

SZAKDOLGOZAT

Petényi Róbert

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Növénytermesztési Tudományok Intézet

Mezőgazdasági mérnök alapképzési szak

**Algával dúsított takarmány hatásának vizsgálata különböző ponty
(*Cyprinus carpio* L.) korosztályok tavi nevelésénél**

Belső konzulens: Dr. Szabó Tamás, egyetemi docens, MATE,
AKI, Halgazdálkodási Tanszék

Dr. Bokor Zoltán, tudományos főmunkatárs,
MATE, AKI, Halgazdálkodási Tanszék

Készítette: Petényi Róbert

Gödöllő

2024.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	5
1.1. Célkitűzés	6
2. Szakirodalmi áttekintés	7
2.1. A ponty eredete és elterjedése	7
2.2. Rendszertan, felépítés.....	7
2.2.1. A faj rendszertani besorolása.....	7
2.2.2. A ponty morfológiai jellemzői.....	7
2.3. Környezeti igények	8
2.4. Táplálkozás.....	9
2.5. Szaporodás	9
2.5.1. A ponty természetes szaporodása	9
2.5.2. A ponty mesterséges szaporítása	10
2.6. A ponty gazdasági jelentősége.....	10
2.6.1. A ponty szerepe a világ haltermelésében.....	10
2.6.2. A ponty jelentősége Magyarországon.....	10
2.7. A ponty tavi termelésének rövid bemutatása	11
2.7.1. A ponty tavi elő- és utónevelése	11
2.7.2. A két- és háromnyaras ponty nevelése	12
2.8. A ponty kiegészítő takarmányozása és tápos nevelése.....	12
2.9. A takarmányozás hatása a halhúsösszetétel alakulására	13
2.10. A halhús szerepének értékelése táplálkozásélettani szempontból.....	14
2.11. Mikroalgák mint takarmánykiegészítők.....	14
2.12. A mikroalgák felhasználásának eddigi eredményei az akvakultúrában	15
3. Alkalmazott módszerek	17
3.1. Nevelési kísérletek bemutatása.....	17
3.1.1. Hidrobiológiai vizsgálatok.....	17
3.1.2. A nevelési kísérletek.....	18
3.1.3. Az előnevelés feltételei.....	19
3.1.4. Az utónevelés feltételei.....	20
3.1.5. A kétnyaras nevelés feltételei	20

3.2. Laboratóriumi vizsgálatok	21
3.2.1. A laboratóriumi vizsgálatok helyszíne	21
3.2.2. Vizsgált beltartalmi mutatók.....	21
3.2.3. Halhús- és takarmányminták előkészítése	22
3.2.4. Antioxidáns kapacitás meghatározása	22
3.2.5. Zsírsvösszetétel meghatározása	22
3.3. Felhasznált szoftverek, statisztikai elemzés	23
4. Eredmények és értékelésük.....	24
4.1. A nevelő tavak hidrobiológiai tulajdonságai.....	24
4.2. Tavi termelési eredmények	25
4.2.1. Az előnevelés eredményei	25
4.2.2. Az utónevelés eredményei	29
4.2.3. A kétnyaras nevelés eredményei.....	32
4.3. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei	34
4.3.1. Előnevelés.....	34
4.3.2. Utónevelés	37
4.3.3. Kétnyaras nevelés	39
4.4. Eredmények értékelése	40
5. Következtetések és javaslatok	42
6. Összefoglalás.....	44
7. Irodalomjegyzék.....	46
8. Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	49
8.1. Ábrajegyzék	49
8.2. Táblázatjegyzék	50
9. Köszönetnyilvánítás	51

1. Bevezetés és célkitűzések

Az akvakultúra ágazat, melynek egyik fő célja a társadalom halhús és állati fehérje iránti igényének kielégítése, számos kihívás előtt áll. Egyre fokozódó „terhet” jelent az ágazat termelési növekedéséből, azaz a növekvő takarmányfelhasználásból adódó többletigény a tengeri halászatból származó alapanyagokra, vagyis a halliszt és halolaj előállításra. Ezen igényt a tengeri halászat közel stagnáló kibocsájtása egyre nehezebben tudja biztosítani, ezért az akvakultúra ágazatnak egyéb fehérjehordozók fenntartható és gazdaságos felhasználásával kell pótolni azt (FAO, 2022). A termelési tendenciák felismerésének hatására számos kísérlet irányult és irányul már a halliszt és a halolaj helyettesítésére. Megoldást jelenthet az állati fehérjehordozók kiváltására olyan fenntartható növényi fehérje- és olajtakarmány alapanyagok felhasználása, amelyek termelése el tudja látni az akvakultúra növekvő igényeit. A mikroalgák, mint fehérje- és zsírsavhordozók ígéretes alternatívák lehetnek a növekedő alapanyagigényre. A humán táplálkozás és az ipar számos területen értek már el jó eredményeket különböző algafajok termelésével és felhasználásával. A különböző algafajok felhasználásában rejlő potenciált az akvakultúra ágazat is igyekszik kihasználni, számos kísérletben különböző halfajokon vizsgálták már a mikroalgával kiegészített takarmányozás hatásait. Vizsgálatainkhoz Magyarország legnagyobb mennyiségben előállított halfaját, a pontyot (*Cyprinus carpio*) választottuk. A kísérletek beállítását is a hazai termelési rendszerre szabva alakítottuk ki, melyek körtöltéses halastavakon zajlottak. A dolgozatban arra keressük a választ, hogy a mikroalgák felhasználása a takarmányozási rendszerben milyen hatással van a nevelési eredményekre és a halhús beltartalmi értékeire.

1.1. Célkitűzés

Kutatásunk során az alábbi célokat tűztük ki:

1. az algával mint alternatív fehérje- és zsírsavforrással kiegészített pontytakarmány alkalmazhatóságának vizsgálatát a tógazdasági haltermelésben; illetve
2. az algával kezelt készítmények pontyhúsban betöltött egészségvédelmi szerepének értékelését.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A ponty eredete és elterjedése

A ponty faj származása vitatott téma, ami azonban kétségtelen, hogy alkalmazkodóképességének és szívósságának köszönhetően mára szinte a világ minden területén megtalálható. A ponty őshazája Balon (1995) tanulmánya alapján Közép-Kelet-Ázsia, ahonnan természetes úton és az emberi civilizációt „követve” az észak-európai országokat kivéve széles körben elterjedt. A ponty halászatának, fogyasztásának, majd háziasításának története az ősi Kínában és az ókori Rómában kezdődött, majd később a vallási előírások hatására az európai gasztrokultúrának is szerves részévé vált. Halászatának és fogyasztásának hagyományáról hazánkban is számos régészeti lelet és kulturális emlék szolgál tanúbizonysággként. A számos népies elnevezés, mint a pozsár, potyka, babajkó is a ponty kulturális jelentőségét bizonyítja. A ponty halászlé, melynek elkészítése minden régióban szinte szertartásos jelleggel száll anyáról leányra és apáról fiúra szintén a halászati és halfogyasztási hagyományainkat őrzi (Urbányi, 2018).

2.2. Rendszertan, felépítés

2.2.1. A faj rendszertani besorolása

Ország:	Állatok (<i>Animalia</i>)
Törzs:	Gerinchúrosok (<i>Chordata</i>)
Főosztály:	Állkapcsosok (<i>Gnatostomata</i>)
Osztály:	Sugarasúszójú halak (<i>Actinopterygii</i>)
Osztág:	Csontos halak (<i>Teleostei</i>)
Rend:	Pontyalakúak (<i>Cypriniformes</i>)
Család:	Pontyfélék (<i>Cyprinidae</i>)
Alcsalád:	Valódi pontyok (<i>Cyprininae</i>)
Nem:	<i>Cyprinus</i> (Linnaeus 1758)
Faj:	Ponty (<i>Cyprinus carpio</i> L. 1758) (Pintér, 2015)

2.2.2. A ponty morfológiai jellemzői

A Magyarországon tenyésztett ponty tájfajták jellemzően oldalról lapítottabb testűek és magasabb hátúak a természetes vizeinkben élő vadpontyoknál. A fajra jellemző vonások a

harmonikaszzerűen nyíló száj, 4 bajuszszál, illetve a hosszú alapú hátúszó és a farok alatti úszó fogazott sugarai (Pintér, 2015).

A ponty pikkelyképlete, mely az oldalvonal mentém számolható pikkelyszámot (32-41) és a felette (5-6) és alatta (5-6) elhelyezkedő pikkelysorok számát adja meg, a következő: $32 \frac{5-6}{5-6} 41$.

A hátúszóban (D.) 3-4 osztott, és 15-22 osztatlan úszósugár helyezkedik el (III-IV/15-22), az anális úszó (A.) 3 osztott és 5 vagy 6 osztatlan úszósugárral rendelkezik (III/ 5 (6)). További határozóbélyeg a három sorban elhelyezkedő garatfogak száma, mely a ponty esetében 1.1.3-3.1.1 vagy 1.2.3-3.2.1 (Harka és Sallai, 2004).

Testfelépítés alapján a vizeinkben élő vadpontynak két ökotípusát különböztetjük meg: a nyurga pontyot (*Cyprinus carpio morpha hungaricus*) és a tőpontyot (*Cyprinus carpio morpha acuminatus*). A testarányok jellemzésére használt profilindex (a testhosszúság és a testmagasság aránya) alakulása a nyurgapontynál 3,5-4,5, a tőpontynál 2,8-3,5 (Pintér, 2015).

A különböző tájfajták esetében a tenyésztői munka hatására a profilindex jelentősen alacsonyabb. A hortobágyi pikkelyes ponty profilindexe Varga et al. 2010-es kutatása alapján $2,5 \pm 0,2$, az attalai tükröse és a szegedi tükröse $2,1 \pm 0,1$ (1. ábra).

1. ábra: Szegedi tükrös ponty
(Forrás: saját kép 2022).



2.3. Környezeti igények

A ponty környezeti paraméterekkel szemben támasztott magas tűréshatárának is köszönheti népszerűségét hazánkban és a közép-európai régióban. A ponty melegvíz-kedvelő faj, azonban a víz hőmérsékletének változásához tág határok között képes alkalmazkodni. A növekedéséhez optimális hőmérsékleti tartomány 20–25 °C. A vízhőmérséklet csökkenésével anyagcseréje is lassul, 8 °C-nál úgynevezett hibernációs állapotba kerül, azonban 0 °C-os külső hőmérsékletet is képes átvészelni. A hőmérséklethez hasonlóan a víz oldott oxigén-, és ionkoncentrációját is tág értékhatárok között elviseli, 3-4 mg/l oldottoxigén-tartalom mellett is

táplálkozik még, illetve magas ionkoncentrációjú vizekben is tenyészthető (Horváth és Urbányi, 2000).

2.4. Táplálkozás

Környezeti igényein kívül a különböző táplálékforrásokhoz is rendkívül jól alkalmazkodó halfajunk a ponty. Mindenevő lévén a növényi és állati eredetű táplálékot egyaránt jól hasznosítja. Táplálékát a bentoszból és a víz felsőbb rétegeiből egyaránt képes felvenni természetes környezetében (Mézes, 2018). Harmonikaszzerűen kinyújtható szájával a tófenéket borító üledéket akár 10-12 cm mélyen képes átfésülni, amelyből a szájüregben elhelyezkedő ízlelőbimbói segítségével kiválogatja a számára ízletes falatokat, a többit pedig kiköpi. A felvett táplálék aprítására a ponty garatfogai szolgálnak, a kagylókat, csigákat és kemény magvakat jobban emészthetővé teszik. Tógazdasági körülmények között azonban a zooplankton a ponty legfontosabb természetes fehérjeforrása annak nagy mennyiségének és megújulóképeségének köszönhetően (Hancz, 2000). A zooplankton különösen a zsenge pontyivadék számára fontos táplálékforrás. A lárvák kicsiny szájrés- és garatméretük miatt (<0,4 mm) első táplálékukként kerekeshélgereket (*Rotatoria sp.*) fogyasztanak. Kis méretüknek (0,2-0,6 mm) és lassú mozgásuknak köszönhetően ideális tápláléknak bizonyulnak a pontyivadék számára. Egy másik planktonikus élőlénycsoport az ágascsapú rákok rendje (*Cladocera sp.*), melyek a nyári táplálékdús időszakban gyorsan képesek felszaporodni, a felnőtt halak számára is jelentős fehérjeforrásként szolgálnak (Bokor et al., 2020).

2.5. Szaporodás

2.5.1. A ponty természetes szaporodása

A környezeti igényeinél tárgyalt széles víz hőmérsékleti tűréshatárnál a reprodukció folyamatok esetében érzékenyebb a ponty. Az ivartermékek fejlődése 16 °C felett válik mérhetővé, az íváshoz pedig 18-20 °C-os víz hőmérsékletre és 5-6 mg/l oldott oxigénkoncentrációra van szüksége. Az ivari érettséget a hazai éghajlati feltételek mellett az ikrások 4-5, a tejesek 3-4 éves korukra érik el. Az ivarérett pontyok a vizek melegedésének, áradásának és hígulásának, valamint a légnyomás növekedésének hatására a tavaszi-kora nyári időszakban felkeresik a sekély, vízzel árasztott területeket, ahol megkezdődik az ívás. Az akár egymilliónál is több ragadós ikrát a ponty fűfélék felületére rakja, ahol az embriók kedvező feltételek között fejlődésnek indulhatnak. A lárvák 3-5 nap (60-70 napfok) elteltével kelnek, ekkor még nem táplálkoznak, a szikzacskó tápanyagkészletét használják fel. A következő 4-5 napban a

függeszkedő lárva megtölti úszóhólyagját levegővel és szervezete fokozatosan alkalmassá válik a táplálkozásra (Horváth et al., 2018).

2.5.2. A ponty mesterséges szaporítása

Hazánkban a ponty természetes ívóhelyét jelentő frissen elöntött ártéri rétek területe a folyószabályozás hatására lecsökkent, Herman Ottó (1888) szavaival élve „a halak elvesztették az ősi ártérnek azt a részét, a melynek természetétől a fiasítás fogamatossága s az ivadék megerősödése a maga egész valójában függött”. A Dubics Tamás által a XIX. században kifejlesztett módszer, a tógazdasági körülmények között az ártéri viszonyok megteremtése, a fűvel borított rét mesterséges elárasztása biztosított lehetőséget a ponty mesterséges szaporítására. A Dubics-módszeren kívül az egyik legfontosabb az 1960-as évek elején Woynárovich Elek által kidolgozott sós-karbamidos technológia, mellyel a frissen termékenyített pontyokra ragadóssága szüntethető meg. (Woynarovich, 1962). Napjainkra a keltetőházi pontyszaporítás komplex rendszere az anyahalak felkészítésétől a zsenge lárva első táplálékfelvételéig tart.

2.6. A ponty gazdasági jelentősége

2.6.1. A ponty szerepe a világ haltermelésében

A világ édesvízi akvakultúra termelésének négy legnagyobb mennyiségben termelt halfaja közül három pontyféle, ezek az amur (*Ctenopharyngodon idellus*), a fehér busa (*Hypophthalmichthys molitrix*) és a ponty. Az 1. táblázatból láthatjuk, hogy a ponty részesedése jelentős, 2020-ban 8,6%-a világ teljes édesvízi akvakultúra termelésének (FAO, 2022).

1. táblázat: A világ édesvízi akvakultúra termelése (2000-2020).
(Forrás: Saját szerkesztés FAO (2023) adatok alapján).

	2000	2005	2010	2015	2020
Ponty (<i>Cyprinus carpio</i>) (ezer tonna)	2410,4	2666,3	3331,0	4025,8	4236,3
Összes termelés (ezer tonna)	18 164,7	24 233,6	33 027,4	42 512	49 120,5
A ponty részaránya (%)	13,3%	11,0%	10,1%	9,5%	8,6%

2.6.2. A ponty jelentősége Magyarországon

A magyarországi haltermelés pontycentrikusságát a 2. táblázat jól mutatja. A tógazdasági étkezési hal előállításának a 81% és 84% közötti részarányát a ponty adja a 2020 és 2022 közötti időszakban. A vizsgált periódusban a lehalászott étkezési méretű ponty összömege 7,15%-kal csökkent, míg az összes lehalászott étkezési hal 2022-ben 5,90%-kal maradt el 2020-as évhez

képest. A csapadékszegény időjárás és a magas hőmérséklet hatására megnövekedett párolgási veszteség és az alacsony vízszint nagyban befolyásolta a termelési mutatókat (Kiss, 2022).

2. táblázat: A ponty jelentősége a tógazdasági haltermelésben (2020-2022).
(Forrás: Saját szerkesztés, AKI ASIR (2023) adatok alapján)

	2020	2021	2022*
Étkezési méretű pontylehalászás összesen (ezer tonna)	11 909	11 308	11 057
Étkezési méretű hallehalászás összesen (ezer tonna)	14 395	13 591	13 545
A ponty részaránya (%)	82,73%	83,20%	81,63%

*előzetes adatok

2.7. A ponty tavi termelésének rövid bemutatása

Hazánkban az étkezési méretű ponty (1,5-2,0 kg) tógazdasági körülmények közötti előállítás hároméves termelési ciklusban történik. Minden év felosztható termelési időszakokra és teletetésre. Az első termelési időszak a kikelt pontylárva elő- és utóneveléséből áll, majd a tenyésztési időszak végén az utónevelt ivadékot telető tavakba helyezzzük. A második termelési szezonról kezdve a pontyot már nem monokultúrában, hanem más fajokkal együtt, polikultúrában neveljük. A halak a harmadik termelési időszak végére érik el az étkezési méretet, ekkor már csak tavaszi értékesítés esetén kerülnek a telető tavakba (Horváth és Urbányi, 2000).

2.7.1. A ponty tavi elő- és utónevelése

A tavi ivadék-előnevelés a ponty szaporítását és a keltetőházi lárvanevelését követő termeléstehnológiai szint, azonban az ivadéknevelő tavak előkészítése már az anyahalak szaporítását megelőzően elkezdődik. Az előnevelő tavak állapota alapvetően határozza meg az ivadéknevelés sikerét. A tavak előkészítésénél nagy figyelmet kell fordítani a megfelelő tápanyagellátás biztosítására. A tavak feltöltésével egyidőben megvalósított trágyázás szolgál a tavi táplálékpíramis alapjául. A tápanyagellátás mellett a vadhalmentesség is nélkülözhetetlen a hatékony ivadékneveléshez. A zsenge pontyivadék számára megfelelő életkörülmények kialakításának következő lépése a planktonszelekció, azaz a nem kívánatos alsóbbrendű rákok helyett a kerekességek elszaporodásának segítése. A zooplankton faji összetételének szabályozása, a három szintből álló planktonlépcső kialakítása kulcsfontosságú az ivadék megmaradása szempontjából. A kezdeti planktonbőség ellenére az előnevelés 3-4 hete alatt az

előnevelő tavak természetes táplálékbázisa lecsökken, ezért az előnevelés második felében magas fehérjetartalmú előnevelő táppal takarmányozunk (Horváth et al., 2018).

A lehalásztást követően az ivadékokat már kisebb népesítési sűrűségben utónevelő tavakba telepítjük. Az előnevelt ivadék már nem érzékeny a zooplankton méretére, azonban a nagy méretű ragadozó rovarlárvák a nevelés ezen szakaszában is komoly veszteséget okozhatnak, ha nem védekezünk ellenük. A tenyésztidőszak végére az utónevelő tavakban is lecsökken a tavak tápláléktermelő képessége, ezért kiegészítő takarmányozás szükséges (Horváth et al., 2018).

2.7.2. A két- és háromnyaras ponty nevelése

A második termelési időszaktól kezdve a halastavak előkészítése már az előző szezon végén megkezdődik. A természetes tápláléktermelő képességük regenerálásához a tavakat télen jellemzően szárazon hagyják, a tótalaj felszínét fellazítják és trágyázzák. A szárazra állítás nem csak a termelőképeséget javítja, hanem a halbetegségek, illetve a gyomhalállomány féken tartását is szolgálja. A tavak tápanyagellátását az augusztusi időszakot leszámítva folyamatos trágyázással biztosítják. A késő nyári időszakban a zooplankton-állomány lecsökkenése és a helytelen trágyázás az algák túlszaporodásához vezethet. Bár az algák nappal nettó oxigéntermelők, éjszaka nettó fogyasztóvá válnak, és az oldottoxigén-szint kritikus szint alá csökkenhet. Ezen veszélyek ismeretében kiemelten fontos a második- és harmadik tenyésztidőszakban a tavak tápláléktermelő képességének ismerete, annak szabályozása és a megfelelő népesítési sűrűség beállítása (Horváth et al., 2018).

2.8. A ponty kiegészítő takarmányozása és tápos nevelése

A halastavi pontynevelés technológiájából adódóan a tavak természetes táplálékellátó képességét a gazdaságos termelés érdekében takarmányozással egészítjük ki. A kiegészítő takarmányozás mértéke a termelés intenzitásától, az elérni kívánt hozamtól függ. A takarmányozás megtervezése, a megfelelő takarmány kiválasztása nagy körültekintést igényel, hiszen akár a termelési költségek 50-70%-át is adhatja (Hancz, 2000). A ponty tavi nevelése során fontos a megfelelő fehérje–szénhidrát arányú takarmányozási rendszer kialakítása, hiszen a túlzott fehérjearány nem gazdaságos, míg a magas szénhidráthányad a halak elzsírosodásához vezet. Hazánkban a kiegészítő takarmányozás leggyakoribb formája az abraktakarmányozás. Az általánosan használt gabonafélék a búza, árpa, rozs, tritikálé és a kukorica. Tógazdasági körülmények között 3,5-4 kg kiegészítő abraktakarmány szükséges 1 kg halhús előállításához (Bokor et al., 2020).

Az abraktakarmányozás mellett a teljes értékű tápok jelennek meg alternatívaként a pontynevelésben. A teljes értékű extrudált tápok jobban emészthetőek a gabonaféléknél, ezáltal alacsonyabb takarmányértékesítési együtthatóval használhatóak és a tavi ökoszisztémára is kisebb szervesanyag terhelést jelentenek (Hardy és Barrows, 2000). A teljes értékű tápok használata hazánkban kiegészítő jellegű a tavi termeléstechológiában, azonban felhasználásukkal az abraketetés akár teljesen kiváltható. A teljes értékű takarmányok kizárólagos alkalmazása kis területű tavakon, tó-a-tóban rendszerekben, illetve a ketreces halnevelésben tűnik járható útnak (Csorbai et al., 2020). Annak érdekében, hogy a halak számára megfelelő minőségű tápot biztosítsunk, a teljes értékű takarmánynak táplálkozástani szempontból a fajnak megfelelő összetételűnek kell lennie. A pontyneveléséhez minimum 39%-os nyersfehérje tartalmú és 13 MJ/kg metabolizálható energiájú takarmányt használunk (Magyar Takarmánykódex, 1990). Az összetételen kívül a táp fizikai tulajdonságai, ízletessége, a húsminőségre és a vízminőségre gyakorolt hatása is befolyásolják az alkalmazhatóságot. (Hancz, 2000)

2.9. A takarmányozás hatása a halhúsösszetétel alakulására

Bár hazánkban a pontyhús minősége érdemben nem befolyásolja az eladási árat, a fogyasztói elégedettséggel erős összefüggésben van a halhús íze. A szálkák mellett a zsíros hús és az „iszapíz” azon rossz tulajdonságok, melyek a ponty fogyasztása ellen hozhatók fel. Papp és Csávás (2006) kutatásukban rávilágítottak arra a tényre, hogy az üledékből táplálkozó ponty húsában akkumulálódik a legtöbb ízrontó anyag. A kellemetlen iszapízért felelős anyagokat, a geozmint (GSM) és a 2-metil-izoborneolt (MIB) mikroorganizmusok szintetizálják anyagcseretermékükként, ezek a felvett táplálékkal kerülnek a pontyba, majd a zsírszövetben raktározódnak (Smith és Zimba, 2008). Fogyasztásra tehát az alacsonyabb zamatanyagtartalmú és kevésbé zsíros fiatalabb halak húsa a legalkalmasabb. Az életkoron kívül a tartási körülmények is nagyban befolyásolják a halhús összetételét. Tógazdasági körülmények között az etetett táplálék minősége és mennyisége a halak növekedésén kívül a hús zsírtartalmát is befolyásolja (Varga et al., 2011). A takarmányozás mennyiségének függvényében a hús zsírtartalma 1,9%-tól 20%-ig változhat, a túltakarmányozás hatására tehát a zsírtartalom megnövekedik, amely a zsírban tárolódó hasznos és káros anyagok felhalmozódásával is jár (Darázs és Aczél, 1987). A takarmány mennyiségén túl a takarmány összetétele is jelentős különbségeket okozhat a zsírtartalom alakulásában. Az intenzív rendszerben nevelt, táppal takarmányozott ponty nyerszsírtartalma alacsonyabb (11,3-12,3%), míg a kizárólag búzával takarmányozott halaknál Lengyel et al. (2001) kísérletükben magasabb, 16,5%-os

nyerszsírtartalmat mértek. A halhús minőségét tehát a takarmányozás és a természetes táplálék egyaránt befolyásolja, tógazdasági körülmények között a pontos állománybecsléssel alátámasztott takarmányozással, illetve az ízrontó anyagokat termelő mikroorganizmusok felszaporodásának gátlásával tehetünk a legtöbbet a jó minőségű végtermékért.

2.10. A halhús szerepének értékelése táplálkozásélettani szempontból

A halhús szerepe az egészséges étrendben köztudott, ennek ellenére Magyarországon az egy főre jutó halfogyasztás 2020-ban csupán 6,37 kilogramm volt, míg az EU országaiban ez 23,3 kilogramm (Kiss, 2022). Amellett, hogy a halhús a világ számos részén a fő fehérje- és zsírsav forrás, a halhúsnak kiegészítő jellegű fogyasztás mellett is számos egészségügyi előnyt tulajdonítunk. A halhús egészségvédő szerepét, különösen a zsíros halak esetén a hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsav (LC-PUFA) tartalomra vezethetjük vissza, melyek a koszorúér-betegségből következő elhalálozás kockázatát csökkentik. Az LC-PUFA-k mellett a halhús továbbá fehérje, szelén, jód, D-vitamin, kolin és taurin tartalmán keresztül fejti ki komplex jótékony hatását (FAO/WHO, 2011). A halhúsban található omega-3 telítetlen zsírsavak, az eikozapentaénsav (EPA), és dokozahexaénsav (DHA) a keringési rendszerre gyakorolt kedvező hatásukon kívül a magzati fejlődés során a megfelelő neurális, retinális és immunnális működés kialakításáért is felelősek (Swanson et al., 2012). A halhús tehát az egyéb húsokéval közel azonos fehérjetartalmával (20 g/100 g hús) mindenképpen kiemelkedő szerepet tölt be az egészséges táplálkozásban. Terhes és szoptató nők esetében 240-340 g heti halhús fogyasztása javasolt, általánosan pedig heti 100-120 g halfogyasztással használhatjuk ki a halhús egészségvédő tulajdonságait maximálisan (FAO/WHO, 2011).

2.11. Mikroalgák mint takarmánykiegészítők

A mikroalgák táplálkozási- és takarmányozási felhasználása széles körben kutatott terület, igen ígéretes zsírsav, antioxidáns, illetve festékanyag forrásnak tekintik őket. Bár az alga termékek piaca még nem közelíti meg a hagyományos növénytermesztését, a mikroalgakutatás és -előállítás területén elvégzett fejlesztések és beruházások bizakodásra adnak okot (Vigan et al., 2015). A mikroalgák biomasszájának fő összetevői esszenciális aminosavakat tartalmazó fehérjék, többszörösen telítetlen zsírsavakat (PUFA) tartalmazó lipidek, szénhidrátok, pigmentek és egyéb bioaktív anyagok. A mikroalgákat ezen tulajdonságaik jó alternatív összetevővé teszik az akvakultúra takarmányozási rendszerében (Ansari et al., 2021). A hagyományos fehérjeforrások alapvető tápanyagellátást biztosítanak, de hiányoznak belőlük az esszenciális aminosavak, a hosszú láncú többszörösen telítetlen zsírsavak (LC-PUFA) és

pigmentek. Az esszenciális összetevőknek a hozzáadása a takarmányhoz jelentősen növeli annak költségét (Hass, et al., 2016). A mikroalgák felhasználásának elsősorban a termelési technológiájuk szab határt, az algák tenyésztési, betakarítási és olajkinyerési folyamatait hatékonyságuk és költségeik tekintetében tovább kell javítani a széles körű felhasználhatóság érdekében (Adarme-Vega et al., 2012).

2.12. A mikroalgák felhasználásának eddigi eredményei az akvakultúrában

Az állati fehérjeformák helyettesítésére a ponty takarmányozásában Indiában a mangalori University of Agricultural Sciences munkatársai *Spirulina platensis* algafajjal végeztek kísérletet 120 napon át. A kísérletek során előnevelt pontyivadék takarmányozási tervében helyettesítették a hallisztból származó fehérjét növényi fehérjével. A kísérleti állományt hat csoportra osztották, mely csoportok takarmányának növényi és állati fehérje arányát az alábbiak szerint alakították; 0%, 25%, 50%, 75%, 100%, 100% (az utóbbi rizskorpamentes takarmány). A kísérlet során az egyes csoportok növekedését, takarmányhasznosítását, a fehérje beépülési hatékonyságát nem befolyásolta negatívan a *Spirulinával* történő helyettesítés. Ellenben a fehérjeviszatarító képessége annak a csoportnak volt a legjobb, amely takarmányában a *Spirulina* volt az egyetlen fehérjehordozó. Továbbá az RNS:DNS arány az algával takarmányozott csoportokban magasabb volt a kontrollcsoportéhoz képest. A halhús további érzékszervi vizsgálatok során nem mutatott eltérést az algás táppal kezelt csoportok esetén. A kísérlet azt bizonyította, hogy az algával kiegészített takarmányoknak van létjogosultsága a halliszt helyettesítésére negatív hatás nélkül, és a *Spirulinából* nyert fehérjék emészthetősége is kedvező (Nandeesh et al., 2008).

Egy a Brnoi Egyetemen végzett kutatás célja az volt, hogy értékelje a különböző algák és cianobaktériumok hozzáadásával készített takarmányok hatékonyságát. A pontyokat (átlagos testtömeg $19,6 \pm 3,49$ g) véletlenszerűen négy csoportra osztották, és etették őket hagyományos táppal (kontrollcsoport), 10%-ban száraz zöld alga (*Chlorella*) tartalmú táppal (chlorella csoport), szennyvízen tenyésztett alga száraz biomasszájával (alga csoport), valamint liofilizált toxikus cianobaktérium biomasszával a *Microcystis* nemzetségből (microcystis csoport) takarmányozták őket. A kísérlet 29 napja után a takarmányhasznosítás értékeléséhez szükséges sztenderd mutatókat, a külső jellemzőket, a halak állapotát, az izmok kémiai összetételét és a zsírsavak összetételét vizsgálták. Azoknak a csoportoknak a húsösszetétele, amelyekhez zöld algát (chlorella és alga csoportok) adtak hozzá, kedvezőbbnek bizonyult a kísérlet során. A zöld algákkal és a szennyvízkezelésből származó algából készült takarmányokkal etetett halak

csoportjaiban magasabb telítetlen zsírsav (PUFA) tartalmat és teljes zsírmennyiséget találtak (Kopp et al., 2019).

Sobczak et al. (2020) kutatásukban pontyok takarmányozásának hatását értékelték n-3 PUFA-dús takarmánnyal (*Schizochytrium* sp. liszt és lazac olaj) a halhús minőségi mutatóin (húsösszetétel, zsír zsírsavprofilja) és a gasztronómiai minőségen (színparaméterek, textúra, érzékszervi tulajdonságok) keresztül. A dúsított takarmány jelentős hatással bírt a kémiai összetételre, a zsír tulajdonságaira, a színparaméterekre, az izomrost méretére, a víztartalomra és a filé ízére. A kísérleti takarmánnyal táplált pontyokból származó filék kevesebb fehérjét és több nyers zsírt tartalmaztak, de az érzékszervi bírálaton magasabb víztartalmat és erősebb halízt mutattak ki.

A dúsított takarmánnyal táplált pontyok zsírában nagyobb arányban mértek összes PUFA-t, n-3 PUFA-t, összes EPA-t és DHA-t, n-3/n-6 arányt és kisebb arányban teljes MUFA-t a kontroll halakkal összehasonlítva. A *Schizochytrium* sp. liszt használata EPA és DHA forrásaként sokkal jobb eredményeket hozott, mint a lazacolaj, mivel lehetővé tette ezeknek az értékes zsírsavaknak a magasabb tartalmát anélkül, hogy a húsminőséget negatívan befolyásolná (Sobczak et al., 2020).

3. Alkalmazott módszerek

3.1. Nevelési kísérletek bemutatása

A nevelési kísérlet helyszínét a SZEGEDFISH Mezőgazdasági Termelő és Szolgáltató Kft. biztosította. A cég Szegedtől észak-keletre 2100 hektáron gazdálkodik körtöltéses halastavain. A fehértói halgazdaság állományának legnagyobb része a ponty (75-80%), emellett busa (10%), amur (5%) és ragadozó halak termelésével is foglalkoznak. A társaság munkájához kötődik a földrajzi oltalom alatt álló Szegedi Tükrös Ponty, amely népszerűségét jó alkalmazkodóképességének, genetikai ellenállóságának, zsírszegény húsának és kiváló ízének köszönheti. A Szegedfish Kft. éves haltermelése több év átlagában 1800 tonna, a megtermelt hal 60-70%-át hazai tenyész-, sport-, és étkezési célra értékesítik, a fennmaradó 30-40%-ot pedig az EU más országaiba exportálják ([http 1](http://1)).

3.1.1. Hidrobiológiai vizsgálatok

Vizsgálataink során a kísérletben résztvevő tavak hidrobiológiai paramétereit kétheti rendszerességgel elvégzett mintavételezéssel követtük. A mintavételek során a víz hőmérsékletet, a pH-t, az anorganikus nitrogénformákat, illetve a foszfát alakulását követtük. A kvantitatív mérések közül a hőmérsékletet és a pH-t műszeresen, a többi paramétert laboratóriumban fotometriásan határoztuk meg.

A halak természetes táplálékának rendelkezésre állását a zooplankton mennyiségének és összetételének rendszeres vizsgálatával követtük nyomon. A tóvízből a tó átlója mentén több helyről összesen 50 liter mintát merítettünk, majd azt átszűrtük egy 80 µm-es planktonhálón. A szűrletet kalibrált kémcsőbe öntöttük, majd egy csepp formalint adtunk hozzá. A formalin hatására a vízben lévő élő szervezetek elpusztultak. A szüredéket ezután egy óráig ülepedni hagytuk, majd leolvastuk az ülepitett minta térfogatát (ml). A planktonösszetétel szabadszemmel is becsülhető, de a pontosabb meghatározáshoz fénymikroszkópra volt szükség (2. ábra). A plankton kvalitatív vizsgálata során a *Cladocera* nembe tartozó *Daphnia* és *Moina* fajok, a *Copepoda* nembe tartozó *Cyclops* fajok, illetve a villásférgek rendjébe tartozó *Rotatoriákt* mintabeli arányát határoztuk meg.

2. ábra: Planktonmintavétel előnevelő tavon
(Forrás: Szabó Tamás, 2022)



3.1.2. A nevelési kísérletek

A kísérletek során az algával dúsított táppal elért eredményeket vizsgáltuk a hagyományos táppal és az abraktakarmánnyal összehasonlítva tógazdasági körülmények között. A vizsgálatokba a tavi nevelés három fázisát vontuk be, ezek az előnevelés, az utónevelés és a kétnyaras nevelés, más néven nyújtás. Kísérletünk során összehasonlítottuk az algával kiegészített takarmánnyal és a hagyományos táppal, illetve az abraktakarmánnyal történő etetés eredményeit. A nevelés során rendszeresen dobóhálós mintáztuk a tavakat. A különböző időpontokban végzett mintavételek során rögzítettük a testhosszt és a testtömeget, továbbá a nevelés végén megmaradást (%) számoltunk. A mérés során a testhosszt milliméter beosztású mérőszalaggal, a testtömeget analitikai mérleggel (Radwag WTC 2000) gramm pontossággal mértük (3. és 4. ábra). A kifogott halakat a lehető leggyorsabban és legkíméletesebben kezeltük és a mérés után azonnal visszaengedtük.

3. ábra: Kétnyaras pontyivadék testhosszmérése
(Forrás: Bartos István 2023)



4. ábra: Egynyaras pontyivadék testtömegmérése
(Forrás: saját kép 2022)



3.1.3. Az előnevelés feltételei

Az előnevelés során a zsenge ivadék 6 db 1 hektáros tóba került kihelyezésre. A népesítésre május 23.-án került sor, tavanként 1 millió darabszámban. A kísérlet során az

előnevelő tavakat három takarmányozási csoportra bontottuk. Az 1. és 2. tavakban (EN1 és EN2) hagyományos szarvasi pontyelőnevelő táppal takarmányoztunk, a 3. és 4. tavakban (EN3 és EN4) 1%-ban algával dúsított táppal etettünk, az 5. és 6. tavakban (EN5 és EN6) pedig 3 %-os algás tápot kaptak a halak. Az előnevelő tavak adatait a 3. táblázat mutatja. Az előnevelés végén próbahalászáttal, tavanként 30 egyed testhosszát és testtömegét mértük.

3. táblázat: Az előnevelő tavak kísérleti paramétereinek összefoglalása
(Forrás: saját munka)

Előnevelő tó	Kihelyezés		Takarmány
	időpont	darab	
EN1 (kontroll)	2022.05.23.	1 millió	szarvasi előnevelő táp
EN2(kontroll)	2022.05.23.	1 millió	szarvasi előnevelő táp
EN3 (1%)	2022.05.23.	1 millió	1% algás táp
EN4 (1%)	2022.05.23.	1 millió	1% algás táp
EN5 (3%)	2022.05.23.	1 millió	3% algás táp
EN6 (3%)	2022.05.23.	1 millió	3% algás táp

3.1.4. Az utónevelés feltételei

A tavi nevelés második fázisa, az utónevelés három tóban történt. Az 1. csoport (UN1. algás) egy 11 hektáros utónevelő tóba került kihelyezésre, a tóba 300 000 db egynyaras pontyot telepítettünk, a kísérlet során ez a csoport csanyteleki nevelőtápot, majd a nevelés utolsó 4 hetében 1%-ban algával dúsított tápot kapott. A 40 hektáros S2. tóba (1. kontroll) 795 000 pontyivadékot helyeztünk, ez a csoport a nevelés során végig csanyteleki nevelőtápot kapott. A 2. kontroll tóba (S8.) 25 hektár vízfelületre 500 000 ivadék került telepítésre, majd szintén csanyteleki nevelőtáppal takarmányoztuk a csoportot. A testhossz és testtömeg alakulását augusztus 31-én 30-30 egyed mérésével vizsgáltuk. Az utónevelési kísérlet részletes adatait a 4. táblázat mutatja.

4. táblázat: Az utónevelő tavak kísérleti paramétereit.
(Forrás: saját munka)

Utónevelő tó	Tó mérete (hektár)	Kihelyezés	Kihelyezett ponty ivadék (darab)	Takarmány	Etetési napok száma
S2 (1. kontroll)	40	2022.06.17.	795 000	csanyteleki nevelőtáp	80
S8 (2. kontroll)	25	2022.06.16.	500 000	csanyteleki nevelőtáp	79
UN1 (1% alga)	11	2022.06.21.	300 000	csanyteleki nevelőtáp, algával dúsított táp (1%)	79

3.1.5. A kétnyaras nevelés feltételei

A nevelési kísérlet utolsó szakaszát, a nyújtást három 40 hektáros tavon végeztük. A 65 gramm átlagsúlyú egynyaras pontyokat a tenyésztőidőszak elején, márciusban telepítettük a nevelőtavakba. A három tóban különböző takarmányokkal etettünk: az 1. tóban (Sz2.) kizárólag

abraktakarmánnyal (búza), a 2. tóban (Sz1.) abraktakarmánnyal, a nevelés utolsó négy hetében (08.15-től) csanyteleki táppal, a 3. tóban (S7.) pedig szintén abraktakarmánnyal, majd a nevelés utolsó 4 hetében 1%-ban algával dúsított csanyteleki nevelőtáppal. Az egyes tavakból augusztus 31-én 30-30 egyed testhosszát és testtömegét mértük. A telepítési és takarmányozási adatokat az 5. táblázat foglalja össze:

5. táblázat: A kétnyaras nevelés paraméterei.
(Forrás: saját munka)

Nevelő tó	Kihelyezés		Kihelyezett ponty-ivadék		Takarmány	Etetési napok száma
	Időpont	Darab	Össz. tömeg (kg)	Átlagtömeg (g/ivadék)		
S7. (algás táp)	2022.03. 01.	115 000	7456	64,8	Búza, 1%-ban algával dúsított táp	127
Sz1. (kontroll)	2022.03.09.	151 500	9584	63,2	Búza, csanyteleki táp	130
Sz2. (abraktakarmány)	2022.03.24.	180 300	11 989	66,5	Búza	130

3.2. Laboratóriumi vizsgálatok

3.2.1. A laboratóriumi vizsgálatok helyszíne

A kutatás során vizsgált takarmány és halhús minták feldolgozását és kiértékelését a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. Biotechnológiai Divízió kollégáival együttműködve végeztük. A szegedi telephelyű Biotechnológiai Divízió (BAY-BIO) a Bay Zoltán Kft. legrégebbi működési egysége. A BAY-BIO az ipari-környezetvédelmi és az agrár- és élelmiszeripari szektorokban végez alapkutatási és ipari fejlesztési tevékenységet. Az agrár- és élelmiszeripar területén folytatott kutatási és fejlesztési tevékenységeken belül a ponttyal etetett takarmányok alga biomasszával történő kiegészítésének takarmányokra és halakra gyakorolt hatásait a BAY-BIO Biomassza Termelés és Hasznosítás Osztálya vizsgálja. A dolgozatban bemutatott eredmények egy részét az osztályon végzett kutatómunkám során kaptam (http 2).

3.2.2. Vizsgált beltartalmi mutatók

A halhús egészségvédő szerepének vizsgálata során a szakirodalmi adatok alapján elsősorban a kedvező LC-PUFA-tartalomra és a hagyományos tápokhoz képest magasabb antioxidáns tartalomra számítottunk. Vizsgálataink során mind a halhús-, mind a takarmánymintákban vizsgáltuk ezeket az értékeket.

3.2.3. Halhús- és takarmányminták előkészítése

A halhús mintákat a vizsgálatokig $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tároltuk (Liebherr Comfort, Gorenje FH451 CW) annak érdekében, hogy a beltartalmi mutatók a mintavételkor állapotukat a lehető legjobban megőrizzék. A halhús mintákat a laborba érkezés után homogenizáltuk (Bertin Precellys Evolution), hogy az egyes mérésekhez egységes, reprezentatív mintákat lehessen venni. Ezt követően a halhús mintákat CHRIST Alpha 1-2 LDplus típusú fagyasztva szárítóval vákuum alatt liofilizáltuk, hogy a kapott mérési eredményeket egységesen száraz tömeghez lehessen viszonyítani.

A takarmány minták szintén $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on voltak tárolva, majd a laborba érkezést követő előkészítés során homogénre lettek őrölve, majd szárítószekrényben (Memmert) $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tömegállandóságig lettek szárítva. Így a takarmány mintákból is egységes, reprezentatív minták születtek, a kapott eredményeket pedig nem befolyásolta a minták eredeti nedvességtartalma, így összehasonlíthatókká váltak.

3.2.4. Antioxidáns kapacitás meghatározása

Az antioxidáns kapacitás meghatározása során Benzie és Strain által 1996-ban kidolgozott és 1999-ben továbbfejlesztett Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) módszert alkalmaztuk. A mérés alapját a vizsgált anyag vas (III) ion-redukáló képessége adja. A kimutatás során színes komplex képződik, amely fotometriásan 593 nm abszorpciós maximumon mérhető. Az extinkciós érték egyenesen arányos a minta redukálóképességével, ami a mérési protokollnak köszönhetően az antioxidáns kapacitására utal. Az eredményeket $\mu\text{mol/g}$ mértékegységben adjuk meg.

A FRAP munkaoldatot A:B:C oldatok 10:1:1 arányú elegyből kapjuk;

„A” oldat: (300 mmol/l acetátos puffer nátrium acetátból (1,55 g), 99%-os ecetsavból (8 cm^3) és ioncserélt vízből (100 cm^3))

„B” oldat: 10 mmol/l TPTZ-ből (312 mg) és 40 mM sósavból (100 cm^3)

„C” oldat: 20 mmol/l ferri klorid oldat vas-kloridból (540 mg) és ioncserélt vízből (100 cm^3)

„D” oldat: standard törzsoldat 100 $\mu\text{mol/l}$ ferro szulfátból (28 mg) és ioncserélt vízből (100 cm^3)

A mérés során 1000 μl FRAP munkaoldathoz adunk 20 μl mintát, amit 10 perc után spektrofotométerrel (Unicam Helios Alpha UV-VIS) mérünk.

3.2.5. Zsírsavösszetétel meghatározása

A zsírsavtartalmat zsírsav metil-észter képzéssel (FAME) mérjük, amellyel a minta zsírsavösszetétele és az egyes zsírsavak koncentrációja adható meg. A vizsgálat során a mintát

antioxidáns jelenlétében metanol-kloroform-sósav három komponensű rendszerben 90 °C-on feltárjuk, melynek hatására a mintában található karboxil csoportokat tartalmazó vegyületek metilészterekké alakulnak. A három komponensű (terner) rendszer egyensúlyát víz hozzáadásával megbontjuk, ennek hatására a kloroform fázisból a zsírsavak gázkromatográfiás módszerrel elválaszthatóvá válnak. A metilésztereket tömegspektrofotométer segítségével detektáljuk. A kapott eredményeket mg/g mértékegységben adjuk meg.

A zsírsavanalízis során a következő vegyszereket és eszközöket használtuk: -20 °C-os fagyasztó, 20 ml-es HS fiola+teflon záróelem, Mettler Toledo, ER 120-A típusú analitikai mérleg, automata pipetták, Hamilton-tűk, Pasteur-pipetták, üveggyöngy, laboratóriumi vortex, Memmert szárítószekrény, Heraeus Biofuge Pico centrifuga, HPLC fiolák, Aglient 6890N gázkromatográfval kapcsolt Aglient 5975 tömegszelektív detektor (DB- 23 (60 m x 0,25 mm x 0,25 µm) állófázis, 6.0-ás tisztaságú hélium mozgófázis), AOC-5000 CTC PAL automata mintaváltó, Enhanced ChemStation E.02.02.1431 verziójú szoftver.

A méréshez 50 mg mintát headspace üvegekbe (HS, Chromacol 20-HSV T717) töltünk, majd a mintához 4 ml kloroform (50 v/v%) -metanol (45 v/v%) -sósav (5 v/v%) elegyet adunk hozzá. A gázteret 5.0-ás tisztaságú nitrogén gázzal kiöblítjük, ezután a lezárt üveget 90 percig 90 °C-on észterezzük. A minták szobahőmérsékletre hűlését követően 4 ml desztillált vizet adunk hozzájuk, majd 5 percig rázatjuk és 2000 rpm-en centrifugáljuk. Az alsó fázisból ~2 ml-t víztelenítünk, vízmentes nátrium szulfátra pipetázunk. A víztelenítést követően 1 ml mintához kloroformot adunk majd ebből a 2 µl-es mintákat gázkromatográfval analizáljuk.

3.3. Felhasznált szoftverek, statisztikai elemzés

A dolgozatom készítése során a planktonvizsgálatok eredményeit Microsoft Excel (v. 16.48) program segítségével készített diagramokkal és táblázatokkal illusztráltuk.

A testhossz és testtömeg adatokat Microsoft Excel programban egyszempontos varianciaanalízissel (F-próba), valamint kétmintás t-próbával hasonlítottuk össze 95%-os szignifikancia szinten ($P < 0,05$).

A halhús- és haltakarmányminták beltartalmi vizsgálatainak eredményeit Microsoft Excel program segítségével ábrázoltuk.

4. Eredmények és értékelésük

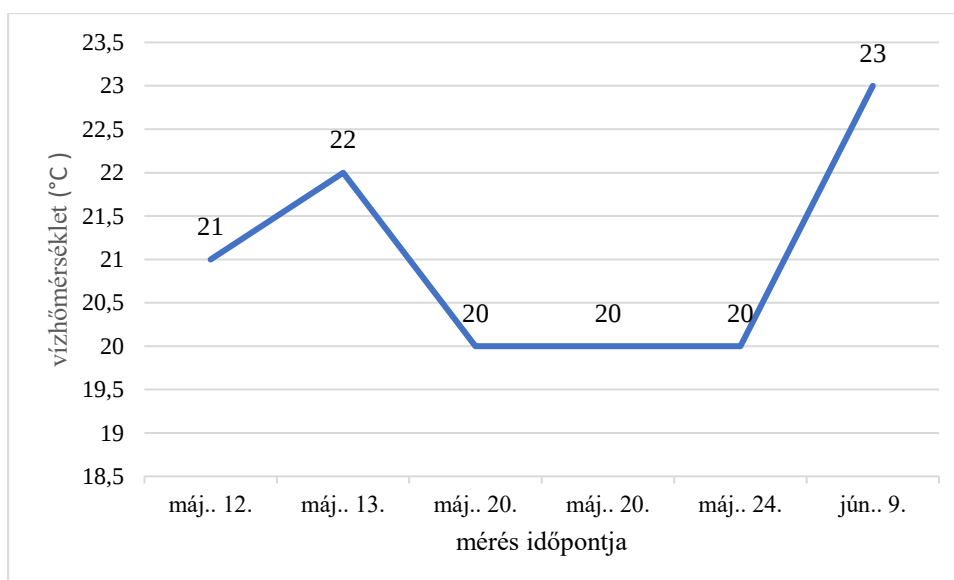
4.1. A nevelő tavak hidrobiológiai tulajdonságai

A vizsgált időszakban a nevelésben részt vevő tavak hidrobiológiai paraméterei nem mutattak a halak számára veszélyes, kiugró értékeket. A tenyésztidőszak során a mért mutatók végig elfogadható tartományban mozogtak.

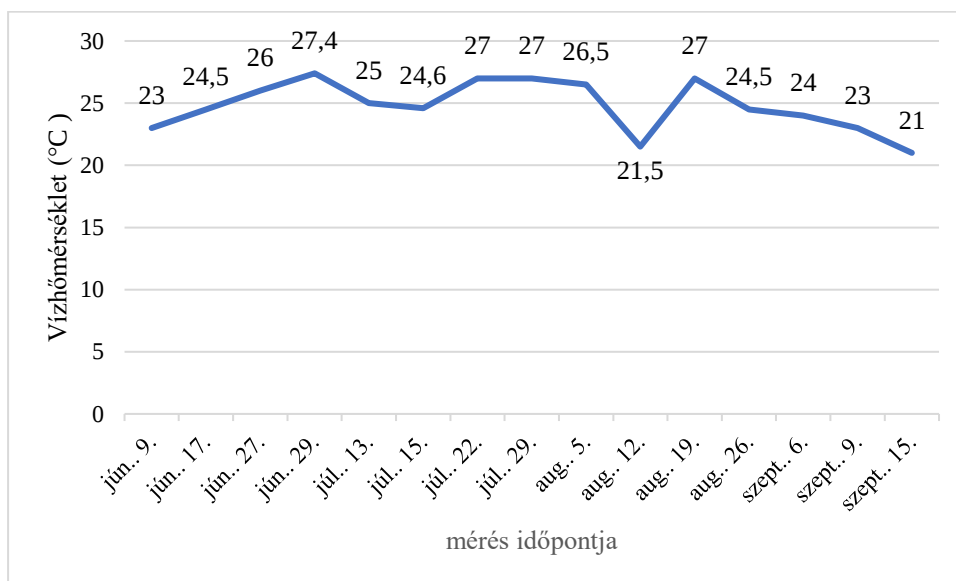
A vizsgált tenyésztidőszakban a száraz és meleg időjárás hatására a víz hőmérséklet a 27 °C-ot is meghaladta (5., 6. és 7. ábra víz hőmérséklet), a megfelelő népesítési sűrűség megválasztásával azonban sikerült megőrizni a tavak kémiai egyensúlyát.

5. ábra: Víz hőmérséklet alakulása az előnevelés során (°C).

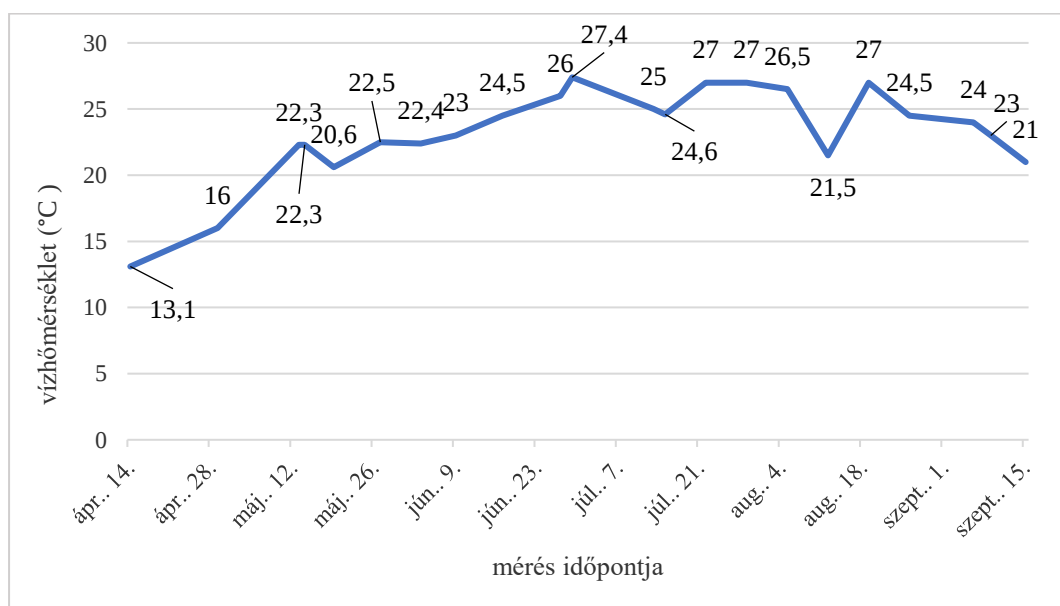
(Forrás: saját munka)



6. ábra: Vízhőmérséklet alakulása az utónevelés során (°C).
(Forrás: saját munka)



7. ábra: A vízhőmérséklet alakulása a nyújtás során (°C).
(Forrás: saját munka)



4.2. Tavi termelési eredmények

4.2.1. Az előnevelés eredményei

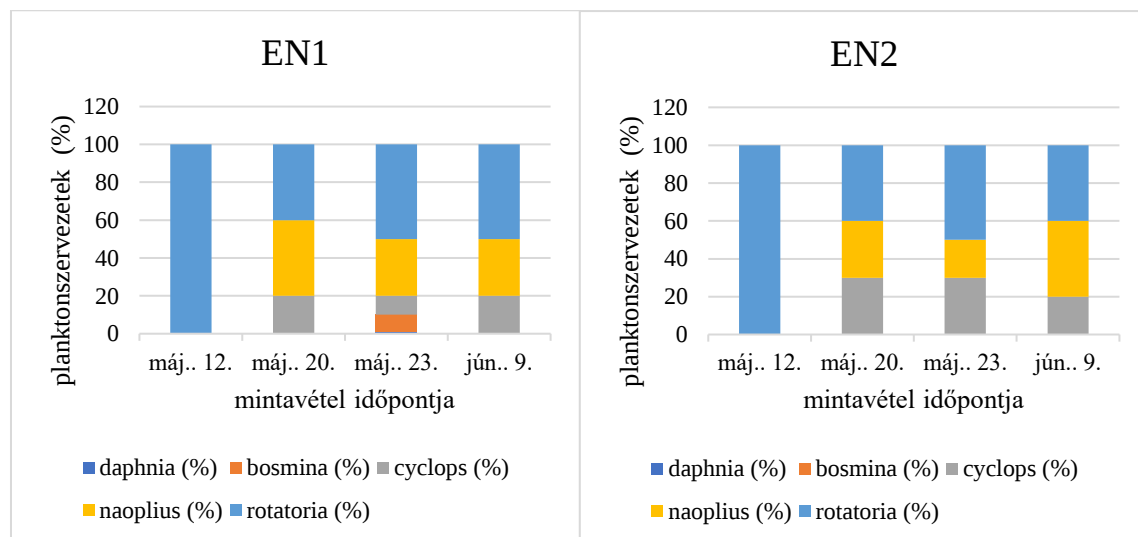
Az előnevelés sikeréhez kulcsfontosságú a megfelelő mennyiségű és minőségű zooplankton. Megfelelő túlélőkészítés esetén a zsenge pontyivadék kihelyezésekor a tóban a *Rotatoria* állomány dominál, majd az ivadék növekedésével együtt a planktonlépcsőn felfelé haladva a nagyobb méretű zooplankton szervezetek aránya növekszik. A vizsgálat során a

zooplankton összetételében nem találtunk jelentős eltérést az egyes előnevelő tavakban, a zooplankton-állomány fajok szerinti eloszlásából (8., 9., és 10. ábra) azonban látható, hogy a planktonikus szervezetek összetétele az előnevelés során kedvezően alakult. A zooplankton előnevelő tavakból mintázott össz mennyiségét a 11. ábra mutatja.

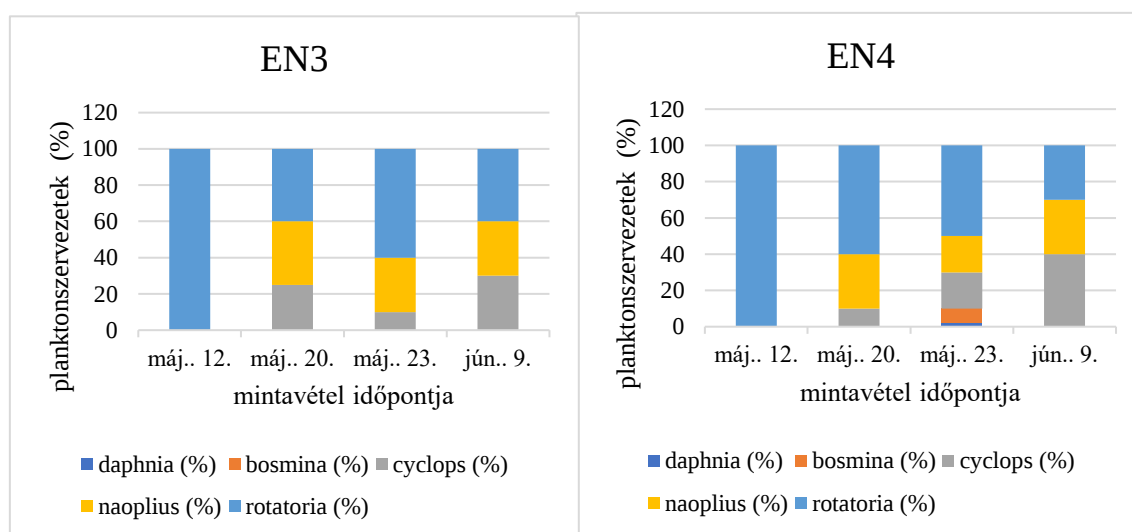
Az előnevelés során az EN1 és EN2 tavakban 400 kg szarvasi ivadéknevelő tápot etettünk fel, az EN3 és EN4 tavakban 1%-ban algával dúsított tápból 400 kg fogyasztott el az állomány, illetve az EN5 és EN6 tavakban is 400 kg fogyott a 3%-ban algával dúsított takarmányból. Az előnevelés végén végzett próbahalászat adatainak kiértékelésével az algával 1%-ban dúsított táppal takarmányozott csoport az egytényezős varianciaanalízis alapján szignifikánsan nagyobb testtömeget és testhosszúságot mutatott (12. és 13. ábra).

Az előnevelt ivadék lehalászásakor megmaradást számoltunk, tehát a lehalászott ivadék mennyiségét hasonlítottuk össze a kihelyezési adatokkal. A megmaradási eredményekből (14. ábra) látszik, hogy az EN3 és EN4 tavakban megfigyelhető alacsonyabb megmaradás összevetőlegesen magasabb természetestáplálék- és kiegészítőtakarmány-fogyasztást eredményezhetett, ami a nagyobb lehalászáskori méretet befolyásolhatta.

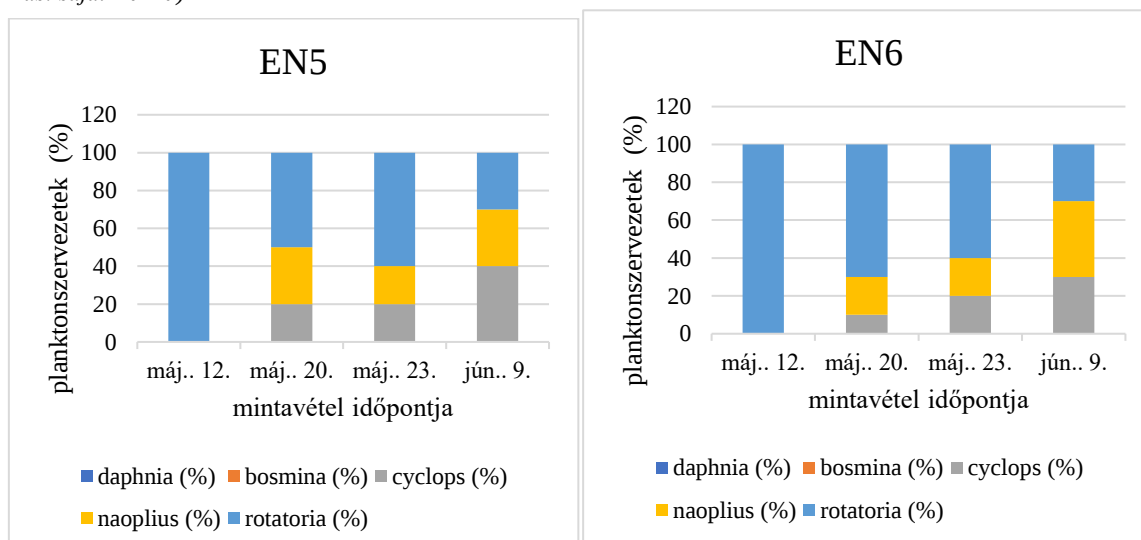
8. ábra: A planktonszervezetek összetétele az EN1 és EN2 előnevelő tavakban.
(Forrás: saját munka)



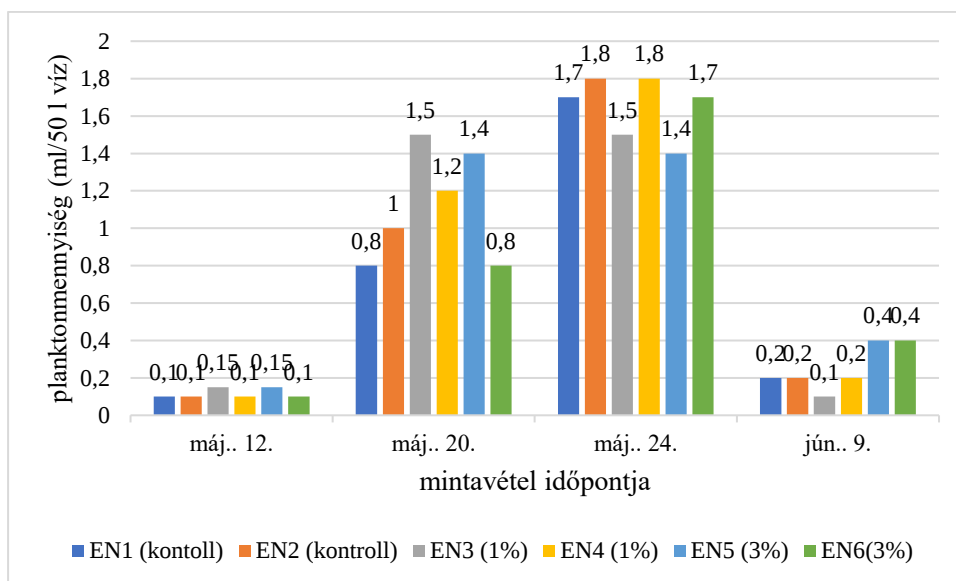
9. ábra: A planktonszervezetek összetétele az EN3 és EN4 előnevelő tavakban.
(Forrás: saját munka)



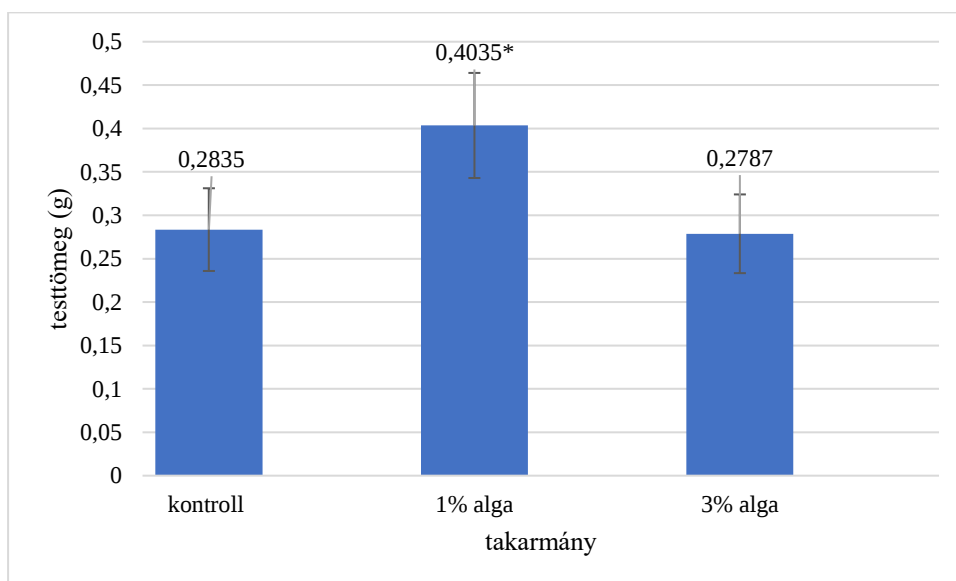
10. ábra: A planktonszervezetek összetétele az EN5 és EN6 előnevelő tavakban.
(Forrás: saját munka)



11. ábra: A szűrt planktonmennyiség vizsgálata az előnevelő tavakban (EN1.-EN6.).
(Forrás: saját munka)

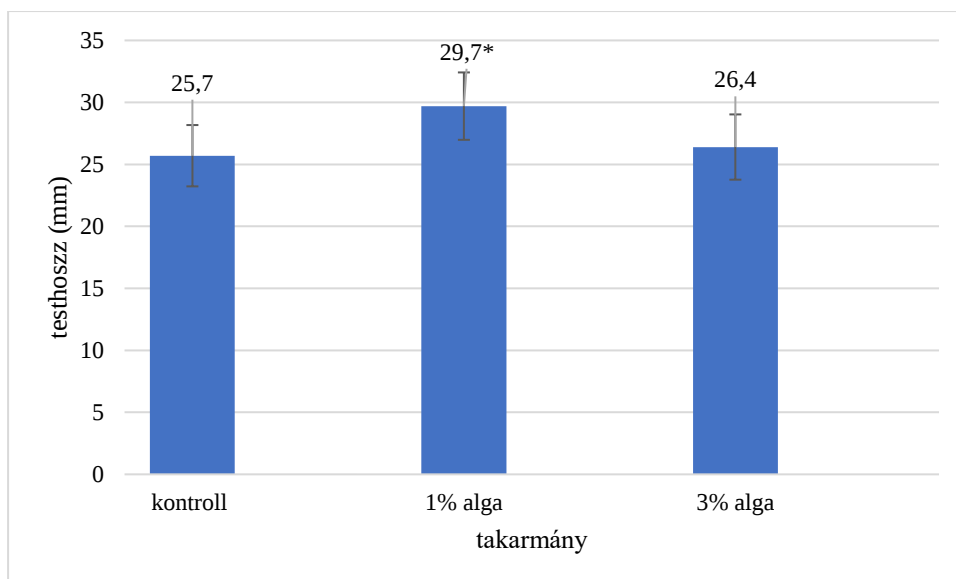


12. ábra: Az előnevelés végén az 1%-ban algával kiegészített takarmány szignifikánsan nagyobb testtömeget eredményezett a hagyományos tápnál és a 3%-ban algát tartalmazó takarmánynál. A csillaggal jelölt adatok szignifikánsan különböznek a többitől ($P < 0,05$).
(Forrás: saját munka)



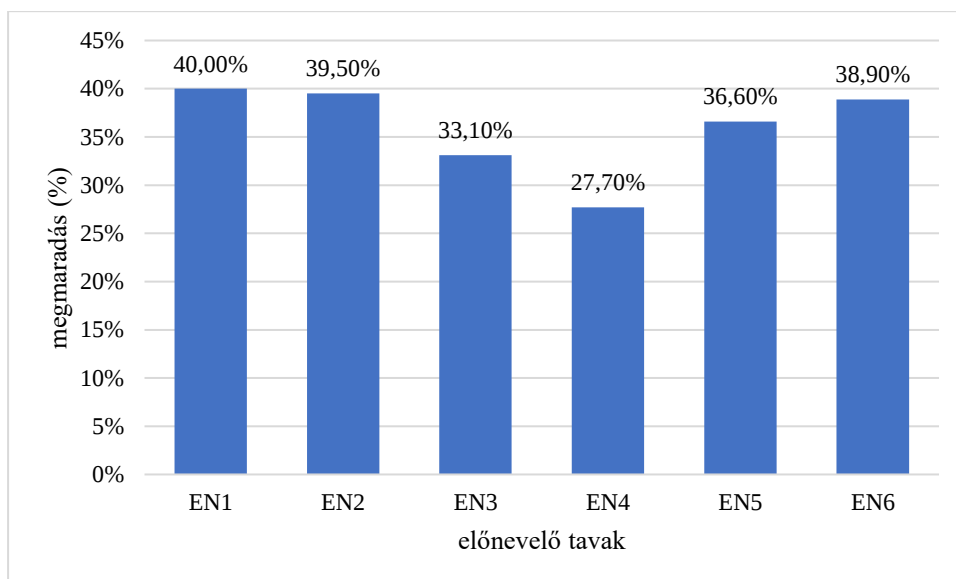
13. ábra: Az 1%-ban algával kiegészített táppal takarmányozott csoportok testhossza szignifikánsan nagyobb, mint a hagyományos- és 3%-ban algát tartalmazó tápos csoporté. A csillaggal jelölt adatok szignifikánsan különböznek a többtől ($P < 0,05$).

(Forrás: saját munka)



14. ábra: A hagyományos előnevelő táppal, valamint 1 %-os, illetve 3 %-os algakiegészítéssel készített táppal nevelt halak megmaradása (%) az előnevelés végén.

(Forrás: saját munka)



4.2.2. Az utónevelés eredményei

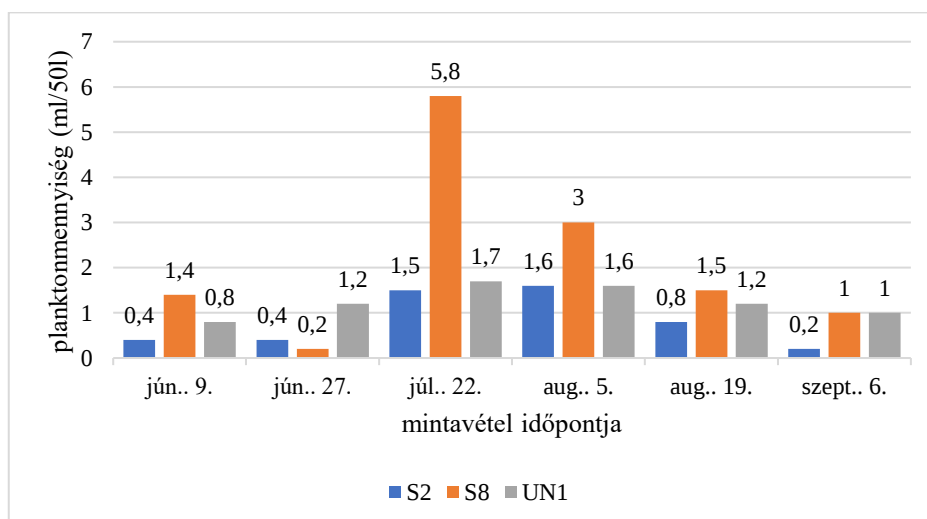
Az utónevelés során az előnevelt ivadék méretéből adódóan már elsősorban nem a zooplankton szervezetek mérete, hanem azok mennyisége határozza meg az utónevelés sikerességét. Az előnevelő tavak planktonhálós mintavételezésekor a planktonikus biomassza alakulását a 15. ábra mutatja. A kísérlet során az UN1 (algás) és S8. (2. kontroll) tavakban 79 napon takarmányoztunk, az S2 (1. kontroll) tóban 80 napot. A takarmányozási időszakban a

tavakban a népesítési sűrűségnek megfelelő mennyiségben etettünk, a kiosztott takarmány mennyiségét a 6. táblázat tartalmazza. Az utónevelés során a várakozásoktól eltérően alakultak az eredmények. Az átlagos testhossz és testtömeg mérésénél az S8. (2. kontroll) tóból vett mintánál tapasztaltunk jelentős eltérést a többi tóhoz képest (16. és 17. ábra). Az UN1 és S2 utónevelő tavakban a lehalászásnál rendkívül alacsony megmaradást tapasztaltunk (18. ábra). A gyenge eredmények konkrét okát nem tudjuk megjelölni, a termelési időszakot megelőző enyhe tél tóhigiéniai és halegészségügyi okokból komoly következményekkel járhatott, továbbá a magas nyári hőmérséklet és a csapadékszegény időjárás a nevelőtavak vízfelületének jelentős csökkenéséhez, és ezáltal a halak életterének zsugorodásához vezethetett. A kísérlet során mért eredmények sajnos nem egyediek, a tógazdasági eredmények országosan tükrözték a kedvezőtlen időjárási feltételeket (Kiss, 2023).

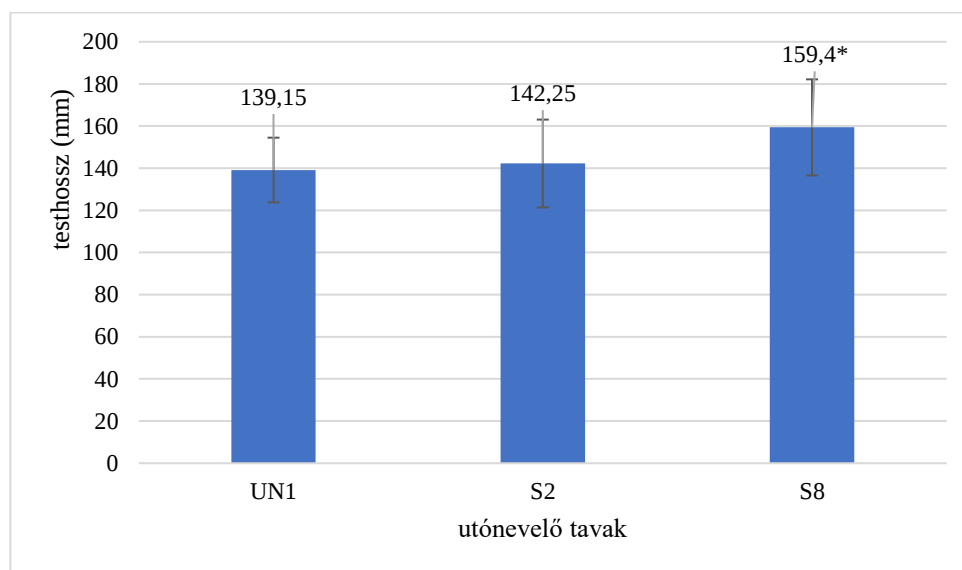
6. táblázat: Az utónevelés során kiadott takarmány mennyiség (kg) és etetési napok száma.
(Forrás: saját munka)

	Feletetett takarmány (kg)		Etetési napok száma
	táp	algás táp (1%)	
UN1	8370	10 380	79
S2	31 100	0	80
S8	39 470	0	79

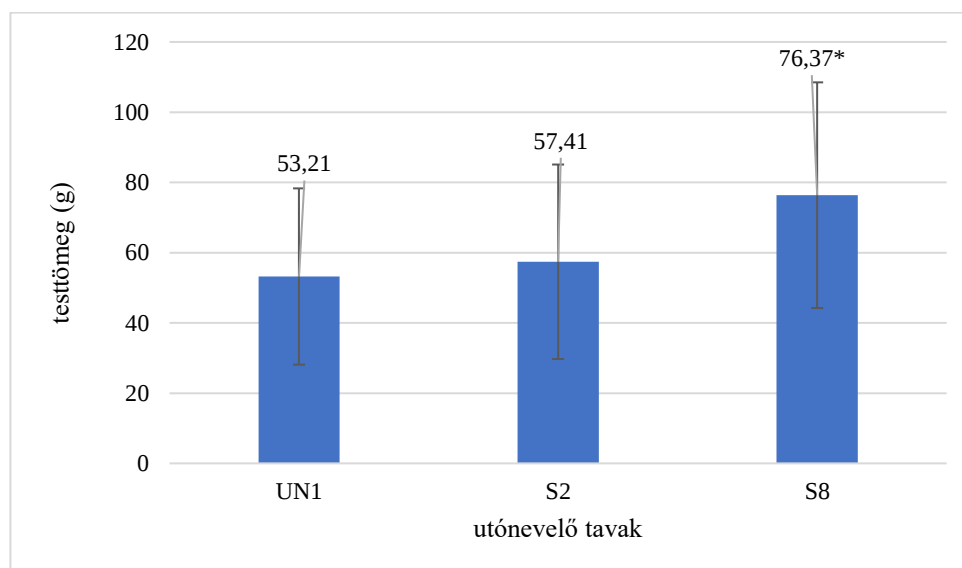
15. ábra: Planktonszervezetek össz mennyisége az utónevelés során (ml/50l).
(Forrás: saját munka)



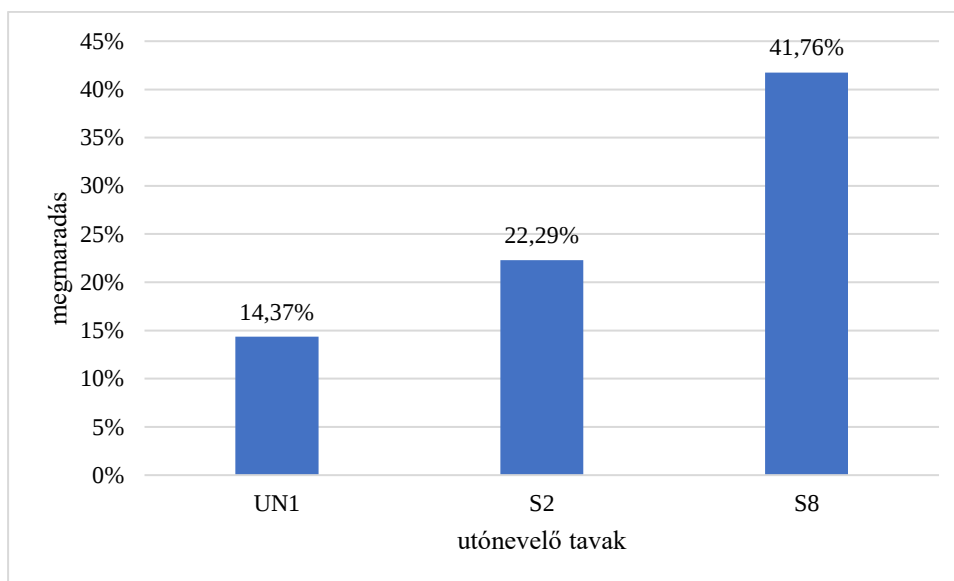
16. ábra: Elsőnyaras pontyok testhossza (mm, átlag $\pm$ szórás) a kísérleti tavakban augusztus 31-én. A csillaggal jelölt adatok szignifikánsan különböznek a többitől ($P < 0,05$).
(Forrás: saját munka)



17. ábra: Elsőnyaras pontyok testtömege (g, átlag $\pm$ szórás) a kísérleti tavakban augusztus 31-én. A csillaggal jelölt adatok szignifikánsan különböznek a többitől ($P < 0,05$).
(Forrás: saját munka)



18. ábra: Az utónevelő tavak megmaradási aránya.
(Forrás: saját munka)



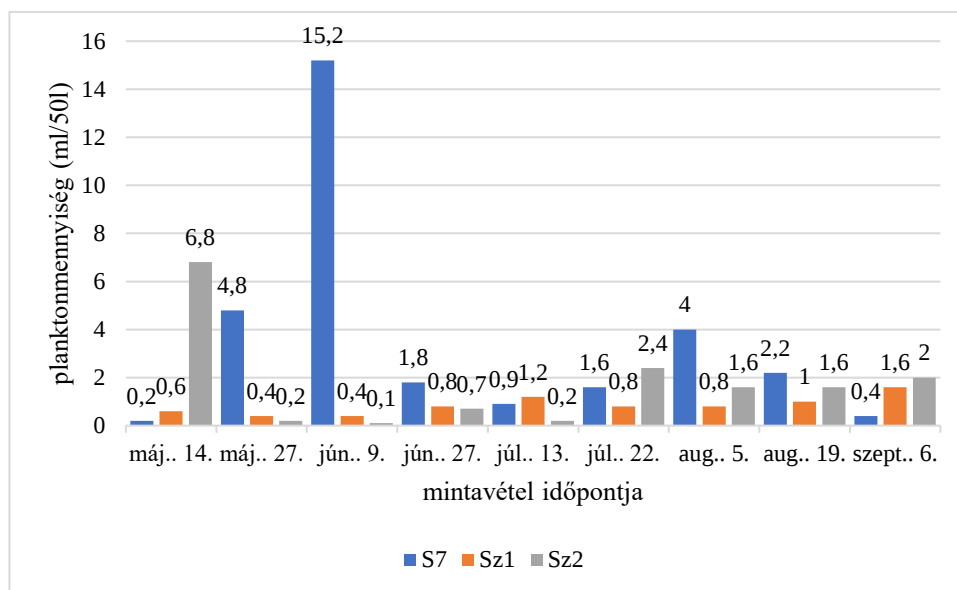
4.2.3. A kétnyaras nevelés eredményei

A kétnyaras pontynevelés során májustól szeptemberig végeztünk hidrológiai mintavételeket. A nyújtás során is nagy jelentőséggel bír a tavak planktonállománya, hiszen a zooplankton a ponty fő fehérjeforrása hazánk tógazdasági haltermelésében. A planktonvizsgálatok elemzésével jól megfigyelhető a tavaszi, nyár eleji csúcs, majd a nyár közepi visszaesés után ismételten egy kisebb emelkedés tapasztalható a vízhőmérséklet csökkenésével (19. ábra). A tavak tápláléktermelő képességének kiegészítésére a 7. táblázatban látható takarmánymennyiségeket etettük a népesítési és növekedési adatoknak megfelelően. Az állomány növekedését júniustól szeptemberig próbahalászatokkal követtük nyomon. A szeptember 1-jén vett mintából mind a testhossz, mind a testtömeg esetén szignifikánsan nagyobbak bizonyult az algás táppal takarmányozott állomány (20. és 21. ábra). A megmaradás azonban a kétnyaras nevelés során is kiemelkedően alacsonynak bizonyult (22. ábra). Az utóneveléshez hasonlóan a kapott eredmények nem egy tényezőre vezethetőek vissza, a kedvezőtlen időjárási tényezők szerepe nagyban befolyásolhatta a halak egészségügyi állapotát és a tápanyagfelvételt.

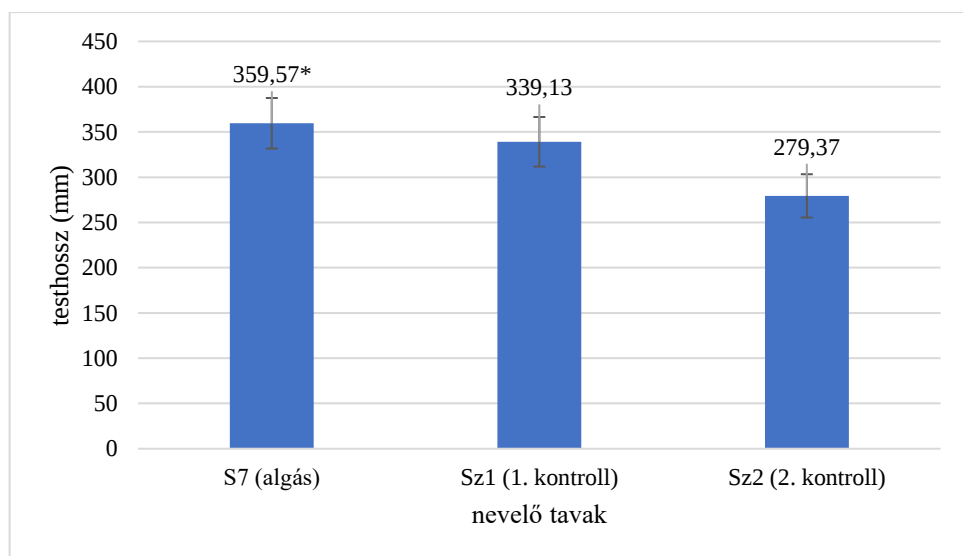
7. táblázat: A nyújtás során kiadott takarmány mennyiség (kg) és etetési napok száma.
(Forrás: saját munka)

Tó	Feletetett takarmány (kg)			Etetési napok száma
	Búza	Algás táp (1%)	Hagyományos táp	
S7	38 900	31 700	0	127
Sz1	29 100	0	20 800	130
Sz2	76 500	0	0	130

19. ábra: A planktonmennyiség alakulása a nyújtás során.
(Forrás: saját munka)

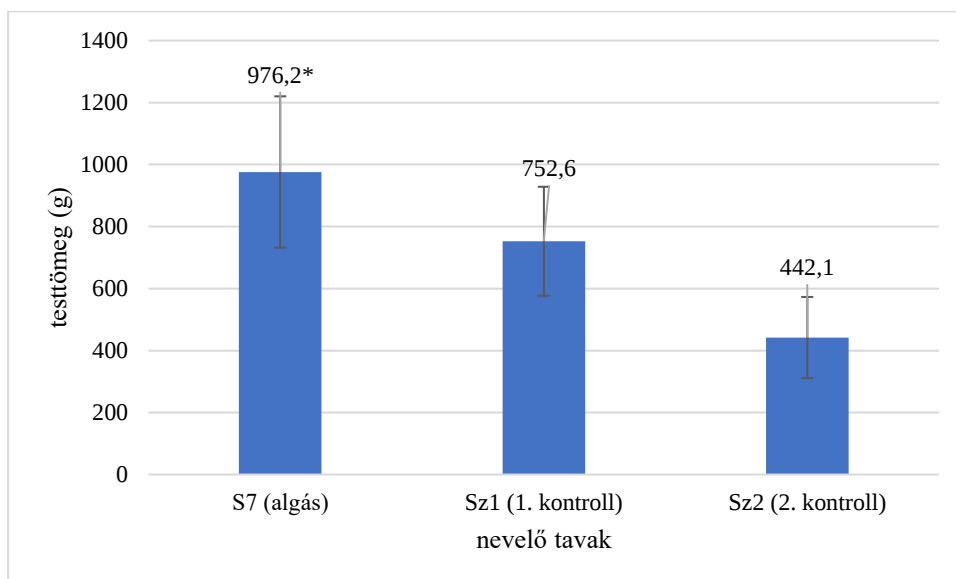


20. ábra: A nevelés utolsó négy hetében algás (1%) táppal takarmányozott csoport átlagos testhossza szignifikánsan nagyobb a kontrollcsoportokénál. A csillaggal jelölt adatok szignifikánsan különböznek a többtől ($P < 0,05$).
(Forrás: saját munka)

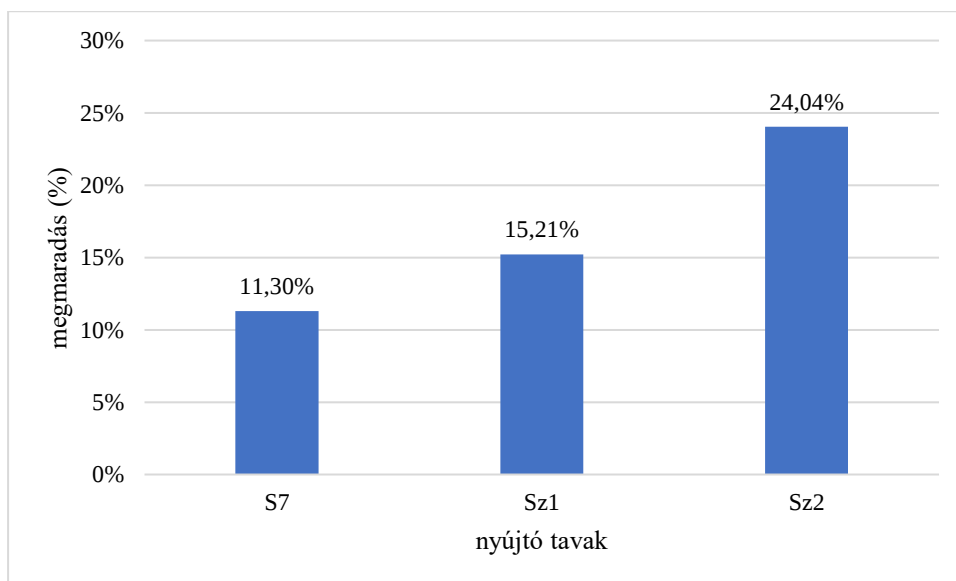


í

21. ábra: A nevelés utolsó négy hetében algás (1%) táppal takarmányozott csoport átlagos testtömege szignifikánsan nagyobb a kontrollcsoportokénál. A csillaggal jelölt adatok szignifikánsan különböznek a többitől ($P < 0,05$).
(Forrás: saját munka)



22. ábra: Megmaradás a nyújtó tavakban (%).
(Forrás: saját munka)



4.3. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei

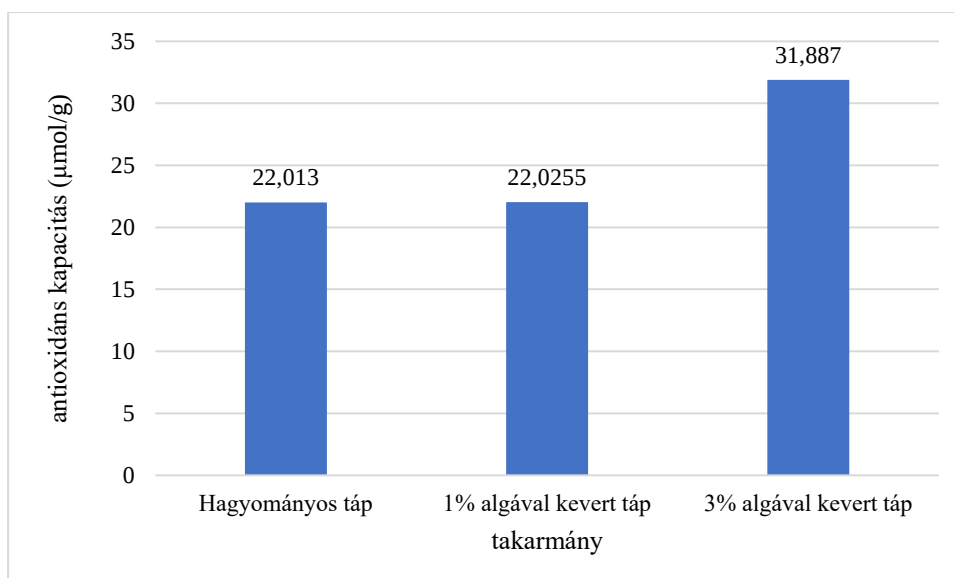
4.3.1. Előnevelés

Az előnevelés végén feldolgozott halhús- és takarmányminták vizsgálata során az alábbi eredményeket kaptuk:

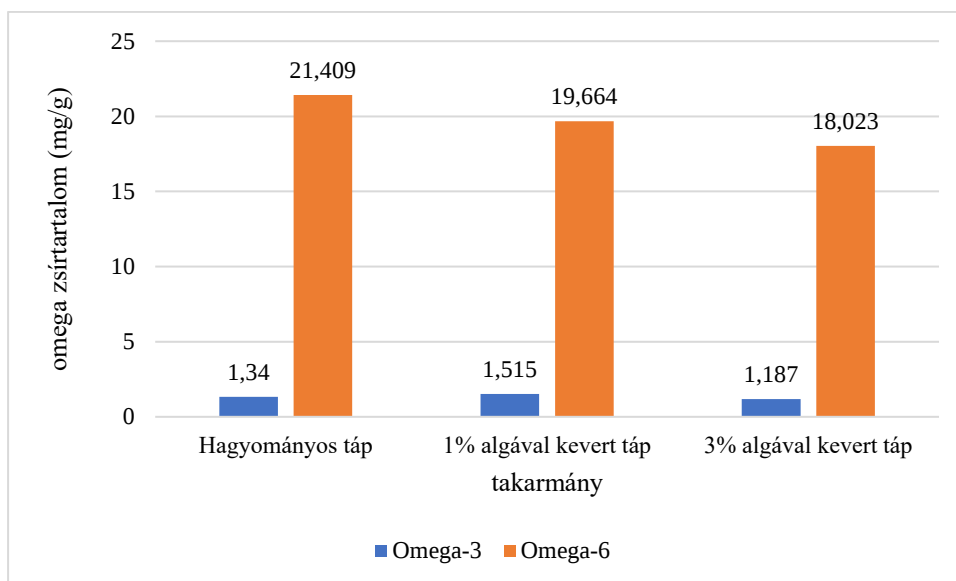
- Az antioxidáns kapacitás vizsgálatánál a 3%-ban algával dúsított takarmánynál mutattuk ki a legmagasabb FRAP értéket, az 1%-ban algával kiegészített táp és a hagyományos nevelőtáp között nem volt jelentős különbség kimutatható (23. ábra).

- Az előnevelő tápok zsírsavösszetétel vizsgálatánál az 1%-os algás táp omega-3 zsírtartalma volt a legmagasabb, az omega-6 zsírsavtartalom pedig a kontrolltáp esetében volt a legmagasabb (24. ábra).
- A halhúsminák közül az EN5 és EN6 (3%-ban dúsított) csoportok mintáiból mutattuk ki a legmagasabb antioxidáns kapacitást, a legalacsonyabbat pedig az EN3 és EN4 (1%-ban dúsított) csoportokból (25. ábra).
- A halhúsminák közül a kontrollcsoportnál mértük a legkedvezőbb omega-3 és omega-6 zsírsavtartalmat. Természetesen az előnevelt pontyivadékon számszerűsített zsírsavtartalom élelmezés szempontjából nem tekinthető relevánsnak, hiszen ezek a halak még nem alkalmasak emberi fogyasztásra (26. ábra).

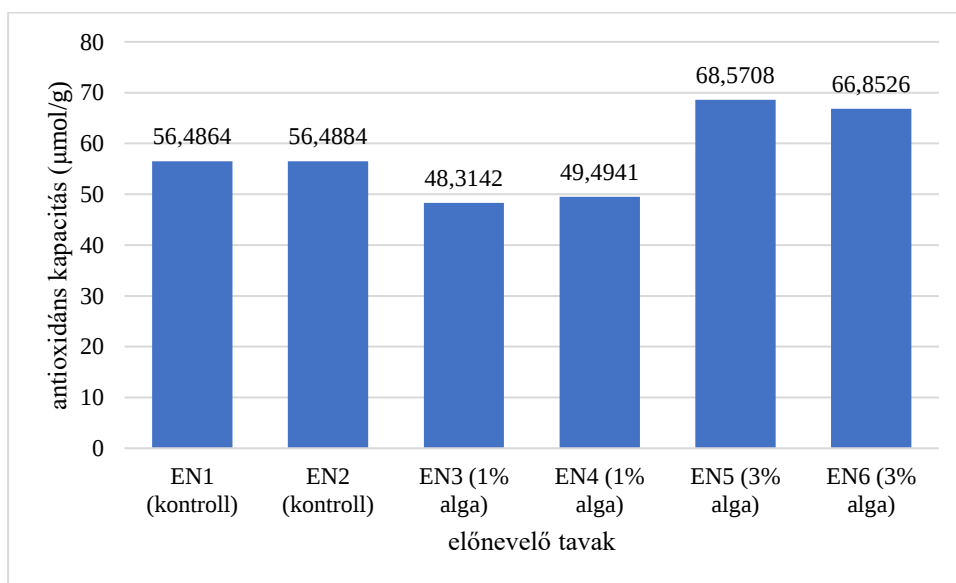
23. ábra: Az előnevelő tápok antioxidáns kapacitása ($\mu\text{mol/g}$).
(Forrás: saját munka)



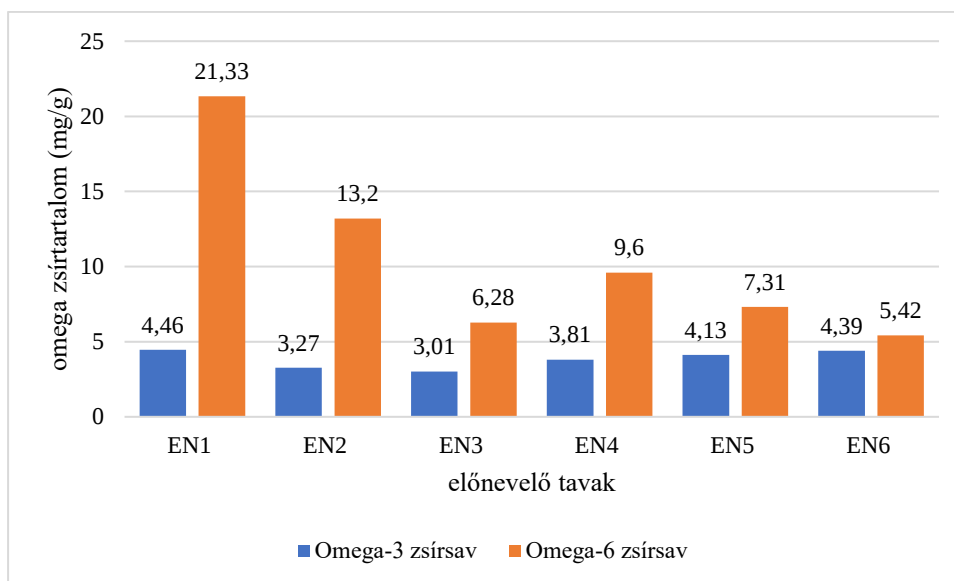
24. ábra: A különböző előnevelő tápok omega-3 és omega-6 zsírsavtartalma (mg/g).
 . (Forrás: saját munka)



25. ábra: Az előnevelt pontyivadék halhúsminthák antioxidáns kapacitása ($\mu\text{mol/g}$).
 (Forrás: saját munka)



26. ábra: Omega-3 és omega-6 zsírsav tartalom (mg/g) előnevelt ponty halhúsmindeből.
(Forrás: saját munka)

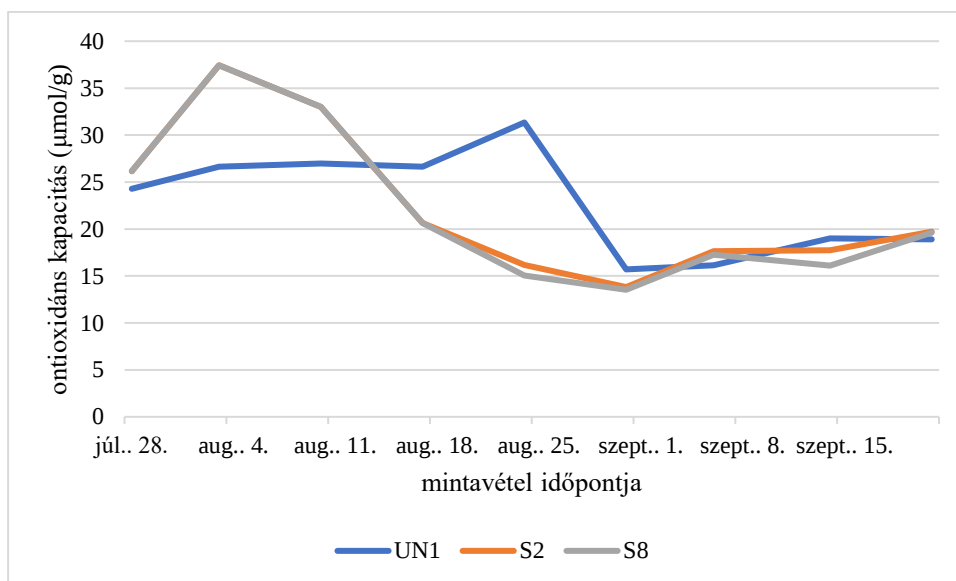


4.3.2. Utónevelés

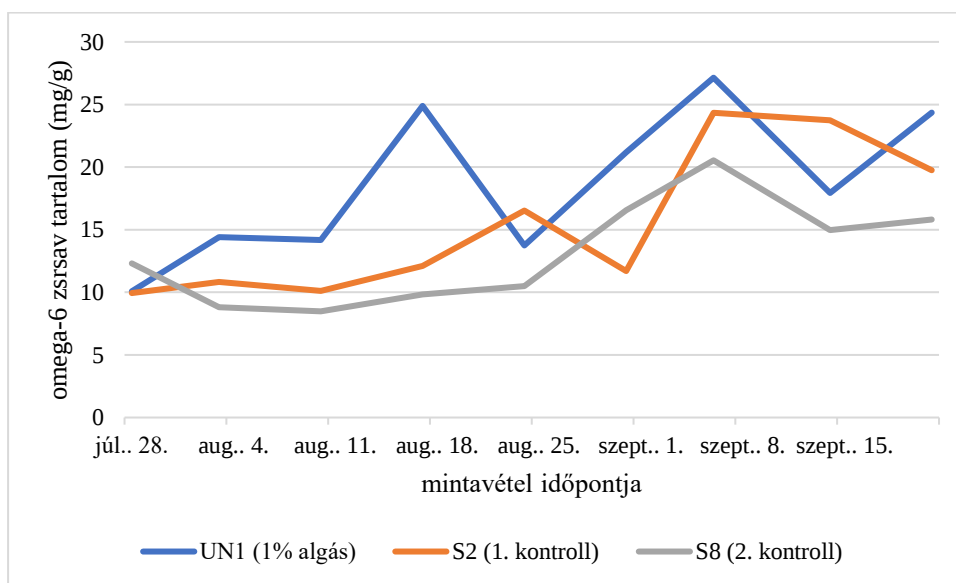
A takarmányminták beltartalmi vizsgálatánál elsősorban az antioxidáns kapacitás megőrzésében bizonyult jobbnak az algával kiegészített táp a hagyományos táphoz képest. Az 1% algával kiegészített takarmány antioxidáns kapacitása a vizsgálati idő elején alacsonyabb volt a kontrolltápokhoz képest, azonban ezt az alacsonyabb értéket jóval tovább meg tudta őrizni és csak később érte el a kontrolltápoknál is megfigyelt alacsonyabb, nagyjából 22 $\mu\text{mol/g}$ körüli értéket (27. ábra).

A halhúsmindeből esetében a kontrollcsoporthoz képest jellemzően magasabb omega-6 zsírsavtartalmat mértünk (28. ábra), a magasabb omega-6 zsírsavtartalom továbbá nem okozott kedvezőtlen irányú változást a halhús mindeből omega-6/omega-3 zsírsavarányában (29. ábra).

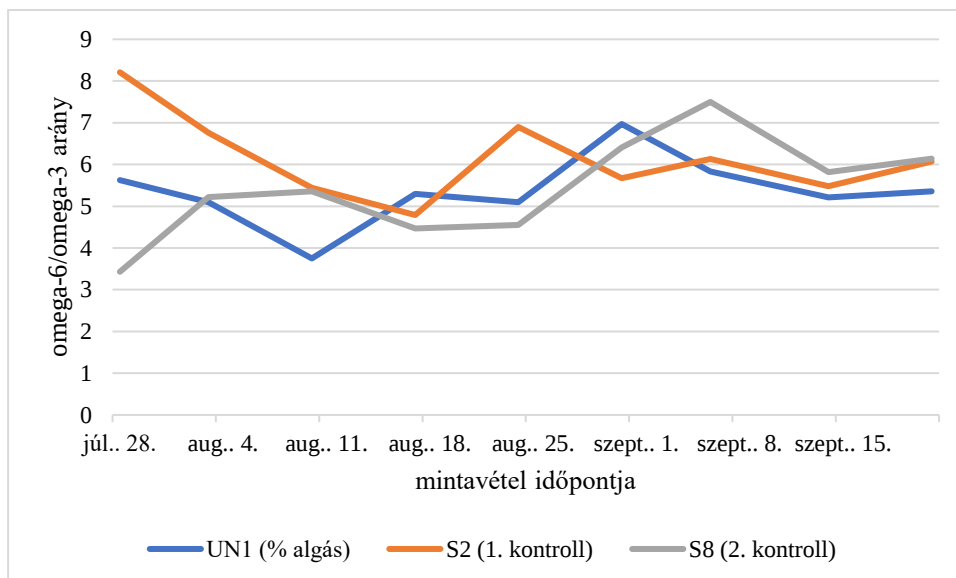
27. ábra: A felhasznált tápok antioxidáns kapacitása az utónevelés során($\mu\text{mol/g}$).
(Forrás: saját munka)



28. ábra: A halhús minták omega-6 zsírsavtartalma az utónevelés során (mg/g).
(Forrás: saját munka)



29. ábra: Az omega-6 és omega-3 zsírsavak arányának alakulása az utónevelés során (mg/g).
(Forrás: saját munka)

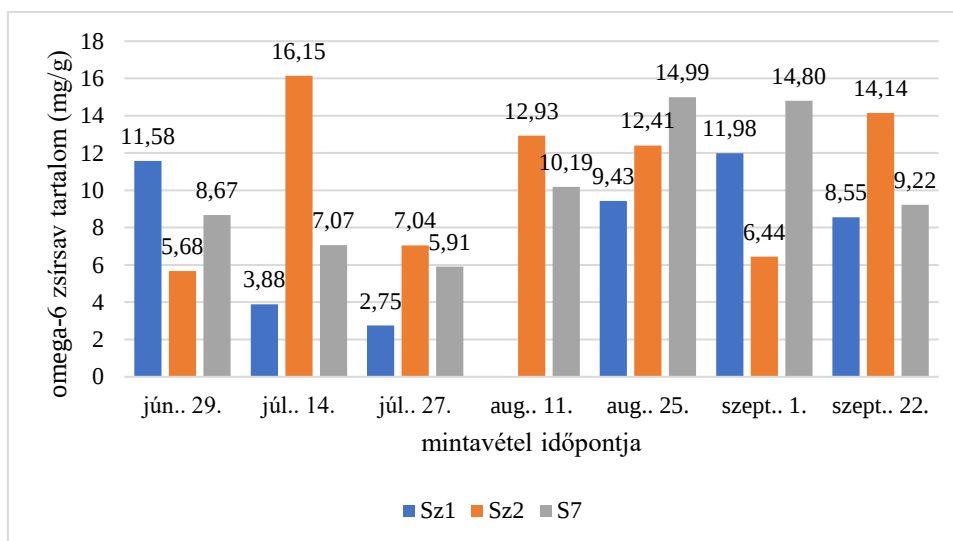


4.3.3. Kétnyaras nevelés

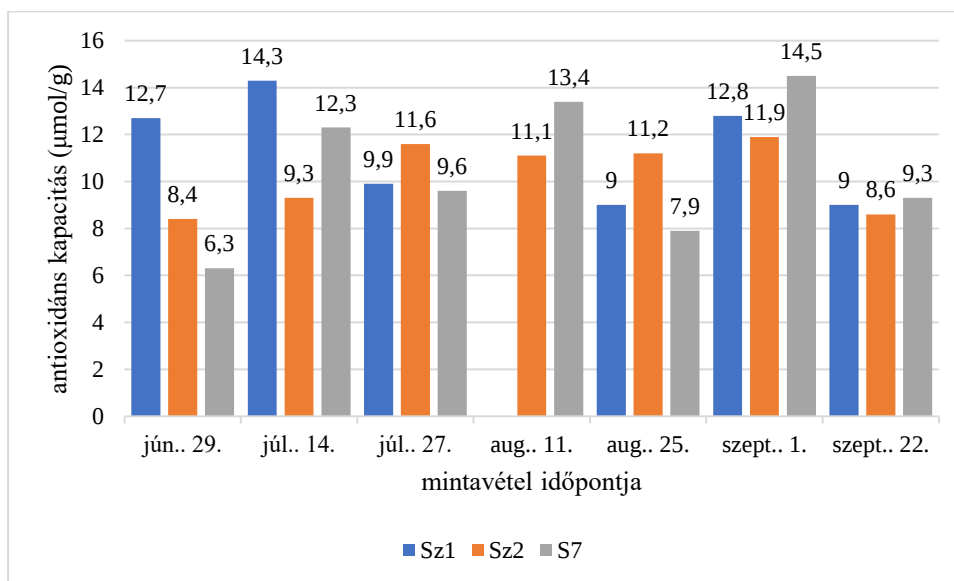
A halhúsminyak vizsgálatánál az omega-6 zsírsavak mennyiségében mértünk jelentős algakiegészítésnek betudható pozitív hatást. A mérések során többször is kedvezőbb omega-6 zsírsav tartalmat mutattunk ki az S7. (1% alga) tóból származó halhús mintákból (30.ábra).

A különböző etetésű kétnyaras pontyok antioxidáns kapacitásai viszonylag alacsonyak voltak, az idő függvényében jelentősen változtak (31. ábra). Az algával etetett S7. tóból származó minták esetében azonban az algás tápra átállás utáni (08.15) minták átlagos antioxidáns kapacitása 10,56 $\mu\text{mol/g}$ -ra emelkedett az azt megelőző időszak átlagos 9,65 $\mu\text{mol/g}$ -os értékéhez képest. Az algával kevert takarmánnyal etetett halminták esetében megfigyelhető eltérés lehet az algával történt kiegészítés hatása is.

30. ábra: Az omega-6 zsírsavtartalom alakulása a kétnyaras nevelés során (mg/g).
(Forrás: saját munka)



31. ábra: Az antioxidáns kapacitás alakulása a nyújtás során vett halhús mintákban ($\mu\text{mol/g}$).
(Forrás: saját munka)



4.4. Eredmények értékelése

A kísérleteink során kapott eredmények a korábbi kutatásokhoz képest a növekedési paraméterekben is pozitív változást mutattak. A korábban végzett kísérletekben jellemzően hasonló (1-3%) (Kopp et al., 2019), vagy magasabb (<7%) (Nandeesh et al., 2008) arányban helyettesítették a takarmányok zsírsav- és fehérjehordozó összetevőit algakészítményekkel. Míg a nagyobb arányú algakiegészítés hatására a növekedésre gyakorolt pozitív hatás nem mutatkozott, kísérletünkben bebizonyosodott az általunk választott algakoncentráció jótékony hatása.

A halhús- és takarmányminták többszörösen telítetlen zsírsavkoncentráció tekintetében korábbi vizsgálatokkal összhangban alakultak. Az általunk választott alacsonyabb algakoncentráció hatására is magasabb PUFA-koncentrációt mértünk több minta esetében is.

Az kutatás során feldolgozott szakirodalommal összehasonlítva a legnagyobb eltérés a tartási körülményekben található. Az eddigi vizsgálatok során jellemzően teljes értékű táppal takarmányoztak, intenzív, vagy ketreces tartási körülmények között (Nandeesh et al., 2008; Kopp et al., 2019; Sobczak et al., 2020).

A kutatásunkban végzett tógazdasági kísérletek során a tavak természetes tápláléktermelő képessége befolyásolta a halak növekedését, illetve a felvett táplálékon keresztül a beltartalmi értékeket is. A tóhatáson kívül az időjárási körülmények is nagyban befolyásolhatták a kísérleti állomány táplálkozását, növekedését. Bár az intenzív és ketreces tartás a kísérlet változóinak csökkenését eredményezi, célunk nem csupán az algakiegészítés takarmányozási hatásainak számszerűsítése volt. Annak érdekében, hogy az alternatív fehérje- és zsírsavforrások alkalmazása ágazati szinten elfogadottá váljon, fontos, hogy a meglévő termeléstekológiába integrálható legyen. A kísérletek módszertanát is a tavi nevelés technológia elemeivel összhangban alakítottuk ki. Kísérleteinkből kiderült, hogy a nagy területű, körtöltéses halastavakon a hagyományos kiegészítő abrak takarmányozáson kívül a mikroalgák a teljes értékű tápokkal kombinálva, esetleg mint természetes hozamfokozók is alkalmazhatók.

A következő kihívást az akvakultúra ágazat számára a tenyésztési technológián kívül a dúsított tápok ipari szintű előállítása, és ezek standardizálása jelenti (Adarme-Vega et al., 2012). Az antioxidáns kapacitás és a telítetlen zsírsavösszetétel és -koncentráció meghatározására kidolgozott laboratóriumi módszertan hozzájárulhat a nyomon követhető takarmányozás és a húsminőség centrikusabb haltermelési szemlélet elterjedéséhez.

5. Következtetések és javaslatok

A kísérletek eredményei alapján megállapítható, hogy az irodalmi adatokban leírtaknál alacsonyabb, kevesebb mint 3%-os algakoncentráció is képes jelentős pozitív hatást gyakorolni a növekedésre a három fázisú pontynevelés során. Ez abból a szempontból fontos eredmény lehet, hogy a mikroalgák széleskörű felhasználását az akvakultúrában napjainkban a mesterséges körülmények között előállítható mennyiség és az előállítás gazdaságossága korlátozza. Az algakészítmények jelenlegi alacsonyabb termelési volumene mellett a kisebb koncentráción kívül érdemes lehet a takarmánykiegészítés jótékony hatásait időszakos jelleggel, akár rövidebb etetési idővel is vizsgálni.

Továbbá, kísérleteink során az alacsonyabb algakoncentrációval etetett halak esetében több alkalommal is megfigyeltük, hogy a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége növekedett. Ezen zsírsavak arányát érdemes lehet a piaci méretű háromnyaras ponty állományok esetén is vizsgálni, mivel ezek az esszenciális zsírsavak nem csupán az állatok egészségének megőrzésében, de feldolgozott haltermékeként a fogyasztók egészségét is képesek lehetnek pozitívan befolyásolni. Eredményeink arra is rámutattak, hogy a mikroalgák tógazdasági körülmények között történő felhasználása jól beilleszthető a hazai halgazdasági termelés-szerkezetbe. A korszerű takarmány extrudálási eljárásokkal és teljes értékű takarmányok felszínének bevonásával szinte bármilyen adalék hatékonyan felvihető a szemcsékre. Az algával kiegészített takarmányok felhasználása a táp előállítását követően nem igényel különleges technológiai lépéseket és jól integrálható a hazánkban alkalmazott tógazdasági termelésteknológiába. A fentebb leírt tapasztalatok alapján a mikroalgával kiegészített teljes értékű takarmánykeverékek felhasználása új lehetőségeket kínálhat a hazai akvakultúra fenntartható és innovatív fejlesztésére.

A jövőbeli kutatások során érdemes további vizsgálatokat folytatni, amelyek jobban kontrollálható kísérleti körülményeket biztosítanak. A kísérleteink során tapasztalt, a környezeti hatások kizárására kontrollált körülmények között is javasolt lehet további kísérleteket végezni, amelyek segíthetnek az optimális algakoncentráció és takarmányreceptúra kidolgozásában. Ezen kutatás kereteit meghaladja, azonban annak érdekében, hogy a mikroalgák felhasználása az akvakultúra takarmányozási szerkezetében általánosan elterjedté válhasson, fontos lehet erre a célra kiválasztott algatörzsek ipari szintű termelésének fejlesztése. Ezzel nem csupán az elvégezhető kísérletek spektruma, de a haltermelők piaci termelésben szerzett tapasztalatai is bővíthetnének ezen takarmánykészítményekkel

kapcsolatban. Végül, célszerű lenne további tógazdasági kísérleteket végezni, amelyek során standardizált takarmányreceptúrákat alkalmazunk, hogy pontosabb következtetéseket vonhassunk le a mikroalgák takarmánykiegészítőként való használatának hatásairól a termelési teljesítményre, illetve a halak és a fogyasztók egészségére nézve is.

6. Összefoglalás

Kutatásunk során az algával kiegészített takarmány hatásait vizsgáltuk tógazdasági körülmények között. A kísérleteket a tavi pontynevelés három szakaszában, az előnevelés, az utónevelés és a nyújtás során hajtottuk végre. A dolgozat célkitűzése az algával kiegészített pontytakarmány mint alternatív fehérje- és zsírsavforrás alkalmazhatóságának vizsgálatát tógazdasági körülmények között, továbbá pedig az algával kezelt készítmények egészségvédelmi szerepét vizsgáltuk a pontyhúsban.

A halnevelési kísérleteket a Szegedfish Zrt. tavain hajtottuk végre. Az előnevelés során 6 db 1 hektáros előnevelő tóba 1-1 millió zsenge pontylárvát helyeztünk, az állományt három takarmányozási csoportra bontottuk; 1-2. tó: szarvasi előnevelő táp, 3-4. tó: 1% algát tartalmazó táp, 5-6. tó: 3% algát tartalmazó táp. A 40, 25 és 11 hektáros utónevelő tavakba 795 ezer, 500 ezer és 300 ezer előnevelt pontyivadékot helyeztünk, két tavon (S2., S8.) csanyteleki nevelőtáppal, a harmadikon (UN1) 1% algát tartalmazó táppal takarmányoztunk. A nyújtást három 40 hektáros tavon végeztük, 100 és 200 ezer közötti kihelyezési darabszámmal. A három csoport különböző takarmányozásban részesült (S7.: búza és 1%-ban algával dúsított táp, Sz1.: búza és csanyteleki nevelőtáp, Sz2.: búza). A nevelési időszakban próbahalászatokkal monitoroztuk az állományt, a csoportok közötti testhossz- és testtömegadatokat 30-30-as egyedszámú mintákkal hasonlítottuk össze. A nevelési időszak végén megmaradási százalékot számoltunk.

A halhús és haltakarmány beltartalmi vizsgálatait a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. Biotechnológiai Divízió laborjával együttműködve vizsgáltuk. A minták antioxidáns kapacitását (FRAP módszer) és a telítetlen zsírsavak mennyiségét és összetételét (FAME) elemeztük.

Az előnevelés végén az 1% algát tartalmazó tápot fogyasztó csoport szignifikánsan nagyobb testhosszt (29,7 mm) és testtömeget (0,4035 g) ért el a többi csoporthoz képest. Az utónevelés során vélhetően a kedvezőtlen időjárási körülmények hatására is alacsony megmaradást tapasztaltunk a tavakban (UN1: 14,37%, S2: 22,29%, S8: 41,76%). A testtömeg és a testhossz az S8. tóban haladta meg jelentősen a többi csoportét (76,37 g, 159,4 mm). A másodnyaras állományból az S7. tóból vett minta mutatott szignifikánsan magasabb testhossz- (359,57 mm) és testtömegeredményt (976,2 g) a statisztikai elemzés során.

A halhús- és takarmányminták beltartalmi vizsgálatait során az előnevelő tápok közül a 3% algát tartalmazó tápnál mértük a legmagasabb antioxidáns kapacitást (31,887 $\mu\text{mol/g}$), a

legmagasabb omega-3 tartalmat az 1%-ban algával kevert táp mutatta (1,515 mg/g). Az előnevelt ivadék halhús mintái közül is az EN5. és EN6. tavakból származókban tapasztaltuk a legmagasabb FRAP értéket (68,5708; 66,85226). A legkedvezőbb omega-3 és omega-6 zsírsav tartalmat a kontrollcsoportnál (EN1.: 4,46 és 21,33 mg/g; EN2.:3,27 és 13,2 mg/g) mértük.

Az utónevelés során vett minták esetében az algával kiegészített takarmány őrizte meg a legtovább az antioxidáns kapacitását, valamint az algával kiegészített takarmányt fogyasztó csoport omega-6 zsírsav tartalma mutatta jellemzően a legmagasabb koncentrációt.

A kétnyaras állomány halhús mintái esetében, vélhetően az algás takarmányozás hatására, enyhe növekedést tapasztaltunk az antioxidáns kapacitásban, és az omega-6 zsírsav tartalom is több mintavételnél az algás csoportban bizonyult a legmagasabbnak.

Vizsgálataink során bebizonyosodott az algával kiegészített takarmányoknak betudható jótékony hatás a nevelés több fázisában is mind a növekedés, mind a beltartalmi mutatók tekintetében.

A tóhatás és az időjárási tényezők kiküszöbölése végett azonban célszerű lehet kontrolálhatóbb körülmények között további vizsgálatokat végezni. Hosszú távon ellenben szükséges lehet a hazánkban domináns tógazdasági termelés technológiára is adaptálni az alternatív takarmányalapanyagok használatát, a kísérletsorozat ilyen tekintetben jó példával szolgálhat.

7. Irodalomjegyzék

- Adarme-Vega, T. C., Lim, D., Timmins, M., Vernen, F., Li, Y., Schenk, P. M., 2012. Microalgal biofactories: a promising approach towards sustainable omega-3 fatty acid production. *Microbial Cell Factories* 11:96
- Ansari, F., Guldhe, A., Gupta, S. Rawat, I., Bux, F., 2021. Improving the feasibility of aquaculture feed by using microalgae. *Environ Sci Pollut Res*, 28. p. 43234–43257.
- Balon, K. E., 1995. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. *Aquaculture*, 129(1), pp. 3-48.
- Benzie, I. F., Strain, J. J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal. Biochem.*, 239(1), pp. 70-76.
- Benzie, I. F., Strain, J. J., 1999. Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods Enzymol.*, 299. kötet, pp. 15-27.
- Bokor, Z., Csorbai B., Urbányi B., 2020. Édesvízi haltenyésztés In: Bank Cs. (szerk). Halászat, haltenyésztés. Budapest: Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., p. 54., 126.
- Csorbai, B., Péteri, A., 2020. Intenzív haltenyésztés. In: Bank Cs. (szerk.) Halászat, haltenyésztés. Budapest: Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., pp. 182-183.
- Darázs, S., Aczél, A., 1987. Édesvízi halak feldolgozása, Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.
- FAO, 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation, Rome: FAO.
- FAO/WHO (2011). Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations; Geneva, World Health Organization, p. 31
- Hancz, Cs., 2000. Haltakarmányozás. In: Horváth L., szerk. Halbiológia és haltenyésztés. Budapest: Mezőgazda Kiadó, pp. 276-286.
- Hardy, R., Barrows, F., 2000. Diet formulation and manufacturing. In: J. Halver & Hardy, (eds). Fish nutrition. New York: Academic Press, pp. 506-600.
- Harka, Á., Sallai, Z., 2004. Magyarország halfaunája. Nimfea Természetvédelmi Egyesület, pp. 123-125.
- Hass, S., Bauer, J., Adakli, A., Meyer, S., Lippemeier, S., Schwarz, S., Schulz, C., 2016. Marine microalgae *Pavlova viridis* and *Nannochloropsis* sp. As n-3 PUFA source in diets for

- juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Journal of Applied Phycology, 28. pp. 1011–1021.
- Herman, O., 1888. A halszűkének élettani megokolása. In: A halgazdaság rövid foglalatja. Budapest: M. K. Természettudományi Társulat, pp. 20-21.
- Horváth, L., Urbányi, B., 2000. A halastavi haltermelés folyamata. In: Horváth L., (szerk.) Halbiológia és haltenyésztés. Budapest: Mezőgazda Kiadó, p. 223.
- Horváth, L., Urbányi, B., 2000. A pontyfaj biológiája. In: Horváth L., (szerk.) Halbiológia és haltenyésztés. Budapest: Mezőgazda Kiadó, pp. 229-230.
- Horváth, L., 2018. A ponty szaporodása a természetben. In: Csorbai B., Urbányi B. (szerk.) A ponty (*Cyprinus carpio* L.) biológiája és tenyésztése. Gödöllő: Vármédia-Print Kft., pp. 52-53.
- Horváth, L., Bokor, Z., Csorbai, B., 2018. Tenyésztéstechnológia. In: Csorbai B., Urbányi B. (szerk.) A ponty (*Cyprinus carpio* L.) biológiája és tenyésztése. Gödöllő: Vármédia-Print Kft., pp. 65-70.
- Kiss, G., 2021. Statisztikai Jelentések. Lehalászás jelentés 2020. év, Budapest: Agrárközgazdasági Intézet.
- Kiss, G., 2022. Statisztikai jelentések. Lehalászási jelentés 2021. év, Budapest: Agrárközgazdasági Intézet.
- Kiss, G., 2023. Statisztikai jelentések. Lehalászási jelentés Előzetes adatok 2022.év, Budapest: Agrárközgazdasági Intézet.
- Kiss, G., György, Á., Kocsis, T., Sziráki, B., Szabó, K., 2022. Jelentés a szervezet működésének 2021. évi eredményeiről, Budapest: MAHAL
- Kopp, R., Brabec, T., Mareš, J., Maršáľková, E., & Maršáľek, B., 2019. The utilization of algae with the aim to increase the fatty acid content in muscle of common carp (*Cyprinus carpio* L.). Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 67(1), pp. 91-99.
- Lengyel, P., Sándor, Z., Szabó, P., Pékár, F., E., Z., Alexis, M., Csengeri, I., 2001. A ponty és néhány más hazai pontyfélé testösszetételének alakulása a takarmányozással összefüggésben. Szarvas, XXV. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI.
- Magyar Takarmánykódex (1990).
- Mézes, M., 2018. A pontytakarmányozás alapjai. In: Csorbai B., Urbányi B. (szerk.) A ponty (*Cyprinus carpio*) biológiája és tenyésztése. Gödöllő: Vármédia-Print Kft. p. 95.

- Nandeesh, M. C., Gangadhar, B., Varghese, T., Keshavanath, P., 2008. Effect of feeding *Spirulina platensis* on the growth, proximate composition and organoleptic quality of common carp, *Cyprinus carpio* L. *Aquaculture Research*, 29 (5), pp. 305-379.
- Papp, Z., Csávás, K., 2006. Egyes természetes eredetű ízrontó anyagok bioakkumulációja halhúsban. *Halászatfejlesztés*, 31. kötet, pp. 155-162.
- Pintér, K., 2015. A történeti halfauna tagjainak rendszertani helye. In: Magyarország halai biológiájuk és hasznosításuk. Budapest: Mezőgazda Kiadó, pp. 18-22.
- Pintér, K., 2015. Pontyfélék családja (Cyprinidae). In: Magyarország halai biológiájuk és hasznosításuk. Budapest: Mezőgazda Kiadó, pp. 166-177.
- Smith, J., Zimba, G., 2008. A review of cyanobacterial odorous and bioactive metabolites: Impacts and management alternatives in aquaculture. *Aquaculture*, 280. kötet, pp. 5-20.
- Sobczak, M., Panicz, R., Eljasik, P., Sadowski, J., Tórz, A., Żochowska-Kujawska, J., Dias, J., 2020. Quality improvement of common carp (*Cyprinus carpio* L.) meat fortified with n-3 PUFA. *Food and Chemical Toxicology*, 139. 111261
- Swanson, D., Block, R., Mousa, S. A., 2012. Omega-3 Fatty Acids EPA and DHA: Health Benefits Throughout Life. *Advances in Nutrition*, 3(1), pp. 1-7.
- Urbányi, B., 2018. Előszó. In: Csorbai B., Urbányi B. (szerk.) A ponty (*Cyprinus carpio* L.) biológiája és tenyésztése. Gödöllő: Vármédia-Print Kft., pp. 7-8.
- Varga, D., Locsmándi, L., Buzási, Anita, & Hancz, Cs., 2010. Újabb adatok a hazai pontyfajták testalakulásáról, vágóértékéről és húsmínőségéről. *Halászati Tudományos Tanácskozás*, Szarvas, 2010. május 12.-13. pp. 47-48.
- Varga, D., Szabó, A., Romvári, R. & Hancz, C., 2011. A ponty (*Cyprinus carpio*) húsmínősége (Szakirodalmi áttekintés). *Állattenyésztés és takarmányozás*, 60.(2.), pp. 123-134.
- Vigan, M., Parisi, C., Rodríguez, E., Barbosa, M. J., 2015. Food and feed products from microalgae: Market opportunities and challenges for the EU. *Trends in Food Science & Technology*, 42. kötet, pp. 81-92.
- Woyanovich, E., 1962. Hatching of Carp eggs in Zug glas and breeding of carp larvae until an age of 10 days. *Bamidgeh*, 14(2.), pp. 38-46.

Internetes hivatkozások:

http1: <http://szegedfish.hu/rolunk/> Elérés dátuma: 2023.10.01.

http2: <https://www.bayzoltan.hu/hu/fooldal-2/> Elérés dátuma: 2023.10.08.

8. Ábrák és táblázatok jegyzéke

8.1. Ábrajegyzék

1. ábra: Szegedi tükrös ponty	8
2. ábra: Planktonmintavétel előnevelő tavon	18
3. ábra: Kétnyaras pontyivadék testhosszmérése	19
4. ábra: Egynyaras pontyivadék testtömegmérése	19
5. ábra: Vízhőmérséklet alakulása az előnevelés során (°C).	24
6. ábra: Vízhőmérséklet alakulása az utónevelés során (°C).	25
7. ábra: A vízhőmérséklet alakulása a nyújtás során (°C).	25
8. ábra: A planktonszervezetek összetétele az EN1 és EN2 előnevelő tavakban.	26
9. ábra: A planktonszervezetek összetétele az EN3 és EN4 előnevelő tavakban.	27
10. ábra: A planktonszervezetek összetétele az EN5 és EN6 előnevelő tavakban.	27
11. ábra: A szűrt planktonmennyiség vizsgálata az előnevelő tavakban (EN1.-EN6.).	28
12. ábra: Az előnevelés végén az 1%-ban algával kiegészített takarmány szignifikánsan nagyobb testtömeget eredményezett a hagyományos tápnál és a 3%-ban algát tartalmazó takarmánynál. A csillaggal jelölt adatok szignifikánsan különböznek a többitől ($P < 0,05$).	28
13. ábra: Az 1%-ban algával kiegészített táppal takarmányozott csoportok testhossza szignifikánsan nagyobb, mint a hagyományos- és 3%-ban algát tartalmazó tápos csoporté. A csillaggal jelölt adatok szignifikánsan különböznek a többitől ($P < 0,05$).	29
14. ábra: A hagyományos előnevelő táppal, valamint 1 %-os, illetve 3 %-os algakiegészítéssel készített táppal nevelt halak megmaradása (%) az előnevelés végén.	29
15. ábra: Planktonszervezetek össz mennyisége az utónevelés során (ml/50l).	30
16. ábra: Elsőnyaras pontyok testhossza (mm, átlag $\pm$ szórás) a kísérleti tavakban augusztus 31-én. A csillaggal jelölt adatok szignifikánsan különböznek a többitől ($P < 0,05$).	31
17. ábra: Elsőnyaras pontyok testtömege (g, átlag $\pm$ szórás) a kísérleti tavakban augusztus 31-én. A csillaggal jelölt adatok szignifikánsan különböznek a többitől ($P < 0,05$).	31
18. ábra: Az utónevelő tavak megmaradási aránya.	32
19. ábra: A planktonmennyiség alakulása a nyújtás során.	33
20. ábra: A nevelés utolsó négy hetében algás (1%) táppal takarmányozott csoport átlagos testhossza szignifikánsan nagyobb a kontrollcsoportokénál. A csillaggal jelölt adatok szignifikánsan különböznek a többitől ($P < 0,05$).	33
21. ábra: A nevelés utolsó négy hetében algás (1%) táppal takarmányozott csoport átlagos testtömege szignifikánsan nagyobb a kontrollcsoportokénál. A csillaggal jelölt adatok szignifikánsan különböznek a többitől ($P < 0,05$).	34
22. ábra: Megmaradás a nyújtó tavakban (%).	34
23. ábra: Az előnevelő tápok antioxidáns kapacitása ($\mu\text{mol/g}$).	35
24. ábra: A különböző előnevelő tápok omega-3 és omega-6 zsírsavtartalma (mg/g)	36
25. ábra: Az előnevelt pontyivadék halhús minták antioxidáns kapacitása ($\mu\text{mol/g}$).	36

26. ábra: Omega-3 és omega-6 zsírsav tartalom (mg/g) előnevelt ponty halhúsmindeből.....	37
27. ábra: A felhasznált tápok antioxidáns kapacitása az utónevelés során(μmol/g).....	38
28. ábra: A halhús minták omega-6 zsírsavtartalma az utónevelés során (mg/g).....	38
29. ábra: Az omega-6 és omega-3 zsírsavak arányának alakulása az utónevelés során (mg/g).	38
30. ábra: Az omega-6 zsírsavtartalom alakulása a kétnyaras nevelés során (mg/g).....	40
31. ábra: Az antioxidáns kapacitás alakulása a nyújtás során vett halhús mintákban (μmol/g.)	40

8.2. Táblázatjegyzék

1. táblázat: A világ édesvízi akvakultúra termelése (2000-2020).	10
2. táblázat: A ponty jelentősége a tógazdasági haltermelésben (2020-2022).	11
3. táblázat: Az előnevelő tavak kísérleti paramétereinek összefoglalása	20
4. táblázat: Az utónevelő tavak kísérleti paraméterei.....	20
5. táblázat: A kétnyaras nevelés paraméterei.	21
6. táblázat: Az utónevelés során kiadott takarmány mennyiség (kg) és etetési napok száma.	30
7. táblázat: A nyújtás során kiadott takarmány mennyiség (kg) és etetési napok száma.....	32

9. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek, Dr. Szabó Tamásnak és Dr. Bokor Zoltánnak munkájukért, hasznos tanácsaikért és a munkám segítésére felhasznált idejükért.

Továbbá köszönettel tartozok Solymosi Enikőnek, Sánta Attilának, Bartos Istvánnak és a Szegedfish Zrt. összes dolgozójának, akik segítették a munkámat a terepi mintavételek során.

Szintén köszönettel tartozok Koós Ákosnak, Antal Péternek, Börcsök Gyöngyinek és a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. Biotechnológiai Divízió összes munkatársának, akik a laboratóriumi munkavégzés során mindenben segítségemre voltak.

A munkát a 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00161 azonosítószámú, az „Egészségvédő pontyhús gazdaságos előállítása algával dúsított takarmánnyal” elnevezésű projekt támogatta.

A munka a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-1 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a nemzeti kutatási, fejlesztési és innovációs alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: **Petényi Róbert**
A hallgató Neptun kódja: **QCKX9N**
A dolgozat címe: **Algával dúsított takarmány hatásának vizsgálata különböző ponty (*Cyprinus carpio* L.) korosztályok tavi nevelésénél**
A megjelenés éve: **2024**
A konzulens intézetének neve: **Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet**
A konzulens tanszékének a neve: **Halgazdálkodási Tanszék**

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

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

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

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

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

Kelt: 2024 év október hó 27. nap

Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Petényi Róbert (hallgató Neptun azonosítója: **QCKX9N**) 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**¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2024 év október hó 27 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.