

HALÁSZAT - TUDOMÁNY

8. évfolyam | 1. szám | 2022

Alapítva: 2015



› Az intenzív halnevelő rendszerek környezeti terhelése és a vízkivétel, valamint a kibocsátás szabályozása

› Mit fog enni az emberiség, növényi vagy állati fehérjét?

› PhD értekezések összefoglalói

Az Agrárminisztérium tudományos folyóirata

A HALÁSZAT-TUDOMÁNY elektronikus lap szerkesztőbizottsága

Főszerkesztő:
Dr. Váradai László

Tudományos főszerkesztő-helyettes
Dr. Urbányi Béla

Főszerkesztő-helyettes
Udvari Zsolt

Szerkesztő:
Bozáné Dr. Békefi Emese

A szerkesztőbizottság tagjai:

Dr. Bercsényi Miklós
Dr. Farkas Anna
Dr. Hancz Csaba
Dr. Harka Ákos
Hoitsy György
Dr. Jeney Zsigmond
Dr. Molnár Kálmán
Dr. Németh István
Dr. Orbán László
Patakiné Dr. Várkonyi Eszter
Dr. Székely Csaba
Dr. Szűcs István

A folyóirat megjelenését támogatja:
Magyar Akvakultúra és Halászati Szakmaközi Szervezet

Kiadja:
Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
1223 Budapest, Park u. 2.
www.hermanottointezet.hu

Felelős kiadó:
Bozay Péter

HALÁSZAT-TUDOMÁNY
Megjelenik félévenként

Szerkesztőség:
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet
Halászati Kutatóközpont (HAKI)
5540 Szarvas Anna-liget utca 35.
Telefon: 06 66 515 300
E-mail: bozanne.bekefi.emese@uni-mate.hu

HU ISSN 0133-1922
Index: 125 372

Címlapkép: Az Aquatir cég recirkulációs haltermelő üzeme
Fotó: Aquatir: <https://en.aquatir.md>

Tisztelt Olvasó!

Az élelmiszerellátás az elkövetkezendő évtizedek egyik nagy kihívása. A növekvő népesség fehérje ellátásában egyre jelentősebb szerepet játszik az akvakultúra. A Halászat-Tudomány jelen számában Jeney Zsigmond által közzétett amerikai kutatók elemzését bemutató cikk meggyőző adatokat közöl arról, hogy milyen fontos az akvakultúra az állati fehérje ellátásban. Szükséges azonban az akvakultúra termelés növelése, mert a vízi élőlények által biztosított fehérje ellátásban a természetesvízi halászat kapacitásai nem növelhetők. Az akvakultúra termelés növelésének egyik ígéretes lehetősége a recirkulációs rendszerekben végzett haltermelés, illetve más vízi élőlények termelése. A recirkulációs rendszerek (RAS) fejlesztésében magyar kutatók több évtizede eredményesen vesznek részt. E munkának fontos része a recirkulációs rendszerek „lelkét” képező biológiai szűrő méretezése. A biofilterek méretezéséhez szolgáltatók hasznos adatokat Janurik Endre és Péteri András lapunkban közölt cikke, amely recirkulációs rendszerek tervezéséhez alkalmazható segédanyagként tekinthető. Az akvakultúra termelés fejlesztése során természetesen alapvető fontosságú a költségtakarékosság és a biológiai biztonság növelése. A költségtakarékosságot szolgálja olyan melléktermékek haltakarmányként történő hasznosítása, mint a kukoricatörköly (DDGS). A PhD dolgozatokat bemutató rovatunkban Révész Norbertnek a DDGS hazai akvakultúrában való alkalmazhatóságára irányuló munkájának eredményeivel ismerkedhetünk meg. Az akvakultúra fejlesztés nem csak a termelés volumenének növelését, hanem a termelés intenzitásának növekedését is jelenti. Az intenzitás növekedése együtt jár a betegségek kockázatának a növekedésével, így a jövőben továbbra is fontosak, sőt az eddigieknél még fontosabbak a halegészségügyi kutatások. Almási-Sándor Diána PhD dolgozatát bemutató közlemény a természetes vizekben élő és akvakultúrákban nevelt halak parazitás fertőzöttsége biológiai hátterének vizsgálatával foglalkozik, amely alapját képezi a parazitákkal szembeni védekezési módszerek kidolgozásának.

Dr. Váradai László
főszerkesztő

TARTALOM CONTENT

Janurik Endre, Péteri András

Az intenzív halnevelő rendszerek környezeti terhelése és a vízkivétel, valamint a kibocsátás szabályozása (Segédanyag recirkulációs rendszerek tervezéséhez)..... 3

Jeney Zsigmond

Mit fog enni az emberiség, növényi vagy állati fehérjét?..... 16

Doktori Értekezések

.....17

Várkonyi Levente

A balatoni sudárponty (*Cyprinus carpio morpha accuminatus*) és a hévízi törpenövesztő magyar vadponty (*Cyprinus carpio morpha hungaricus*) spermamélyhűtésének és intenzív rendszerben történő szaporításának vizsgálata, valamint in vitro spermabankjának megalapozása.....17

Almási-Sándor Diána

Halakban élősködő digenetikus metélyek és a puhatestűekben fejlődő lárvastádiumok morfológiai és molekuláris vizsgálata.....21

Révész Norbert

A DDGS alkalmazhatóságának vizsgálata a hazai akvakultúrában..... 25

Az intenzív halnevelő rendszerek környezeti terhelése és a vízkivétel, valamint a kibocsátás szabályozása Segédanyag recirkulációs rendszerek tervezéséhez

Janurik Endre, Péteri András

Bevezetés

A recirkulációs akvakultúra rendszerek (RAS) koncepciók tervezésekor, annak érdekében, hogy a nitrifikációs kapacitást jól becsülhessük (tervezhessük), figyelembe kell venni a heterotróf aktivitást, amelyet legegyszerűbben a rendszer oxigénfogyasztásával lehet jellemezni.

A tervezéshez fel kell állítani egy anyagmérleget, ami a takarmánnyal bevitt, hasznosított és a trágyában megjelenő anyagok mennyiségét adja meg. Ezt a számítást a komponensek energiatartalma, valamint oxigénfogyasztása alapján lehet elvégezni. Segítségével kiszámítható a rendszerek környezeti terhelése is. Az alábbiakban – a szakirodalom alapján – összefoglaltuk a számításához szükséges együtthatókat, és bemutattuk használatukat.

A koncepciók tervek elkészítésekor figyelembe kell venni egy adott területre vonatkozó vízkivételi szabályokat, valamint a környezeti terhelés lehetséges mértékét. Összegyűjtöttük és megadtuk a vízkivételre és a kibocsátásra vonatkozó törvényeket és rendeleteket.

I. A halas rendszerek vízminőségét meghatározó biológiai tényezők

A halas recirkulációs rendszerek vízminőség-romlását, illetve a rendszerekből származó környezeti terhelést a fehérje-, a zsír- és a szénhidrát anyagcseréből származó (elsősorban) szerves anyagok, valamint a foszfor és a fehérjéből származó nitrogén okozzák.

Az oxigénigény, COD és BOD (KOI és BOI) érték, energiatartalom

A szerves anyagok mennyiségét a bonyolult kémiai analízis helyett indirekt formában, ún. összegző paraméterekkel határozzák meg az általuk indukált kémiai (KOI, angol rövidítéssel COD) és biokémiai oxigénigény (BOI, angol rövidítéssel BOD) mérésével.

A KOI azt az oxigénmennyiséget jelenti, amely túlnyomórészt a szerves anyag szenének széndioxidá, hidrogénjének vízzel történő oxidálásához szükséges megadott, szabványosított körülmények között, oxidáló anyagként kálium-dikromátot alkalmazva. A dikromátos oxigénigény (külön jelölésben KOI₁, illetve

COD_{Cr}) egységei vízre mg O₂/l = g O₂/m³, szilárd anyagra mg O₂/g = g O₂/kg = COD érték (itt szárazanyagra vonatkoztatva).

A BOI az az oxigénmennyiség, amelyet a vízben lévő aerob baktériumok használnak fel adott idő (5, vagy 7 nap) alatt a szerves anyag részleges lebontására. Mértékegysége hasonlóan mg O₂/l = g O₂/m³, vagy mg O₂/g = g O₂/kg = BOD érték. Ugyanarra az anyagra, amely bakteriálisan általában nem teljesen bontható, a COD érték mindig nagyobb, mint a BOD érték. A BOD/COD arány értékéből következtetni lehet a bakteriális bonthatóság mértékére. Az akvakultúrából származó hulladékokra (aquaculture waste) a COD/szárazanyag arány *átlagosan* 1,4; a BOD/szárazanyag arány *átlagosan* 1,1 *értékre tehető* (Bovendeaur et al., 1987), arányuk *így átlagosan* 1,1/1,4=0,8, ami a jó bonthatóság mérőszáma.

Mind az 5-napos, mind a 7-napos BOD a vízben lévő, a heterotróf baktériumok által lebontható szerves anyag oxigénigényének csak egy kisebb részét méri, így értékük rendszerek összehasonlítására és időbeni változásuk nyomon követésére megfelelő, de a szerves anyag tényleges mennyiségét igénylő számításokra nem alkalmas. Használatos a BOD₂₀, a 20-napos BOD, ami már 95-98%-át is mérheti a szerves anyagoknak. A szervesanyag lebontás teljes oxigénigényét a dikromátos COD módszerrel mérhető értéknek tekintjük.

A BOD₅, vagy 7 szabvány szerint a nitrifikáció oxigénigényét nem tartalmazza, mert általában a nitrifikáció a szervesanyagnak egy bizonyos mértékű lecsökkenése után indul el nagyobb sebességgel; valamint a mérés protokollja szerint a mintához eleve nitrifikációt gátló vegyszert kell adagolni.

Megemlítendő, hogy a halas rendszer teljes oxigénfogyasztása (angol rövidítéssel TOD) tartalmazza a COD értékét és a nitrifikáció oxigénigényét is. (TOD = Σ COD a fehérjére, szénhidrátra, zsírra + a nitrifikáció oxigénigénye). A nitrifikáció oxigénigényét általában mégis külön számítjuk: 1 kg tápra vonatkozóan a 4,57 g O₂/g N × g táp Kjeldahl N képlettel (Eding et al., 2006).

A szerves anyagok mennyisége az általuk képviselt teljes energiatartalommal is jellemezhető, amely kalimetriásan mérhető is, illetve az összetételük és a komponensek fajlagos energiatartalma alapján számítható is. Az energia törvényes SI-egysége a J, illetve kJ, történeti okokból azonban ma még a korábbi cal, illetve kcal egység

is használatos a szakirodalomban. A két egység egymásba bármikor átszámítható, 1 kcal = 4,19 kJ.

A takarmányok (tápok), a halak és a haltrágya összetétele alapján számított oxigénfogyasztás és energiatartalom

Az oxigénfogyasztást és a takarmány, valamint az ürülék összetevőinek energiatartalmát mérve felállítható a halfajra, a halak méretére és a takarmány minőségére jellemző energiamodell (Ruttikay, 2005/2016), illetve számítható a takarmányhasznosítás és a környezeti terhelés is.

Az összetétel alapján számítható a takarmány (táp) és a haltrágya, valamint a haltest szerves anyagának COD értéke az alábbiakban megadott sztöchiometrikus átszámítási együtthatók (stochiometric coefficients) használatával, valamint az összetevők fajlagos energiatartalmát figyelembe véve számítható a takarmány energiatartalma is. Meghatározható az egységnyi oxigénfogyasztásra eső energiatartalom és 1 kg takarmány (táp) oxigénfogyasztása is.

A tápanyag, a haltrágya és a haltest szerves anyagai komponenseinek kémiai oxigénfogyasztásra, COD értékre történő átszámítására alkalmazható sztöchiometrikus együtthatókat az 1. táblázat tartalmazza.

2. táblázat
Az afrikai harcsatáp COD értékének kiszámítása a komponensek sztöchiometrikus átszámítási együtthatói segítségével (Wageningen/HAKI Recirculating Aquaculture Course 2014)

Tápkomponens	Komponensek sztöchiometrikus átszámítási együtthatói		Táp- komponensek COD értékei és összegük
g/kg táp	g COD/g komponens		g COD/kg takarmány
Fehérje	490	1.25	613
Nitrogén	78.4	-	-
Zsír	120	2.90	348
Szénhidrát	233	1.07	249
Hamu	77	0.00	0.0
Táp szárazanyag és COD érték	920	-	1210

3. táblázat
A takarmány (táp) COD értékének és energiatartalmának számítása a fajlagos energiatartalom alapján, magas fehérjetartalmú táp (Salmon-táp) esetében, a Hydrotech adatai szerint (Hydrotech)

Táp-komponensek	Komponensek sztöchiometrikus átszámítási együtthatói		Tápkomponens COD értékek és összegük	Komponensek fajlagos energiatartalma	Tápkomponens energiatartalmak és összegük	
g/kg	g COD/g komponens		g/kg táp	kcal/g	kcal/kg	kJ/kg
Fehérje	500	1,25	625	5,65	2825	11 837
Zsír	250	2,90	725	8,30	2075	8 695
Szénhidrát	120	1,07	128	4,10	492	2061
Teljes táp COD és energiatartalom			1478		5392	22 592
Energiatartalom/oxigénfogyasztás arány			5392/1478 = 3,65 kcal/g COD			
1 kg takarmány oxigénfogyasztása			5392 kcal/3,65 kcal/g COD = 1478 g O ₂			

1. táblázat
A komponenseket kémiai oxigénfogyasztásra átszámított együtthatók (Wageningen/HAKI Recirculating Aquaculture Course 2014, Eding et al., 2006)

Táp komponens	A táp komponensek sztöchiometrikus átszámítási együtthatói
g/kg	g COD/g komponens
Fehérje	1,25
Zsír	2,9
Szénhidrát	1,07
Hamu	0

Az összetétel alapján számított komponens COD értékek összegzésével a takarmány és a haltrágya, valamint a haltest szerves anyagának teljes COD értéke is számítható (2. táblázat).

A szerves anyagok mennyisége az általuk képviselt teljes energiatartalommal is jellemezhető, amely kalorimetriásan mérhető is, illetve az összetételük és a komponensek fajlagos energiatartalma alapján számítható is (3. táblázat).

4. táblázat
A takarmány (táp) teljes COD értékének és energiatartalmának kiszámítása magas fehérjetartalmú tápok (Salmon-táp) esetében, a Hydrotech adatai alapján, de módosítva a fehérjére vonatkozó értéket (Hydrotech)

Táp-komponensek	Komponensek sztöchiometrikus átszámítási együtthatói		Tápkomponens COD értékek és összegük	Komponensek fajlagos energiatartalma	Tápkomponens energiatartalmak és összegük	
g/kg	g COD/g komponens		g COD/kg táp	kcal/g komponens	kcal/kg táp	kJ/kg táp
Fehérje	500	1,25	625	4,10	2050	8590
Zsír	250	2,90	725	8,30	2075	8695
Szénhidrát	120	1,07	128	4,10	492	2061
Teljes táp COD és energiatartalom			1478		4617	19346
Energiatartalom/oxigénfogyasztás arány*			4617 kcal/kg táp /1478 g O ₂ /kg táp = 3,12 kcal/g COD			
1 kg takarmány oxigénfogyasztása			4617 kcal/3,12 kcal/g COD = 1478 g O ₂			

*Eltérő tápösszetétel esetén a 3,12 kcal/g COD érték kis mértékben módosulhat (tápok átlaga 3,24 kcal/g COD).

5. táblázat
Pisztráng ivadék testösszetevőinek energiatartalma és az energiahasznosítás a Hydrotech adatai alapján (Hydrotech, módosított fehérje értékkel számolva)

A haltest anyagai	Komponensek fajlagos energiatartalma		1 kg haltest energiatartalma	Energiahasznosítás %
g/kg	kcal/g		kcal/kg	
Fehérje	190	4,10	779	1443/4617 × 100% = = 31,25%
Zsír	80	8,30	664	
Ásványi anyag	kb. 30	-	-	
Testnedvek	kb.700	-	-	
Teljes energiatartalom			1443	

A Hydrotech által a zsírra használt fajlagos energiatartalom értéke eltér az általánosan használttól, mert általában „amikor megadják a haltakarmányok összetételét, 9,45 kcal/g értéket tüntetnek föl a címkéken, ez azonban a takarmányokban lévő nagy halolaj tartalom (telítetlen zsírsavak) miatt túl magas”, ezért a Hydrotech alacsonyabb, 8,30 kcal/g értékkel számol.

A fehérjére megadott 5,65 kcal/g érték magasabb, mint az általánosan elfogadott 4,10 kcal/g energiatartalom. Mivel erre az eltérésre nincs magyarázat az adott Hydrotech anyagban, a továbbiakban a 4,10 kcal/g értéket használjuk (4. táblázat).

Számításunk szerint, amikor a fehérje valós energiatartalmát vesszük figyelembe a példaként bemutatott tápnál az energia/oxigénfogyasztás értéke 4617/1478=3,12 kcal = 1 g COD, azaz 1 kg takarmány COD értéke 4617/3,12=1489 g O₂.

Feltételezhetően hasonló számítási elv alapján a Hydrotech azonban más értéket adott meg, mint általános számítási alap: adatai szerint a ragadozó/carnivor halak esetében átlagosan 1 g COD-nak 3,24 kcal energiaérték felel meg, így 1 kg takarmány COD-ja nagyobb érték: 5392/3,24=1664 g O₂. Ez az érték megegyezik Brett et al. (1979) által megadott értékkel.

A halak az elfogyasztott tápanyag azon részét használják testük felépítésére, ami a bevett, és energiatartalmával kifejezett anyagmennyiség kb. 30%-a, azaz a bevett energiának kb.30%-át hasznosítják (Hydrotech). A fentiek alapján, pisztrángivadék esetében a testösszetétel és az energiahasznosítás az 5. táblázat szerint alakul.

A felvett táplálék a 6. táblázatban megadott módon hasznosul, ha az anyagokat, illetve a felhasználást COD érték formában fejezzük ki a Hydrotech által megadott hasznosulási arányokat figyelembe véve.

6. táblázat
A takarmány energiahasznosulása a Hydrotech által megadott hasznosulási COD arányok alapján (Hydrotech)

A táp COD értéke	COD		Energia kcal/kg
	%	g O ₂ /kg	
	100	1478	
Respiráció*	47	695	2264
Növekedés	32	458	458 × 3,12= 1429
Haltrágya	20	296	296 × 3,12= 924

* A respiráció tartalmazza az alapanyagcserét, a mozgás energiaszükségletét és az emésztési energiát

7. A táblázat
Nagy fehérjetartalmú táp (pisztráng táp) alapadatai tápösszetétel, emészthetőség, haltrágya veszteség, illetve ezek energiataralma, COD értékei és arányai (Nagy zsirtartalom, kis szénhidrát: 256 és 117 g/kg) (Dalsgaard és Pedersen, 2011)

A tápkomponensekre jellemző átszámítási együtthatók		Feletett táp				Megemésztett táp				Trágya veszteség									
kcal/g	g COD/g	komponens	% száraz anyagra	% nedves anyagra	tömeg g/kg táp	energia kcal/kg táp	COD érték g COD/kg táp	%	g/g	tömeg g/kg táp	energia kcal/kg táp	COD érték g COD/kg táp	%	g/g	tömeg g/kg táp	energia kcal/kg táp	COD érték g COD/kg táp		
4,1	1,25	Fehérje	52,4	48,3	483	1980	604	93,9	0,939	454	1860	567	6,1	0,061	29	121	37		
0	0	Nitrogen	8,38	7,73	77,3	2035	742	91,4	0,914	234	1860	679	8,6	0,086	22	175	64		
7,95	2,9	Zsír	27,8	25,6	256	480	125	66,6	0,666	78	319	83	33,4	0,334	39	160	42		
4,1	1,07	Szénhidrát	12,7	11,7	117	0	0	46,7	0,467	31	0	0	53,3	0,533	35	0	0		
0	0	Hamu	7,2	6,6	66	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0	Nedvesség	-	7,8	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		A táp átlagos tömeg, energia és COD értékei				922	4495	1471		796	4039	1329			126	456	142		
		Átlagos emészthetőség és trágya veszteség a tömeg, energia és COD érték egységében kifejezve				g/g táp	86,4	796/922=	0,864	796	4039	1329	13,6	126/922=	0,136	126	456	142	
		Fajlagos energia és COD értékek				kcal/kg táp	4495/922=	1471/922=	4,875	1,596	4039/796=	1329/796=	5,073	1,669	5,073/1,669=	3,040	456/126=	3,627	1,133
		Energia/COD érték arány				kcal/g COD	4,875/1,596=	3,055								3,627/1,133=	3,201		

Csak a zöldmezős és a sárgamezős adatokat szabad felülni!

Használat:

1. A tápösszetétel megadása nedves állapotban, százalékosan (zöld).
2. A tápanyagok emészthetőségek megadása, százalékosan (zöld).
3. Eltérő átszámítási együtthatók megadása, ha szükséges (sárga mezők).

Eredmény:

1. A tömeg, energia és COD értékek 1 kg feletett tápra vonatkoznak.
2. Átlagos értékek a táp emészthetőségre és a trágyaveszteségre, százalékosan és arányokban, tömeg, energia és COD értékekben számolva.
3. Értékek az energia/COD arányára eltérő tápösszetétel, tápanyag emészthetőség és átszámító együtthatók megadásával.

7. B táblázat

Nagy fehérjetartalmú táp (afrikai harcsa táp) alapadatai: tápösszetétel, emészthetőség, haltrágya veszteség, illetve ezek energiataralma, COD értékei és arányai. (Kis zsirtartalom, nagy szénhidrát: 120 és 233 g/kg)

A tápkomponensekre jellemző átszámítási együtthatók		Feletett táp				Megemésztett táp				Trágya veszteség									
kcal/g	g COD/g	komponens	% száraz anyagra	% nedves anyagra	tömeg g/kg táp	energia kcal/kg táp	COD érték g COD/kg táp	%	g/g	tömeg g/kg táp	energia kcal/kg táp	COD érték g COD/kg táp	%	g/g	tömeg g/kg táp	energia kcal/kg táp	COD érték g COD/kg táp		
4,1	1,25	Fehérje	53,3	49	490	2009	613	80	0,8	392	1607	490	20	0,2	98	402	123		
0	0	Nitrogen	8,52	7,84	78,4	954	348	95	0,95	114	906	331	5	0,05	6	48	17		
7,95	2,9	Zsír	13,0	12	120	955	249	60	0,6	140	573	150	40	0,4	93	382	100		
4,1	1,07	Szénhidrát	25,3	23,3	233	0	0	50	0,5	39	0	0	50	0,5	39	0	0		
0	0	Hamu	8,4	7,7	77	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0	Nedvesség	-	8	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		A táp átlagos tömeg, energia és COD értékei				920	3918	1210		684	3087	970			236	832	240		
		Átlagos emészthetőség és trágya veszteség a tömeg, energia és COD érték egységében kifejezve				g/g táp	74,4	684/920=	0,744	684	3087	970	25,6	236/920=	0,256	236	832	240	
		Fajlagos energia és COD értékek				kcal/kg táp	3918/920=	1210/920=	4,259	1,315	3087/684=	970/684=	4,511	1,418	4,511/1,418=	3,182	832/236=	3,528	1,017
		Energia/COD érték arány				kcal/g COD	4,259/1,315=	3,239								3,528/1,017=	3,471		

7. C táblázat

Kis fehérjetartalmú táp (pontytáp) alapadatai: tápösszetétel, emészthetőség, haltrágya veszteség, illetve ezek energiataralma, COD értékei és arányai. (Kis zsirtartalom, nagy szénhidrát: 75 és 573 g/kg) (Degani et al., 1997 alapján)

A tápkomponensekre jellemző átszámítási együtthatók		Feletett táp				Megemésztett táp				Trágya veszteség									
kcal/g	g COD/g	komponens	% száraz anyagra	% nedves anyagra	tömeg g/kg táp	energia kcal/kg táp	COD érték g COD/kg táp	%	g/g	tömeg g/kg táp	energia kcal/kg táp	COD érték g COD/kg táp	%	g/g	tömeg g/kg táp	energia kcal/kg táp	COD érték g COD/kg táp		
4,1	1,25	Fehérje	26,1	23,4	234	959	293	75	0,75	176	720	219	25	0,25	58	239	73		
0	0	Nitrogen	4,18	3,744	37,4	692	252	77,8	0,778	68	538	196	22,2	0,222	19	154	56		
7,95	2,9	Zsír	9,7	8,7	87	2214	578	44,8	0,448	242	992	259	55,2	0,552	298	1222	319		
4,1	1,07	Szénhidrát	60,3	54	540	0	0	50	0,5	18	0	0	50	0,5	18	0	0		
0	0	Hamu	3,9	3,5	35	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0	Nedvesség	-	10,4	104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		A táp átlagos tömeg, energia és COD értékei				896	3865	1123		503	2250	675			393	1615	448		
		Átlagos emészthetőség és trágya veszteség a tömeg, energia és COD érték egységében kifejezve				g/g táp	56,1	503/896=	0,561	503	2250	675	43,9	393/896=	0,439	393	1615	448	
		Fajlagos energia és COD értékek				kcal/kg táp	3865/896=	1123/896=	4,314	1,253	2250/503=	675/503=	4,476	1,342	4,476/1,342=	3,335	1615/393=	4,107	1,139
		Energia/COD érték arány				kcal/g COD	4,314/1,253=	3,443								4,107/1,139=	3,606		

Az energia/COD arány a tápokban a tápösszetételtől függően az 7. A-C táblázatokban megadott EXCEL fájl alkalmazásával számítható. A számolás a fentiekben megadott fajlagos energiataralom felhasználásával történt a fehérje és a szénhidrát esetében. A zsírra megadott 7,95-ös érték egy visszafelé történő számítás eredménye, melyben az volt a cél, hogy a Hydrotech által megadott 3,24 kcal/g COD energia/COD érték arányt eredményezze a számítás, figyelembe véve a telítetlen zsírsavak miatti csökkentett energiataralmat.

Az 7. A táblázat egyben egy univerzális számoló táblázatnak tekintendő, mely alkalmas az energia és COD értékek és arányok kiszámítására változó tápösszetétel és tápanyag-emészthetőség megadásával (beviteli zöld mezők). A számításához a tápösszetételt a tényleges nedvességtartalommal (százalékosan kifejezve), valamint a látszólagos emészthetőséget is százalékosan kell megadni. A tápanyagokat energiára és COD értékre átszámító együtthatók változtathatók (sárga beviteli mezők), ha a megadottól eltérő értékekkel akarunk számolni.

A táblázatot a cikkhez mellékletük Excel formátumban, a számolás megkönnyítése céljából.

Az anyagcsere okozta környezeti terhelés

A halak oxigénfogyasztása, a trágyatermelés és a trágya COD értéke

A halak oxigénfogyasztása nagy biztonsággal számolva nem több a 400 mg O₂/(kg hal × óra) értéknél (Hydrotech). A pontynál ez 200-280 mg O₂/(kg hal × óra) (Ruttkay, 2005/2016), amely átlagértékben kerekítve 250 mg O₂/(kg hal × óra) értékre tehető. Ennek 24 órára vett értéke: 24 óra/nap × 250 mg O₂/(kg hal × óra) = 6 g O₂/(kg hal × nap). A napi 1 kg takarmány (1)- 2- 3 aktuális testtömegszázalék etetés mellett (100)- 50- 33 kg hal ellátását biztosítja, miközben a halállomány által elfogyasztott oxigén jó közelítéssel rendre (600)- 300- 200 g. A reális érték 2-3%-os etetés között kerekítve 250 g/kg takarmány értékre tehető.

8. A táblázat Három különböző típusú táp és a belőle keletkező haltrágya jellemzői. Összefoglaló táblázat I.

Halfaj	Táp (1kg)				Emészthetőség	1 kg tápból keletkező haltrágya jellemző adatai			
	Fehérje	Energia	COD	Energia/COD		Tömeg	Energia	COD	Energia/COD
	g/kg	kcal/kg	g COD/kg	kcal/g COD		g/kg	kcal/kg	g COD/kg	kcal/g COD
Pisztráng	483	4495	1471	3,06	86,4	126	456	142	3,20
Afrikai harcsa	490	3918	1210	3,24	74,4	236	832	240	3,47
Ponty	234	3865	1123	3,44	56,1	393	1616	448	3,61
„Átlagosan”*	(402)	(4093)	(1268)	3,24	(72,3)	(252)	(968)	(277)	3,43

*a zárójelbe tett átlagértékek nem „igazi” átlagok, főként a tápminőségtől függőek, így csak hozzávetőleges, nagyságrendi tájékozódásra alkalmasak

tő (az alacsony szintű etetés a hal oxigénfogyasztására is csökkentő hatással bír). Ez jó egyezést mutat Timmons és Ebeling (2007) által megadott értékkel, akik szerint a halak oxigénfogyasztása 250 g/kg takarmány, és emellett a CO₂ termelés az oxigénfogyasztás 1,38-szorosa (CO₂/O₂ 1:1 mólaránya megfelel 44/32=1,38 tömegarány). A ponty 1 kg takarmány és 250 g oxigén elfogyasztása után kb. 500 g trágya jellegű anyaggal, 30 g ammóniával, 5-8 g foszforral terheli a vizet, és 340 g széndioxidot is kilélegzik (Jaap van Rijn PP). (A korábban bemutatottnál magasabb, 500 g haltrágya tömeg más takarmány összetétel, illetve a takarmányozási szint eltéréseinek következménye lehet.)

A 8. A-B táblázatban három halfajnál, melyeket értelemszerűen három különböző típusú táppal etettek, a táp és a keletkező haltrágya jellemzői láthatók a 7. A-C táblázatokból kigyűjtött összefoglaló adatokkal. Ezek szerint az összetételtől függően 1 kg feletetett (légszáraz, kis nedvességtartalmú) táp 3800-4500 kcal/kg (16-19 MJ/kg) energiataralmat és 1100-1500 g O₂/kg közötti COD értéket képvisel. Ugyanakkor 1 kg feletetett táp elfogyasztása után az elfolyó vízben megjelenő 120-400 g haltrágya 140-450 g COD értékű kémiai oxigénigényt okoz.

A tápra az „átlagos” energia/COD arány értéke 3,24 kcal/g COD körüli (az afrikai harcsa tápra jellemző érték) és a haltrágyákra ez az arány mindhárom esetben a táp értékénél nagyobb (3,20; 3,47 és 3,61 kcal/g COD). Nagyságrendi számításokhoz érdekes lehet, hogy a három táp átlagában az 1 kg kb. 40% fehérjetartalmú haltápból, amely 4100 kcal (17 MJ) energiát és 1300 COD értéket képvisel, 70%-os emészthetőség mellett, 250 g tömegű, 1000 kcal (4,2 MJ) energiájú, 300 COD értékű haltrágya keletkezik.

Az egységnyi, 1 kg tömegű tápból keletkező haltrágya mennyisége a pisztrágnál a legkisebb, 126 g, az afrikai harcsánál 236 g és a pontynál 393 g, melyek COD értéke rendre 142, 240 és 448 g O₂ (8. A táblázat). A haltrágya esetében 1 kcal energiataralom megfelel a pisztrágnál 1/3,20=0,313 g COD, az afrikai harcsánál

8. B táblázat Három különböző típusú táp és a belőle keletkező haltrágya jellemzői. Összefoglaló táblázat II.

Halfaj	Táp (1kg)				Emészthetőség	1 kg tápból keletkező haltrágya jellemző adatai			
	Fehérje	COD/DOM*	Energia/DOM	COD/Energia		Tömeg	COD/DOM	Energia/DOM	COD/Energia
	g/kg	g COD/g	kcal/g	g COD/kcal		g/kg	g COD/g	kcal/g	g COD/kcal
Pisztráng	483	1,596	4,875	0,327	86,4	126	1,127	3,619	0,313
Afrikai harcsa	490	1,315	4,259	0,309	74,4	236	1,017	3,525	0,288
Ponty	234	1,253	4,314	0,291	56,1	393	1,140	4,112	0,277
„Átlagosan”	(402)	1,388	(4,483)	(0,309)	(72,3)	(252)	(1,095)	(3,752)	(0,293)

*DOM = szerves anyag (szárazanyagban)

1/3,47=0,288 g COD és a pontynál 1/3,61=0,277 g COD értéknek.

A tápra jellemző értékek az emésztés során olyan irányban változnak, amely a beltartalomnak a könnyebben emészthető és nagyobb oxigénigényű fehérjékben és zsírokban való relatív elszegényedésével és a nehezebben emészthető és kisebb oxigénigényű szénhidrátokban (rostok) való relatív feldúsulásával van összhangban.

A nitrogénmérleg

A fehérje 16%-a nitrogén. A fehérje emészthetősége 80-90-os a példaként vizsgált fajoknál. Az asszimilált

nitrogénnek 80-90%-a kerül kiválasztásra. A kiválasztott mennyiség 90%-a TAN (total ammónia nitrogén, ami az NH₃-N és az NH₄⁺-N összege), 10%-a karbamid (Timmons és Ebeling, 2007).

Ennek alapján a 9. táblázatban megadtuk, hogy a bevitt nitrogén mekkora része asszimilálódik (75-94%), mekkora rész kerül a trágyába (6-25%), mennyi épül be a haltestbe (15-19%), és mennyi a TAN, illetve karbamid formában kiválasztott N (60-75%) a pisztrágnál, az afrikai harcsánál és a pontynál.

A példában számolt abszolút értékeket százalékosan kifejezve mutatjuk be a 10. táblázatban.

Az adatok szerint a táp nitrogéntartalmának 15-19%-a

9. táblázat A takarmány nitrogéntartalmának hasznosulása Timmons és Ebeling (2007) adatai alapján, a kiválasztott nitrogén mennyiségére a 0,092-es szorzót használva. (Timmons és Ebeling, 2007)

Halfaj	Táp fehérje	Táp nitrogén	Trágya nitrogén		Asszimilált nitrogén		Kiválasztott nitrogén	Beépített nitrogén	TAN	karbamid
	g/kg táp	g/kg táp	g/kg táp	%	%	g/kg táp	g/kg táp	g/kg táp	g/kg táp	g/kg táp
Pisztráng	483	77,3	4,7	6	94	72,6	58,1	14,5	52,3	5,8
Afrikai harcsa	490	78,4	15,7	20	80	62,7	50,2	12,5	45,2	5,0
Ponty	234	37,4	9,3	25	75	28,1	22,5	5,6	20,3	2,0

*16% N a fehérjéből, kb. 80% N asszimilált, 80% N az asszimiláltból kiválasztott, 90% TAN, 10% karbamid

10. táblázat A takarmány N-tartalmának hasznosulása a vizsgált fajoknál

Halfaj	Táp nitrogén	Trágya nitrogén	Asszimilált nitrogén	Kiválasztott nitrogén	Beépített nitrogén
	%	%	%	%	%
Pisztráng	100	6	94	75	19
Afrikai harcsa	100	20	80	64	16
Ponty	100	25	75	60	15

11. táblázat

A takarmány, valamint a haltrágya különböző formái, ezek nitrogéntartalma és COD értékei az angolnál (Eding et al., 2006)

Angolna táp	Szárazanyag	Nitrogén	Nitrogén	COD	COD
	g/kg táp	g/kg táp	%	g/kg táp	%
Felvett takarmány	900	77	100	1260	100
Haltrágya	315	23	30	441	35
Ülepíthető haltrágya rész	180	17	74	252	57
Nem ülepíthető haltrágya rész	135	6	26	189	43
A haltrágya melletti egyéb veszteség	360	41	53	50	26
Növekedés	225	13	17	360	39

épül be a halba, a többi szilárd, illetve oldott formában a környezetbe jut.

Az afrikai harcsánál ezek a következőképpen alakulnak:

12. táblázat

A takarmány 1 kg-jának hasznosulása afrikai harcsa esetén* (Chen et al., 1993)

Afrikai harcsa táp (1 kg)	Szárazanyag	Nitrogén
	g/kg	g/kg
Haltrágya	440-520	25-30
Egyéb nem trágya veszteség	200-230	26
Növekedés	200-240	20-25

*A korábbiakban bemutatottól eltérő értékek a takarmányok minőségének, illetve a takarmányozási szinteknek a különbözőségéből erednek.

A foszformérleg

Az intenzív nevelésben használt tápok foszfortartalma 0,9-1,4% közötti és az emészthetősége 61-71% (Coppens, Dalsgaard és Pedersen, 2011). A hasznosított (asszimilált) mennyiségnek 50-56%-a marad a haltestben, 30-40%-a jelenik meg a trágyában és kb. 1-2% kerül oldott formába. Ha a tápban lévő foszfor mennyisége meghaladja az 5,6 g/kg értéket, az oldott foszfor mennyisége gyorsan növekszik (Dalsgaard és Pedersen, 2011).

A környezeti terhelés a nitrogén és foszfortartalmú anyagokból a 13. táblázatban bemutatottak szerint alakul Dorbcastel és Blancheton, J.P., (2006) (In Timmons és Ebeling, 2007).

A környezeti terhelés átlagosan 0,8 kg N/(tonna hal ×

13. táblázat

A tápelemek mennyisége és hasznosulása, valamint a kibocsátás (Dorbcastel és Blancheton, J.P., 2006. In Timmons és Ebeling, 2007)

Táp elemek	Tápelemek mennyisége	Haltestben marad		Oldott formában a kopoltyúról a vízbe jut		A trágyával kiürül		Σ
	g/kg táp	%	g/kg táp	%	g/kg táp	%	g/kg táp	g/kg táp
N	60-80	15-20	12	60-86	50-52	6-15 (szerves N)	4,2-12,0	71
P	11-12	50	5,5-6,0	30	3,3-3,6	20	2,2-2,4	11,4

nap) és 0,1 kg P/(tonna hal × nap). Ez, 11 g N/(fő × nap) értékhez viszonyítva, megfelel 73 fő okozta szennyezésnek (Suzuki et al., 2003). Más „lakosegyenérték” számítás szerint 1 fő napi vízfelhasználása 150–250 L (az USA-ban 250 L). Egy átfolyóvízes rendszerben a népesítési sűrűséget pisztráng esetében 50 kg hal/m³ értéknek véve, 1 tonna hal napi frissvíz igénye, napi egyszeri vízcserével, 20 m³, ami 20 000 L/150 L, illetve 20 000/250 L = 80–133 fő napi vízhasználatával egyezik meg.

A haltrágya feldolgozásának oxigénigénye

A különböző kialakítású recirkulációs rendszerekben közös, hogy a haltartó medencéket elhagyó halürülék az áramló vízben gyorsan darabolódik, egy része fel is oldódik. Így teljes, pl. 1 napi mennyiség összegyűjtése és az egyes frakciók mennyiségi elemzésre, további vizsgálatokra való elkülönítése a reprezentatív mintavételezés gyakorlatának nem egyszerű feladatai közé tartozik. Ezért is nem meglepő, hogy az egyes szerzők által a haltrágya jellemzőkre közölt adatok igen széles skálán mozognak, esetleg egymásnak is ellent- mondanak.

A rendszer tényleges oxigénigényének (BOD) meghatározásához az sem mindegy, hogy a haltrágya milyen, és milyen hatásfokú „előkezeléseken” esik át (ülepítés, szűrés, flotálás, ózonos kezelés, stb.), s így mennyi a rendszerben maradó, bakteriális bontásra váró hányad.

A haltrágya teljes mennyiségére vonatkozóan általánosságban elmondható, hogy a COD/szerves anyag (szárazanyagra vetített) aránya 1,4-es érték, minden komponens esetében és egészében. Az afrikai harcsa 1 kg takarmány elfogyasztása során 240–265 BOD értéket produkál. A trágyában a COD/szárazanyag arány 1,4, a

BOD/szárazanyag arány 1,1 (Bovendeaur et al., 1987). Ez az érték a számításaink szerint (8. B táblázat) a három halfaj és táp „átlagában” is közel megegyezik (COD/DOM = 1,1–1,4).

Ugyanakkor más adatok szerint, 1 kg takarmányból keletkező, kb. 240 g tömegű, 340 g COD értékű haltrágya 50-70%-a bontható le, ami 170–240 g BOD₅ értéket igényel. Ennek kb. 50%-át lehet megfelelő mechanikai szűréssel eltávolítani (Hydrotech).

Zhu és Chen (2000) szerint azzal lehet számolni általánosságban, hogy a BOD₅ 30%-a a takarmánynak (BOD₅/takarmány arány = 0,3), ennek 40% az oldott forma, következésképpen az oldott anyagok BOD₅ értéke (production) a takarmány mennyiségének kb. 12%.

A haltrágyából keletkező összes lebegő anyag (TSS, total suspended solids) mennyisége: 0,12 kg TSS/kg total COD a recirkulációs rendszerekben tipikusnak tekinthető COD terhelésnél, ami gyakorlatilag az 1 μm-nél nagyobb szerves anyagot jelenti (Aygün et al., 2007). Ezek szerint például 1210 g COD/kg takarmányból lesz 145 g TSS, (vagy a trágya 240 g COD/kg takarmányból lesz 30 g TSS.) A TSS részecskéknek 95%-a 20 μm alatti, ami a TSS mennyiségének 40-70 százaléka (Dale, 2010). Ezek kiszűrése a mechanikai filterekkel nem lehetséges.

A heterotróf baktériumok dolgozzák fel a vízben a szűrés után bennmaradó trágyát úgy, hogy baktérium biomasszát és CO₂-t produkálnak. A COD képző heterotróf baktériumok keletkező mennyisége 0,5-0,7 g COD értékű baktérium biomassza 1 g COD értékű feldolgozott szerves anyagra vonatkoztatva (Eding et al., 2006).

Kb. 0,6 kg heterotróf baktériumtömeg keletkezik 1 kg BOD esetén. Ez egyrészt a biofilmben, másrészt kisebb-nagyobb leszakadt pelyhek (flok) formájában, mint üledék („sludge”) van a rendszerben (Hydrotech).

Miközben a heterotróf baktériumok szerves anyag bontása halad előre, mind a víz COD és BOD₅ értéke, mind a BOD₅/COD aránya csökken. A 0,5 körüli BOD₅/COD arány a vízben azt jelzi, hogy a szuszpendált és az oldott anyagok nagy része a baktériumok számára még könnyen hozzáférhető. A 0,2 körüli BOD₅/COD arány azt mutatja, hogy a vizet már a nehezen bontható szerves anyagok terhelik. Ekkor a szervesanyag terhelés nagyobb része az ún. „sárga anyag” (yellow substance), azaz főleg huminsavak. (A huminsavak a recirk vizében 315 nm-en mérhető, és célszerű az abszorbancia (extinkciós) értéküket 0,3 alatt tartani (Dalsgaard and Pedersen, 2011).

A heterotróf aktivitását úgy lehet kiszámítani, hogy a halas medencéből elfolyó vízben lévő szerves anyagok COD értékéből levonjuk a nitrifikáció oxigénfogyasztását (ez utóbbi kiszámítása az ammónia-nitrogén ismeretében 4,57 g O₂/g NH₄-N együtthatóval való szorzással) (Bovendeaur et al., 1987).

A melegvízi rendszerek jól átszellőztetett biofilterében a heterotróf aktivitás maximum

10-15 g/(m² × nap) BOD₅ értékű szerves anyagot tud lebontani. (Afrikai harcsánál ez 5 körüli érték). Nagyobb terhelés esetén (háztartási szennyvizeknél) 30 g oldott COD/(m² × nap) a teljesítmény, de legalább eléri a 20 g COD/(m² × nap) értéket (Odegard, 1999).

A biológiai szűrő (biofilter) hatékonysága és az oxigénfogyasztás

A nitrifikáció oxigénigénye 4,57 g O₂/g NH₄-N, és a széndioxid termelése kb. 5,9 mg/l. A heterotróf baktériumok 1 mg/l oxigén fogyasztása mellett 1,38 mg/l CO₂-t termelnek (Summerfelt et al., 2004). A biofilter bakteriális aktivitása adja a rendszerek CO₂ termelésének közel felét. Ezért a széndioxid kivegőztetését a biofilterek után kell végezni. Ehhez célszerű a trickling és a mozgóágyas filtereket kombinálni, úgy, hogy a trickling/mozgóágyas egység felületének aránya 2/3 : 1/3 legyen.

A biofilter BOD₅/TAN = 4 aránynál dolgozik megfelelően, azaz 120 g BOD₅/kg takarmány és 30 g TAN/ kg takarmány esetén. (Ez megfelel kb. C/N = 2 aránynak) (Eding et al., 2006).

Az akvakultúrás rendszerekben a BOD₅ érték (BOD production) 10-50%-a, a napi takarmánynak. Ennek 25-60%-a lehet oldott formában. Mivel a BOD formált formája (particulate form) eltávolítható, az oldott forma az, ami jelentősen befolyásolja (gátolja) a biofilter nitrifikációs aktivitását (Zhu és Chen, 2000). Más vizsgálatok szerint a szerves anyag kb. 35%-a oldott, 65%-a szuszpendált formában van jelen (Bovendeaur et al., 1987).

A mechanikai filterek a BOD₅ kb. 50%-át eltávolítják. A maradékot elsősorban (nagy részt) a heterotróf baktériumok hasznosítják, amelyek biomassza-termelése kb. 0,6 kg baktérium/1 kg BOD.

A biofilter felületére vonatkoztatva, megfelelő levegőztetés esetén, 5 g BOD₅/(m² × nap) kapacitással lehet számolni. 10 g BOD₅/(m² × nap) terhelés felett gyakorlatilag nincs nitrifikáció. Ha az ammónia-N/oxigén arány kevesebb, mint 0,3-0,4 akkor a nitrifikációs aktivitás behatárolt (ún. elsőrendű reakció, 1st order reaction).

Például a Kaldness 1 média fajlagos felülete 465 m²/m³. Az effektív specifikus felület („effektív specific surphase area”) 335 m²/m³ (!). A biofilter 4-5 kg BOD₅/(m³ × nap) [átlagosan 13 g/(m² × nap)] terhelést tud feldolgozni. Ha a 0,5 g TAN/(m² × nap) nitrifikációs teljesítményt el akarjuk érni, ehhez 6 mg/l-es oxigénszint, illetve nem több mint 4 g BOD₅/(m² × nap) szervesanyag szint kell.

A nitrifikáló baktériumok 30 mg/l BOD₅ alatt tudnak fejlődni. E felett a heterotróf baktériumok („carbon oxydising bacteria”) elnyomják a nitrifikációt, azaz a C/N arány növekedésével a nitrifikáló baktériumok mennyisége csökken. Ha a biofilteren átfolyó víz mennyisége (a tartózkodási idő, vagy a hidraulikus terhelés) megfelelő, a biofilter a rajta egy alkalommal átfolyó vízből a TAN terhelés 60-80%-át tudja eltávolítani (Twarowska, 1997).

A környezeti terhelés a N és P anyagokból**Alapfogalmak**

TS	összes szilárd anyag, %
TSS	összes szuszpendált anyag
TKN	összes Kjeldahl-N
TP	összes P, mg/l
VS	illékony szilárd anyag, mg/l
TVS	összes illékony anyag

A dobszűrőből kikerülő *szüredék* (aquaculture sludge) szuszpendált anyagának koncentrációja 0,5% (Twarowska et al., 1997). Ez jóval kisebb koncentráció, mint a háztartási szennyvíz iszap (domestic sludge) 4-5%-os koncentrációja, ezért a szennyvíztisztítási elvek/adatok nehezen alkalmazhatók a RAS rendszerekre. A 14. táblázatban 1 tonna afrikai harcsa után naponta keletkező iszap mennyisége és összetétele került bemutatásra Chen et al. (1993) után.

14. táblázat
1 tonna afrikai harcsa után naponta keletkező iszap mennyisége és összetétele, kg/(1000 kg hal × nap), Chen et al. (1993) után.

BOD ₅	Szilárd anyag	TKN	Az iszap térfogata
0,8-1,3	4,2	0,2	70-420

Az akvakultúrából származó iszap (sludge) összetételének összehasonlítása a háztartási szennyvízzel (Chen et al., 1993) (15. táblázat).

Pisztrágra vonatkozó adatok szerint (Dalsgaard és Pedersen, 2011):

- Az asszimilált N 48%-a jelent meg a vízben. Ennek 64-79%-a a TAN-ban, 7%-a a szilárd fázisban.

- Az asszimilált P 1%-a jelent meg a vízben és 43%-a a szilárd anyagban, ha a P/takarmány arány nem volt több, mint 5,6 g P/kg takarmány. (Felette az oldott P kiválasztás gyorsan nőtt).

15. táblázat
Az iszap (sludge) átlagos összetétele (Chen et al., 1993)

	Összes szilárd anyag TS	TVS	BOD ₅	TAN	TP	pH
	%	TS %-ában	mg/l	mg/l	TS %-ában	
Akvakultúrából származó iszap	1,8	82,2	2760	18,3	1,3	6,7
Háztartási szennyvíziszap	2-8	50-80	6000	400	0,7	6,0

- A szilárd hulladékban (solid waste-ben) megjelenő COD magasabb volt, mint a szuszpendált/oldott hulladékban (waste-ben).

- A BOD₅ magasabb volt a szuszpendált/oldott hulladékban (waste-ben), mint a szilárd hulladékban (solid waste-ben).

II. Törvényi/rendeleti szabályozás*

A vízkivétel, vízhasználat engedélyezését és a kibocsátást az alábbiakban felsorolt törvények és rendeletek szerint szabályozzák. Az általános elvek figyelembevételével azonban az engedélyek a területnek, a felszíni és felszín alatti vizeknek, valamint a befogadónak a sajátosságai szerint kerülnek kiállításra. Az engedélyezés előkészítését és az engedély kiállítását a területileg illetékes Vízügyi Igazgatóság, mint az állami vagyon kezelője és a Katasztrófavédelmi Igazgatóság, mint a vízügyi hatóság végzi.

Az engedélyeztetés első lépéseként az Előzetes Vizsgálati Dokumentumokat kell benyújtani a Mezőgazdasági Vízhasználat Információs és Ellenőrzési Keretrendszer (VIZEK Keretrendszer) által meghatározott formában a területileg illetékes Kormányhivatal Környezetvédelmi és Természetvédelmi Osztályához, a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 4. számú melléklete alapján. Ezeket képesített szakértő állíthatja össze. Ennek elkészítése, illetve az engedélyeztetés időigényes, de gyorsabban megy, ha a folyamodó rendelkezik megvalósíthatósági tanulmánnyal, illetve előzetes mérnöki tervekkel.

A létesítmény tervezésénél meg kell adni, hogy honnan történne a vízkivétel, illetve, hogy melyek a vízkivétel és a kibocsátás technikai jellemzői. Ennek alapján kerülhet kiállításra a létesítési vízjogi engedély, melyet a Vízügyi Igazgatóság bocsát ki, mint az állami tulajdonban lévő felszíni és felszín alatti vizek kezelője, a rendelkezésre álló vízkészlet alapján, illetve végzi, az ún. „objektum-azonosítást”. Ezután az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatósághoz kell az üzemelési vízjogi engedély iránti kérelmet a tervekkel együtt benyújtani. Ez alapján kerül kiállításra az üzemeltetési vízjogi engedély.

• 1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról
• 72/1996. (V. 22.) Korm. rendelet a vízgazdálkodási hatósági jogkör gyakorlásáról
• 2/1997. (II. 18.) KHVM rendelet a mezőgazdasági vízszolgáltató művek üzemeltetéséről
• 43/1999. (XII. 26.) KHVM rendelet a vízkészletjárulék kiszámításáról (http://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/VKJ%20tajekoztato.pdf)
• 6/2002. (XI. 5.) KvVM rendelet az ivóvízkivételre használt vagy ivóvízbázisnak kijelölt felszíni víz, valamint a halak életfeltételeinek biztosítására kijelölt felszíni vizek szennyezettségi határértékeiről és azok ellenőrzéséről
• 24/2004. (XII. 18.) KvVM rendelet az ivóvízkivételre használt vagy ivóvízbázisnak kijelölt felszíni víz, valamint a halak életfeltételeinek biztosítására kijelölt felszíni vizek szennyezettségi határértékeiről és azok ellenőrzéséről szóló 6/2002. (XI. 5.) KvVM rendelet módosításáról.*
• 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól
• 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszín alatti vizek védelméről
• 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól
• 31/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet a felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályairól
• 27/2005. (XII. 6.) KvVM rendelet a használt és szennyvizek kibocsátásának ellenőrzésére vonatkozó részletes szabályokról
• 314/2005. (XII. 25.) Kormányrendelet Előzetes vizsgálati dokumentáció kötelezettség
• DIRECTIVE 2006/44/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 6 September 2006 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life
• 101/2007. (XII. 23.) KvVM rendelet a felszín alatti vízkészletekbe történő beavatkozás és a vízkútúrás szakmai követelményeiről
• 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti vízszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről
• 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet a felszíni víz vízszennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól
• 147/2010. (IV. 29.) Korm. rendelet a vizek hasznosítását, védelmét és kártételeinek elhárítását szolgáló tevékenységekre és létesítményekre vonatkozó általános szabályokról Módosítás: A vizek hasznosítását, védelmét és kártételeinek elhárítását szolgáló tevékenységekre és létesítményekre vonatkozó általános szabályokról szóló 147/2010. (IV. 29.) Kormányrendelet módosítása
• 2013. évi CII. törvény a halgazdálkodásról és a hal védelméről
• 41/2017. (XII. 29.) BM rendelet a vízjogi engedélyezési eljárásához szükséges dokumentáció tartalmáról
• 47/2021. (XII. 13.) AM az agrárminiszter rendelete a haltermelésről

*A vonatkozó törvények összegyűjtésében segített: Radicsné Ráczkevei Judit, Lipták Magdolna, Gorda Sándor és a K & K Mérnöki Iroda Kft.



forrás: biofloc.hu/hu/ras

MELLÉKLET 1.

A tápkomponensekre jellemző átszámítási együtthatók		Feletetett táp						Megemésztett táp						Trágya veszteség					
		komponens	%		tömeg g/kg táp	energia kcal/kg táp	COD érték g COD/kg táp	%	g/g	tömeg g/kg táp	energia kcal/kg táp	COD érték g COD/kg táp	%	g/g	tömeg g/kg táp	energia kcal/kg táp	COD érték g COD/kg táp		
			száraz anyagra	nedves anyagra															
4,1	1,25	Fehérje	52,4	48,3	483	1980	604	93,9	0,939	454	1860	567	6,1	0,061	29	121	37		
0	0	Nitrogen	8,38	7,73	77,3	-	-	93,9	0,939	72,6	-	-	6,1	0,061	4,7	-	-		
7,95	2,9	Zsír	27,8	25,6	256	2035	742	91,4	0,914	234	1860	679	8,6	0,086	22	175	64		
4,1	1,07	Szénhidrát	12,7	11,7	117	480	125	66,6	0,666	78	319	83	33,4	0,334	39	160	42		
0	0	Hamu	7,2	6,6	66	0	0	46,7	0,467	31	0	0	53,3	0,533	35	0	0		
0	0	Nedvesség	-	7,8	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		A táp átlagos tömeg, energia és COD értékei			922	4495	1471			796	4039	1329			126	456	142		
		Átlagos emészthetőség és trágya veszteség a tömeg, energia és COD érték egységében kifejezve	g/g táp		922			86,4	$796/922=$	796			13,6	$126/922=$	126				
			kcal/kcal táp			4495		0,899	$4039/4495=$		4039		10,1	$456/4495=$		456			
			g COD/ g COD táp			1471		90,3	$1329/1471=$			1329	9,7	$142/1471=$			142		
									0,903					0,097					
		Fajlagos energia és COD értékek				$4495/922=$	$1471/922=$				$4039/796=$	$1329/796=$				$456/126=$	$142/126=$		
						4,875	1,596				5,073	1,669				3,627	1,133		
		Energia/COD érték arány			kcal/g COD	$4,875/ 1,596=$					$5,073/ 1,669=$					$3,627/ 1,133=$			
						3,055					3,040					3,201			

IRODALOM

Aygun, A., Nas, B., Berktaý, A. 2008. Influence of High Organic Loading Rates on COD Removal and Sludge Production in Moving Bed Biofilm Reactor. ENVIRONMENTAL Environmental Engineering Science, Vol.25. No. 9.

Bovendeur, J., Eding, E.H., Hemken, A.M. 1987. Design and Performance of Water Recirculation System. Aquaculture, 63. p. 329-353.

Chen, S., Timmons, M.B., Aneshansley, D.J., James, J. 1993. Suspended solids characteristics from recirculating aquacultural systems and design implications. Aquaculture, 112. pp. 143-135.

Chow K.W., Ramsey G.L. & Waldrup P.W. (1980) Linear which broadly supports the finding of Chow et al. programming for fish diet formulation. In: *Fish Feeding Technology* (ed. by AMCP). Report No. ADCP/REP/80/ <https://www.fao.org/3/x5738e/x5738e00.htm>

Coppens, <https://www.alltechcoppens.com/en/products>

Dale, J.R. 2010. The Removal of Fine Particulates and Dissolved Organic Matter

Including the Off-flavor Compounds Geosmin and 2-Methylisoborneol from a Commercial Recirculating Aquaculture Facility. (Under the direction of Dr. Thomas Losordo). MSC Thesis. p. 108.

Dalsgaard, J., Pedersen, P.B. 2011. Solid and suspended/dissolved waste (N, P, O) from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, Volume 313, Issues 1-4, 15 March 2011, pp. 92-99.

Degani, G., Viola, S., Yehuda, Y. 1997. The digestibility of nutrient sources for common carp *Cyprinus carpio* Linnaeus. Aquaculture research, 28. pp. 575-80.

Eding, E.H., Kamstra, A., Verreth, J.A.J., Huisman, E.A., Klapwijk, A. 2006. Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: A review. Aquacultural Engineering (34) 234-260.

Hydrotech: https://aquafeed.ru/sites/aquafeed.ru/files/files/filtry_i_povtornoie_ispolzovanie_vody_v_rybovodnyh_hozyaystvah_en.pdf

Jaap van Rijn. Waste management in recirculating aquaculture systems. Rehovot, Israel. PP

Liao, Paul B. and Ronald D. Mayo. 1974. Intensified fish culture combining water

reconditioning with pollution abatement. Aquaculture 3:61-85.

Odegard, H.1999. In Igarashi,T., Wantanabe, Y., Asano,T., Tamba, N. Water Environmental Engineering and Reuse of Water. Hokkaido Press, 1999., pp. 205-305.

Ruttkaý, A. 2005/2016. Az édesvízi akvakultúra alapjai és a magyar haltenyésztés sajátosságai. NAIK-HAKI. p. 145.

Summerfelt, S.T., Sharrer, M.J. 2004. Design implication of carbon dioxide production within biofilters contained in recirculating salmonid culture systems. Aquacultural Engineering (32) pp. 171-182.

Suzuki, Y., Maruyama, T., Numata, H., Sato, H., Asakawa, M. 2003. Performance of a closed recirculation system with foam separation, nitrification and denitrification

units for intensive culture of eel: towards zero emission. Aquacultural Engineering 29. p. 165-182.

Timmons, M.B., Ebeling, J.M. 2007. Recirculating Aquaculture. Cayuga Aqua Ventures. NRAC Publication No. 01-007. p. 973.

Twarowska, J.G., Westerman, P.W., Losordo, T.M. 1997. Water treatment and waste characterisation evaluation of an intensive recirculating fish production system. Aquacultural Engineering, 16. pp. 133-147.

Zhu, S., Chen, S. 2000. Effects of organic carbon on nitrification rate in fixed film biofilters. Aquacultural Engineering 25. pp. 1-11.

Wageningen/HAKI Recirculating aquaculture course, March 2014.

A Halászat Nyári számában ismertett cikkben Boyd és mtsai, 2022 rámutattak, hogy a világban nagy erőfeszítéseket tesznek annak érdekében, hogy növeljék a növényi fehérjék hozzájárulását az emberi fehérjebevitelhez, ami jelenleg az összfehérje-bevitel 2/3-a. Ismert viszont, hogy az állati fehérjéknek magasabb a fehérjekoncentrációja, és jobb egyensúlyban vannak az emberi szükségletekhez szükséges esszenciális aminosavak, mint a növényi fehérjékben. A szerzők azt valószínűsítették, hogy az állati eredetű fehérjék iránti globális kereslet tovább fog növekedni, legalábbis a közeljövőben. Az egy főre jutó 10,85 kilogramm állati eredetű fehérjéből fejenként 0,94 kilogramm a halászatból és 0,90 kilogramm az akvakultúrából származik (Boyd és mtsai, 2022). A lenti cikk ismertetésben erre a kérdésre adandó válasz egyik aspektusára, a környezetre gyakorolt hatás egyikére, az üvegházhatású gázok kibocsátására mutatunk be adatokat.

Jeney Zsigmond

Mit fog enni az emberiség, növényi vagy állati fehérjét?

A világon 720-810 millió ember néz szembe az éhezéssel, és további milliárdok szembesülnek az alultápláltság különböző formáival, beleértve a mikrotápanyag-hiányt, vagy éppen a túlsúlyt, az elhízást és az étrenddel összefüggő nem fertőző betegségeket.

A mikroelemek hiánya világszerte több mint kétmilliárd embert érint. Az Egészségügyi Világszervezet becslése szerint az 5 évnél fiatalabb gyermekek 42 százaléka és a terhes nők 40 százaléka vérszegény. Az alultápláltság akadályozza a gyermekek kognitív és fizikai fejlődését.

Az állattenyésztésből származó élelmiszerek a világ fehérjéjének 33 százalékát és kalóriáinak 17 százalékát teszik ki, emellett zsírsavakkal, vitaminokkal és számos esszenciális mikrotápanyaggal és bioaktív összetevővel, mint például vas, kalcium, cink, kolin, B12-vitamin és A-vitamin, biológiailag hasznosíthatóbb formában, mint a növényi alapú élelmiszerekben.

A Harvard Egyetem egy népszerűsítő anyagában (The nutrition source. Plate and the planet, <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/what-should-you-eat/protein/>) megvizsgálta ennek a dilemmának a sok aspektusa közül az egyiket, nevezetesen, hogy a különböző élelmiszerek előállításának milyen hatással lehet a környezetre előállításuk során. Ez természetesen sok tényezőtől függ. A mezőgazdaság globálisan az egyik legjelentősebb üvegházhatású gáz (ÜHG) kibocsátó, melyek felhalmozódása az emberiség történetében példátlan mértékű klímaváltozást idéz elő. Azonban nem minden élelmiszer előállításának van egyforma hatása. Az állati eredetű élelmiszerek előállításának általában magasabb ÜHG-kibocsátással jár, mint a növényi alapú élelmiszerek előállításának – a tejtermékek és a vörös húsok (különösen a marha-, bárány- és kecskehús) pedig aránytalan hatással tűnnek ki.

A fenti ábrán érdekes megfigyelni, hogy a „Hal” kategória az egyetlen állati fehérjeforrás, amelynek az előállításának bekerült az alacsony kategóriába a növényi fehérjeforrások közé. Eközben magas értékű fehérjét állít elő. Az összes többi állati eredetű fehérjeforrás a közepes és magas üvegházhatású gáz kibocsátó kategóriába tartozik.

Általában véve igaz, hogy az állatállomány kilogram-

Élelmiszer	Hatás ÜHG kibocsátás/ 1g fehérje	Ár kiskereskedelmi ár/ g fehérje
Búza	1	\$
Kukorica	1	\$
Bab, csicsoriborsó, lencse	1	\$
Rizs	1	\$
Hal	1	SSS
Szója	1	\$
Diófélék	1	SSS
Tojás	1	SS
Baromfi	2	SS
Sertés	3	SS
Tejtermék (tej, sajt)	3	SS
Marha	4	SSS
Birkák és kecske	4	SSS

1. ábra: Egy gramm fehérjére vetített üvegház hatású gáz kibocsátás a növényi és az állati alapú fehérje-élelmiszerek előállításának során (forrás: World Resources Institute, www.wri.org/proteinscorecard). Az élelmiszertípusok összehasonlítása a fehérje-mutatóban és az egyaránt tartalmazza a legelőként használt földterületet és a földhasználat változásaihoz kapcsolódó üvegházhatású gázok kibocsátását a GlobAgri-WRR modell segítségével.

monként több üvegházhatású gázt (ÜHG) bocsát ki, mint a gabonafélék és más növényi élelmiszerek. Ugyanakkor tápanyagdúsabbak is, ami miatt a **tápanyagtartalomra vetített kibocsátásuk alacsonyabb, mint sok növényi táplálékforrásé.** Az állattenyésztés kulcsszerepet játszik a fenntartható ökoszisztémák tápanyag-ciklusában is, különösen a nitrogén és a foszfor tekintetében.

Az állattenyésztési ágazat felelős a globális antropogén ÜHG-kibocsátás mintegy 14,5 százalékáért, a marha- és szarvasmarha-tejtermelés pedig ennek kétharmadát teszi ki, a takarmány előállítás és a bélben történő fermentáció miatt.

Az összetett folyamatok további tényezőiről itt is lehet olvasni: World Resources Institute, www.wri.org/proteinscorecard.

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

A dolgozat címe: A balatoni sudárponty (*Cyprinus carpio morpha accuminatus*) és a hévízi törpenövésű magyar vadponty (*Cyprinus carpio morpha hungaricus*) spermamélyhűtésének és intenzív rendszerben történő szaporításának vizsgálata, valamint *in vitro* spermabankjának megalapozása

Szerző neve: Várkonyi Levente

A témavezetők neve: Dr. Bernáth Gergely és Dr. Urbányi Béla

A védés helye, ideje és Doktori Iskola neve: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, online, 2021. 06. 17.

Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola

A dolgozat on-line elérhetősége: <https://doktori.hu/index.php?menuid=193&lang=HU&vid=23276>

Összefoglalás

Doktori munkám során a következő kísérletek megvalósítását tűztem ki célul:

Balatoni sudárponty

- Az ökonomiai jelentőséggel bíró sudárponty esetében a pontyfélékre kidolgozott spermamélyhűtési eljárás gazdaságosabbá tétele. A nagy mennyiségű spermamélyhűtési eljárás kidolgozása (5 ml-es műszalma és az 5-10 ml-es kriocső), polisztírol doboz és programozható mélyhűtő berendezése alkalmazása során.
- A ponty ivartermékére jellemző, a felolvasztás után jelentkező agglutináció megszüntetése egy újonnan alkalmazott csuka hígító alkalmazásával.
- Az 5 és 10 ml-es kriocső vízfürdőben végzett felolvasztási idejének optimalizálása pér és csuka hígító használatát követően.
- Zárt intenzív recirkulációs rendszerben történő szaporítás natív és mélyhűtött ivartermék felhasználásával.
- Zárt intenzív recirkulációs rendszerben történő ponty szaporítás és lárwanevelés elvégzése, nyomon követve az egyedek növekedését, megmaradását és morfológiai változásait.
- A gazdasági jelentőséggel bíró tájfajta *in vitro* spermabankjának megalapozásával, hozzájárulhatok az állomány genetikai értékének megőrzéséhez, valamint a tő természetes populációjának megőrzéséhez.

Hévízi törpenövésű magyar vadponty

- Vadon befogott tejesek közvetlenül a tóparton történő, illetve zárt intenzív recirkulációs rendszerben tartott egyedek spermációjának hormonális indukálása.



Várkonyi Levente

- A sebezhető természetvédelmi besorolású pontyfélé ivartermékének polisztírol dobozban és programozható mélyhűtő berendezésben történő fagyasztása pér és csuka hígító használata során (agglutináció kiküszöbölése).
- Zárt intenzív recirkulációs rendszerben történő szaporítását natív ivartermékkel, nyomon követve az egyedek növekedését, megmaradását és morfológiai elváltozásait.
- A hévízi vadponty *in vitro* spermabankjának megalapozása, hozzájárulva a faj konzervációbiológiai értékének megőrzéséhez

1. A balatoni sudárpontyon elvégzett vizsgálatok eredményei

Eredményeim alapján elmondható, hogy munkámban a mélyhűtést követően a pér hígító használatánál minden esetben közel 50%-os agglutinációt tapasztaltam. A csuka hígítónál azonban egyöntetű, homológ sejtszuspenzió volt megfigyelhető. Továbbá a legtöbb alkalommal a friss ivartermékhez viszonyítva a kezelt csoportok minden esetben szignifikánsan alacsonyabb pMOT (progresszív motilitás) és VCL (a megtett, teljes mozgási útvonalra számolt sebesség) paramétereket rögzítettem. A vizsgálataim során a tárolókannába elhelyezett és fel nem olvasztott minták alapozták meg a tájfajta spermabankját.

1.1. Az 5 ml-es műszalma és a 10 ml kriocső mélyhűtésének összehasonlítása, illetve a 10 ml-es kriocső optimális hígítási arányának kidolgozása

A friss kontrollhoz képest szignifikánsan alacsonyabb motilitási értékeket rögzítettem mind a műszalma, mind pedig a kriocső esetében. Továbbá a műszalma igazolhatóan alacsonyabb értéket mutatott a kriocsővel összevetve. A 10 ml-es kriocső használata után azonban szignifi-

kánsan magasabb LIN (az útvonal egyenestől számított eltérése) értéket rögzítettem, összehasonlítva mind a natívval, mind a kisebb térfogatú eljárással. A hígítási arány meghatározása esetében a friss spermával való összehasonlítás során a kezelés hatására igazolhatóan alacsonyabb pMOT értéket mértem. A friss ivartermék statisztikailag igazolhatóan magasabb VCL eredményt mutatott összevetve a kezelési csoportokkal. Az 1:1-es, valamint az 1:9-es hígítási arány igazolhatóan alacsonyabb értéket mutatott összehasonlítva a friss minta értékével a LIN paraméter esetében.

1.2. Kétféle hígító és különböző mélyhűtési módszerek összehasonlítása (motilitás vizsgálat)

Az 5 ml-es műszalmával polisztirol dobozban végzett vizsgálatomban a friss ivartermékhez viszonyítva mind a pér, mind pedig a csuka hígító statisztikailag igazolhatóan alacsonyabb értéket mutatott a sejtek progresszív motilitásának vizsgálata során. A VCL paraméterek mérése során hasonló tendenciát figyeltem meg.

Az 5 ml-es műszalma CRF (programozható fagyasztó berendezés) berendezésben történő mélyhűtését követően a sejtek progresszív motilitás mérése során a friss ivartermékhez viszonyítva mindkét hígító igazolhatóan alacsonyabb értéket mutatott. Továbbá a csuka hígító esetében alacsonyabb eredményt mértem összevetve a pér hígítóval. A VCL értékek vizsgálata alkalmával a friss mintához képest mindkét mélyhűtési csoport szignifikánsan alacsonyabb értéket mutatott.

A 10 ml-es kriocső programozható fagyasztó berendezésben történő mélyhűtést követően a sejtek pMOT, illetve VCL paraméterek mérésénél igazolható eltérést mértem a pér és a csuka hígító használatát során, a friss ivartermékkel összehasonlítva.

1.3. Kétféle hígító és különböző mélyhűtési módszerek összehasonlítása (sejtkoncentráció vizsgálata)

A friss ivartermék sejtkoncentrációjához viszonyítva alacsonyabb volt a mélyhűtés utáni sejtsűrűség mindkét hígító esetében. Pér hígító alkalmazásával mindhárom mélyhűtési módszer (5 ml-es műszalma polisztirol doboz, 5 ml-es műszalma CRF, 10 ml-es kriocső programozható fagyasztó berendezés) esetében alacsonyabb sejtszámot rögzítettem, összehasonlítva a csuka hígító használatával.

1.4. Egységes felolvasztási időtartam meghatározása a 10 ml-es kriocső, pér és csuka hígítók, valamint CRF alkalmazása esetén

A 10 ml-es kriocső mélyhűtését követően összehasonlítottam három különböző felolvasztási időpontot (3 perc 30 másodperc, 3 perc 45 másodperc, 4 perc) pér és csuka hígítóval esetén egyaránt. A vízfürdővel történő felolvasztást követően a pér hígító esetében a progresszív motilitás mérés esetében a friss ivartermékhez képest statisztikailag alacsonyabb értékeket rögzítettem mindhárom vizsgált időpontnál. Hasonló eredményeket kaptam a VCL paraméterek esetében is. Hasonló tendenciát tapasztaltam a csuka hígító használatát követően is. A legrövidebb fel-



Levente munka közben

olvasztási időtartam esetében a pér hígítónál $30 \pm 12\%$ -os pMOT, $48 \pm 8 \mu\text{m/s-s}$ VCL, $86 \pm 3\%$ -os LIN; míg a csuka hígítónál $26 \pm 14\%$ -os pMOT, $41 \pm 7 \mu\text{m/s-s}$ VCL, $81 \pm 4\%$ -os LIN értékeket rögzítettem.

1.5. Az 5 ml-es kriocső felolvasztási idejének meghatározása 2 hígító és 2 fagyasztási módszer alkalmazása során

Az 5 ml-es kriocső felolvasztási idejének meghatározása során a polisztirol dobozban történő mélyhűtést, valamint a pér hígító használatát követően a friss ivartermékhez viszonyítva igazolhatóan csökkent a minták progresszív motilitása. Hasonló tendencia volt megfigyelhető a VCL értékek mérése során. A leggyorsabb felolvasztási időtartam esetében $30 \pm 4\%$ -os pMOT, $56 \pm 7 \mu\text{m/s-s}$ VCL és $84 \pm 2\%$ -os LIN értékeket írtam le.

A CRF berendezésben az 5 ml-es kriocső pér hígító felhasználásával történő mélyhűtést követően a friss ivartermékhez viszonyítva igazolhatóan csökkent a minták progresszív motilitása. Hasonló tendencia volt megfigyelhető a VCL értékekben is. A LIN paraméterek esetében azonban igazolhatóan magasabb értékeket rögzítettem a kezelésekre hatására. A legrövidebb felolvasztási idő alatt $37 \pm 6\%$ -os pMOT, $58 \pm 8 \mu\text{m/s-s}$ VCL és $87 \pm 1\%$ -os LIN eredményeket rögzítettem.

Az 5 ml-es kriocső felolvasztási idejének meghatározása során a polisztirol dobozban történő mélyhűtést, valamint a csuka hígító használatát követően a friss ivartermékhez viszonyítva igazolhatóan csökkent a minták progresszív motilitása. Hasonló tendencia volt megfigyelhető a VCL



Munka a laborban

értékek mérése során. A leggyorsabb felolvasztási időtartam esetében $19 \pm 5\%$ -os pMOT, $55 \pm 3 \mu\text{m/s-s}$ VCL és $84 \pm 5\%$ -os LIN értékeket találtam.

A CRF berendezésben az 5 ml-es kriocsőben a csuka hígító használatát követően a friss ivartermékhez viszonyítva igazolhatóan csökkent a minták progresszív motilitása. A VCL értékek mérése során is hasonló tendenciát írtam le. A legrövidebb felolvasztási idő alatt $27 \pm 4\%$ -os pMOT, $47 \pm 5 \mu\text{m/s-s}$ VCL és $81 \pm 2\%$ -os LIN eredményeket rögzítettem.

1.6. A nagy mennyiségű (10 ml-es kriocső) mélyhűtött sperma keltetőházi szaporítás során történő alkalmazása

Kísérlemben a fejést követően és közvetlenül a termékenyítés pillanatában is ellenőriztem a natív ivartermék minőségét. A mélyhűtések hatására csökkent a minták motilitása, azonban a pér hígító igazolhatóan jobb eredményt mutatott a módosított csuka hígítóval összehasonlítva. Összevetve a friss, illetve a termékenyítés pillanatában visszamért ivartermék értékével mindkét kezelés esetén igazolható csökkenést mértem a VCL paraméternél. A LIN értékek esetében a pér hígítónál szignifikánsan magasabb eredményt rögzítettem a friss spermával összehasonlítva. A termékenyítés pillanatában mért friss sperma LIN paramétere szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a csuka hígítónál. A csuka hígító használatát követően igazolhatóan kisebb értéket írtam le a pér hígítóval összehasonlítva. A szaporítást követően a kelési arány meghatározása során a pér és a csuka hígító

hatására statisztikailag igazolható csökkenést tapasztaltam összehasonlítva a natív spermával. Továbbá a csuka hígító igazolhatóan alacsonyabb értéket mutatott a pér hígítóval összevetve.

1.7. Intenzív lárvanevelés friss spermával történő szaporítást követően

Eredményeim alapján a frissen kelt balatoni sudár ponty lárvák testhossza $4,4 \pm 1$ mm, a testtömegük pedig $1,0 \pm 0,3$ mg volt. A szikzacskó felszívódását követően az átlagos testhossz $5,5 \pm 0,5$ mm-re, az átlagos testtömeg pedig $1,5 \pm 0,1$ mg-ra növekedett. Az egy hetes táplálkozó lárvák átlagos testhossza $10,5 \pm 0,7$ mm, míg testtömege $12,1 \pm 1,7$ mg volt. A vizsgálat befejeztével a lárvák átlagos megmaradásának aránya $94 \pm 2\%$ volt. A lárvamorfológiai vizsgálatok során nem tapasztaltam számottevő elváltozást a vizsgált egyedeknél.

2. A hévízi törpenövésű magyar vadponton elvégzett vizsgálatok eredményei

A vizsgálataim során a tárolókannába elhelyezett és fel nem olvasztott minták alapozták meg a sebezhető természetvédelmi értékű halfaj spermabankját.

2.1. A spermáció terepi körülmények között történő indukciója

A vizsgálatomban kialakított két kezelési csoport fejését követően az oltott egyedek szignifikánsan magasabb progresszív motilitási eredményt mutattak összehasonlítva a kontroll csoporttal.

2.2. A spermáció növekvő hormonadagú zárt intenzív recirkulációs rendszerben történő indukciója

Kísérlemben a halfiziológiás oldattal (kontroll) oltott egyedek nem adtak értékelhető mennyiségű ivartermék. A növekvő hormondózissal oltott csoport hat egyedétől sikeresen fejtem spermát. A sperma minőségének ellenőrzése során magas pMOT ($72 \pm 8\%$), mérsékelt VCL ($93 \pm 12 \mu\text{m/s}$), illetve szintén magas LIN értékeket ($88 \pm 2\%$) rögzítettem.

2.3. Zárt intenzív recirkulációs rendszerben tartott egyedek spermációjának hormonális indukciója és a kinyert ivartermék mélyhűtése

A kinyert ivartermék pMOT és VCL értéke szignifikánsan csökkent a mélyhűtés hatására. A LIN paraméter esetében azonban a friss spermához viszonyítva szignifikánsan magasabb értéket rögzítettem.

2.4. Két féle hígító (pér, csuka) alkalmazásának összehasonlítása az agglutináció kiküszöbölésének érdekében a fagyasztás során

Vizsgálatomban a programozható mélyhűtő berendezés használatát követően a pér hígító esetében szignifikánsan magasabb eredményt rögzítettem összehasonlítva a csuka hígítóval. A mért VCL értékek között a polisztirol dobozban statisztikailag igazolhatóan magasabb eredményt rögzítettem a pér hígító használatát követően összehasonlítva a csuka hígítónál mért értékekkel szemben. Hasonló eredményt rögzítettem a CRF berendezés használatát

után a minták mért VCL értékeiben. A LIN paraméterek összehasonlítása során a CRF berendezés használatakor a pér hígító esetében statisztikailag igazolhatóan magasabb eredményt mértem összehasonlítva a csuka hígítóval.

2.5. Zárt intenzív rendszerben történő szaporítás

Vizsgálatomban a Zuger-üvegbe kihelyezett termékenyített ikratétel fejlődése az inkubáció során megállt. Mindösszesen egyetlen lárvát kelt ki.

3. Új tudományos eredmények

- Sikeresen mélyhűtöttem ponty ivarterméket a korábban csukára kidolgozott hígító használatával, amelynek révén a felolvasztást követően jelentkező agglutinációt megszüntettem, ezáltal lehetővé vált a mélyhűtött sudár ponty ivartermék keltetőházi felhasználása során egy jövőbeni pontos termékenyítési egység meghatározása.
- Elsőként adaptáltam kísérletesen egy hatékony mélyhűtési módszert, az 5 és 10 ml-es kriocső fagyasztása esetén mind a pér, mind pedig a csuka hígító használatánál CRF berendezésben (kiindulási hőmérséklet: 4 °C, végpont: -160 °C, hűtési sebesség: 15 °C/perc), valamint az 5 ml-es kriocső esetében polisztirol dobozban (3 cm-en, 7 perc).
- Meghatároztam a 10 ml-es kriocső esetén a pér, illetve csuka hígító használatát követően a 3 perc 30 másodperc felolvasztási időtartamot 40 °C-on. Megállapítottam továbbá az 5 ml kriocső alkalmazása után a pér hígító esetében 2 perc 45 másodperces, a csuka hígító használatát követően pedig a 2 perc 15 másodperces felolvasztási időtartamot 40 °C-os vízfürdővel.
- Sikeresen vizsgáltam a sudár ponty esetében a frissen kikelt lárvák átlagos testhossz és testtömeg adatait eredményes keltetőházi szaporítást követően zárt intenzív recirkulációs rendszerben. A tájfajta esetében elsőként mutattam be eredményes lárva-nevelési eljárást magas megmaradási aránnyal és megfelelő morfológiai tulajdonságokkal rendelkező egyedek esetében zárt intenzív recirkulációs rendszerben.
- Nagy hatásfokkal indukáltam a rendkívül stressz érzékeny hévízi vadponty spermációját terepi körülmények között közvetlenül tóparton végzett oltással. Továbbá zárt intenzív recirkulációs rendszerben történő tartást követően elnyújtott hormondózisú oltási eljárással (1. kezelés: 1 mg/ttkg, 2. kezelés: 2 mg/ttkg, 3. kezelés: 2 mg/ttkg, 4. kezelés: 4 mg/ttkg, 2 napos időintervallumokban) eredményesen fokoztam a hévízi vadponty hím ivartermék termelését.
- Sikeresen mélyhűtöttem a hévízi vadponty hím ivartermékét polisztirol dobozban és CRF berendezésben a korábban pontyfélekénél már eredményesen használt pér, valamint az újonnan alkalmazott csuka hígító használatát követően 0,5 ml-es műszalmában 1:9-es hígítás mellett.
- Sikeresen alapoztam meg in vitro spermabankot a gazdasági értéket képviselő sudár ponty, illetve a ter-

mészetvédelmi szempontból sebezhető hévízi vadponty eltárolt ivartermékéből.

Szakmai életrajz

Várkonyi Levente, 1988. június 26-án, Budapesten született. Gyermekkorát a Duna balpartján fekvő Dömsödön töltötte, ahol az első hat osztályát járta a Gróf Széchenyi István Általános Iskolában. Ezt követően a Ráckevei Ady Endre Gimnáziumban folytatta tanulmányait, ahol sikeres érettségit tett. Felsőfokú tanulmányait 2007 őszén kezdte meg a Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Állattenyésztő mérnök alapszakán. Tanulmányai alatt egy évet töltött a Genti Egyetemen, ahol az Akvakultúra képzéshez tartozó tantárgyakat hallgatta le. Mikroalgákkal, kagyló- és rákfélékkel, valamint tengervízi halfajok tenyésztésével szélesítette szaktudását. Szakdolgozatában a ponty nevelésével foglalkozott, melynek címe: Teljes értékű táppal etetés eredményei a ponty (*Cyprinus carpio*) egynyaras ivadékának kistavas nevelése során volt. 2012 júniusában sikeres államvizsgát tett. Alapképzése során az Attal Halgazdaságában szerzett haltenyésztési és termelési gyakorlatot. Agrármérnök mesterfokú képzését 2013 őszén kezdte meg. Diplomadolgozatában a Hévízi ponty védelmével foglalkozott, melynek címe: Új módszer a veszélyeztetett halak védelmében (hévízi törpenövésű vadponty indukált szaporítása az élőhelyén) volt. Egyetemi évek során több ízben eredményesen szerepelt kari és országos diákkonferenciákon. 2016-ban sikeres államvizsgával zárta tanulmányait és felvételt nyert a Szent István Egyetem, Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskolájába, nappali tagozatos képzésre. Doktori tanulmányai alatt elnyerte az Emberi Erőforrások Minisztériumának, Új Nemzeti Kiválósági Pályázatát 2018-ban és 2019-ben, ezt követően az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP pályázatát 2020-ban. Emellett 2019-ben elnyerte a Szent István Egyetem Szenátusa és Rektora részéről odaítélt Szent István Ösztöndíjat. Tanulmányai mellett lehetőséget kapott a SZIE Gödöllői Kollégiumtól, hogy koordinátorként részt vehessen a hallgatókat érintő kollégiumi ügyek intézésében. Utolsó doktoranduszi évében Erasmus Plusz ösztöndíjjal lehetősége nyílt, hogy a zárt intenzív recirkulációs rendszerekről megszerzett szakmai tudását tovább bővítsse a máltai székhelyű AquaBioTech Group vállalatnál. A Halgazdálkodási Tanszék kötelékében eltöltött idő alatt részt vett számos kutatásban, közösségi rendezvények szervezésében (SZIE Halászati és Horgászati Szakkollégium, Országos Halfőző Verseny, Nemzetközi Természetfilm Fesztivál, Halászati-Horgászati Szakember Találkozó) és oktatási tevékenységekben is. Társításként 7 hallgató TDK, OTDK, OFKD és szak-, valamint diplomadolgozatában vállalt szerepet. Doktori munkájához 6 idegennyelvű referált folyóiratban (2 elsőszerzős), 5 magyar nyelvű referált folyóiratban (2 elsőszerzős) megjelent közlemény, valamint 1 hazai könyvrészlet, és 12 konferencia részvétel köthető magyar és angol nyelven.

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

A dolgozat címe: A DDGS alkalmazhatóságának vizsgálata a hazai akvakultúrában

Szerző neve: Révész Norbert

A témavezető neve: Dr. Hegyi Árpád és Dr. Jakabné Dr. Sándor Zsuzsanna

A védés helye, ideje és Doktori Iskola neve: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, online, 2022. 02. 11. **Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola**

A dolgozat on-line elérhetősége: https://uni-mate.hu/documents/20123/336900/Revesz_Norbert_ertekezes.pdf/491aeb93-64dc-f797-52ac-d5e2d8470420?t=1643018963691

Összefoglalás

Doktori munkám során a következő kísérletek megvalósítását tűztem ki célul:

- A DDGS látszólagos emészthetőségi együtthatójának megállapítása indikátor módszer segítségével hazai akvakultúrában kiemelkedő fontosságú ponty (*Cyprinus carpio* L.), valamint európai harcsa (*Silurus glanis* L.) esetében.
- Az emészthetőség függvényében optimális DDGS tartalmú összetett takarmány kidolgozása és tesztelése komplex takarmányozási kísérletekben. Elsősorban a növekedésre, takarmányhasznosításra, tápanyagfelvételre, anyagcserére és egészségre gyakorolt hatások vizsgálata.
- Félüzemi jellegű pilot kísérlet keretében vizsgálni a félintenzív technológiával nevelt pontyállomány termelési paramétereit, húsminőségét és a termelés költséghatékonyágát optimális DDGS tartalmú takarmány etetése mellett.

1. Eredmények

1.1 Emészthetőségi vizsgálat ponty esetében

A kezelések közül a 20 °C-os DDGS csoportnak a legjobbak a növekedési mutatói. Hasonló eredmény látható a takarmányhasznosulási együttható (FCR) és a specifikus növekedési ráta (SGR) esetében is, de szignifikáns eltérés az SGR és FCR esetében csak a hőmérsékletekben van (p-érték = 0,014), a takarmányok között viszont nincs. A fehérjehasznosulás (PER) értékben ugyanakkor a takarmányok között is van szignifikáns különbség 20°C-on (p-érték = 0,019). A kísérlet alatt elhullás 1-1 esetben történt, így a megmaradási mutatók (SR) közt nem volt különbség.

Az ürülék beltartalmi mérési adatainak alapján kiszámoltam két különböző hőmérsékleten a takarmányok emészthetőségi együtthatóit (ADC) szárazanyagra, nyersfehérjére és foszforra. A szárazanyag emészthetőségi együttható 67-76% között változott, és szignifikánsan különbözött



Révész Norbert önarckép

az egyes takarmányok és vízhőmérsékletek között, kivéve a kontrollt. 20 °C-on az ADC értékek mindkét takarmány esetében magasabbak, mint 30 °C-on. Ugyanezen tendencia látható a fehérje és a foszfor esetében is.

A DDGS, mint takarmány-összetevő fehérje emészthetőségére mindkét hőmérsékleten 86% körüli értéket határoztam meg. A szárazanyag, valamint a foszfor látszólagos emészthetőségi együtthatójára 45-50%-ot, illetve 81-83% közötti értékeket határoztam meg.

1.2 Emészthetőségi vizsgálat európai harcsa esetében

Az analitikai vizsgálati eredmények segítségével kiszámoltam a takarmányok és a DDGS tesztalapanyag látszólagos emészthetőségi együtthatóit (ADC) szárazanyagra, nyersfehérjére, nyerszsírra, foszforra és az esszenciális aminosavakra vonatkoztatva. Mindegyik vizsgált tápanyag emészthetőségi együtthatója szignifikánsan magasabb volt a magas halliszttartalmú kontroll takarmány esetében, szemben a DDGS takarmánnyal, kivéve a foszfort. Az aminosavak tekintetében a cisztin, lizin, hisztidin és az arginin esetében kaptam szignifikáns különbséget a kontroll és a kísérleti takarmány között. A DDGS látszólagos emészthetőségi együtthatója a nyersfehérje és a nyerszsír esetében relatíve magas 73,4% és 77,4% volt, mindemellett magas 88%-os foszfor emészthetőség társult. Az aminos-

savakat illetően a lizin, a cisztin, az arginin, valamint a hisztidin mutatott alacsonyabb értéket.

1.3 Takarmányozási kísérlet ponty esetében

A 12 hetes etetés hatására mind a növekedési teljesítményt leíró paraméterek (tömeggyarapodás – WG; napi növekedési index – DGI; specifikus növekedési ráta – SGR), mind a takarmány- és fehérjehasznosulás (FCR) tekintetében statisztikailag igazolható különbségeket mértem a kísérleti csoportok és a kontroll között. A fehérjehasznosulás a 20% és 40% DDGS tartalmú csoport között is szignifikánsan különbözött, legmagasabb értéket a 40%-os csoportnál találtam. Ez alapján következtettem, hogy a pontynak adott takarmányban akár 40%-ban is egy jól hasznosuló alapanyag a DDGS. A kísérlet ideje alatt a mortalitás egy csoportban sem haladta meg a 4%-ot és a biometria mutatók esetében sem találtam szignifikáns eltérést a kezelése között. A halak testösszetétele azt mutatta, hogy a DDGS-t tartalmazó csoportok nyersfehérjetartalma szignifikánsan magasabb a kontroll csoportéhoz képest. Ezzel párhuzamban a nyerszsírtartalom csökkent a 0%-tól a 40% felé, vagyis a DDGS kedvező hatással volt a testzsír mennyiségére.

A vizsgált vérplazma paraméterek a nagy szórás miatt statisztikailag igazolható különbséget nem mutattak, de az összkoleszterin (TC) és a triglicerid (TG) szint látszólag a testzsír csökkenésével tendenciaszerű korrelációt mutat. Az említett paraméterek szorosan összefüggnek a zsírsav anyagcserével és a takarmány minőségével, lévén sejtmembrán alkotók és a szteroid hormonok prekursorai, valamint az élőlény vitalitását és energia ellátottságát jelzik. Az alanin aminosztransferáz (ALT), aszpartát aminosztransferáz (AST) alkalikus foszfatáz (AP), gamma-glutamilttransferáz (GGT) enzimek aktivitása a máj károsodásával mutathat összefüggést. A vérplazma GGT értéke 2,5 U/L érték alatt volt, mely normális érték egy egészséges ponty (*Velisek és mtsai, 2009*) vagy tilápia esetében (*Chen és mtsai, 2003*). Az alacsony ALT és azonos ALP szintből arra következtettem, hogy a DDGS nem okozott májkárosodást a ponty ivadékoknál, annak ellenére, hogy néhány hal esetében a májsejtek nekrozisát, beszűkült szinuszoidokat és hipertrófia jeleit észleltem a DDGS 40 csoport szövettani elemzése során.

A máj zsírsav összetételének vizsgálata során a linolénsav (18:2 n-6) tartalom követte a kísérleti takarmányokban található mennyiségek trendjét, ugyanakkor arachidonsav szintetizálódás is megfigyelhető volt a hepatopankreaszban.



Konferencián

Az egyszerűen telítetlen zsírsavak aránya a helyettesítés mértékével fordított irányban változott, hasonlóan, mint az összlipidek mennyisége. E lipidek mennyisége összefügg a zsírdépők megjelenésével és az elzsírosodással. Ugyanakkor a májindex a kontroll csoportnál volt a legkisebb, de az egyes csoportok között nem volt szignifikáns mértékű különbség, vagyis valószínűleg a máj- és zsigerindex a testsúlyjal korrelál, és nem a zsírtartalommal.

1.4 Takarmányozási kísérlet európai harcsa esetében

A 8 hetes etetési kísérlet végén a növekedés, a takarmányhasznosulás és a fehérjehasznosulás tekintetében a kísérleti csoportok között nem volt

statisztikailag igazolható különbség. A takarmányhasznosítási együttható eredményei a kísérleti csoportok között 1,29 és 1,36 g/g közötti értéket mutattak, a specifikus növekedési ráta esetében ez az érték 1,43 és 1,50 g/nap volt, a fehérje hasznosulási és fehérje produktivitási mutatók pedig 1,78-1,94% és 27,7-30,2% között voltak. A kísérlet ideje alatt elhullást nem tapasztaltam. Függetlenül az etetett takarmány összetételétől a megvizsgált halak biometria mutatói nem mutattak különbséget.

A vérplazma biokémiai mutatói, úgymint a glükóz, az alkalikus foszfatáz, a koleszterol, a triglicerid és az amiláz a vizsgált csoportok között nem mutatott statisztikailag igazolható különbséget. Mindazonáltal megfigyelhető, hogy a triglicerid esetében a vizsgált minták eredményei közt igen nagy a szórás.

A teljes test és a filé esetében a beltartalmi összetételt szárazanyagra vonatkoztattam. A filé esetében a nyersfehérje tartalom 79,0 és 80,5% között volt, a nyerszsírtartalom pedig 11,5-12,1% között változott a különböző kezelése hatására, amely statisztikailag igazolható különbséget nem jelentett. A teljes test nyerszsír- és nyersfehérje eredményei szintén nem mutattak különbséget a kísérletben résztvevő csoportok között.

A máj metszetek elemzése során vizsgáltam a szöveti struktúrát, a hepatociták alakját és konzisztenciáját, illetve a sejtmagok alakját és elhelyezkedését. A DDGS 20 és 30 csoport hepatocitái kevésbé voltak vakuolizáltak, mint a kontroll és a DDGS 10-es csoport mintái. A gasztrointesztinális epitel sejtek hossza, illetve a kehelysejtek száma és mérete egyaránt megegyező volt az egyes csoportok mintáinak elemzése során.

A máj zsírsavösszetételének elemzése néhány zsírsav esetében szignifikáns különbséget mutatott a kísérleti csoportok között. A palmitinsav mennyisége, mely az összsírsav 21%-át adta statisztikailag igazolhatóan külön-

bözött a DDGS 20 és 30-as csoport esetében a kontrollhoz képest. Az egyszerűen telítetlen zsírsavak, úgymint a 16:1n-7 és 18:1n-9 mennyisége a takarmány DDGS tartalmának növekedésével statisztikailag igazolhatóan csökkent és különbözött. Ebből következik, hogy az összes telített- (total SFA) és egyszerűen telítetlen (total MUFA) zsírsavak mennyisége is eszerint változott. A takarmány DDGS tartalmának növelése a májban lévő többszörösen telítetlen zsírsavak (total PUFA) mennyiségének növekedését mutatták, azonban statisztikailag igazolható különbség ($p < 0,05$) nem igazolódott. Az összlipid tartalom a 8,46 és 17,31 mg FA/g között változott, ahol a legkisebb értéket a DDGS 30 csoport mutatta.

A szárazanyag és a nyersfehérje ADC értékek között különbséget nem találtam. A nyerszsír ADC értékek kiemelkedően magasak (96-98%) mindegyik csoportnál, kivéve a DDGS 20-as csoportot, ahol kisebb 88%-os eredményt kaptam. A foszfor emészthetőségének mutatói statisztikailag igazolható különbséget mutattak a csoportok között, ahol a legkisebb értéket a kontroll, a legnagyobb értéket a DDGS 30 csoport esetében figyeltem meg.

1.5 Félüzemi, tavi etetési kísérlet ponttyal

A tógazdaságokban a pontytenyésztési szezon áprilisban kezdődik és októberben zárul. A szezon során a víz hőmérséklet függvényében a plankton biomasza nagysága sűrűn változik. Az összetett takarmányok etetése során a plankton biomasza 0,8-3 ml/100 liter között változott. A 155 napos kísérlet alatt az egynyaras pontyok testtömege mindkét csoport esetében közel tízszeres növekedést mutatott. A kezelése hatására a specifikus növekedési ráta és a testtömeg gyarapodás statisztikailag igazolható különbséget mutatott a növendék korosztályú halakat tekintve. A záró testtömeg a kétnyaras halak esetében is különbözött a csoportok között. Az egész szezon alatti mortalitás a fiatalabb korosztályú halak esetén a kontroll csoportnál 5,14%, a DDGS csoportnál 3,33% volt, míg a kísérlet végére háromnyaras halak esetén a kontroll csoportnál 12,86%, a DDGS csoportnál 13,33% volt. A takarmány- és a fehérjehasznosulási ráta egyaránt statisztikailag igazolható különbséget mutatott a kísérleti takarmányok tekintetében. A fehérje-produktivitási érték (PPV) a DDGS tartalmú takarmány esetében 36,2%, míg a kontroll takarmány esetén 31,6%. Az egy hektárra eső bruttó hozam a kísérleti csoportnál több mint fél tonnával magasabb, mint a kontroll, kereskedelmi takarmányt fogyasztó csoportnál.

A kísérlet végén a piaci méretű korosztály kihozatali mutatóit, fizikai tu-



Munka közben

lajdonságait és kémiai összetételét vizsgáltam. A filé nyerszsír tartalma a kontroll csoport esetén 2,51-8,92% között mozgott, míg a DDGS tartalmú takarmányt fogyasztó csoport esetén ez az érték 3,14-10,96% volt. A konvencionális húsminőség mutatók, mint a csepegési, főzési és felengedési veszteség, pH és szín statisztikai különbséget nem mutattak a kontrollhoz képest. A tenyészszezon végén nem volt kimutatható statisztikai különbség a filé kihozatal és a biometria mutatók esetében sem.

A zsírsav profil vizsgálat során csekély mértékű különbség mutatkozott az összes többszörösen telítetlen és összes omega-6 zsírsavak tekintetében, ugyanakkor az egyedi különbségek itt is elnyomták a takarmányozás hatását, így statisztikailag igazolható eredmény nem volt megfigyelhető. Az EPA, DHA és ARA zsírsavak szintje a vizsgált mintákban igen alacsony szinten voltak, 0,19-0,65 mg/g tartományban. A csoportok között szignifikáns különbséget mutatott a linolsav tartalom, ahol a DDGS tartalmú takarmányt fogyasztó csoportnál volt a legnagyobb. Ugyanakkor az olajsav (18:1n-9) a kontroll csoportnál volt magasabb koncentrációban, de szignifikáns eltérést nem mutatott.

Az elemzett vérplazma biokémiai paraméterekre a foszfát kivételével a különböző takarmányösszetétel nem volt hatással. A foszfát koncentrációja a DDGS tartalmú takarmány fogyasztása és a halak korcsoportja esetén is magasabbnak bizonyult a kontroll csoportéhoz képest. A korosztály változó vizsgálata során az amiláz aktivitás mutatott statisztikailag igazolható különbséget, ugyanakkor a takarmány faktor nem korrelált ezzel az eredménnyel.

A gazdasági eredmények azt mutatják, hogy a számolt profit, ami a bevétel és a takarmány-, tenyészanyag- és munkaerő költség különbségeként definiálható, a kísérleti csoport esetében szignifikánsan eltér a kontroll csoportéhoz képest. Ez főként a DDGS alapú kísérleti takarmányt

fogyasztó magasabb hozamából származó megnövekedett bevételnek tulajdonítható. Az egyes csoportok közötti takarmányköltségek (kontroll csoport: 195 Ft/kg; kísérleti csoport: 182 Ft/kg) nem különböztek jelentősen, mivel a csökkentett takarmányköltséggel járó megtakarítások a jobb növekedés és a kísérleti csoportokban a szezon második felében a magasabb állandó biomasza miatt megnövekedett takarmányhasználattal megszüntek. A számított haszon-költség arány a kísérleti csoport esetében is lényegesen magasabb, mint a kontrollcsoport esetében. A szenzitivitás vizsgálat során, amely egy 200%-os DDGS áremelkedéssel számol (a kísérleti takarmány ára 182 Ft/kg-ról 240

Ft/kg-ra nő), úgy a jelen kísérleti eredmények alapján is szignifikánsan jobb gazdasági eredményt produkálna a kísérleti takarmány etetése.

2. Új tudományos eredmények

1. Meghatároztam és számszerűsítettem a DDGS lát-szólagos emészthetőségi mutatóit ponty esetében. Ez alátámasztotta, hogy a DDGS nyersfehérje emészthetősége jó, ezért eredményesen alkalmazható a ponty-takarmányban alternatív fehérjeforrásként. Megállapítottam továbbá, hogy a kukorica DDGS jól emészthető foszforforrást jelent a ponty számára.
2. Meghatároztam és számszerűsítettem a DDGS látszólagos emészthetőségi mutatóit európai harcsa esetében, melynek alapján megállapítottam, hogy a ragadozó táplálkozású harcsa DDGS emészthetősége alacsonyabb, mint a pontyé.
3. Megállapítottam, hogy a ponty statisztikailag igazolhatóan eredményesen hasznosítja a 40% DDGS tartalmú összetett takarmányt. A máj zsírtartalma szignifikánsan csökkent a három hónapig tartó, magas DDGS-tartalmú (40%) takarmányozási időszakot követően. A vérplazma biokémiai tesztelésével sikeresen monitoroztam a halak metabolikus státuszát és egészségi állapotát. Ezek a paraméterek jó összhangban voltak a szövettani eredményekkel.
4. Kísérlettel igazoltam, hogy a harcsa növekedési lassulás nélkül, kedvezően hasznosította a 30% DDGS tartalmú takarmányt. Ez az arány magasabb, mint a más fajoknál javasolt 10-20% közötti DDGS bekeverési arány. Továbbá a hozzáférhető foszfor mennyisége ezen halfaj esetében is növekedett a takarmány DDGS tartalmának függvényében, amely előnyös a foszforfelvétel és a felesleges foszfor kiválasztása szempontjából.
5. Félüzemi etetési kísérlet során bizonyítottam, hogy a DDGS tartalmú takarmány jobban teljesít egy kereskedelmi forgalomban lévő takarmányhoz képest. A DDGS tartalmú takarmány nem volt negatív hatással a filé kihozatalra és a húsmínőségre. Gazdasági számításokkal igazoltam jobb pénzügyi teljesítményt figyeltem meg a DDGS-re alapozott összetett takarmány tavi etetésénél.

Szakmai életrajz

Révész Norbert 1989. június 19. napján született Szarvason. Házasság, 2 gyermek édesapja. 2003 és 2008 között Békéscsabára járt a Vásárhelyi Pál Műszaki Szakközépiskola és Kollégium oktatási intézménybe. Itt érettségizett és itt végezte el a víz-és környezetgazdálkodási technikumot. 2009. évben sikeres felvételt nyert a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar környezettan szakára. 2012-ben vehette át a diplomáját alkalmazott környezetkutatóként, víz- és talajvédelem specializációval.



Családi idill

2012. szeptemberétől tudását tovább fejlesztette az SZTE környezettudomány mesterszakán, ahol műszeres környezeti analitika és technológia volt a szakiránya. 2014-ben átvehette MSc fokozatú diplomáját, mint okleveles környezetkutató.

2014. májusában Campus Mundi ösztöndíj által 2 hetes rövid tanulmányi út keretében a kolozsvári Babes-Bolyai Egyetemen a alkalma volt a fotokatalízis egyes alkalmazásait tanulmányozni.

2008. augusztusától 4 hónapon keresztül Budapesten az Advanced Water Technologies Kft-nél volt szervíztechnikus. Feladatai közé tartozott a víztisztítás során alkalmazott mérő- és adagoló műszerek karbantartása. 2014 szeptemberétől 2019 februárjáig a NAIK Halászati Kutatóintézetnél volt munkaviszonyban. A Halkarmányozási és -életlen Osztályon intézeti mérnökként kezdett el dolgozni, majd 2015-től a Szent István Egyetem Állattenyésztés-Tudományi Doktori Iskolába való felvétele után tudományos segédmunkatársként végezte el a laboratóriumi méréseket, a halhúsminőség vizsgálatokat. Kísérleteket tervezett meg, annak kivitelezése, és kiértékelése is az Ő feladatai közé tartozott.

2016. január 13-15. között a Las Palmas de Gran Canaria Egyetem által szervezett intenzív képzésen vett részt, ahol az alacsony halolaj és halliszt tartalmú halkarmányok hosszú távú hatásainak vizsgálata volt a téma.

2017-ben ERASMUS+ szakmai tanulmányi út keretében 3 hónapot töltött el gyakornokként a Hellén Tengerkutató Intézetének Tengerbiológiai, biotechnológiai és akvakultúra részlegén.

2018. áprilisában a nyitrai Szlovák Agrártudományi Egyetemen rövid tanulmányi út keretében a vérplazma biokémiai vizsgálatával foglalkozott.

2019. február 11. napjától a DSM Nutritional Products Hungary Kft-nél minőségbiztosítási vezetőként dolgozik. Norbert vezető auditora az ISO 9001:2015 (Minőségirányítási rendszerek), belső auditora az ISO 17025:2018-nak (Vizsgáló- és kalibrálólaboratóriumok felkészültségének általános követelményei), az ISO 22000:2018-nak (Élelmiszer-biztonsági irányítási rendszerek. Az élelmiszerláncban részt vevő szervezetekre vonatkozó követelmények) mindemellett HACCP rendszergazda tanúsítvánnyal is rendelkezik.

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

A dolgozat címe: Halakban élősködő digenetikus mételyek és a puhatestűekben fejlődő lárvastádiumok morfológiai és molekuláris vizsgálata

Szerző neve: Almási-Sándor Diána

Témavezetők neve: Dr. Cech Gábor és Dr. Török Júlia Katalin

A védés helye (Doktori Iskola neve) és ideje: Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológia Doktori Iskola, Budapest, 2021. november 18.

A dolgozat hol érhető el on-line: <https://edit.elte.hu/xmlui/handle/10831/67100>

Összefoglalás

PhD munkám célkitűzéseinek megfogalmazásakor, olyan hazai mesterséges- és természetesvízi halfajokat károsító métely élősködők vizsgálatára törekedtem, amelyek ismerete kiemelkedő fontosságú taxonómiai, illetve hal- és humánegészségügyi szempontból. Ennek eredményeként, doktori munkám során három különböző témájú fejezet kérdéseire igyekeztem választ találni:

I. Az emberi szervezetben megtelepedni és szaporodni képes *Apophallus* (Digenea: Heterophyidae) és *Metagonimus* (Digenea: Heterophyidae) fajok magyarországi előfordulása ismert, ugyanakkor faji szintű azonosításukkal, esetleges gazdaspecificitásuk vizsgálatával, illetve kórokozásuk dokumentálásával ezideig kevesen foglalkoztak.

Kérdés: A hazai halfajokon, illetve halfajokban előforduló metacerkáriák gazdaspecificitása megegyezik-e a nemzetközi szakirodalomban közöltekkel? A vizsgált mételyek között vannak-e kriptikus, esetleg még le nem írt fajok?

II. A *Posthodiplostomum* nem (Digenea: Diplostomatidae) fajai az Észak-Amerikából származó, Európában akvaristák által a természetbe kijuttatott naphal (*Lepomis gibbosus*) legjelentősebb métely élősködői közé tartoznak. A naphal Magyarország természetes vizeiben 1905-ben jelent meg, komoly károkat okozva az őshonos halak ikra- és ivadékállományában, amelyek elsődleges táplálékforrásként szolgálnak.

Kérdés: A naphal *Posthodiplostomum* mételyei és a hazai, őshonos halakban detektált *Posthodiplostomum* fajok azonosak-e? A behurcolt élősködő átterjedhet-e az őshonos halfajokra? Milyen hazai puhatestű köztigazda közvetíti a fertőzést?

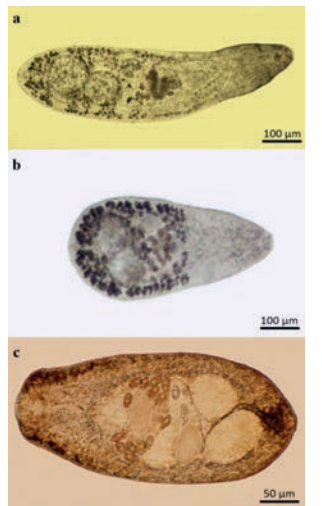
III. A cyathocotylida métely fajok (Digenea: Cyathocotylidae) a hazai őshonos, illetve a tógazdaságokban nevelt halak metacerkáriás izomfertőzöttségének okozói. A zoonotikus métely fajok esetében komoly egészségügyi problémákhoz vezethet a féreggel fertőzött nyers vagy kevésbé átsütött halételek elfogyasztása, ezért ajánlott azokat körültekintően elő- és elkészíteni. A cyathocotylida fajok emlősökben történő fejlődési képességéről nincs adat a jelenlegi nem-

zetközi szakirodalomban, így ennek megismerése kiemelkedő fontosságú.

Kérdés: Milyen Cyathocotylidae családba tartozó métely fajok fordulnak elő Magyarországon? Fertőzöttek-e a hazai tógazdaságból származó pontyok? Képesek-e madarak mellett az emlősök megfertőzésére is?



Almási-Sándor Diána mintavételezés közben

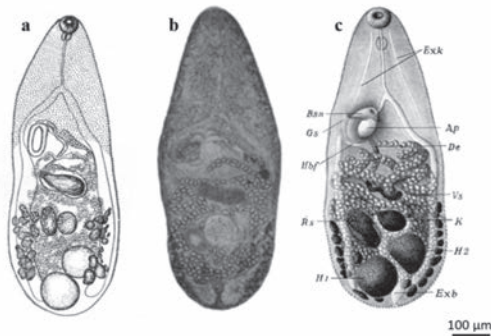


Az *Apophallus muehlingi* (a), *A. donicus* (b) és az ismeretlen *Apophallus* faj ivarérett példányai

A feketepettyes betegséget okozó *Apophallus* metacerkáriák gazdaspecificitásának vizsgálata során hiánypótló fotódokumentációt készítettünk az elsődleges és másodlagos köztigazdákban izolált lárvális alakokról. A pozitív eredménnyel zárult baromfi fertőzéses kísérleteknek köszönhetően három – morfológiai bélyegek és molekuláris eredmények alapján is elkülönülő – *Apophallus* fajt különböztettünk meg, amelyek az *A. muehlingi* (a), az *A. donicus* (b) és egy ismeretlen *Apophallus* faj (c) voltak. Ezen morfológiai és szekvenciaadatok alátámasztották az *Apophallus* fajok gazdaspecificitását is: míg az *A. muehlingi* és az ismeretlen *Apophallus* faj pontyféléken, addig az *A. donicus* sügérféléken élősködik.

A főképp az ázsiai területeken elterjedt *Metagonimus* fajok közül a zoonotikus *M. yokogawai* Európában és szomszédos országokban is előfordul. Korábbi szakirodalmak szerint a Magyarországon gyűjtött pontyfélék *Metagonimus* fertőzöttségét is a *M. yokogawai* faj okozza, ugyanakkor alapos morfológiai és molekuláris vizsgálat

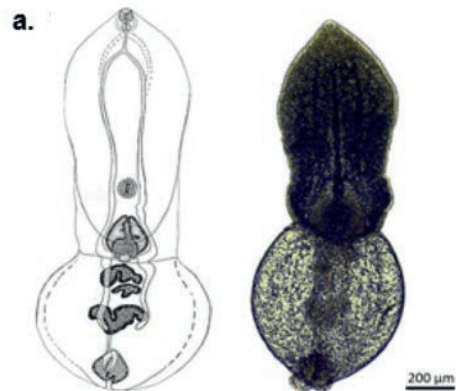
nem történt a témát illetően. Kutatási tevékenységünk során baromfi fertőzéses kísérletekkel neveltük ki a hazai előfordulású *Metagonimus* egyedek morfológiai analizéséhez szükséges ivarérett alakokat. Emellett a pozitív kimenetelű kisemlős infekciós kísérletek eredménye potenciális zoonotikus képességüket is bizonyította. A *M. yokogawai* (a), a hazai előfordulású *Metagonimus* faj (b), valamint a *M. romanicus* (c) ivarérett egyedei között tapasztalt nagyfokú morfológiai hasonlóság nem tette lehetővé a vizsgált faj azonosítását. Ezzel szemben a molekuláris vizsgálatok egyértelműen elkülönítették a dunai halakról izolált mé-



A *Metagonimus yokogawai* (a), ismeretlen, vizsgált faj (b) és a *Metagonimus romanicus* (c) ivarérett egyedei

tely faj, illetve a *M. yokogawai* szekvencia adatait (az *M. romanicus* faj nem rendelkezett génbanki adattal). A *M. romanicus* eredeti lelőhelyéről gyűjtött egyedek genetikai vizsgálatának hiányában a Duna magyarországi szakaszán gyűjtött halakról izolált *Metagonimus* metelylárva faji megjelölés nélkül, „*Metagonimus* sp.”-ként hivatkozandók.

A NÉBIH munkatársai Észak-Amerikában őshonos *P. centrarchi* (a) metacerkáriákat izoláltak a Maconkai-víztározó (Nógrád megye) naphal egyedeiből, így kutatócsoportunk további célokat fogalmazott meg a hazai *Posthodiplostomum* fajok azonosítását vizsgálatait illetően. A balatoni és dunai pontyfélékről izolált *P. cuticola*, illetve a Maconkai-víztározóból és a Sió-csatornából származó naphal testüregéből gyűjtött *P. centrarchi*



A *Posthodiplostomum centrarchi* metacerkária sematikus rajza (Kvach és mtsai, 2017) és naphalból izolált *Posthodiplostomum centrarchi* metacerkária.

metacerkáriák már morfológiai paramétereik ismeretében elkülöníthetővé váltak, amely igen ritka a digenetikus metelyek körében. Ezen morfológiai alapú azonosítás összhangban állt a molekuláris vizsgálatok eredményeivel. A *P. centrarchi* (a) esetében sikeresen alkalmazott baromfi fertőzéses kísérletet követően részletes morfológiai leírást készítettünk ezen behurcolt faj ivarérett példányairól.

A természetes vizekből gyűjtött halak egészségügyi állapotának monitoring tevékenysége mellett kiemelkedő jelentőségű az akvakultúrákban nevelt, gazdasági szempontból jelentős halfajok parazitás fertőzöttségének nyomon követése is. A 2015-ben indult ParaFishControl pályázati munka keretein belül végzett négy hazai tógazdaság ponty állományának potenciálisan zoonotikus metelyfertőzöttségre irányuló felmérése a délnyugati és délkeleti tógazdaságok esetében negatív lett, az északnyugati tavak halállományának alacsony szintű fertőzöttséget észleltünk,



Laboratóriumi munka közben

ezzel szemben az északkeleti akvakultúra ponty egyedeinek izomszövetében metely metacerkáriák tömeges jelenlétét dokumentáltuk. A morfológiai és molekuláris vizsgálatok eredményei alapján megállapítottuk, hogy az északkeleti tógazdaság ponty egyedeinek izometacerkáriás fertőzöttségét a Cyathocotyliidae családba tartozó metely fajok okozzák, amelyek feltételezhetően a *Holostephanus* vagy *Cyathocotyle* nembe sorolhatók. A negatív eredménnyel zárult baromfi- és emlős fertőzési kísérletek nem tették lehetővé a kifejlett metelyek morfológiájának tanulmányozását, illetve a potenciális zoonózis lehetőségét sem lehetett megerősíteni. A piaci pontyok izomzatának intenzív fertőzöttsége miatt metacerkária túlélési kísérleteket végeztünk, vizsgálva, hogy amelyik módszer lehet a leghatásosabb a paraziták elpusztítására. A hővel történő kezelések során a +60 °C-os, a kémiai kísérletek esetében pedig a 10%-os ecetsavas eljárás bizonyult a leghatásosabbnak.

Szakmai önéletrajz

Almási-Sándor Diána 2010 őszén kezdte meg egyetemi tanulmányait az ELTE TTK biológia alapszakos hallgatójaként, majd 2012-től kutatási tevékenységét az ATK ÁOTI Halkörtán és Parazitológia témacsoport tagjaként. Kutatási

területe természetes vizek és tógazdaságok puhatestű-, illetve halfajainak parazitológiai monitorozása, továbbá a digenetikus metelyek morfológiai és taxonómiai vizsgálata. Alapszakos és mesterszakos éve alatt szinte minden évben részt vett valamilyen helyi vagy országos diákköri konferencián, melyeken különböző rangú díjazással jutalmazták. A XXXIII. OTDK Hidrobiológia szekciójában első helyezést ért el. Harmadik helyezést ért el 2014 januárjában a Kotlán-díj Pályázaton és egyúttal elnyerte a Magyar Parazitológusok Társaságának (MPT) tagságát is. 2014-ben, immár mesterszakos hallgatóként folytatta tanulmányait az ELTE Ökológia, Evolúció- és Konzervációbiológia szakirányán, majd 2016 őszén felvételt nyert a Biológia Doktori Iskola Zootaxonómia, Állatökológia, Hidrobiológia Programjába. 2016-ban a Kar Kiváló Hallgatója kitüntetést, majd 2017-ben a rangos EAFP



Férjével, Almási Gergellyel

Student Award-ot nyerte el, melynek köszönhetően részt vehetett az Írországból megrendezésre került 18th International Conference on Diseases of Fish and Shellfish konferencián. Kutatási, tanulmányi és diákköri eredményeinek elismeréseként 2018/2019-es tanévben részt vehetett az Új Nemzeti Kiválóság Programban. Kutatási eredményeit számos hazai és külföldi konferencián prezentálta, mint például a XVII. Kolozsvári Biológus Napokon, a Kassai XIII. Szlovák és Cseh Parazitológus Napokon vagy a Portugáliában megrendezésre került 19th International Conference on Diseases of Fish and Shellfish konferencián.

Kutatómunkájának egyes fejezeteit négy rangos nemzetközi folyóiratban publikálták, melyek közül két esetben első szerzőként szerepel. Ezenfelül, mint társszerző, további két halparazitológiai kutatásban, illetve szakkikk publikálásában is részt vett.

www.agrarlapok.hu



HERMAN OTTÓ INTÉZET

NONPROFIT KFT.