koppány László
PhD hallgató

Belső konzulens
intézete/tanszéke: Állattermék és
Élelmiszertartósítási
Technológiai Tanszék

Készítette: Bartonicsék Norbert

Budai Campus

2025

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	3
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1 Afrikai Harcsa Rendszertani besorolása	5
2.2 Afrikai harcsa testfelépítése	5
2.3 Afrikai harcsa előfordulása	6
2.4 Afrikai harcsa táplálkozása	6
2.5 Afrikai harcsa szaporodása	8
2.6 Afrikai harcsa szaporítása	9
2.7 Afrikai harcsa fejlődése	10
2.8 Afrikai harcsa termelése hazánkban és világszerte	10
2.9 Recirkulációs rendszer	12
2.10 Optimális víz paraméter	14
2.11 Halfogyasztás világszerte és Magyarországon	15
2.12 Halak húsának jellemzése.....	16
2.13 Halliszt termelése és problémái	17
2.14 Halliszt kiváltása, katonalégy.....	19
2.15 Fekete katonalégy lárvá emészthetősége, hasznosítása.....	20
2.16 Rovarliszt befolyása a húsminőségre	20
2.17 Állománymérés	21
3. Alkalmazott módszerek	22
3.1 Mérés előkészítése	22
3.2 pH mérés	23
3.3 Sütési veszteség mérése.....	23
3.4 Állománymérés.....	24
3.5 Fehérje mérés.....	26
3.6 Zsírtartalom mérés	26
3.7 Érzékszervi bírálat.....	26
3.8 Statisztikai értékelés.....	27
4. Eredmények és értékelésük.....	28
4.1 pH mérés	28
4.2 Sütési veszteség mérése.....	30
4.3 Állomány mérés.....	31
4.4 Fehérjetartalom mérés.....	34
4.5 Zsírtartalom mérés	35

4.6 Érzékszervi bírálat.....	35
5. Következtetések és javaslatok.....	37
6. Összefoglalás.....	39
7. Köszönetnyilvánítás	41
8. Irodalomjegyzék	42
9. Ábrák és táblázatok jegyzéke	45
10. Mellékletek	46
11. Hallgatói nyilatkozat	47
12. Konzulensi nyilatkozat	50

1. Bevezetés és célkitűzések

A hús táplálkozásbiológiai értéke rendkívül fontos, mivel az emésztés során a fehérjék aminosavakra bomlanak és beépülnek a szervezetbe. Az állati fehérjék minden esszenciális aminosavat megfelelő mennyiségben tartalmaznak, amiket az emberi szervezet nem tud előállítani, ezért ezeket komplett fehérjéknek nevezzük. Egy kiváló fehérje forrás a halhús. A világ minden területén fogyasztanak halat, néhány országban alacsony a halfogyasztás aránya, azonban rengeteg országban a hal a fő fehérjeforrás, és a túlélést jelenti. Napjainkban elterjedt, és bevált módszer, hogy a halakat akvakultúrákban, illetve haltenyésztésekben szaporítják, nevelik, és tenyésztik. Ez az iparág az utóbbi időkben jelentős fejlődésen ment keresztül, és mára az élelmiszerellátás egyik alapjává vált. A haltenyésztés összetett, komplex feladat. Nehéz kialakítani a különböző halfajok számára az optimális környezetet, ahol a halak megfelelően szaporodnak, növekednek, és mindezek mellett a termelés hosszú távon is környezettudatos marad. A sok nehézség közt azonban az egyik legnagyobb kihívást a fenntartható haltáp előállítása, és a halfehérje alapú tápok helyettesítése jelenti. A legtöbb haltáp halhúsból és hallisztból készül, mivel ez könnyen emészthető a halak számára, és magas a tápértéke. Azonban a halászati erőforrások egyre csökkennek és a költsége egyre csak növekszik, ezért a halfehérje helyettesítésére szükséges más alternatívát találni. Kiváló megoldások lehetnek például a növényi fehérjék, az állati melléktermékek és a rovarfehérjék. Az afrikai harcsa jelentős szerepet tölt be az akvakultúrában, tenyésztése alacsony költségigényű és jól alkalmazkodik a környezethez, ezért az egyik leggyakrabban tenyésztett halfaj. Az afrikai harcsa gazdag fehérjében, alacsony zsírtartalommal rendelkezik és könnyen emészthető. Kiváló modell a különböző takarmányfehérjék hatásainak kutatásához.

Szakedolgozatomban a halfehérje kiváltására szolgáló alternatív fehérjeforrásként a rovarfehérjékkel foglalkozom. A rovarok, ezen belül is a fekete katonalégy lárvája igazán ígéretes alternatíva lehet, ugyanis magas fehérjetartalommal és nagyszerű aminosav összetétellel rendelkezik, emellett olcsón beszerezhető, gyorsan és költséghatékonyan tenyészthető és fenntartható. Céлом olyan afrikai harcsák húsának a vizsgálata, amelyeket tenyésztésük során olyan haltápokkal tápláltak, amelyekben katonalégy lárvával különböző

arányban helyettesítették a hallisztet. A keménység mérés, pH mérés, fehérje mérés, zsírtartalom mérés és az érzékszervi vizsgálatok során arra a kérdésre szeretnék választ kapni, hogy az alternatív fehérje, miként változtatja a hús minőségi jellemzőit, illetve, hogy az érzékszervi bírálók érzékelnek-e a különbséget az eltérő minták között. Valamint választ szeretnék kapni, arra, hogy a halfehérjék helyettesítésére a rovarfehérje hozzáadása milyen összetételben a legmegfelelőbb, hogy az a lehető legkisebb mértékben befolyásolja a hús minőségét. Ez a kutatás meghatározó lehet az akvakultúra és az élelmiszeripar jövőjét illetően.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 Afrikai Harcsa Rendszertani besorolása

Rendszertana (Pintér, 2002) (Internetes forrás 1, 2025) alapján.

- Ország: *Animalia* (Állatok)
- Törzs: *Chordata* (Gerinchúrosok)
- Altörzs: *Vertebrata* (Gerincesek)
- Osztály: *Actinopterygii* (Sugárúszójú halak)
- Alosztály: *Teleostei* (Igazi csontshalak)
- Rend: *Siluriformes* (Harcsa alakúak)
- Család: *Clariidae* (Zacskós harcsafélék)
- Nemzetség: *Clarias*
- Faj: *Clarias gariepinus*

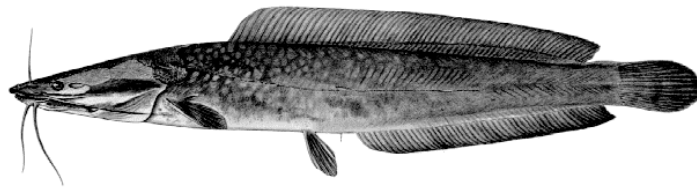
A *Clarias* nemzetséget morfológiai, anatómiai, és biográfiai vizsgálatok során sikerült 32 fajban rögzíteni. Az akvakultúrába jelentős nagytestű egyedek tartoznak ebbe a nemzetségbe. Korábban 5 fajt tartottak számon a nemzetségen belül: *Clarias senegalensis*, *Clarias mossambicus*, *Clarias anguillarus*, *Clarias lazera*, *Clarias gariepinus*. Azonban mára már csak 2 halfaj, *Clarias gariepinus* és *Clarias anguillaris* tartozik ide (Graaf and Janssen, 1996).

2.2 Afrikai harcsa testfelépítése

Az afrikai harcsa (1. ábra) testét nem fedi pikkely, nyálkás, hasi része fehéres színezetű, háti részére a szürke szín a legjellemzőbb. Hosszú farka és rövid törzse oldalról lapított. Hátúszója és farok alatti úszója egyaránt hosszú és lágy úszósugarakat tartalmaz (Molnár, 2011). A farokúszója kerekített, más harcsákkal ellentétben a hátúszója nincs elcsökevényesedve, és csak mellúszóit erősíti kemény úszósugár. Hatalmas csontos fejük felülről lapított. Szájuk szélesen hasított, bennük alul és felül sűrű, kefeszerű, apró és hegyes fogak találhatóak, amit gerebenfogazatnak nevezünk. Száján 4 pár bajuszszál található, amelyek fő funkciója a táplálék felkutatás. A harcsa szeme apró és látása igen gyenge, főként a fényviszonyok

változását érzékeli vele. Hallószerve, elektromos- és rezgésérzékelése, illetve szag- és ízérzékelése fejlett (Havasi, 2014). A *Clariidae* családra jellemző egy különös járulékos légzőszerv, amely a kopoltyúívekből ered (Karfiolszerv), mely segítségével a vízből felvett oxigén mellett a levegőből is képes oxigént felvenni és azt hasznosítani (Molnár, 2011). A harcsa izomzatában nincsenek szálkák. Eredeti élőhelyén akár a 120 cm-es testhosszúságot is elérheti (Pintér, 2002).

1. ábra: Afrikai harcsa (Internetes forrás 2, 2025).



2.3 Afrikai harcsa előfordulása

Természetes környezetében szinte kivétel nélkül megtalálható egész Afrika területén, Jordániában, Libanonban, Törökországban és Izraelben is. Az afrikai harcsát a világ számos részére betelepítették, köztük Európába, Ázsiába és Dél-Amerikába. Magyarországra 1986-ban telepítették először (Pintér, 2002).

Az afrikai harcsa folyókban, tavakban, patakokban, mocsarakban, ártereken és rizsföldeken fordul elő, ahol nem okoz gondot nekik a száraz évszak, illetve a részleges kiszáradás sem (Internetes forrás 2, 2025). Kiegészítő légzőszervüknek köszönhetően mocsaras, iszapos környezetben akár heteken át, illetve vízen kívül akár több órán keresztül is túlélnek (Molnár, 2011). Magyarországon természetes vizeinkben is előfordulhat, azonban az időjárási viszonyaink miatt a téli időszakot nem élnek túl, ezért nem kell számítanunk a meghonosodására. Gyakori, hogy nyáron horgásztavakba, halastavakba is kihelyezik majd az őszi lehűlés kezdetekor lehalásszák és értékesítik (Pintér, 2002).

2.4 Afrikai harcsa táplálkozása

Az Afrikai harcsa mindenevő halfaj, nem kizárólag ragadozó életmódot folytat, előszeretettel fogyaszt halakat, csigákat, rákféléket, kis termetű emlősöket, madarakat, dögöket, növényeket, magvakat és főként rovarokat, férgeket. Lárva korban tápláléka természetes körülmények között kizárólag zooplanktonok, amit az idő előrehaladtával is előszeretettel fogyaszt. Alapvetően ragadozó életmódot folytat, túlnyomó részt éjjel táplálkozik. 4 pár bajuszszála segítségével tapogatózik, és keresi táplálékát a sötétben. Kutatásokkal megfigyelték, hogy 23 százalékkal csökkent a táplálkozási hatékonysága a bajuszszalak eltávolítása után (Internetes forrás 2, 2025). Képes nagy méretű zsákmányokat elfogyasztani, garatüregének hirtelen megnövelésével létrehoz egy szívó hatást, nagy és széles szájával megragadja áldozatát és a több sorban elhelyezkedő borotva éles görbült apró fogaival megakadályozza zsákmánya szökését. Szűrő táplálékszerzésre is képes, száján nagy mennyiségű vizet áramoltat át. Az afrikai harcsa jobban megemésztí a fehérjetartalmú táplálékokat, mint a szénhidrátokat (1. táblázat). Magas a fehérjeigénye miatt a legjobb növekedési arány eléréséhez 35-40 %-os nyersfehérje tartalmú táp etetése szükséges (Molnár, 2011).

1. táblázat: Ajánlott tápanyag mennyiségek melegvízi mindenevő faj számára szolgáló táp szárazanyag %-ában (Office of Assistant Director-General, 1983).

Értékek	Ivadék és növendékhal	Növendék és kifejtett hal	Tenyészhal
Fehérje, % min.	30	25	30
Zsír, % min.	8	5	5
Kalcium, % min.	0,8	0,5	0,8
Kalcium, % max.	1,5	1,8	1,5
Elérhető foszfor, % min.	0,6	0,5	0,6
Elérhető foszfor, % max.	1	1	1
Metionin + cisztin, % min.	1,2	0,9	1
Lizin, % min.	2	1,6	1,8
Emészthető energia (Kcal/100 g), min.	310	280	280

Az afrikai harcsa tápok a fehérjék mellett gazdag vitaminokban, ásványi anyagokban, valamint ezen felül növényi vagy állati eredetű takarmányösszetevőket tartalmaznak (2. táblázat) (Molnár, 2011).

2. táblázat: Afrikai harcsatáp vitamin premix összetétele (Molnár, 2011).

Vitamin	Mennyiség
Tiamin	11 g
Riboflavin	13 g
Piridoxin	11 g
Pantoténsav	35 g
Nikotinsav	88 g
Folsav	2,2 g
B12 vitamin	0,09 g
Kolin	550 g
Aszkorbinsav	350 g
A vitamin(NE)	4 400 (NE) × 1000
D vitamin(NE)	2 200 (NE) × 1000
E vitamin(NE)	55 (NE) × 1000
K vitamin(NE)	11 (NE) × 1000
Kukoricaliszt	2 kg

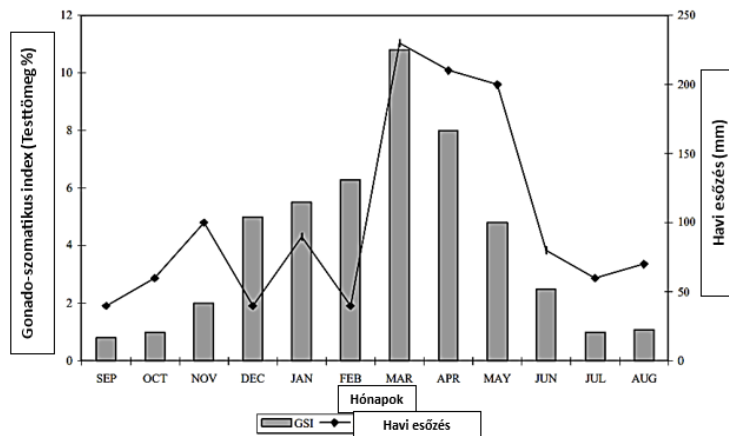
NE: nemzetközi egység

2.5 Afrikai harcsa szaporodása

Az afrikai harcsa szexuális érettsége ciklikus és szezonális (2. ábra). Az ivarérettséget 1-3 éves korában éri el, a nem érett állapotból kevesebb mint egy hónap alatt történik az érett állapotba való fejlődés (Clay, 1979). A nőstény egyedek peteérése szezonális, a peteérést a vízhőmérséklet, illetve a fotoperiódus hatás befolyásolja. Az esős évszakokban az esőzések hatására megemelkedik a vízszint, és ez a kiváltó oka, hogy elkezdődik az ívás (Molnár, 2011). Azon területeken, ahol két esős évszak van évente, két szaporodási csúcs figyelhető meg, és ezeknek az intenzitása az esőzések mennyiségével áll szoros kapcsolatban (Internetes forrás 2, 2025).

A Petefészek fejlettségének jellemzésére, a petefészek tömege alapján, jól használható mérőszám a gonado-szomatikus-index, azaz a GSI (Lefler, 2010).

2. ábra: Afrikai harcsa GSI mérőszáma és a havi csapadékmennyiség közötti összefüggés, Viktória-tó, Kenya (Graaf and Janssen, 1996).



Az ívás rendszerint az éjszakai órákban történik a folyók, tavak sekély elárasztott részein. A hímek agresszívvá válnak és összecsapnak egymással, majd ezt követi az udvarlás. A párok külön vonulnak és a sekély vízben megkezdődik a párzás. A párzási testtartás során a hím U alakba hajlik a nőstény feje köré, és néhány másodpercig úgy marad. Az ikrák és tej kiengedését követően a nőstény erős farokcsapásokat végez, hogy a petéket széles területen szétszórja. Az ikrák általában vízínövényeken, illetve elöntött szárazföldi növényeken tapadnak meg. A folyamatot követően pár percet pihennek, majd folytatják a párzást. Egy átlagos 30-90 cm testméretű hal, körülbelül 10.000-200.000 darab ikrát rakhat. A harcsaivadékok túlélését a szülők nem segítik, az ikrák nagyon gyors ütemben fejlődnek, és a lárvák a megtermékenyítést követő 48-72 órában 23-28 °C vízhőmérsékleten már képesek önállóan úszni (Graaf and Janssen, 1996). A kikelés utáni 10-15 napban megkezdődik az ivari differenciálódás. 30 nap elteltével az ivadékok már elérik a 4-7 grammos testtömeget (Internetes forrás 2, 2025).

2.6 Afrikai harcsa szaporítása

Az afrikai harcsák szaporítása halnevelő telepeken mesterséges úton történik, mivel természetes környezetben a szaporodásukat külső környezeti tényezők befolyásolják. (Internetes forrás 2, 2025). Meleg, 22°C feletti vízhőmérséklet esetén az afrikai harcsa egész évben szaporítható mesterséges úton, ugyanis a nőstény a petefészkében érett petesejtet raktároz. Egy fejlett nőstény petesejtjei a testtömegének 15-20%-át teszik ki (Graaf and Janssen, 1996). Számos ismert szaporítási módszer alkalmazható a harcsák esetében, mint például a természetes ívatás és a félmesterséges ívatás; azonban a leghatékonyabb módszer az indukált keltetőházi, más néven mesterséges szaporítás. A szaporodást hormonkezeléssel

valósítják meg. Az ovulációt kiváltó hormonpreparátumokat injekciós tű segítségével juttatják be az állat hormonrendszerébe, ezt az eljárást nevezzük hormoninjektálásnak. A mesterségesen lefejtett és megtermékenyített ikrát ezután érlelik és előnevelik (Müller et al., 2020).

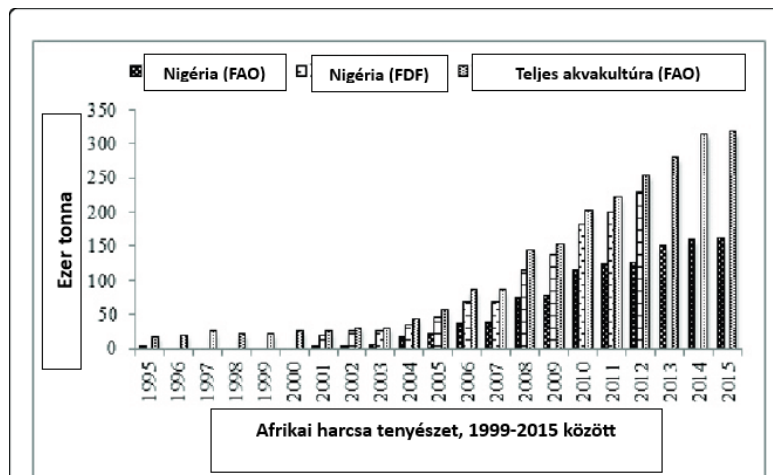
2.7 Afrikai harcsa fejlődése

A harcsa növekedését számos tényező befolyásolja: a táplálék mennyisége, minősége és elérhetősége, a víz oxigén- és sótartalma, a fényviszonyok és más fizikai, biológiai paraméterek. A legfontosabb azonban a víz hőmérséklet, aminek közvetlen hatása van a növekedésre, illetve befolyásolja a táplálékfelvétel és anyagcsere intenzitását (Havasi, 2014). Az ideális hőmérséklet a növekedésükhöz 25-30 °C, mesterséges szaporításukhoz minimum 21 °C szükséges. Az afrikai harcsa 9 °C -os víz hőmérséklet alatt nem képes életben maradni. Az ideális oldott oxigéntartalom 6 mg/l, az egyedek növekedésükkel párhuzamosan egyre ellenállóbbak lesznek a környezeti viszonyoknak. A felnőtt, kifejlett egyedek brakk vízben (fészs víz, a só tartalma magasabb, mint az édesvízé, azonban alacsonyabb, mint a tengervízé) is képesek életben maradni. Az ideálisnak nevezhető só tartalom számukra 100-8000 mg/l és a maximális sótolerancia 9-9,5 ppt. Nagyon gyors növekedés jellemzi a halfajt, tenyészetekben akár 6-10 hónap alatt elérheti 500-1000 grammos piaci tömegét. Természetes élőhelyén, ahol nem korlátozott a vízterület mérete, 8-10 év leforgása alatt elérheti az 1 méteres testhosszúságot is (Molnár, 2011).

2.8 Afrikai harcsa termelése hazánkban és világszerte

Az afrikai harcsa akvakultúrában betöltött jelentőségét már az 1940-es években felismerték, azonban akkor még nem rendelkeztek elegendő ismerettel és megfelelő technológiával, hogy sikeresen tenyészék a halfajt (Hecht, 2013). Az 1980-as években sikeresen kidolgozták az afrikai harcsa mesterséges szaporítását, ami robbanásszerűen beindította a termelést (Havasi, 2014). A harcsa termelése nagyon gyors ütembe növekszik (3. ábra).

3. ábra: Afrikai harcsa termelés Nigériában és a teljes akvakultúrában (Dauda et al., 2018).



Az afrikai harcsa farmokon előállított mennyisége az új évezred első évtizedében vált igazán jelentőssé, elsősorban a szubszaharai Afrika területén, azon belül Nigériában és Ugandában. A termelés jelentősen növekedett a 2000-es években köszönhető többek között a faj táplálkozási igényeinek kutatásával, a takarmánykezelési gyakorlatok optimalizálásának, valamint a tartályos tenyésztési módszerek kidolgozásának. 2010-re a szubszaharai Afrikában az afrikai harcsa vált a legfontosabb akvakultúrai halfajjává a maga 200 000 tonnás össztermelésével (Hecht, 2013). Nigériában a termelés növelése azóta stagnál, sokan megpróbálkoznak a harcsatenyésztéssel, de kudarcot vallanak és feladják. Az akvakultúra számára a jelenlegi gazdasági és biztonsági helyzet szintén kedvezőtlen, főként a háború sújtotta területeken. Gazdasági szempontból a takarmányárak emelkedtek, míg a harcsa piaci árai nem követték ezt. Az afrikai harcsa azonban továbbra is a legnépszerűbb hal, illetve fehérje forrás Nigériában (Willem, 2021).

Mára az afrikai harcsát a legtöbb kontinens számos országában előszeretettel tenyésztik (4. ábra). Jelentős termelő országok közé sorolható Brazília, Kína, Szíria Lengyelország, Hollandia és a fő termelők közt emlegetjük Magyarországot is (Havasi, 2014).

4. ábra: Afrikai harcsa fő termelő országai (Internetes forrás 2, 2025).



Afrikában a harcsa termelés túlnyomó része tavakban történik monokultúras statikus körülmények között. A harcsákat gyakran tenyésztik tilápia fajokkal együtt biokultúrákban (Hecht, 2013). Ázsiában szintén nílusi tilápiával együtt tavakban tartják a harcsákat, de a ketreces nevelés is előfordul. Nigériában, illetve Európában átfolyóvizes és recirkulációs rendszerekben nevelik a halakat (Havasi, 2014). Az afrikai harcsát Magyarországon monokultúrákban belterjes, másnéven intenzív rendszerekben tenyésztik. Az intenzív haltenyésztés lényegében annyiban különbözik a külterjes, extenzív haltenyésztéstől, hogy több halat termelnek kisebb helyen, rövidebb idő leforgása alatt. A halsűrűség külterjes és belterjes rendszerek között akár 5000-szeres is lehet a belterjes rendszerek javára. Számszerűsítve míg egy átlagos extenzív halastóban 50 g/m^3 halsűrűség a jellemző, addig egy intenzív halnevelő üzemben akár 2500 kg/m^3 halsűrűség is alkalmazható (Molnár, 2011).

Hazánkban a legnagyobb harcsatermelő vállalata a Szarvas-Fish Kft. A termelés a szaporítástól kezdve az áruhal előállításáig hazánkban történik. A vállalat 1993-óta működik, kezdetben 25 tonna éves termeléssel rendelkezett, azonban mára már több mint 2000 tonna harcsát termel évente (Internetes forrás 3, 2017).

2.9 Recirkulációs rendszer

A recirkulációs akvakultúra rendszerek (RAS) az intenzív haltenyésztés egyik legfontosabb technológiai újítását jelentik, amelyeket elsősorban ott alkalmaznak, ahol a víz rendelkezésre állása korlátozott. Ezeknek a rendszereknek a működési elve a vízforrás hatékony felhasználásán alapul, hiszen különböző műszaki megoldások révén képesek a vízmennyiség

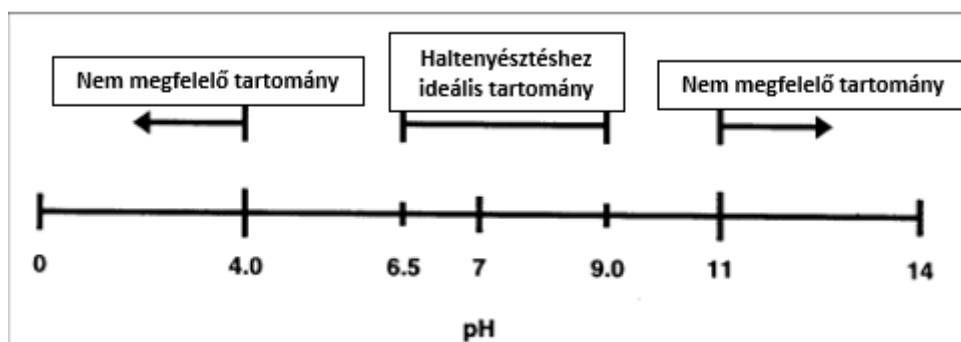
90–99%-át visszaforgatni és újrahasznosítani (Badiola et al., 2012). A recirkuláció lényege, hogy a halnevelő medencék kifolyó vizét először mechanikai, majd biológiai szűrőkön vezetik át, ezt követően eltávolítják belőle a feloldott gázokat, főként a szén-dioxidot, majd a tisztított vizet visszajuttatják a medencékbe. A recirkuláció intenzitása jelentősen változhat a visszaforgatott vagy újrafelhasznált víz arányától függően. Napjainkban a legtöbb RAS rendszert zárt, hőszigetelt épületekben alakítják ki, intenzív termelésre optimalizálva, ahol az egy kilogramm megtermelt halra jutó pótlóvíz mennyisége akár mindössze 300 liter is lehet. Amennyiben a recirkulációs rendszert további kezelési lépésekkel, például denitrifikációval és foszforeltávolítással egészítjük ki, a vízfogyasztás tovább csökkenthető, és a megtermelt halkilogrammonkénti vízigény akár 30–40 literre is mérsékelhető (Bregnballe, 2025). A RAS kiépítése lehetővé teszi, hogy teljes körű kontrollt gyakoroljunk a vízminőségi és környezeti paraméterek, valamint a betegségek felett, ami optimális feltételeket biztosít a halak növekedéséhez és egészséges fejlődéséhez. Ugyanakkor a technológiának a hátránya, hogy magas beruházási és működtetési költségek jellemzik. A víz folyamatos újra felhasználása állandó friss víz betáplálást igényel, amely folyamatos szivattyúzással jár, így jelentős mértékben növeli az energiafelhasználást. Ez a technológia, egy komplex rendszer, amelynek üzemeltetéséhez folyamatos monitorozás szükséges (Badiola et al., 2012). A recirkulációs rendszerekben a betegségek minimalizálása érdekében kizárólag száraz tápok alkalmazhatók. A halak napi többszöri etetése során a víz salakanyagokkal, szén-dioxiddal és ammóniával szennyeződik, ezért folyamatos tisztításra van szükség. A vízkezelés a fentebb említettek szerint két fő lépésből áll. Először mechanikai szűrés történik, amely mikroszűrőkkel (általában 20–100 µm lyukmérettel), leggyakrabban dobszűrőkkel távolítja el a lebegőanyagokat. Ezt követi a biológiai szűrés, ahol a vízben lévő ammóniát nitrifikáló baktériumok alakítják át előbb nitritté, majd nitráttá. A biológiai szűrők állandóan víz alatt működnek, műanyag töltettel rendelkeznek, amelyen a baktériumok vékony biofilmet képeznek. A víz lamináris áramlása biztosítja a hatékony nitrifikációt, miközben a heterotróf baktériumok az oxigént felhasználva lebontják a szerves anyagokat, és salakanyagként szén-dioxid, ammónia és iszap keletkezik. A denitrifikáció során a leggyakrabban előforduló baktériumok a *Pseudomonas* nemzetség tagjai. A nitrátot anaerob körülmények között, oxigén hiányában redukálják légköri nitrogénné, amely a vízből a légkörbe távozik. Ennek eredményeként a vízi környezet nitrogénterhelése csökken. A recirkulált vizet a halnevelő medencékbe való visszavezetés előtt meg kell szabadítani a felgyülemlt gázoktól, ezt a folyamatot gáztalanításnak nevezik.

A RAS rendszerek környezetvédelmi szempontból előnyösek, mivel csökkentik a felhasznált víz mennyiségét, és a keletkező melléktermékek felhasználhatók biogáz előállítására vagy termőföldek trágyázására (Bregnballe, 2025).

2.10 Optimális víz paraméter

A víz pH-ja jelzi, hogy a közeg savas vagy lúgos, Pontosabban a pH a víz hidrogénion koncentrációját jelzi, és a moláris hidrogénion-koncentráció negatív logaritmusaként van meghatározva. A víz savasnak tekinthető, ha a pH 7 alatti, és lúgosnak, ha 7 feletti. A legtöbb pH-érték 0 és 14 közé esik (Wurts and Durborow, 1992). A savasság mutatja, hogy a víz mennyire képes semlegesíteni erős lúgokat, és a lúgosság pedig, hogy a víz mennyire képes semlegesíteni erős savakat (Boyd et al., 2011). Az akvakultúrában ajánlott pH-tartomány 6,5–9,0 (5. ábra). A halak és más gerincesek átlagos vér-pH-ja 7,4. A halak vére nagyon szoros kapcsolatba kerül a vízzel ugyanis mindössze 1–2 sejtréteg választja el, amikor a kopoltyúk és a bőr erein keresztül áramlik. A víz kívánatos pH-tartománya tehát közel áll a halak vérének pH-jához (kb. 7,0–8,0). A halak stresszt szenvedhetnek, sőt el is pusztulhatnak, ha a pH 5 alá esik, vagy 10 fölé emelkedik. A szén-dioxid ritkán okoz közvetlen mérgezést a halak számára. Ugyanakkor a magas koncentráció csökkenti a víz pH-ját, és korlátozza a halak vérének oxigénszállító kapacitását azáltal, hogy csökkenti a kopoltyúknál a vér pH-ját. A halak megfulladhatnak, ha magas a CO₂-szint, míg alacsony CO₂ mellett nem mutatnak károsodást. A harcsa elviseli a 20–30 mg/L CO₂-koncentrációt, ha a felhalmozódás lassan megy végbe és az oldott oxigénszint megfelelő. A magas CO₂-koncentráció szinte mindig alacsony oldott oxigénszinttel jár együtt. Az oxigénszint növelésére alkalmazott levegőztetés bizonyos mértékben segít a felesleges CO₂ eltávolításában is, mivel elősegíti annak visszadiffundálását a légkörbe (Wurts and Durborow, 1992).

5. ábra: Haltenyésztéshez kívánatos pH tartomány (Wurts and Durborow, 1992).



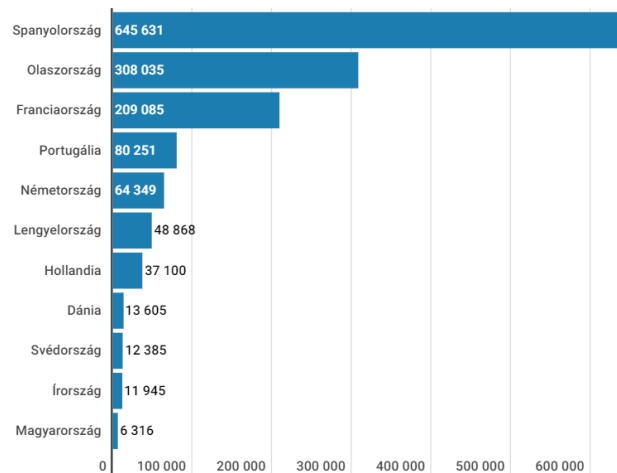
2.11 Halfogyasztás világszerte és Magyarországon

A halászati termékek („valamennyi vadon élő vagy tenyésztett, tengeri vagy édesvízi állat, beleértve azok minden ehető formáját, részét és a belőlük készült összes terméket”) (Géza, 2024). Alapvető tápanyagforrást biztosítanak a világ számára. 2022-es adatok mutatják, hogy a halászati termékek több mint 3,4 milliárd ember számára biztosították az állati eredetű fehérjebevitel több mint 20%-át. A halfogyasztás mennyisége országok, illetve régiók közt nagyon eltérő, amihez nagyban hozzájárul a földrajzi elhelyezkedés, gasztronómiai hagyományok, az élelmiszerek elérhetősége, ára, valamint a fogyasztók jövedelmi szintje. Ázsiában és Afrikában a haltermékek az egyik legolcsóbb élelmiszer forrást jelentik, ezzel szemben több európai országban a halászati termékek ára nagyon magas (Tacon et al., 2025).

Magyarország halfogyasztása jelentős mértékben elmarad az európai átlagtól (6. ábra). A mediterrán országokban, Portugáliában, Spanyolországban és Olaszországban fogyasztják a legtöbb halászati terméket, amelyhez nagyban hozzájárul, hogy ezek az országok saját tengerparttal rendelkeznek (Nikoletta, 2022). Az egy főre jutó halfogyasztást nézve az Európai átlag 21,8 kg/fő/év, míg ehhez képest Magyarországon ez a szám 5,3 kg/fő/év, amellyel utolsó helyen áll az Európai országok között. Hazai kutatások rávilágítanak, hogy több tényező is befolyásolja a halfogyasztást. Az alapvető indokok, minthogy Magyarország nem rendelkezik tengerparttal, illetve, hogy a magyar emberek számára a hal túl drága, önmagában nem magyarázza a dolgot, hiszen a hasonló helyzetben lévő országokhoz képest is el vagyunk maradva. A fogyasztókat megkérdezve a következő okokat sorolták fel: A termék nehezen

elérhető, az otthoni feldolgozás munkaigényes, nem értenek a halakhoz, félnek a szálkáktól, undorodnak a hal szagától, látványától (Temesi, 2016).

6. ábra: Egyes európai országok által elfogyasztott halászati termékek mennyisége 2020-ban tonnában megadva (Nikoletta, 2022).



A halfogyasztási szokások népszerűsítésére stratégiai megoldást nyújthatnak a jó minőségű, modern fogyasztói igényekhez jól illeszkedő, egyszerűen igénybe vehető halkészítmények (Mitterer-Daltoé et al., 2013). A fejlődéshez hozzájárulhat a piaci kínálat növelése, többféle halfaj termelése, amit intenzív rendszerekben kiválóan megvalósíthatunk. Hazánkban 2017-es adatok szerint 21 intenzív üzemi rendszer működik, ahol 4200 tonna halat termelnek éves szinten, és ez a szám évről évre növekszik. Ez a folyamatos növekedés nagy mértékben köszönhető az afrikai harcsa termelés bővülésének. Annak ellenére, hogy a halfogyasztásunk szerint utolsó helyen állunk, az afrikai harcsa termelésben Magyarország az elsők közt van Európában (János et al., 2018).

2.12 Halak húsának jellemzése

A halak izomzata simaizomból és harántcsíkolt izomból áll, a többi gerinceshez hasonlóan. A halak izomzatának legnagyobb részét a vázizom teszi ki. Izomrostjainak átlagos hossza 10 mm, amiknek a hossza az életkorral együtt növekszik. A vázizomzatuk jól elkülöníthető fehér és vörös izom részre. A vörös izom rendkívül jó vérellátású, a vörös színét a magas myoglobin tartalma adja. Avasodásra hajlamos, ugyanis magas a zsírtartalma. A vörös izomban lipid és glikogén tárolódik, ezzel szemben a fehér izomban glikogén raktározódik. A vörös izom aerob

bontás segítségével nyeri a mozgáshoz szükséges energiát, míg a fehér izomban anaerob úton, tejsavas erjedéssel termelődik az energia. A vörös izomrostok átmérője kisebb, lekerekített alakú, a fehér izomrostok átmérője nagyobb háromszögletű, hexagonális, vagy szabálytalan alakú. A vörös izom a test két oldalán, illetve az úszók alapjánál található. A vázizom túlnyomó részét a fehér izom képezi, aminek a nagy erő kifejtését igénylő hirtelen mozgásokban van szerepe. A vázizomzat szelvényezett felépítésű. Az izomszelvények (myomerek) a csigolyák számával egyezik meg, kollagén rostokban gazdag kötőszövetes sövetek (myoseptumok) választják el őket egymástól (Horváth, 2000). A fehér húsú halak filéjének víztartalma körülbelül 80%, ami szorosan fehérjéhez kötött. Víztartalma nehezen kinyerhető. A halhúsban 15-20% a fehérjeteralom, ami aminosavak összekapcsolódásából jön létre. A halfehérje nagyon egészséges, ugyanis magas arányban tartalmaz lizint és metionint, valamint rendkívül jó arányban tartalmaz esszenciális aminosavakat, amiket az emberi szervezet nem tud előállítani. A halhús annyi fehérjét tartalmaz, hogy egy ember napi fehérjeszükségletének kielégítésére, elegendő 400 g elfogyasztása. A fehér húsú halak zsírtartalma a vázizomban nagyon alacsony, a halak a zsír nagy részét a májban tárolják. A zsírmolekulák trigliceridekből épülnek fel, amik glicerinből és különböző zsírsavakból állnak, amik észterkötéssel kapcsolódnak egymáshoz. A zsírok fő energiaforrások a szervezet számára, ezért a halhús a kisebb zsírtartalma miatt kisebb energiatartalmú, a többi meleg véjú állathoz mérten. Szénhidrát tartalma 1%, azaz meglehetősen alacsony. A halhús ásványi anyagokban és vitaminokban gazdag forrás. Ásványi anyagok közül tartalmaz: foszfort, káliumot, kalciumot, vasat, szervesen kötött jódot, valamint szelént, ami közrejátszik a szervezet méregtelenítésében, és erősíti az immunrendszert. A halhús gazdag A, B1, B2, B5, C, és E vitaminban. Az emberi szervezet vitaminellátásához a heti kétszeri halfogyasztás nagy mértékben hozzájárul (Molnár, 2011).

2.13 Halliszt termelése és problémái

A halliszt egy kereskedelmi termék, amit nagy százalékban erre a célra vadon fogott kisméretű tengeri halakból, illetve emberi fogyasztásra szánt halak feldolgozása során visszamaradt részeiből állítanak elő. A halliszt nagyra becsült takarmányfehérje forrás, amint elsősorban a haltakarmányok fő alapanyagaként használnak fel (Olsen and Hasan, 2012). A haltápok

összetételét 50-70%-ban teszi ki (Macusi et al., 2023). A hallisztet por formájában árusítják, amit a hal vagy haldarabok főzése, szárítása és őrlése útján nyernek. Gyakorlatilag bármilyen tengeri hal, vagy kagyló felhasználható a halliszt készítésére, azonban fő nyersanyaga a kisméretű pelágikus halfajok (Olsen and Hasan, 2012). A pelágikus halak azok, amelyek tipikusan a tengerek középső és felső részeiben élnek. A kis pelágikus halfajok közé tartoznak a heringek, szardellák, szardíniák, makrélák és a kisebb tőkehalfélék. Ezek a halak gyakran csoportosan mozognak nagy rajokat alkotva. Jellemzően magas olajtartalommal rendelkeznek (Stephenson and Smedbol, 2001).

A halliszt az akvakultúra egyik legfontosabb alapanyaga, mivel nyersfehérje tartalma magas, 60-72%, és kiváló az emészthetősége a halak számára. Mindezek mellett rendkívül jó az aminosav összetétele, kiváló mennyiségű omega-3 típusú zsírsavakat tartalmaz, illetve gazdag kalciumban, foszforban, magnéziumban, káliumban és B-vitaminokban. Ezekon felül a halak számára gyorsabb növekedést eredményez más fehérjékkel szemben (Havasi, 2014). Azonban a népességnövekedés és a halfogyasztás iránti fokozott kereslet folyamatos emelkedése miatt az akvakultúra szerepe egyre jelentősebbé vált az évek során. Az iparág gyors bővülése miatt fokozódott a halliszt iránti kereslet, ami az árak drasztikus növekedéséhez és a tengeri halállomány csökkenéséhez vezetett (7. ábra). A kilencvenes évek elején körülbelül 400 USD/tonna körül mozgott. 2002-től kezdődően az átlagár folyamatos emelkedésnek indult, 600 USD/tonnáról 1200 USD/tonnára 2009-re. A magas árak és a túlhalászat elleni intézkedések miatt a halliszt termelés csökkenő tendenciát mutat. Az akvakultúra fejlődéséhez és fenntartásához elengedhetetlenek az új alternatív megoldások keresése (Olsen and Hasan, 2012).

7. ábra: A halliszt árának változása USD/tonnában megadva (Internetes forrás 4, 2025).



2.14 Halliszt kiváltása, katonalégy

Az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági szervezete szerint a tengeri erőforrások szűkösségének mérséklése érdekében kulcsfontosságú lépés a halliszt és halolaj mennyiségének csökkentése a takarmányokban. Ezért szükség van alternatív fehérjeforrásokra a halliszt kiváltására.

Számos növényi, állati és egysejtű fehérjék képesek részben vagy teljesen helyettesíteni a drágább hallisztet. Az állati eredetű fehérjék hagyományosan rendkívül jó alternatívák, mivel magas fehérje- és zsírtartalommal, jó aminosav összetétellel és megfelelő ízletességgel rendelkeznek, azonban továbbra is drága alapanyagok. Számos magas fehérjetartalmú növényi alapanyag is szolgálhat alternatívaként, hiszen a fehérjetartalmuk és aminosav emészthetőségük megegyezik a halliszttel, azonban az aminosav összetételük nem minden halfaj számára felel meg. Például a szójadara metioninban szegény, a kukoricaglutén liszt lizin tartalma alacsony és a búzaglutén liszt pedig lizinben és argininben hiányos. Kutatások szerint a növényi fehérje alkalmazása a halak izomzatának kémiai összetételére eltérő hatással van. Növényi alternatívaként a szójából készülő fehérje alacsony költsége és kiegyensúlyozott aminosav összetétele miatt hatékonynak bizonyul, akár 40-100%-ban helyettesítheti a hallisztet (Macusi et al., 2023). Egyre nagyobb szerepet töltenek be a takarmányozásban a rovarokból készült fehérjék, ugyanis jó állati fehérjeforrást jelentenek a halak számára, és gazdaságilag kevésbé értékes alapanyagok. 2017 június 1.-től engedélyezetté vált a rovarokból és lárváikból készített fehérjék felhasználása a halak és vízi állatok takarmányaiban. Magyarországon is elkezdődött a fekete katonalégy lárva kisüzemi termelése, azonban a nagy volumenű termelés létrehozására még erőfeszítések folynak.

A fekete katonalégy a kétszárnyúak rendjébe tartozó, Amerikában őshonos, hosszúkás testű rovar. A fekete katonalégy főként lárva állapotában kerül feldolgozásra. A fekete katonalégy beltartalmi értékei nagyban függenek attól, hogy a rovarokat milyen takarmányon nevelték. A katonalégy nyerszsírtartalma 6-38% között, nyersfehérje tartalma 38-57% között változik. A katonalégy lárva sajátossága, hogy a benne található zsírsav 21-49%-a laurinsav, ami antibakteriális tulajdonságú, emellett pozitív hatást gyakorol a termelésre. A rövid szénláncú zsírsavak könnyen oxidálódnak, ezáltal meggátolják a zsírdeponálást a halaknál. A rovarok 11-26%-ban tartalmazznak nem fehérje eredetű nitrogénforrást. A többi rovarfajhoz képest a

katonalégy több kalciumot tartalmaz, aminosavak szempontjából metioninból és ciszteinből kiegészítésre szorul, azonban mindezek mellett remek lizin forrás (Hetényi et al., 2022).

2.15 Fekete katonalégy lárva emészthetősége, hasznosítása

Az állati takarmányokban jelenleg kétféle fekete katonalégy lárva alapú termék érhető el: Zsírtalanított, illetve a teljes zsírtartalmú változatok, amik egymástól a telítette zsírsavak mennyiségében és az összes zsírtartalomban térnek el (Lu et al., 2022). A rovarfehérjék hasznosítását az antinutritív anyagok előfordulása, és a táplálóanyagok emészthetősége határozza meg. Természetes környezetben a rovarok a legtöbb halfaj egyik fő táplálékát képezik, ezért ezek a halfajok a kitin emésztéséhez szükséges kitináz és kitobiáz enzimet termelnek. Az enzimek aktivitása fajonként eltérő, ezért a rovarfehérjék bizonyos halfajok esetében javíthatja, illetve ronthatja a termelési mutatókat. A kitin kedvező hatással van a bélflóra összetételére, immunstimulánsként működik, fokozza a makrofág aktivitást, valamint elősegíti a zsírok felszívódását gyorsítva ezzel az emésztést és a kiválasztást. Ezen felül antimikrobiális hatású peptidek találhatók a rovarokban, aminek hatására a Gram negatív- és pozitív baktériumok ellen védelmet nyújtanak és egyfajta antibiotikumként hasznosíthatók (Hetényi et al., 2022). Összességében a halfajok általános többségénél a fekete katonalégy alkalmas 25-50%-ban helyettesíteni a hallisztet a takarmány hasznosítása és a termelési mutatók romlása nélkül. Nagyobb arányban azonban romlanak a termelési mutatók, illetve takarmány elutasítás is történhet (Bartucz et al., 2023).

2.16 Rovarliszt befolyása a húsminőségre

A rovarlisztek használata esetén a nagy arányú bekeverés egyik nemkívánatos jellemzője az omega-3 zsírsav tartalom csökkenése. Azonban a rovar lárvák zsírsavösszetétele a takarmányozásukkal módosítható, például a lenmagolaj, ami az omega-3 zsírsav tartalmat növeli. A halfilé lipid tartalma változásokat idézhet elő a hús ízanyagaiban. Azonban a 25-50%-ban helyettesített rovarliszt kutatások alapján nincs szignifikáns hatással az érzékszervi jellemzőkre (Hetényi et al., 2022). Az afrikai harcsa esetében a teljes étrend 66%-a helyettesíthető anélkül, hogy számottevő különbség mutatkozott volna a vizsgált paraméterekben (Bartucz et al., 2023). A laurinsavra jellemző babérszag, íz nem jellemző ezekben a filékben. Kutatások eredménye alapján a fekete katonalégy takarmányba illesztése

nem alakít ki különösebb mellékízeket, kivéve a fémes dominanciát. A kontroll csoportokhoz képest a kutatások során 28%-os helyettesítésnél a filék sötétedését írták le, azonban ezen felül nem tapasztalhatóak érzékszervi különbségek. Az eddigi kísérleti adatok alapján az eltarthatóság csökkenése, illetve a húsminőség romlása nem figyelhető meg a tárolás során, egyedül a pH és a zsírsavak mennyiségének növekedése tapasztalható. A rovartartalmú takarmányban lévő kitozán antioxidáns hatása csökkenti a lipid peroxidációt a halhúsban, lassítva ezzel az oxidációt.

Az élelmiszerek megítélését befolyásolja a fogyasztók tájékoztatása az előállított termék származásáról, azonban megállapították, hogy a fogyasztók vásárláskor elsősorban a minőséget és az árat veszik figyelembe, nem a termék előállításának módját (Hetényi et al., 2022).

2.17 Állománymérés

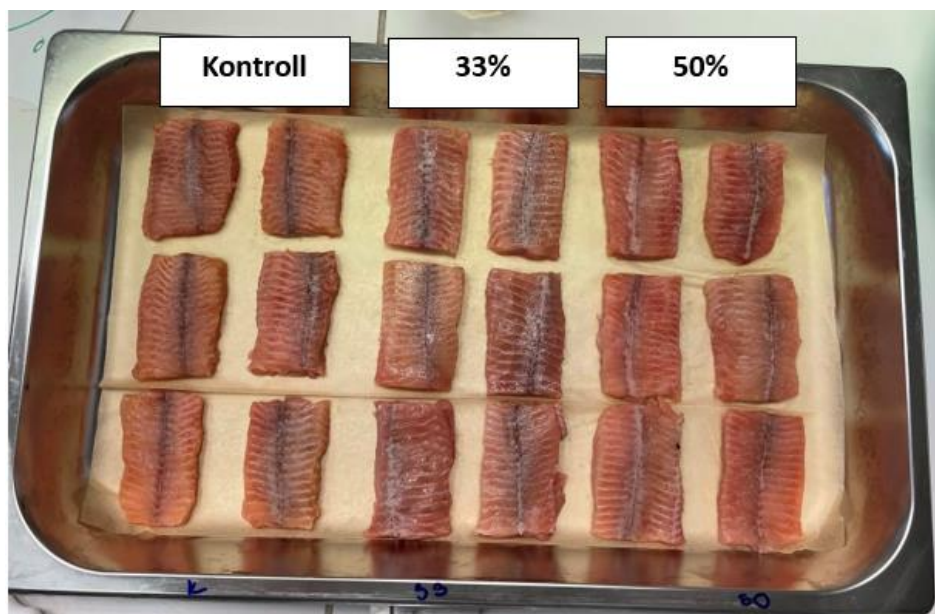
A hús és a hal összetett biológiai anyagok, amelyek heterogének és anizotrópok, ezért nehéz alapvető reológiai méréseket végezni rajtuk. Emellett az élelmiszertudósokat gyakran a komplex érzékszervi tulajdonságok érdeklik, például a hús vagy hal puhasága és rágóssága, amelyek mind nyírási, mind nyomási hatásokból származnak, és általában nagy deformációval járnak. Emiatt a hús és haltermékeken végzett mérések gyakran empirikus eszközökkel történnek. Például kifejlesztettek olyan készüléket, amely megméri a penge áthaladási erőigényét egy húson, illetve vékony penge nyírás/nyomás cellát halhoz (García-Segovia et al., 2014).

3. Alkalmazott módszerek

3.1 Mérés előkészítése

Kutatásom során különböző mennyiségben rovarfehérjével helyettesített haltáppokkal táplált afrikai harcsák húsát vizsgáltam. A harcsákat A MATE Gödöllői kampuszán nevelték. A halakat Recirkuláló akvakultúra rendszerben tartották. Három darab egyenként 1 m³ kapacitású tartályt alkalmaztak. A kísérlet során a hőmérsékletet 25 +/- 1,5 °C-on. A halakat napi háromszor etették, amihez az Alltech Coppens Haltáp Kft. takarmányát alkalmazták. A harcsákat a takarmányozás alapján 3 csoportra osztották. Az első csoport a kontroll csoport volt, ezeket a harcsákat olyan haltáppal etették, ami nem tartalmazott rovarfehérjéket. A második csoportot olyan táppal etették, ami 33%-ban tartalmazott, míg a harmadik csoportot olyanal, ami 50%-ban tartalmazott rovarfehérjéket. Az etetési eljárás befejezése után a harcsákat levágták és mindegyik csoportból 8 mintát továbbítottak számomra. A mérések megkezdése előtt a haltörzseket filéztem (8. ábra), így mindegyik csoportból 16 filével tudtam tovább dolgozni, majd a nyers hal pH-értékét, fehérje tartalmát, zsírtartalmát, a sült hal keménységét, sütési veszteségét és érzékszervi jellemzőit vizsgáltam.

8. ábra: Afrikai harcsa filék (saját forrás).



A méréseim megkezdése előtt a gondosan elkészített halfiléket szemrevételezéssel ellenőriztem, hogy tapasztalok-e bármi nemű különbséget a csoportok között. Figyeltem a filék színére, textúrájára és a felületi nedvességtartalmára, valamint az esetleges sérülésekre vagy egyéb eltérésekre. Ez az előzetes vizsgálat segített felmérni, hogy a különböző takarmányozási csoportokból származó minták között van-e érzékelhető, látszólagos különbség. Miután a filéket megvizsgáltam, elkezdtem a műszeres méréseket.

3.2 pH mérés

Első műszeres vizsgálatom során pH mérést végeztem a filéken, ehhez Testo 206 digitális pH mérő műszert használtam, amit a mérés megkezdése előtt megfelelő pufferoldatokkal (4,01; 7,01) kalibráltam. A pH mérő elektródáját a filébe szúrtam úgy, hogy ne érintkezzen más felülettel, majd a műszeren megjelenő értékeket leolvastam. A minták között a műszert desztillált vízzel óvatosan leöblítettem, hogy eltávolítsam az előző mérések maradványait, és elkerüljem a következő mérés torzulását. Minden mintán három párhuzamos mérést hajtottam végre, majd kiszámítottam az eredmények átlagát. Ezt követően egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) végeztem a minták között, majd a szignifikáns különbségek kimutatása után Mann-Whitney párhuzamos tesztet alkalmaztam

3.3 Sütési veszteség mérése

A sütési veszteség meghatározásához a halfiléket egyenlő méretű szeletekre vágtam, majd minden mintát egyesével lemértem sütés előtt. Ezt követően a szeleteket 15 percig sütöttem 180 °C-on. Sütés után a mintákat hagytam kihűlni, majd ismét megmértem a tömegüket. A sütési veszteséget a két mért érték különbségéből számoltam ki, és az eredményt százalékos formában fejeztem ki (4. táblázat). Ez a mérés fontos információt ad a filék vízvesztéséről, amely nagyban befolyásolja azok érzékszervi tulajdonságait, fontos minőségi tényező húсок esetében.

3. táblázat: Sütési veszteség mérése (saját forrás).

Sütés előtt	Sütés után
-------------	------------



3.4 Állománymérés

A harcsa filé mintákat TA.XT.plus Texture Analyser állománymérővel vizsgáltam. A TA.XT Plus Texture Analyser egy egyoszlopos, hordozható műszer, amely akár 50 kg erőigény mérésére is alkalmas. A 0,01–40 mm/s sebességtartomány lehetővé teszi a minták különböző mechanikai vizsgálatainak pontos elvégzését.

A TA.XT Plus Texture Analyser főbb műszaki paraméterei:

- Erőtartomány: 500 N
- Erőfelbontás: 0,1 g
- Terhelésmérő cellák: 0,5; 5; 10; 30; 50 N
- Sebességtartomány: 0,01–40 mm/s
- Maximális nyílás: 370 mm / 590 mm
- Távolság-felbontás: 0,001 mm
- Adatgyűjtési sebesség: 2000 minta/másodperc (pps)

Az állomány mérési módszerek alkalmazása a haltermékek kutatásában és fejlesztésében átfogó eszközt kínál a minőség javítására. Elsődleges funkciója a halhús keménységének mérése, ami különösen fontos a szilárd húsú fajok esetében. A főtt filék morzsolódási hajlamának meghatározása szintén jelentős, míg a feldolgozott termékeknél (pl. halgolyók, surimi) a szilárdság mérése alapvető állomány mutató. A haltermékek rugalmasságának és kohéziójának vizsgálata lehetővé teszi a rugalmasság és a hal hús szerkezetének megismerését, míg az adhézió mérése olyan termékeknél, mint a halpástétomok, különösen

fontos (Internetes forrás 5, 2025). A textúraelemző műszer működése egyszerű és hatékony (9. ábra). Az eszköz felfelé vagy lefelé mozog, hogy összenyomja vagy megnyújtsa a mintát. A mozgó kar egy erőmérő cellával van felszerelve, ami rögzíti a minta erőválaszát a nyomásra vagy nyújtásra. A mérés elvégzéséhez szükséges a berendezéshez tartozó számítógépes szoftver, amelyet beállítottam, hogy a mintákból származó mérési adatokat rögzítse. A keménység mérést és a harapási munka mérését sült halszeleteken végeztem el. A keménység és a harapási munka két különböző, de szorosan összefüggő mechanikai jellemző. A keménység az anyag ellenállása a deformálódásnak, vagyis ebben az esetben azt mutatja, hogy milyen nehezen lehet áthatolni a rostokon. A harapási munka a rágás során kifejtett energia mennyisége, ami szükséges a minta harapásához, rágásához. A mérés elvégzése előtt a halszeleteket egyenlő nagyságú szeletekre vágtam és a korábban említett módon megsütöttem őket. Mikor megsültek a szeletek, megvártam míg szobahőmérsékletre hűlnek, hogy dolgozhassak velük. A méréshez először a halszeleteket egyesével rögzítettem a mérőplatformon. A mérőfejre szerelt 5 mm átmérőjű mérőfej 1 mm/s sebességgel mozgott és 5 mm mélyen hatolt bele a mintába. A mozgó karra szerelt erőmérő cella mérte, hogy mekkora erővel reagált a minta a deformációra. A műszer érzékelte és rögzítette az erő és deformáció változását a mozgás során, és az adatokat grafikusán jelenítette meg a számítógépes szoftver segítségével. Az eredmények alapján meghatározható a minta keménysége és harapási munkája. Minden mintán 6 párhuzamos mérést hajtottam végre. A kapott értékeket grafikusán ábrázoltam, illetve statisztikai elemzéseket végeztem. Ezt követően egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) készítettem a minták között, majd a szignifikáns különbségek kimutatása után Mann-Whitney párhuzamos tesztet alkalmaztam.

9. ábra: Sült hal keménység mérés, TA.XT.plus Texture Analyser mérőműszerrel (saját forrás).



3.5 Fehérje mérés

A fehérje mérése a MATE Táplálkozástudományi tanszékén történt. A meghatározáshoz a Kjeldahl módszert alkalmaztuk, amely az AOAC Official Method 2001.11 szabvány szerint történt. Az eljárás során a minta szerves nitrogéntartalmát tömény kénsavval történő roncsolással ammóniává alakítottuk, majd a keletkező ammóniát egy behr distillation unit S2 berendezés (10. ábra) lepárlóegységével desztilláltuk és titrálással meghatároztuk. A mért nitrogéntartalomtól a fehérjetartalmat egy átszámítási faktor (6,25) alkalmazásával számoltuk ki.

10. ábra: behr distillation unit S2 (saját forrás).



3.6 Zsírtartalom mérés

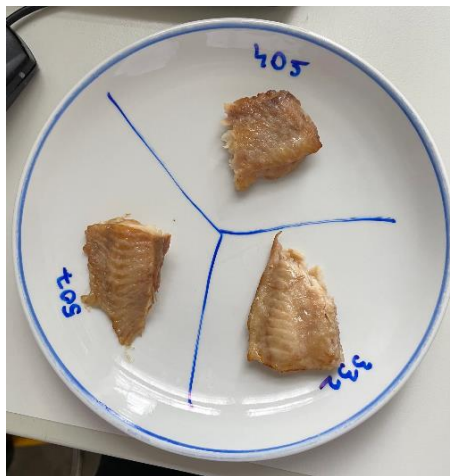
A zsírtartalom mérése a MATE Élelmiszerkémia és Analitika tanszéken történt. A meghatározásához a Röse-Gottlieb módszert alkalmaztam, amely az AOAC Official Method 920.39 szabvány szerint történt. Az eljárás során a mintát előkészítettem, szárítottam, majd az adott mintát etil-éterben oldottam fel, hogy a lipidek kioldódjanak. Az oldószert a minta extrahálása után eltávolítottam, és a visszamaradó zsírt a szárított minta súlyának meghatározásával mértem. Az így kapott érték adja a minta zsírtartalmát.

3.7 Érzékszervi bírálat

Kutatásom érzékszervi bírálat részét kvalitatív módszertannal végeztem, mely során 15 véletlenszerűen kiválasztott jelentkező véleményezte a különböző haltápokkal etetett harcsa

mintákat, melyeket háromjegyű random kódokkal láttam el (11. ábra), így elkerülve, hogy felismerjék az egyes mintákat és befolyásolja az eredmény kimenetelét. Öt szempont figyelembevételével kellett véleményezni a mintákat 1-től 9-ig terjedő skálán (1: legrosszabb; 9: legjobb), melyek a következők voltak: szín, illat, íz, állomány, továbbá lehetőségük volt összbenyomást is megadni az egyes termékekről. Kapott eredményeimet pókháló diagramon fogom szemléltetni, mely egyes minta megadott szempontjára kapott átlagos pontszámokat fogja mutatni.

11. ábra: Érzékszervi bírálat (saját forrás).



3.8 Statisztikai értékelés

A statisztikai elemzéseket a pH mérés és az állománymérés adatai alapján a Past szoftver segítségével végeztem. A minták közötti különbségek vizsgálatára egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztam, ami lehetővé tette a folyamatos változók átlagai közötti különbségek szignifikanciájának meghatározását. Amennyiben a statisztikai próba p értéke $\leq 0,05$, abban az esetben az eltérés szignifikáns, tehát a csoportok között valódi eltérés volt, azonban, ha p értéke $> 0,05$ a különbség nem szignifikáns, tehát a csoportok között nem volt valódi eltérés.

Az egytényezős varianciaanalízis után Mann Whitney párhuzamos tesztet végeztem, aminek segítségével megállapítható, hogy melyik minták térnek el egymástól jelentős mértékben, szignifikánsan.

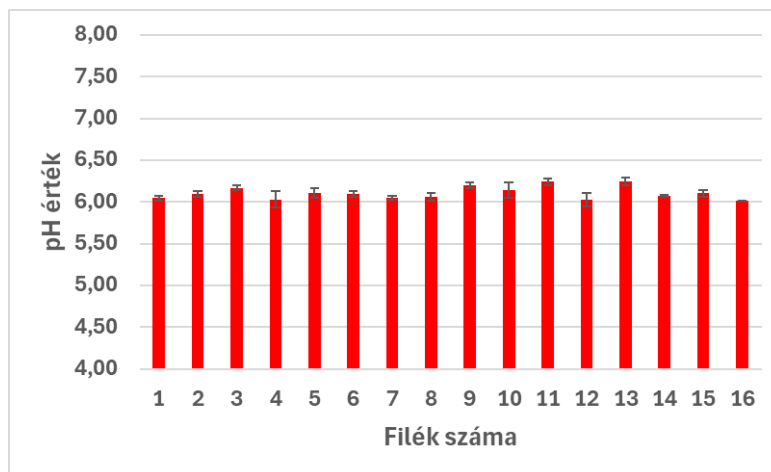
4. Eredmények és értékelésük

Szemrevételezés során a 3 csoportot összehasonlítva nem tapasztaltam jelentős látszólagos eltérést a filék között.

4.1 pH mérés

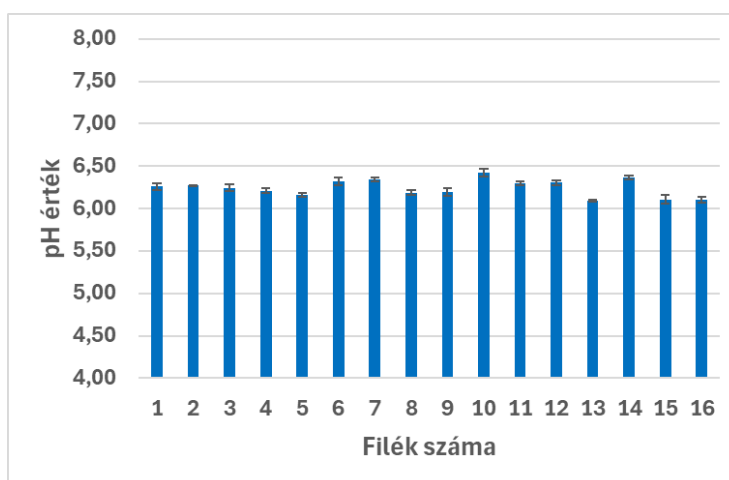
A halhús pH értéke nagy hatással van a minőségre, eltarthatóságra és az érzékszervi tulajdonságokra egyaránt. A friss halhús pH-ja általában 6,0-6,5 tartományban mozog. Alacsonyabb pH szinten a halhús színe halványabb, kevésbé jó vízmegkötő képességű, valamint keményebb, rágósabb lehet, de kevésbé romlandó. Ezzel szemben magasabb pH szinten omlós, puha, jó vízmegkötő képességű, illetve sötétebb színű, azonban sokkal romlandóbb a hús. A pH mérés eredményeit a párhuzamos mérésekből átlagoltam majd grafikusán ábrázoltam. Elsősorban a különböző csoportokon belüli eredményeken szeretném szemléltetni.

12. ábra: Kontroll csoport pH értékei (saját szerkesztés).



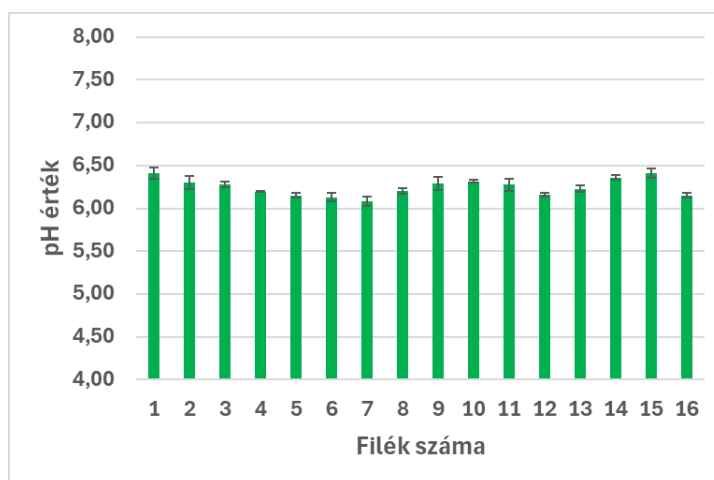
A 12. ábra a Kontroll csoporton belüli pH értékeket mutatja. A pH értékek 6,0-6,2 közötti tartományban mozognak, ami arra utal, hogy a csoporton belüli variabilitás alacsony.

13. ábra: 33%-os csoport pH értékei (saját szerkesztés).



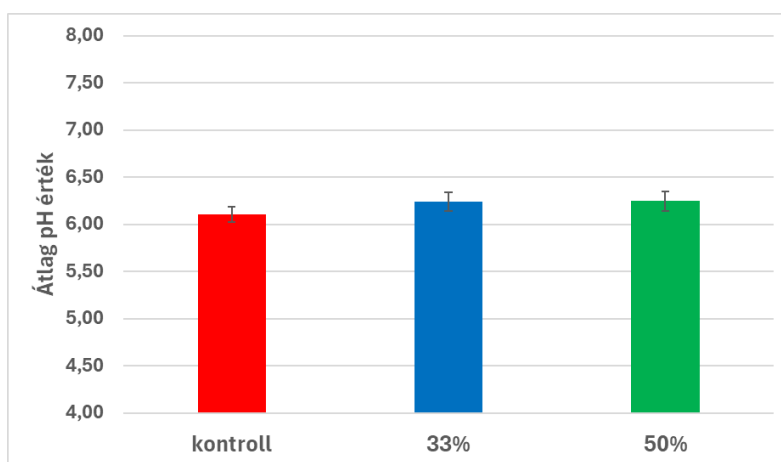
A 13. ábra a 33%-os rovarfehérjét tartalmazó táppal kezelt csoport pH értékeit mutatja. Ennél a csoportnál a pH 6,1-6,4 között vesz fel értékeket, ami viszonylag nagyobb szórást jelent, azonban az ingadozás ellenére, nem figyelhető meg jelentős különbség a csoporton belüli pH értékek között.

14. ábra: 50%-os csoport pH értékei (saját szerkesztés).



A 14. ábrán látható az 50%-os rovarfehérjét tartalmazó táppal táplált harcsák csoportján belüli pH értékek eredményei. Ebben a csoportban a pH értékek 6,1-6,4 közötti tartományban mozognak, hasonlóan az előző csoporthoz. A variabilitás ellenére, azt állapíthatjuk meg, hogy alacsony a csoporton belüli eltérés.

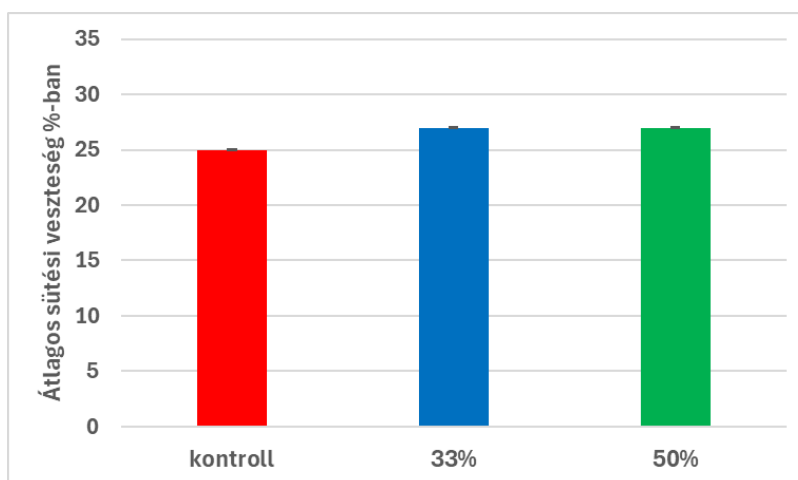
15. ábra: Különböző csoportok átlagos pH értékei (saját szerkesztés).



A 15. ábrán a különböző csoportok átlagos pH értékei közötti összehasonlítás látható. A rovarfehérjével helyettesített haltáppal etetett csoportok pH értékei szinte teljes mértékben megegyeznek egymással, míg a kontroll csoport pH értéke eltér tőlük. A kontroll csoport pH értéke alacsonyabb, mint a 33%-os és az 50%-os rovarfehérjét tartalmazó csoportoké. A statisztikai analízis megerősítette az ábrán látható eredményeket. Az egytényezős varianciaanalízis (ANOVA) kimutatta, hogy szignifikáns különbség van a csoportok pH értékei között ($P < 0,05$). A Mann-Whitney párhuzamos megerősítette, hogy a kontroll csoport pH értéke szignifikánsan eltér a 33%-os és 50%-os rovarfehérjét tartalmazó csoportok értékeitől (1. melléklet).

4.2 Sütési veszteség mérése

16. ábra: Különböző csoportok sütési veszteség értékei (saját szerkesztés).



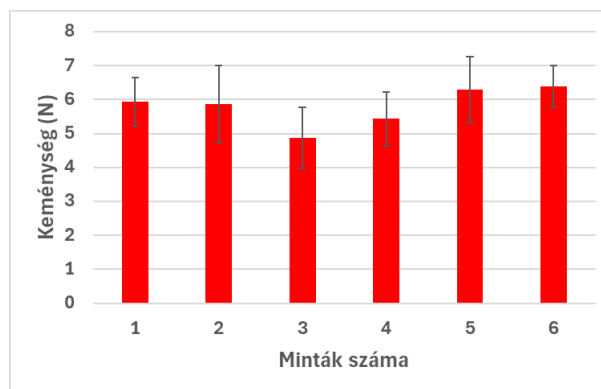
A sütési veszteség információt ad arról, hogy a halhús milyen vízmegtartó képességgel rendelkezik hőkezelés során. A 16. ábrán ábrázolt adatok és a statisztikai elemzés alapján

állítható, hogy a 3 csoport között nincs szignifikáns különbség. A kontroll csoport tömegvesztése minimálisan alacsonyabb, azonban nem számottevő az eltérés.

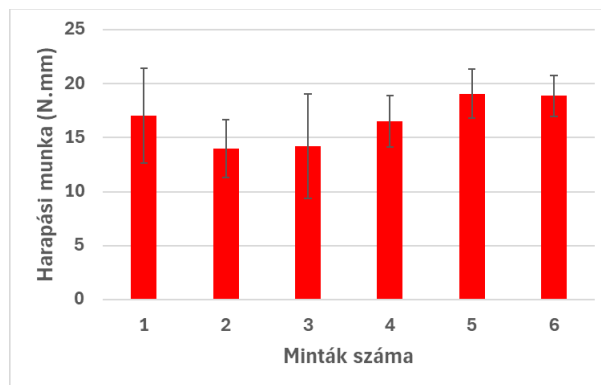
4.3 Állomány mérés

Az állománymérő műszer segítségével megkaptam a halfilék keménységi és harapási munka tényezőit. A kapott értékeket grafikusán ábrázoltam, illetve statisztikai elemzéseket végeztem.

17. ábra: Kontroll csoport keménység értékei (saját szerkesztés).

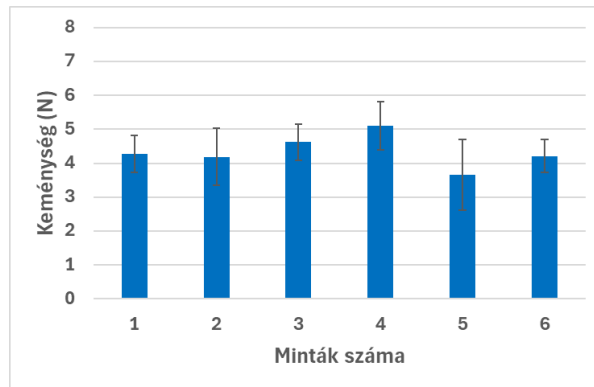


18. ábra: Kontroll csoport harapási munka értékei (saját szerkesztés).

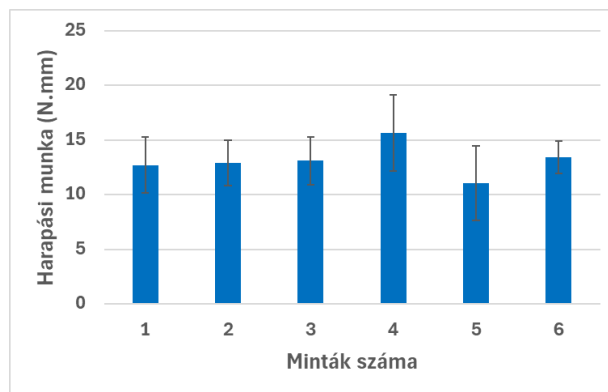


A 17. és 18. ábrán a kontroll csoport értékei figyelhetők meg. A diagramokon láthatjuk, hogy a keménység és a harapási munka szoros összefüggést mutat, mivel a két jellemző hasonló értékeket vesz fel, és ez minden esetben igaz. A csoporton belüli ingadozást elsősorban a szeletek vastagsága, szerkezete és nedvességtartalma okozhatja, amelyek a különböző mérési pontokon változhattak, azonban a halak különböző fejlődés béli különbségeire is utalhat.

19. ábra: 33%-os csoport keménység értékei (saját szerkesztés).

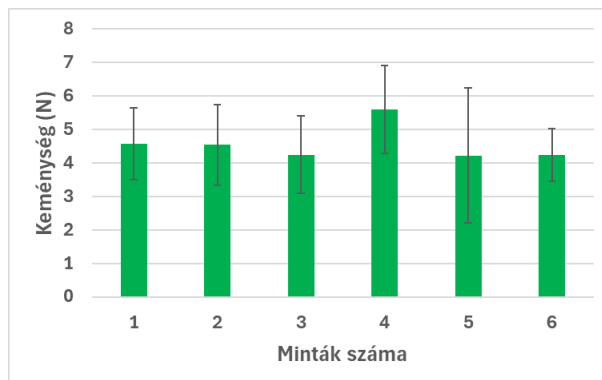


20. ábra: 33%-os csoport harapási munka eredményei (saját szerkesztés).

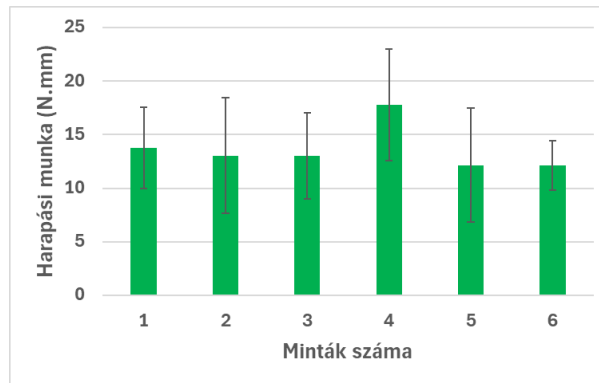


A 19. és 20. ábra a 33%-os rovarfehérjét tartalmazó táppal kezelt csoport értékeit szemlélteti. Az adatok alapján a csoporton belül nagyon egyenletes az eloszlás, mivel minden filé közel azonos eredményt adott, és az egyes mérési pontok között minimális eltérés volt. Ez a csekély ingadozás valószínűleg a halak egyenletes fejlődése és tápanyagfelvétele, hasznosítása miatt alakulhatott ki.

21. ábra: 50%-os csoport keménység értékei (saját szerkesztés).

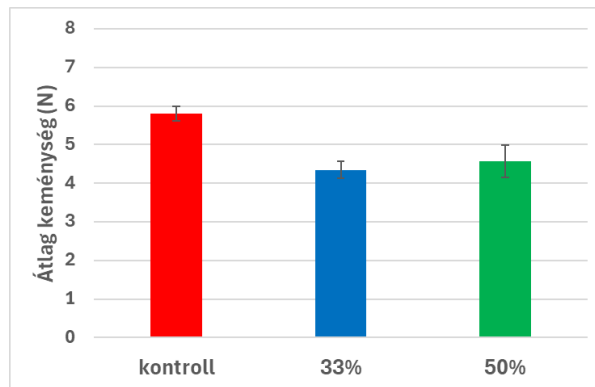


22. ábra: 50%-os csoport harapási munka értékei (saját szerkesztés).

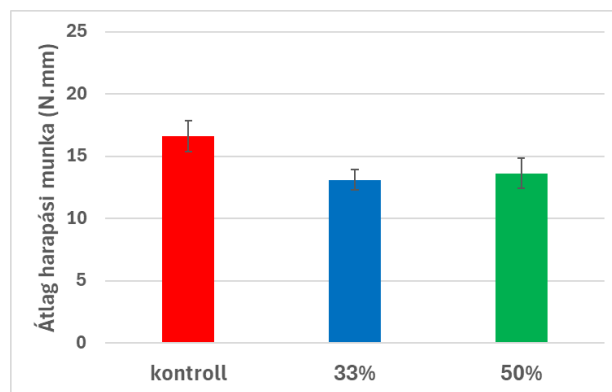


A 21. és 22. ábra az 50%-os rovarfehérjét tartalmazó táppal etetett csoport értékeit mutatja. A csoporton belül hasonlóan egyenletes eloszlást tapasztalunk, mint a 33%-os csoport esetében. Az adatok többsége között alacsony az eltérés, azonban egy kiugró eredmény eltér az átlagtól. Ennek ellenére a csoport egyenletes, ami arra utal, hogy az 50%-os rovarfehérje alkalmazása is egységes hatást gyakorolt a halakra.

23. ábra: Különböző csoportok átlagos keménység értékei (saját szerkesztés).



24. ábra: Különböző csoportok átlag harapási munka értékei (saját szerkesztés).

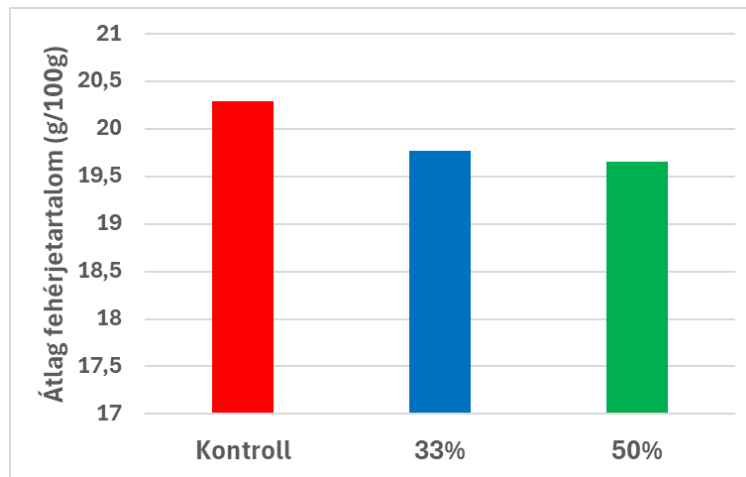


A 23. és 24. ábrán láthatjuk a csoportok összehasonlítását egymással. Megfigyelve a diagramokat észrevehetjük, hogy a kontroll csoport keménységi és harapási munka értékei

magasabbak lettek, mint a rovarfehérjével etetett csoportoké. Ez arra utalhat, hogy a hagyományos haltápokban alkalmazott halliszt másként hat a halhús tulajdonságaira, mint a rovarliszt. A kontroll csoport értékei azt sugallják, hogy a halhús szerkezete keményebb és jobban ellenáll a rágásnak, míg a rovarfehérjével etetett csoportok esetén a szerkezet lágyabb, omlósabb. A rovarfehérjével etetett csoportok között minimális az eltérés. A statisztikai elemzés alátámasztotta az ábrázolt eredményeket. Az egytényezős varianciaanalízis (ANOVA) szignifikáns különbséget mutatott a csoportok keménységi és harapási munka értékei között ($p < 0,05$; $p = 0,02$). A Mann-Whitney párhuzamos teszten látható volt, hogy a kontroll csoport szignifikánsan eltér a 33%-os és 50%-os rovarfehérjét tartalmazó csoportokétól mind keménység terén (2. melléklet), mind a harapási munka terén (3. melléklet), azonban a rovarfehérjét tartalmazó csoportok egymástól nem térnek el szignifikánsan. Ezek az eredmények azt sugallják, hogy a rovarfehérje hatással van és befolyásolja a halhús állományát.

4.4 Fehérjetartalom mérés

25. ábra: Különböző csoportok nyersfehérje tartalom értékei (saját szerkesztés).

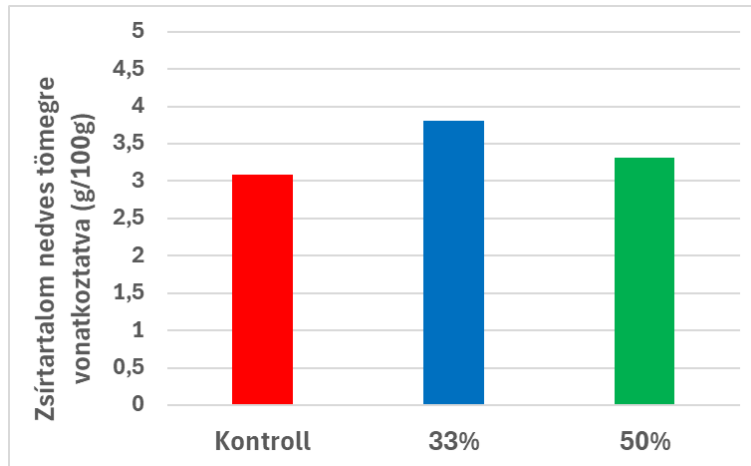


A 25. ábrán látható a Kjeldahl módszerrel számított nyersfehérje tartalom mérésének eredményei grafikusán ábrázolva. A diagramon egyértelműen látszik, hogy mind a 3 csoport esetében magas a fehérjetartalom. Legmagasabb fehérjetartalma a kontroll csoportnak van, a legalacsonyabb pedig az 50%-os csoportnak, ebből arra következtethetünk, hogy minél magasabb a rovarfehérje helyettesítés mértéke, annál alacsonyabb lesz a halak húsának a

fehérjetartalma. Azonban ebben az esetben az eltérés igen kicsi, mindössze 0,5 g/100g, ami nem okoz jelentős változást a hús tápértékének jellemzőiben.

4.5 Zsírtartalom mérés

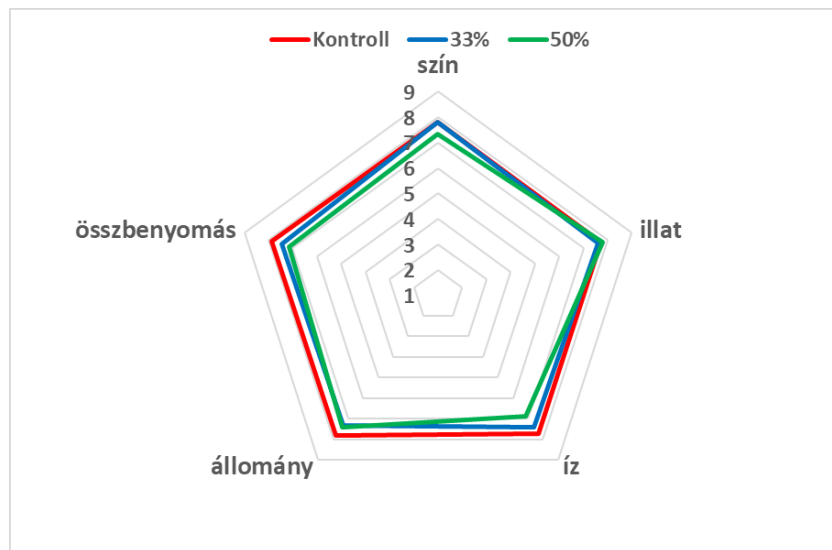
26. ábra: Különböző csoportok zsírtartalmi értékei (saját szerkesztés).



A 26. ábrán látható a zsírtartalom mérés eredménye grafikusán ábrázolva. A diagram alapján jól látható, hogy a kontrollcsoport esetében a legalacsonyabb a zsírtartalom, míg a 33%-os csoport rendelkezik a legmagasabb zsírtartalommal. Az 50%-os csoport zsírtartalma szintén magasabb, mint a kontrollcsoporté, azonban a különbségek egyik csoport között sem jelentős, kevesebb mint egy grammal térnek el. Ez azt jelenti, hogy a rovarfehérje részarány növekedése enyhe emelkedéshez vezet a zsírtartalomban, azonban nem akkora mértékben, hogy jelentősen megváltoztassa a halhús táplálkozási értékét.

4.6 Érzékszervi bírálat

27. ábra: Különböző csoportok érzékszervi bírálatának értékei (saját szerkesztés).



A 27. ábrán az érzékszervi bírálat eredményei láthatók. A bírálók a különböző csoportok minőségi jellemzőit értékelték egy 1-9-ig terjedő skálán. A bírálat során nagyon magas értékelést kapott mindhárom csoport. Az eredmények azt mutatják, hogy a 33%-os helyettesítés a legtöbb érzékszervi tulajdonság szempontjából hasonló vagy kissé kedvezőbb eredményt hozott a kontrollcsoportéhoz képest, míg az 50%-os helyettesítés esetében enyhe visszaesés volt tapasztalható, főként az íz tekintetében. Az eltérések azonban minimálisak, így kijelenthető, hogy a rovarfehérje alkalmazása ebben az esetben nem befolyásolja a hús érzékszervi tulajdonságait jelentősen. Ez arra utal, hogy a fekete katonalégylárvájából származó fehérje jó alternatíva lehet, akkor, ha megfelelő mennyiségben helyettesítjük haltápban.

5. Következtetések és javaslatok

A mérések eredményei alapján elmondható, hogy a rovarfehérjével részben helyettesített haltápok nem okoztak nagyobb, érdemi különbségeket az afrikai harcsa húsának minőségében. A minták között szemrevételezés során, pH mérés során, és sütési veszteség mérésnél sem volt eltérés a minták között, vagyis elmondható, hogy ezekre a tulajdonságokra nem volt változással au alternatív fehérjeforrás.

Az állománymérés során adódtak kisebb eltérések. A kontroll csoport keménység és a harapási munka eredményei magasabbak voltak a rovarfehérjével etetett csoportokéhoz képest, ami arra utal, hogy a rovarfehérje kis mértékben hozzájárult ahhoz, hogy lágyabb hús szerkezetet kapjunk,

A kémiai vizsgálatok során a fehérjetartalom a kontroll csoport esetében volt a legmagasabb, az 50%-os csoport esetében pedig a legalacsonyabb, azonban a kettő csoport között kevesebb mint 1g/100g volt a különbség. Zsírtartalom mérés során a 33%-os csoport rendelkezett a legmagasabb értékekkel, és a kontroll csoport esetében kaptam a legalacsonyabb értékeket, azonban a különbség ebben az esetben is kevesebb mint 1g/100g volt. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a rovarfehérje helyettesítés bizonyos szinten negatív irányban befolyásolja a halhús kémiai összetételét.

Érzékszervi bírálat során mindhárom csoport hasonlóan jó eredményeket kapott. A kóstolók nem tapasztaltak nagy eltéréseket a minták között. Összességében viszont a kontroll csoport kapta a legmagasabb pontszámot, az 50%-os csoport pedig a legalacsonyabbat, de a különbség nagyon kicsi volt, tehát mindhárom csoport közel azonosnak mondható.

Az eredmények alapján láthatjuk, hogy a kontroll csoporthoz képest minimálisan romlottak az eredmények ahogy egyre magasabb százalékban került helyettesítésre a rovarfehérje. Ezért azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a rovarfehérje helyettesítés az afrikai harcsa esetében a hús minőségét nem javítja, azonban nem is rontja megfelelő mértékig. Az 50%-os helyettesítés tekinthető annak a határnak, ahol még nem figyelhető meg nagy mértékű kedvezőtlen változás, azonban ennél magasabb helyettesítési arány esetében várhatóan már érzékelhető minőséromlás jelentkezne. Javaslatként érdemes lenne a jövőben magasabb helyettesítési arányokat is megvizsgálni, hogy pontosan meghatározható legyen a

rovarfehérje alkalmazásának megfelelő mértéke. Mivel az 50%-os helyettesítés nem rontotta a halhús minőségét, ezért amennyiben a rovarfehérje ára a jövőben kedvező marad és a fogyasztói megítélés egy jó irányba változik, a fekete katonalégy lárva egy remek fenntartható alternatívát jelenthet a halliszt kiváltására az akvakultúrában.

6. Összefoglalás

A világon folyamatosan növekvő halfogyasztási erőforrások csökkenése miatt egyre nagyobb kihívást jelent a haltenyésztés számára a fenntartható és gazdaságos takarmányozás megvalósítása. Az akvakultúrákban használt tápok egyik legfontosabb összetevője a halliszt, amely magas fehérjetartalma és jó emészthetősége miatt kiváló takarmány alapanyag, azonban előállítása drága és környezetterhelő. Az utóbbi években egyre több kutatás irányult arra, hogy a hallisztet részben vagy teljesen helyettesítsék más fehérjeforrásokkal, például, növényi, állati melléktermékkel vagy rovareredetű fehérjékkel.

Dolgozatom középpontjában az afrikai harcsa áll, amely az egyik legjelentősebb gazdasági halfaj Magyarországon. A faj gyors növekedésű, jól tűri a változó környezeti feltételeket és alkalmas intenzív, recirkulációs rendszerekben való tenyésztésre is. Mindezek miatt kiváló faj a különböző takarmányozási kísérletek vizsgálatához.

A kutatás célja az volt, hogy milyen hatással van a fekete katonalégy lárvájából készült rovarfehérje a harcsa húsának minőségére, ha ezzel részben helyettesítjük a hallisztet a takarmányban. A céloom az volt, hogy meghatározzam, milyen arányban érdemes a hallisztet rovarfehérjével kiváltani úgy, hogy az ne rontsa a hús fizikai, kémiai és érzékszervi tulajdonságait.

A kísérlet során három csoportot vizsgáltam. A kontroll csoport halliszt alapú takarmányt kapott, míg a másik két csoport esetében a hallisztet 33%-ban és 50%-ban helyettesítettük feketekatonalégy lárvából készült fehérjével. A halakat recirkulációs akvakultúrában nevelték, azonos körülmények között, amikből 16-16 mintát vizsgáltam.

A vizsgálatok során különböző méréseket végeztem. Meghatároztam a minták pH értékét, sütési veszteségét, keménységét, harapási munkáját, fehérje- és zsírtartalmát, valamint érzékszervi bírálatot végeztem, ahol 15 bíráló pontozta a mintákat szín, illat, íz, állomány és összbenyomás alapján.

A mérések eredményei alapján a minták között nem volt jelentős különbség sem szemrevételezéssel, sem pH értékben, sem sütési veszteségben. Az állománymérésnél a kontroll csoport valamivel magasabb keménységi és harapási munka értékeket mutatott, mint a rovarfehérjével etetett csoportok, ami arra utal, hogy a rovarfehérje kis mértékben lágyabbá

tehetette a húst, de az eltérés nem volt nagy mértékű. A fehérjetartalom a kontroll csoportban volt a legmagasabb, a zsírtartalom viszont a 33%-os helyettesítésű csoportban érte el a legmagasabb értéket. A különbségek itt is csekélyek voltak és nem befolyásolták hátrányosan a hús minőségét. Az érzékszervi vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a bírálók nem észleltek lényeges különbséget a három csoport között. Mindhárom csoport nagyon magas pontszámot kapott, és bár a kontroll csoport érte el összességében a legmagasabb eredményt, az 50%-os csoport sem maradt el tőle jelentős mértékben.

Ezek alapján kijelenthető, hogy a fekete katonalégy lárvá fehérjéje alkalmas a halliszt részleges kiváltására, úgy, hogy az ne menjen a halhús minőségének rovására. Mivel a rovarfehérje előállítása olcsóbb és környezetbarátabb, mint a halliszté, a jövőben nagy szerepet kaphat az akvakultúrában, különösen akkor, ha a fogyasztói bizalom és elfogadottság is növekszik a rovar alapú alapanyagokkal szemben.

Összességében elmondható, hogy a rovarfehérje a fenntartható haltenyésztés egyik ígéretes alapanyagaként szolgálhat. A kísérlet eredményei azt mutatják, hogy az 50%-os helyettesítés még nem jár minőségromlással, így ez az arány gazdaságilag is kedvező alternatíva, valamint a gyakorlatban is alkalmazható lehet. A jövőben további kutatások szükségesek annak felmérésére, hogy a rovarfehérje alkalmazás miként befolyásolja a halhús hosszabb távú tárolhatóságát és minőségmegőrzését.

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni konzulenseimnek Nyulasné Dr. Zeke Ildikónak, illetve Majzinger Koppánynak a rengeteg segítséget, útmutatást és támogatást, amit nyújtottak a szakdolgozatom elkészítése közben. Minden felmerülő kérdésemmel, nyugodt szívvel fordulhattam hozzájuk segítségért, és mindig gyors válaszokat kaptam. Hasznos tanácsokkal és információkkal láttak el, amelyek nagyban hozzájárultak a mérések sikeres elvégzéséhez. Türelemmel kísérték végig a munkámat és gondos odafigyeléssel ellenőrizték a dolgozatomat.

8. Irodalomjegyzék

- Badiola, M., Mendiola, D., Bostock, J., 2012. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. *Aquac. Eng.* 51, 26–35.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.004>
- Bartucz, T., Csókás, E., Nagy, B., Gyurcsák, M.P., Bokor, Z., Bernáth, G., Molnár, J., Urbányi, B., Csorbai, B., 2023. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal as Direct Replacement of Complex Fish Feed for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and African Catfish (*Clarias gariepinus*). *Life* 13, 1978.
<https://doi.org/10.3390/life13101978>
- Boyd, C.E., Tucker, C.S., Viriyatum, R., 2011. Interpretation of pH, Acidity, and Alkalinity in Aquaculture and Fisheries. *North Am. J. Aquac.* 73, 403–408.
<https://doi.org/10.1080/15222055.2011.620861>
- Bregnballe, J., 2025. Kézikönyv a recirkulációs akvakultúráról. Bevezetés az új, környezetbarát, magas produktívusú zárt haltermelő rendszerekbe, Third edition. ed. FAO; Eurofish International Organisation, Rome, Italy.
- CLAY, D., 1979. Sexual maturity and fecundity of the African catfish (*Clarias gariepinus*) with an observation on the spawning behaviour of the Nile catfish (*Clarias lazera*). *Zool. J. Linn. Soc.* 65, 351–365. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1979.tb01100.x>
- Dauda, A.B., Natrah, I., Karim, M., Kamarudin, M.S., Bichi, A.U.H., 2018. African Catfish Aquaculture in Malaysia and Nigeria: Status, Trends and Prospects. *Fish. Aquac. J.* 09. <https://doi.org/10.4172/2150-3508.1000237>
- García-Segovia, P., Moreno, M., Martínez-Monzó, J., 2014. Texture in Meat and Fish Products, in: *Methods in Food Analysis*. CRC Press.
- Géza H., 2024. Árukezelési Technológiák és Minőségügy.
- Graaf, G. de, Janssen, J., 1996. Handbook on the artificial reproduction and pond rearing of the african catfish *Clarias gariepinus* in Sub-Saharan Africa. FAO.
- Havasi M., 2014. A harcsa (*Silurus glanis*) növényi fehérje alapú takarmányozásának megalapozása intenzív rendszerben = Foundation of plant protein based feeding of European catfish (*Silurus glanis*) in intensive systems (phd). Pannon Egyetem.
- Hecht, T., 2013. Department of Ichthyology and Fisheries Science Rhodes University, Grahamstown South Africa.
- Hetényi, N., Bíró, J., Sandor, Z., 2022. A fekete katonalégylárva felhasználása a haltakarmányozásban.
- Horváth, L., 2000. Halbiológia és haltenyésztés (Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2000) | Könyvtár | Hungaricana. Mezőgazda kiadó, 1165 Budapest, koronafürt u. 44/B.
- Internetes forrás 1: *Clarias gariepinus* summary page [WWW Document], 2025. FishBase. URL <https://www.fishbase.us/summary/Clarias-gariepinus.html> (accessed 10.21.25).
- Internetes forrás 2: North African catfish - Cultured Aquatic Species [WWW Document], 2025. URL https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/clarias_gariepinus?lang=en (accessed 10.21.25).

Internetes forrás 3: Szarvas-Fish image film /long/, 2017.

Internetes forrás 4: Fish meal prices, September, 2025 - data, chart [WWW Document], 2025. TheGlobalEconomy.com. URL https://www.theglobaleconomy.com/world/fish_meal_prices/ (accessed 10.21.25).

Internetes forrás 5: TA.XTplusC Texture Analyser [WWW Document], 2025. URL <https://www.stablemicrosystems.com/products/taxtplusc-texture-analyser/> (accessed 10.21.25).

János G., Gabriella K., Mónika B.L., Zsolt U., 2018. Magyarország tógazdasági és intenzív üzemi haltermelése 2017-ben.

Lefler, K.K., 2010. Természetesvízi halfajok ivari ciklusának vizsgálata, Doktori (Ph.D.) értekezés, Lefler Kinga Katalin; Szent István Egyetem [Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola]; [témavezető Szabó Tamás].

Lu, S., Taethaisong, N., Meethip, W., Surakhunthod, J., Sinpru, B., Sroichak, T., Archa, P., Thongpea, S., Paengkoum, S., Purba, R.A.P., Paengkoum, P., 2022. Nutritional Composition of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) and Its Potential Uses as Alternative Protein Sources in Animal Diets: A Review. *Insects* 13, 831. <https://doi.org/10.3390/insects13090831>

Macusi, E.D., Cayacay, M.A., Borazon, E.Q., Sales, A.C., Habib, A., Fadli, N., Santos, M.D., 2023. Protein Fishmeal Replacement in Aquaculture: A Systematic Review and Implications on Growth and Adoption Viability. *Sustainability* 15, 12500. <https://doi.org/10.3390/su151612500>

Mitterer-Daltoé, M.L., Carrillo, E., Queiroz, M.I., Fiszman, S., Varela, P., 2013. Structural equation modelling and word association as tools for a better understanding of low fish consumption. *Food Res. Int.* 52, 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.048>

Molnár E., 2011. Fehér busából és afrikai harcsából készült filé és haltermékek minőségi elemzése (phd). nyeme.

Müller T., Urbányi B., Horváth L., 2020. Áttekintés az indukált halszaporításban alkalmazott hormonbejuttatási módszerekről = Overview on Hormon Administration Methods in Fish Propagation. *HALÁSZAT* 113, 69–76.

Nikoletta, S.-A., 2022. Halfogyasztás és termelés itthon és Európában. *Oeconomus*. URL <https://www.oeconomus.hu/oecofocus/halfogyasztas-es-termeles-itthon-es-europaban/> (accessed 10.21.25).

Office of Assistant Director-General, 1983. *Fish Feeds & Feeding in Developing Countries*.

Olsen, R.L., Hasan, M.R., 2012. A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. *Trends Food Sci. Technol.* 27, 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.06.003>

Pintér K., 2002. Magyarország halai: biológiájuk és hasznosításuk. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Stephenson, R.L., Smedbol, R.K., 2001. Small Pelagic Species Fisheries, in: Steele, J.H. (Ed.), *Encyclopedia of Ocean Sciences*. Academic Press, Oxford, pp. 2814–2820. <https://doi.org/10.1006/rwos.2001.0447>

Tacon, A.G.J., Levy, J., Coelho, R., Machado, T.M., Neiva, C.R.P., Lemos, D.E.L., 2025. Fish for Health: Role of Fish in Global Food and Animal Protein Supply. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* 33, 319–333. <https://doi.org/10.1080/23308249.2024.2420917>

Temesi, Á., 2016. Miért nem eszik több halat a magyar? – Egyes halfogyasztást befolyásoló tényezők vizsgálata. *Gazdálk. Sci. J. Agric. Econ.* 60. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.258052>

Willem, V. der P., 2021. African Catfish (*Clarias gariepinus*). *Aqua Spark*. URL <https://aqua-spark.nl/blogs/african-catfish-clarias-gariepinus/> (accessed 10.21.25).

Wurts, W.A., Durborow, R.M., 1992. Interactions of pH, Carbon Dioxide, Alkalinity and Hardness in Fish Ponds.

9. Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra: Afrikai harcsa (Poll, 1967).	6
2. ábra: Afrikai harcsa GSI mérőszáma és a havi csapadékmennyiség közötti összefüggés, Viktória-tó, Kenya (Graaf & Janssen, 1996).	9
3. ábra: Afrikai harcsa termelés Nigériában és a teljes akvakultúrában (Akeem, et al., 2018).	11
4. ábra: Afrikai harcsa fő termelő országai (FAO Fishery Statistics, 2006).	12
5. ábra: Haltenyésztéshez kívánatos pH tartomány (william & Robert, 1992).	15
6. ábra: Egyes európai országok által elfogyasztott halászati termékek mennyisége 2020-ban tonnában megadva (Szigethy-Ambrus, 2022).	16
7. ábra: A halliszt árának változása USD/tonnában megadva (Neven, et al., 2025).	18
8. ábra: Afrikai harcsa filék (saját forrás).	22
9. ábra: Sült hal keménység mérés, TA.XT.plus Texture Analyser mérőműszerrel (saját forrás).	25
10. ábra: behr distillation unit S2 (saját forrás).	26
11. ábra: Érzékszervi bírálat (saját forrás).	27
12. ábra: Kontroll csoport pH értékei (saját szerkesztés).	28
13. ábra: 33%-os csoport pH értékei (saját szerkesztés).	29
14. ábra: 50%-os csoport pH értékei (saját szerkesztés).	29
15. ábra: Különböző csoportok átlagos pH értékei (saját szerkesztés).	30
16. ábra: Különböző csoportok sütési veszteség értékei (saját szerkesztés).	30
17. ábra: Kontroll csoport keménység értékei (saját szerkesztés).	31
18. ábra: Kontroll csoport harapási munka értékei (saját szerkesztés).	31
19. ábra: 33%-os csoport keménység értékei (saját szerkesztés).	32
20. ábra: 33%-os csoport harapási munka eredményei (saját szerkesztés).	32
21. ábra: 50%-os csoport keménység értékei (saját szerkesztés).	32
22. ábra: 50%-os csoport harapási munka értékei (saját szerkesztés).	33
23. ábra: Különböző csoportok átlagos keménység értékei (saját szerkesztés).	33
24. ábra: Különböző csoportok átlag harapási munka értékei (saját szerkesztés).	33
25. ábra: Különböző csoportok nyersfehérje tartalom értékei (saját szerkesztés).	34
26. ábra: Különböző csoportok zsírtartalmi értékei (saját szerkesztés).	35
27. ábra: Különböző csoportok érzékszervi bírálatának értékei (saját szerkesztés).	36
1. táblázat: Ajánlott tápanyag mennyiségek melegvízi mindenevő faj számára szolgáló táp szárazanyag %-ában (ADCP, 1983).	7
2. táblázat: Afrikai harcsatáp vitamin premix összetétele (Molnár, 2011).	8
4. táblázat: Sütési veszteség mérése (saját forrás).	23
1. Melléklet: Mann-Whitney párhuzamos a pH mérés eredményeire (saját forrás).	46
2. Melléklet: Mann-Whitney párhuzamos a keménység mérés eredményeire (saját forrás).	46
3. Melléklet: Mann-Whitney párhuzamos a harapási munka eredményeire (saját forrás).	46

10. Mellékletek

1. Melléklet: Mann-Whitney párhuzamos a pH mérés eredményeire (saját forrás).

	Kontroll	33%	50%
Kontroll		0,0003171	0,0003672
33%	0,0003171		0,985
50%	0,0003672	0,985	

2. Melléklet: Mann-Whitney párhuzamos a keménység mérés eredményeire (saját forrás).

	Kontroll	33%	50%
Kontroll		0,008239	0,01307
33%	0,008239		0,4712
50%	0,01307	0,4712	

3. Melléklet: Mann-Whitney párhuzamos a harapási munka eredményeire (saját forrás).

	Kontroll	33%	50%
Kontroll		0,01307	0,03064
33%	0,01307		0,9362
50%	0,03064	0,9362	

11. Hallgatói nyilatkozat

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Bartonicsek Norbert
A Hallgató Neptun kódja: I6LRFN
A dolgozat címe: Különböző fehérjetáppokkal etetett afrikai harcsa húsának a 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 valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

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

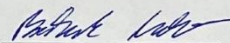
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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: Budapest, 2025.10.22



Hallgató aláírása

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Bartonicsek Norbert
Neptun-kódja:	I6LRFN
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	X BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat
A munka címe:	Különböző fehérjetáppal 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 korrekció, 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	ChatGPT 5 verzió	Idegennyelvű szakirodalmak

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 eszköz	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet

	verziója, elérhetősége		bejegyzésének sorszama
-	-	-	-

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.

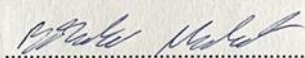
Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

-

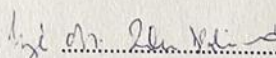
4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

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, 2025.10.22



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása

12. Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Bartonicsek Norbert (Neptun azonosítója: I6LRFN) 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 védelemre **javaslom** / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Budapest, 2025.10.22




belső konzulens