



UNIUNEA EUROPEANĂ



Anexa 1 – Copertă exterioară/față



IOSUD – UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI

Școala doctorală de Inginerie Mecanică și Industrială

Proiect cofinanțat din Fondul Social European Operațional Capital Uman 2014-2020

REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

**“PERFORMANȚA CREȘTERII ȘI EFICIENȚA REȚINERII
NUTRIENȚILOR ÎN ALIMENTAȚIA PUIETULUI DE CRAP
(*CYPRINUS CARPIO*, LINNE, 1758)
ÎN SISTEME RECIRCULANTE DE ACVACULTURĂ”**

Doctorand,

CORDELI (SĂVESCU) Anca Nicoleta

Conducător științific,

Prof.univ.dr.ing. Lucian OPREA

**Lucrare realizată în cadrul proiectului
„Program pentru creșterea performanței și inovării în cercetarea doctorală și
postdoctorală de excelență - PROINVENT”**

Contract nr: 62487/03.06.2022 POCU/993/6/13 - Cod SMIS: 153299

Seria I 4. Inginerie industrială Nr. 92

GALAȚI

2023



Parteneri:



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava



Universitatea Națională de Arte
George Enescu
Iasi

Anexa 2 – Copertă interioară/față

„Program pentru creșterea performanței și inovării în cercetarea doctorală și postdoctorală de excelență - PROINVENT”

**IOSUD – UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI
Școala doctorală de Inginerie Mecanică și Industrială**



REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

**“PERFORMANȚA CREȘTERII ȘI EFICIENȚA REȚINERII NUTRIENȚILOR
ÎN ALIMENTAȚIA PUIETULUI DE CRAP (*CYPRINUS CARPIO*, LINNE, 1758)
ÎN SISTEME RECIRCULANTE DE ACVACULTURĂ”**

Doctorand

CORDELI (SĂVESCU) Anca Nicoleta

Președinte

Prof. univ.dr.ing. Gabriela Elena BAHRIM

Conducător științific,

Prof. univ.dr.ing. Lucian OPREA.

Referenți științifici

Cercet. șt. gr. II. dr. ing. Mioara COSTACHE

Cercet. șt. gr. I. dr. biolog Marian TUDOR

Prof. univ.dr.ing. Lorena DEDIU

Cercet. șt. gr. I. prof. dr. ing. Neculai PATRICHE

Seria I 4. Inginerie industrială Nr. 92

GALAȚI

2023

CUPRINS

CUPRINS		vi
INTRODUCERE – Oportunitatea temei abordate		7
PARTEA I. STADIUL CUNOAȘTERII ÎN DOMENIU		7
CAPITOLUL 1	CADRUL STRATEGIC PRIVIND DEZVOLTAREA ACVACULTURII	7
CAPITOLUL 2	PARTICULARITĂȚI ECOFIZIOLOGICE ALE CRAPULUI COMUN	9
CAPITOLUL 3	SISTEME RECIRCULANTE DE ACVACULTURĂ	10
PARTEA a II-a. ACTIVITATEA EXPERIMENTALĂ		12
CAPITOLUL 4	MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE	12
CAPITOLUL 5	INFLUENȚA DENSITĂȚII DE POPULARE ASUPRA PERFORMANȚEI CREȘTERII PUIETULUI DE CRAP	15
5.1	Experiment 1 – Influența densității asupra performanței creșterii crapului într-un sistem recirculant de acvacultură, nivel laborator	15
5.2	Experiment 2 - Influența densității asupra performanței creșterii crapului într-un sistem recirculant de acvacultură, nivel pilot	20
CAPITOLUL 6	INFLUENȚA CALITĂȚII FURAJELOR ASUPRA PERFORMANȚEI CREȘTERII PUIETULUI DE CRAP	23
6.1	Experiment 3 - Influența calității furajelor asupra performanței creșterii crapului, într-un sistem recirculant de acvacultură, nivel laborator	23
6.2	Experiment 4 - Influența calității furajelor asupra performanței creșterii crapului, într-un sistem recirculant de acvacultură, nivel pilot	27
CAPITOLUL 7	INFLUENȚA RAȚIEI ZILNICE DE HRANĂ ASUPRA PERFORMANȚEI CREȘTERII PUIETULUI DE CRAP	31
7.1	Experiment 5 - Influența rației zilnice de hrană asupra performanței creșterii puietului de crap, nivel laborator	31
7.2	Experiment 6 - Influența rației zilnice de hrană asupra performanței creșterii puietului de crap, nivel pilot	35
CAPITOLUL 8	PERFORMANȚA CREȘTERII, STAREA FIZIOLOGICĂ ȘI EFICIENȚA REȚINERII NUTRIENȚILOR LA PUIETUL DE CRAP	38
CAPITOLUL 9	ASPECTE DE BIOSECURITATE ÎN SISTEMELE EXPERIMENTALE	46
CAPITOLUL 10	CONCLUZII GENERALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	49
Anexe - LISTĂ LUCRĂRI PUBLICATE ȘI PREZENTATE		53
BIBLIOGRAFIE		54

INTRODUCERE – Oportunitatea temei abordate

Acvacultura este unul dintre sectoarele agricole de producție cu cea mai rapidă creștere, pe plan internațional, în ultimile două decenii. Acest lucru se datorează faptului că acvacultura este o sursă majoră de alimente de calitate (pește și produse din pește, moluște, crustacee, alge etc.) care completează necesarul de substanțe nutritive pentru consumul uman.

Creșterea peștilor în condiții controlate, în diferite sisteme de cultură, modifică într-o mare măsură condițiile ecologice de viață ale peștilor din bazinele naturale. În România, pe lângă sistemele de creștere tradiționale (amenajări sistematice reprezentate de heleșteie, amenajări semisistematice reprezentate de iazuri, lacuri de acumulare etc.), exploatate în regim extensiv, semi-intensiv și intensiv, în ultimul timp, se folosesc cu succes și sistemele superintensive de creștere a peștilor, cele mai cunoscute fiind sistemele recirculante de acvacultură.

Obiectivul general al tezei de doctorat a fost reprezentat de optimizarea, prin prisma evaluării influenței diferitelor condiții de creștere (calitatea apei, densitatea de populare, calitatea furajelor, rația de hrană) asupra stării generale de sănătate și performanței creșterii puietului de crap în sistemele recirculante de acvacultură (RAS).

Prin **obiectivele specifice**, stabilite în concordanță cu programul de cercetare, s-a urmărit, realizarea de experimente într-un sistem recirculant de laborator și testarea elementelor tehnologice în condiții cât mai asemănătoare mediului de producție real, într-un sistem recirculant pilot, în vederea stabilirii unor parametri de management tehnologic relevanți pentru creșterea puietului de crap. Aceste obiectivele specifice au constat în:

- Stabilirea unor densități optime de stocare pentru creșterea puietului de crap în sisteme recirculante semi-intrastriale/industriale complexe;
- Alegerea celor mai bune practici de management al hrănirii pentru eficientizarea reținerii nutrienților la nivelul biomasei de cultură;
- Validarea modelului tehnologic, optim din punct de vedere al performanței productive, prin evaluarea stării de sănătate și a condiției puietului de crap la cele două niveluri de maturitate tehnologică testate (scară de laborator și scară pilot).
- Identificarea diferențelor tehnologice apărute la trecerea de la nivel de laborator la nivel de sistem pilot.
- Aspecte de biosecuritate practicate pe parcursul perioadei experimentale.
- Evaluarea eficienței reținerii nutrienților din furaje în carnea puietului de crap.

Toate experimentările s-au efectuat în sisteme recirculante de acvacultură cu capacitate mică (nivel laborator) și capacitate medie (nivel pilot). Prin problematica abordată și rezultatele obținute, s-au adus numeroase clarificări privind optimizarea tehnologiilor de creștere a puietului de crap. Indicatorii tehnologici obținuți pot fi repere importante pentru creșterea rentabilității sectorului de producție piscicolă din România.

PARTEA I. STADIUL CUNOAȘTERII ÎN DOMENIU

CAPITOLUL 1. - CADRUL STRATEGIC PRIVIND DEZVOLTAREA ACVACULTURII

1.1. Acvacultura – istoric, starea actuală

Acvacultura a devenit o preocupare esențială pentru a răspunde cererii globale, în creștere, de produse acvatice, devenind o importantă sursă de venituri pentru milioane de persoane din întreaga lume. Pe lângă faptul că produce alimente de foarte bună calitate pentru consumul uman, acvacultura contribuie și la reducerea presiunii antropice asupra stocurilor de pește sălbatic din apele continentale și marine.

Excluzând algele, producția din pescuit și acvacultură din întreaga lume arată o creștere în perioada 2000 – 2020, ajungând la 178 milioane de tone în anul 2020, cu plus 0,2% comparativ cu 2019, dar mai scăzut cu 0,7 % față de recordul de 179 milioane de tone din anul 2018 (FAO 2022). În România, în anul 2020, prin pescuit și acvacultură s-au înregistrat 20,2 mii tone de pește și moluște (tabelul 1.1).

Tabelul 1.1- Structura capturii și a producțiilor acvacole, pe grupe de specii și regiuni geografice, în anul 2020 (mii de tone), [FAO 2022]

Zona	Pește marin	Pește de apă dulce	Moluște	Crustacee	Pești diadromi	Alte animale acvatice	Total
Global	69 076,5	58 457,7	23 901,8	17 250,4	7 487,1	1 583,2	177 756,8
Africa	6 627,8	4 909,6	260,8	217,3	26,9	1,8	12 044,2
America	13 923,6	1 560,2	2 280,8	2 424,5	1 607,7	106,5	21 903,2
Asia	34 889,5	51 353,9	20 144,2	13 924,2	3 214,8	1 433,6	124 960,2
Europa	12 225,4	619,1	1 036,1	638,7	2 549,4	27,1	17 095,7
Oceania	1 409,2	14,9	180,0	45,7	88,3	14,3	1 752,5
România	0,2	12,4	4,2	0,0	3,3	0,0	20,2

În anul 2020, prin pescuit s-au recoltat cca. 90,3 milioane de tone organisme acvatice, reprezentând 51% din producția totală, în scădere față de maximum de 96,5 milioane de tone din anul 2018. Tot în anul 2020, acvacultura a reprezentat 49% din totalul global, respectiv 87,5 milioane tone.

Ponderea producțiilor acvacole pe continente variază de la peste 62% în Asia, 19% în Europa și Africa și 13% în Oceania. În România, captura de pește, prin pescuit în apele marine și continentale, a crescut în perioada 2010-2020 de la 2 700 tone la 8 000 tone, în timp ce prin acvacultură, în aceeași perioadă s-au obținut producții de 9 700-12 200 tone (tabelul 1.2).

1.2. Creșterea ciprinidelor pe plan internațional

Familia *Cyprinidae* este una dintre cele mai mari familii de pești teolesteni, cuprinzând peste 2000 de specii și peste 200 de genuri (Hoole, D. și colab., 2001). Ciprinidele sunt crescute aproape pe toate continentele, inclusiv în zonele tropicale, subtropicale și temperate. Printre speciile de ciprinide, crapii din complexul chinezesc se cresc în Asia, Europa și America de Nord, în principal prin sisteme semiintensive, dar și extensive (în Asia) și intensive (în Europa).

Analizând dinamica producției mondiale de ciprinide din perioada 2011-2019, prezentată în tabelul 1.3, se remarcă tendința constant crescătoare a producțiilor dar și a câștigurilor. Astfel, dacă în anul 2011 la o producție de 59,8 milioane tone s-au încasat 154,8 miliarde USD, în anul 2019, la o producție de 85,3 milioane tone pește s-au obținut peste 259,5 miliarde USD. Pe plan mondial, în anul 2019, numai din vânzarea a peste 4,4 milioane tone de crap s-au încasat peste 9 miliarde USD.

În anul 2019, România a avut o producție acvacolă de 12 848 tone, reprezentând 0,94 % din producția UE, de peste 1,36 milioane tone. Valoarea producției marfă a fost de 31,8 milioane euro, respectiv 0,64 din încasările UE (tabelul 1.4).

Tabelul 1.2- Dinamica producției mondiale a ciprinidelor din acvacultură în perioada 2011 – 2019
Q = t, V = USD 1000, [FAO, 2019].

Specie		2011	2012	2013	2014	2015
Total global	Q	59 789 006	63 480 442	66 952 001	70 506 397	72 776 132
	V	154 793 562	169 771 629	191 919 161	210 890 845	206 741 676
		2016	2017	2018	2019	
	Q	76 474 450	79 497 331	82 304 694	85 335 990	
	V	223 784 898	238 697 221	248 669 603	259 547 487	
		2011	2012	2013	2014	2015
<i>Cyprinus carpio</i>	Q	3 347 619	3 493 956	3 693 152	3 866 276	4 025 747
	V	6 010 570	6 690 898	7 470 252	8 269 983	8 358 118
		2016	2017	2018	2019	
	Q	4 054 802	3 859 635	4 222 839	4 411 900	
	V	8 538 248	8 167 128	8 792 843	9 046 263	

1.3. Creșterea ciprinidelor în România

Creșterea extensivă a crapului are un efect benefic asupra mediului natural prin îmbunătățirea calității mediului și reținerea apei de suprafață, oferind un habitat pentru speciile de faună și floră protejate și păstrarea diversității biologice (Dobrowolski, 1995, Turkowski și colab. 2007, Guziur, 2009).

Cererea de ciprinide în România este relativ mare; în perioada 2010-2019 producția totală a crescut de la 8 981 tone la 12 848 tone, respectiv, valoric, de la 26,2 milioane USD la aproape 35,7 milioane USD. De departe cea mai importantă specie pentru acvacultura din România rămâne crapul. Astfel, în aceeași perioadă, producția de crap a crescut de la 2 888 tone, în anul 2010, la 4 191 tone în anul 2019 (tabelul 1.4).

Tabelul 1.4- Producția acvacolă totală și producția de crap în România, în perioada 2010-2019 (Q=t, V=USD*1000), [FAO, 2019]

Specie		2010	2011	2012	2013	2014
Producția totală (pești, crustacee, moluște etc.)	Q	8 981	8 353	10 004	10 146	10 680
	V	26 269	22 095	23 315	27 419	25 507
		2015	2016	2017	2018	2019
	Q	11 042	12 574	12 798	12 298	12 848
	V	24 303	30 637	37 011	36 142	35 680
		2010	2011	2012	2013	2014
Producția de crap (<i>Cyprinus carpio</i>)	Q	2 888	2 652	3 266	3 395	3 737
		2015	2016	2017	2018	2019
	Q	4 349	4 841	4 539	4 357	4 191

Producția de ciprinide în România este reglementată de legislația specifică, iar autorizarea activității de acvacultură este obligatorie. Pentru a obține autorizația, operatorii trebuie să respecte standardele de calitate și siguranță alimentară, precum și să efectueze monitorizarea periodică a calității apei și a stării de sănătate a peștilor.

CAPITOLUL 2. - PARTICULARITĂȚI ECOFIZIOLOGICE ALE CRAPULUI COMUN

2.1. Elemente de taxonomie

Crapul comun este un pește de apă dulce, originar din Eurasia, care a fost introdus în aproape toate colțurile lumii, cu excepția Asiei de Nord și a polilor, acesta fiind considerat a fi cel mai vechi pește domesticit.

Clasificarea științifică:

Regn: Animalia

Încregătură: *Chordata*

Subîncregătură: *Vertebrata*

Infraîncregătură: *Gnathostomata*

Nanoîncregătură: *Pisces*

Supraclasă: *Osteichthyes*

Clasă: *Actinopterygii*

Subclasă: *Neopterygii*

Infraclasă: *Teleostei*

Supraordin: *Ostariophysi*

Ordin: *Cypriniformes*

Suprafamilie: *Cyprinoidea*

Familie: *Cyprinidae*

Subfamilie: *Cyprininae*

Gen: *Cyprinus*

Specia: *Cyprinus carpio*

2.1.1. Specii, subspecii, varietăți

Genul *Cyprinus* cuprinde 5 specii: *Cyprinus carpio*, *Cyprinus micristius*, *Cyprinus rabaudi*, *Cyprinus* și *Cyprinus mirrus*, dintre care prima se găsește și în Europa, ultimile fiind exclusiv est-asiatice. În cadrul speciei *Cyprinus carpio* sunt precizate 3 subspecii: *Cyprinus carpio haematopterus*, *Cyprinus carpio viridiviolaceus* și *Cyprinus carpio carpio*, ultima fiind prezentă și în apele noastre (S. Stăncioiu, 1978).

2.1.2. Rase de cultură

În afară de crapul sălbatic din bunurile naturale, în amenajările piscicole se cresc câteva forme ale crapului de cultură care aparțin de două rase principale: raselor *Lausitz* (corp acoperit cu solzi și *Galiția* (corp fără solzi sau acoperit parțial cu solzi). Toate formele crapului de cultură se deosebesc între ele în special prin forma corpului, prezența și dispoziția solzilor și valoarea indicelui de profil.

2.2. Ecologie și biologie

În cursul inferior al Dunării, crapul este o specie semimigratoare, care pătrunde primăvara devreme în bălți (la 7-8°C) și se retrage în Dunăre la scăderea apelor. Această retragere este determinată atât de scăderea apelor, cât și de ridicarea pronunțată a temperaturii (24-26°C).

În ce privește regimul alimentar al crapului, la început, după resorbția sacului vitelin, puietul se hrănește cu zoo- și fitoplancton, iar de la lungimea de 20 mm, începe să consume și organisme bentonice. Pe măsură ce înaintează în vârstă, caracterul de bentofag se accentuează și spectrul nutritiv se lărgeste. Iarna nu se hrănește.

CAPITOLUL 3. - SISTEME RECIRCULANTE DE ACVACULTURĂ

3.1. Considerații generale

Sistemele recirculante de acvacultură pot fi utilizate la diferite niveluri de intensivitate, în funcție de cantitatea de apă reutilizată și de densitatea materialului de populare/stocare. În comparație, un sistem tradițional de creștere, în care apa trece prin fermă o singură dată, înainte de a fi eliminată, utilizează în mod obișnuit aproximativ 30 m³ de apă per kilogram de pește produs, ceea ce reprezintă aproximativ de 100 de ori mai multă apă față de un sistem RAS obișnuit (FAO, 2022) (figura 3.1, figura 3.2).



Figura 3.1- Sistem recirculant (RAS) în incinte acoperite



Figura 3.2-Sistem recirculant (RAS) în aer liber

3.2. Componentele unui sistem recirculant de acvacultură

➤ Bazinele de creștere

Asigurarea unui mediu adecvat în bazinul de creștere este esențială pentru a răspunde nevoilor peștilor, atât în ceea ce privește calitatea apei, cât și proiectarea bazinului. Designul corect al acestuia, inclusiv dimensiunea, forma, adâncimea apei și capacitatea de auto-curățare, pot avea un impact semnificativ asupra performanței de creștere a peștilor.

➤ Filtrul mecanic

Filtrarea mecanică a apei evacuate din bazinele de pești s-a dovedit a fi soluția practică și cea mai eficientă pentru eliminarea deșeurilor organice. În prezent, aproape toate fermele piscicole recirculă apa evacuată din bazine prin intermediul unui sistem numit microscreen, echipat cu o pânză filtrantă cu o mărime de obicei între 20 și 100 de microni.

➤ Filtrul biologic

Nu toată materia organică este eliminată în procesul de filtrare mecanică, deoarece cele mai fine particule împreună cu compușii dizolvați, cum ar fi fosforul și azotul, pot trece prin filtru. Descompunerea materiei organice și a amoniacului este un proces biologic realizat de bacteriile din biofiltru. Bacteriile heterotrofe descompun materia organică consumând oxigen și producând dioxid de carbon, amoniac și nămol. Bacteriile nitrificatoare transformă amoniacul în nitrit (NO₂⁻) și, în cele din urmă, în nitrat (NO₃⁻).

➤ Unitate de degazare

Degazarea este utilizată pentru a reduce dioxidul de carbon și azotul la niveluri mai scăzute decât cele atinse prin simpla aerare sau scurgere, atunci când eliminarea completă a gazului pentru a ajunge la o saturație mai mică de 100% este imposibilă. Un degazor cu vid este utilizat pentru a extrage gazele din apă, reducând astfel saturația gazelor la niveluri mai mici decât prin utilizarea metodelor tradiționale de degazare.

➤ Stație de tratament cu ultraviolete (UV)

Tratamentul cu lumină ultravioletă (UV) are ca scop deteriorarea ADN-ului organismelor biologice prin aplicarea unei lungimi de undă specifice. În acvacultură, acest tratament vizează în special bacteriile patogene și organisme unicelulare. Utilizarea tratamentului cu UV în scopuri medicale este răspândită

de mai multe decenii și nu are impact negativ asupra peștilor, deoarece tratamentul UV al apei se efectuează într-o incintă protejată de radiația UV, în afara zonei de producție a peștilor.

➤ **Stație de oxigenare**

Aerarea apei este un proces prin care se adaugă oxigen în apă prin schimbul de gaze între apa și aerul din mediu. Scopul acestui proces este de a menține echilibrul de oxigen în apă la nivelul de aproximativ 100% saturație. În unitățile de creștere, conținutul de oxigen scade din cauza respirației peștilor, ajungând de obicei la aproximativ 70-80%.

➤ **Stație de ozonificare**

Tratamentul cu ozon reprezintă o metodă eficientă de distrugere a organismelor nedorite prin oxidarea puternică a materiei organice și a organismelor biologice. În această tehnologie, microparticulele sunt descompuse în structuri moleculare care se reunesc și formează particule mai mari, proces numit coagulare. Aceste particule mai mari sunt apoi capturate în sistemele de filtrare RAS, în loc să treacă ca particule microscopice. Această tehnologie, cunoscută și sub denumirea de purificare (dezinfecție) a apei, face apa mai limpede și reduce aderarea solidelor în suspensie și a bacteriilor.

➤ **Regulator de pH**

Procesul de nitrificare din biofiltru produce acid, ceea ce duce la scăderea nivelului pH-ului. Pentru a menține un pH stabil în sistemele recirculante de acvacultură este necesar să se adauge o bază în apă. În majoritatea sistemelor RAS, pH-ul variază între 6,5 și 7,5, stabilizându-se adesea în jurul valorii de 7,0. Un pH mai ridicat în acest interval favorizează nitrificarea în biofiltru, în timp ce un pH mai scăzut facilitează eliminarea dioxidului de carbon prin degazare. Pentru ajustarea pH-ului, cel mai frecvent se utilizează hidroxid de sodiu (NaOH), cunoscut și sub numele de leșie sau sodă caustică. Alternativ, se poate folosi hidroxid de calciu ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), cunoscut sub denumirea de var stins.

➤ **Pompele**

Pentru a recircula apa, se folosesc diverse tipuri de pompe. Pomparea apei necesită, în mod obișnuit, o cantitate semnificativă de energie electrică. Prin urmare, utilizarea pompelor eficiente și instalate corect, este importantă pentru a menține costurile la un nivel minim.

➤ **Sistemele de monitorizare, control și alarme**

Creșterea intensivă a peștilor necesită o supraveghere atentă și un control riguros al condițiilor pentru a menține o producție optimă și pentru a evita pierderile semnificative. Defecțiunile tehnice pot avea consecințe grave, de aceea, instalațiile de alarmă sunt vitale pentru asigurarea siguranței operațiunii.

3.3. Condiții tehnologice privind calitatea apei în RAS

Calitatea apei din unitățile de creștere are un impact semnificativ asupra producției de pește. Peștii s-au adaptat să trăiască într-o gamă relativ limitată de ape cu proprietăți fizico-chimice diferite (temperatură, pH, oxigen dizolvat, duritate etc.). Există variații considerabile între specii în domeniul lor de toleranță la acești parametri ai apei, în măsura în care un anumit set de condiții de apă poate fi optim pentru o specie, dar stresant fiziologic pentru altă specie. Prin ajustarea parametrilor fizici și chimici, se pot asigura condiții optime pentru obținerea unui ritm de creștere a peștilor satisfăcător.

Construirea și exploatarea unui sistem recirculant de acvacultură este o investiție costisitoare. Pe piața peștelui există o concurență puternică; pentru a obține profit, producția trebuie să fie ridicată. Selectarea speciilor potrivite și construirea unui sistem eficient sunt foarte importante. Scopul este de a vinde peștele la un preț ridicat și totuși de a menține costurile de producție la un nivel cât mai scăzut posibil.

PARTEA a II a. ACTIVITATEA EXPERIMENTALĂ

CAPITOLUL 4. - MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

4.1. Infrastructura de cercetare

Cercetările experimentale s-au desfășurat în două sisteme recirculante de acvacultură, reprezentate de acvarii, nivel tehnologic de laborator (NTL) și căzi din material plastic, nivel tehnologic pilot (NTP). Această infrastructură de cercetare aparține Departamentului de Știința Alimentelor, Ingineria Alimentelor, Biotehnologii și Acvacultură, Facultatea de Știința și Ingineria Alimentelor din cadrul Universității “Dunărea de Jos”, Galați.

Primul sistem de creștere este compus din 12 acvarii de sticlă cu volumul individual de 0,132 m³ (figura 4.1). Alimentarea cu apă a sistemului se realizează, după procesele de sterilizare și dezinfectare, de către pompe tip DAB A 80 180 XM. Sterilizarea apei s-a realizat cu instalația Tetra Quiet UV-C 35000. Oxigenarea s-a realizat cu ajutorul unui compresor de tip Fiap Air Active 1000, ce introduce un debit de aer de 8400 l/h, distribuit uniform în toate acvariile.

Pentru asigurarea evacuării dejecțiilor solide rezultate, unitățile de creștere sunt conectate cu două bazine decantoare care prin intermediul unei pompe; apa este trimisă către filtrul mecanic compus din burete, pietriș și nisip cu granulații diferite. După reținerea solidelor reziduale de către filtrul mecanic, apa este pompată către filtrarea biologică, realizată cu ajutorul bactoballs-urilor.

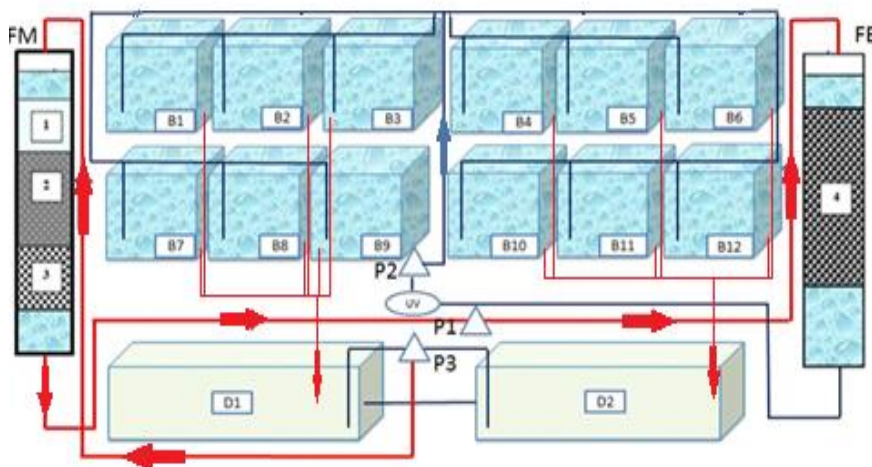


Figura 4.1- Sistem recirculant experimental de acvacultură

B₁ - B₁₂ – unitățile de creștere a peștilor, D_{1,2} – bazine decantoare, P₁, P₂, P₃ – pompe, UV - lampa de sterilizare, FM - filtrul mecanic, FB - filtrul biologic, 1 – burete, 2 – nisip, 3 – pietriș, 4 – bactoballs .



Alimentarea cu apă a unităților de creștere

Evacuarea apei din unitățile de creștere

Cel de al doilea sistem experimental s-a bazat pe utilizarea unor unități de creștere mai mari, respectiv căzi cu un volum util de 1 m³ fiecare. Acest sistem pilot mai performant a fost realizat în cadrul Centrului Român de Modelare a Sistemelor Recirculante din Acvacultură din Galați, România (acronim MoRAS). Sistemul recirculant pilot este alcătuit din trei module, cu capacitatea fiecărui modul de 8 m³; fiecare modul are câte opt unități de creștere, cu capacități egale de 1 m³ (figura 4.2).

Controlul creșterii peștilor este facilitat de instalația de monitorizare pentru biomasa culturii, și ar gestionarea hrănirii se realizează cu ajutorul echipamentelor de administrare automată a furajelor.

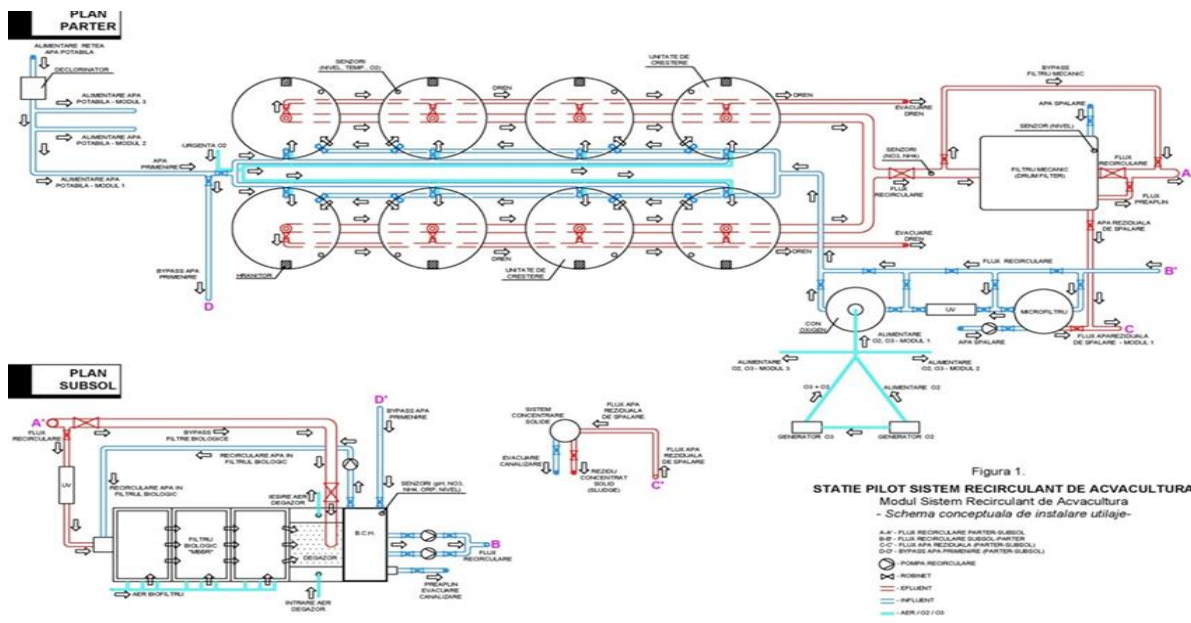


Figura 4.2 – Modul Sistem recirculant de acvacultură (elaborată în cadrul proiectului MoRAS)

Stația pilot este racordată la rețelele de alimentare cu apă curentă, energie electrică canalizată dispunând și de generatoare de oxigen, ozon, electric dar și de filtre de dechlorinare, sisteme pentru concentrarea rezidurilor solide din apă rezultate în urma spălării mecanice.

4.2. Materialul biologic

Specia de cultură aleasă a fost crapul. Primele experimentări s-au făcut cu puiet de crap, obținut prin reproducere naturală în heleșteie, în vara anului 2018. Toate exemplarele utilizate aveau o lungime aproximativă de 4 cm și o greutate medie de 1,5 g.

Pentru a minimiza stresul și posibilitatea de rănire, peștii au fost transportați în recipiente deschise cu adăos de oxigen. Înainte de începerea experimentelor, peștii au fost tratați cu verde de malachit (5 la 200 l apă, timp de 60 minute) pentru a elimina ectoparaziții de pe tegument. Apoi, peștii au fost aclimatizați timp de două săptămâni într-un bazin de carantină, bine oxigenat. După finalizarea perioadei de aclimatizare, peștii au fost transferați în unitățile de creștere pentru a începe experimentele.

4.3. Monitorizarea calității apei

Pe parcursul perioadei experimentale, s-a acordat o atenție deosebită controlului parametrilor fizico-chimici ai apei. În acest scop, s-au monitorizat zilnic temperatura, oxigenul dizolvat (OD) și pH-ul. Concentrațiile N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, P-PO₄ s-au determinat săptămânal. pH-ul, oxigenul dizolvat, turbiditatea și temperatura au fost monitorizate cu multiparametrul YSI Pro O DO și cu multiparametrul portabil WTW, model Multi 3410.

4.4. Indici tehnologici pentru caracterizarea performanței creșterii peștilor

La sfârșitul fiecărui experiment, după cântărirea și măsurarea individuală a materialului piscicol, au calculat parametrii privind evaluarea indicatorilor de performanță tehnologică.

➤ **Sporul real de creștere (Sr)** este definit ca fiind diferența dintre biomasa finală (Bf) și biomasa inițială (Bi). $Sr = Bf - Bi$ (grame)

➤ **Rata creșterii zilnice (GR)** se determină prin raportarea diferenței dintre biomasa finală (Bf) și biomasa inițială (Bi) la numărul de zile de creștere (t): $(GR) = (Bf - Bi) / t$ (g/zi).

- **Factorul de conversie al hranei (FCR)** rezultă din raportul dintre cantitatea de furaje (**F**) distribuite și sporul de creștere a peștelui (**Sr**). $FCR = F/Sr$ (kg furaj/kg spor creștere)
- **Rata specifică de creștere (SGR)** se exprimă procentual și exprimă creșterea zilnică a biomasei. Se determină conform relației: $SGR = 100 \times (\ln Bf - \ln Bi)/t$ (%/zi)
- **Coeficientul de eficiență proteică (PER)** se calculează ca fiind raportul dintre sporul de creștere (**Sr**) și cantitatea de furaje consumată (**F**) înmulțită cu proteina brută a furajului (**PB**) (%). Se mai numește și raportul eficienței proteinelor. $PER = Wf - Wi / F \cdot Pb$ (g/g)
- **Eficiența utilizării proteinelor (PUE)** se calculează cu formula: $PUE = 100 \cdot (Wf \cdot Pf - Wi \cdot Pi) / (F \cdot Pb)$, (%), unde:
Pi – proteina țesutului muscular la începutul perioadei experimentale (%), Pf - proteina țesutului muscular la sfârșitul perioadei experimentale (%), Wi – biomasă inițială (kg), Wf – biomasă finală (kg), F – cantitatea totală de furaj consumată (kg), Pb – concentrația proteinei din furajele administrate (%)
- **Corelația lungime-greutate** s-a determinat cu relația ecuației de creștere (Ricker, 1975): $W = a \cdot L^b$, unde "a" reprezintă interceptul (coeficientul inițial de creștere) și "b" este coeficientul alometric, W este masa corpului, L este lungimea totală a peștelui.
Pe lângă valoarea coeficientului alometric b, am aflat și valoarea lui R², care ne arată omogenitatea variabilei pe care am luat-o în calcul; cu cât R² se apropie mai mult de valoarea 1, cu atât condiția lui b este aplicată pentru toate exemplarele luate în calcul.
Coeficientul de variație (CV, %) a fost calculat ca raport între deviația standard și media greutateii, pentru a oferi o măsură a dispersiei peștilor.

4.5. Evaluarea stării fiziologice

Hematologia reprezintă o ramură importantă în contextul medicinei peștilor, ajutând cercetătorul să înțeleagă și să evalueze mai bine starea de sănătate a diferitelor specii de pești. Indicii hematologici, cum ar fi numărul de globule roșii (RBC x 10⁶ celule/μl sânge), hemoglobina (Hb – g/dl), hematocritul (Ht - %) și constantele eritrocitare – volumul corpuscular mediu (MCV - μm³), volumul corpuscular mediu de hemoglobină (MCH-pg), concentrația medie a hemoglobinei corpusculare (MCHC-g/dl)- sunt parametri importanți pentru evaluarea stării fiziologice generale a peștilor; modificările acestora pot fi un răspuns la diferitele condiții de mediu (Bocioc, E., și colab., 2015).

4.6. Determinarea compoziției biochimice a cărnii de pește și a furajelor utilizate

Pentru a determina compoziția biochimică a cărnii de crap, au fost prelevate probe de material biologic la începutul și la finalul experimentului. La recoltarea probelor, s-a avut în vedere asigurarea unei uniformități a exemplarelor pentru a elimina erorile cauzate de diferențele de masă. Determinările biochimice au fost efectuate pe probe de pește întreg cu solzi omogenizate prin mojarare, iar din amestecul obținut s-au extrase probe medii. De asemenea, pentru certificarea ingredientelor declarate în rețeta furajeră, s-a realizat analiza compoziției biochimice a tuturor tipurilor de furaje utilizate pe întreaga perioadă experimentală.

4.7. Metode de prelucrare statistică a datelor

Pentru analiza statistică a datelor, s-au utilizat programele Excel 2010 pentru Windows și SPSS 21.0 pentru Windows. Pentru a testa diferențele statistice între variabile, s-a folosit testul t pentru compararea între medii și semnificația p<0,05, precum și testul ANOVA.

În cazul în care au fost identificate diferențe semnificative în seturile de date, s-a efectuat o testare post-hoc pentru a determina subseturile utilizând testul Duncan. Pentru a evalua normalitatea datelor utilizate în analiză, s-au aplicat testele Kolmogorov-Smirnov.

CAPITOLUL 5. - INFLUENȚA DENSITĂȚII DE POPULARE ASUPRA PERORMANȚEI CREȘTERII PUIETULUI DE CRAP

5.1. Experiment 1 - Influența densității asupra performanței creșterii crapului într-un sistem recirculant de acvacultură, nivel laborator

5.1.1. Introducere

În timpul creșterii, peștii sunt supuși la surse diferite de stres cauzate de un mediu de viață necorespunzător, manipulări repetate, pescuitul etc. Combinarea unei game de indicatori pentru a evalua efectul densității asupra bunăstării peștilor și a performanței creșterii este cea mai fiabilă metodă pentru a ști dacă densitatea are un impact negativ sau nu asupra peștilor de crescătorie.

5.1.2. Material și metode

Pentru acest experiment, 2100 de pești, cu o medie a masei corporale individuale inițiale de 1,8 g/exemplar, au fost repartizați în unitățile de creștere ale unui sistem recirculant (RAS) în patru variante de densitate: V₁ - 70 de pești, cu o densitate inițială de stocare de 0,9 kg/ m³, V₂ - 140 de pești, cu o densitate inițială de stocare de 1,8 kg/ m³, V₃ - 210 pești, cu o densitate inițială de stocare de 2,6 kg/ m³ și V₄ - 280 de pești, cu o densitate inițială de stocare de 3,5 kg/ m³. Experimentul a fost realizat în triplicat în unități de creștere cu volumul de 132 litri.

Peștii au fost hrăniți de trei ori pe zi cu un furaj granulat extrudat 50/14 (50% proteine brute și 14% grăsimi), cu o rație zilnică de hrănire de 5% din greutatea corporală pe zi (5%*BW). Compoziția biochimică a furajului folosit este prezentată în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1- Compoziția furajului

Ingrediente	U.M	Valoare
Proteine	%	50
Lipide	%	14
Celuloză	%	2
Lizină	%	2,5
Fosfor	%	1
Cupru	mg/kg	6
Vitamina A	IU/kg	20 000
Vitamina D3	IU/kg	2 000
Vitamina E	mg/kg	200
Vitamin C	mg/kg	200



Figura 5.1- *Cyprinus carpio* [original]

Parametrii de calitate a apei, oxigenul dizolvat, temperatura și pH-ul, au fost monitorizați zilnic utilizând multiparametrul descris în capitolul 4 - *Material și metode*. În același timp, concentrația compușilor de azot a fost măsurată săptămânal, utilizând un spectrofotometru și cu ajutorul truselor Merck. Pentru menținerea calității apei, de două ori pe săptămână, toate unitățile de creștere au fost curățate, schimbându-se cca 75% din volumul de apă cu apă proaspătă de la rețeaua orașului, declorinată în prealabil. La finalul testului, s-au efectuat măsurători somatice asupra a 50 de pești pentru fiecare variantă experimentală.

5.1.3. Rezultate și discuții

➤ **Monitorizarea parametrilor de calitate a apei**

Valorile parametrilor fizico-chimici apei, pe durata experimentului, sunt prezentate în Tabelul 5.2. Analizând tabelul, rezultă că valorile parametrilor fizico-chimici au fost influențate de densitatea peștilor și de cantitatea de hrană distribuită. Totuși, din punct de vedere statistic, diferențele între variantele experimentale nu au fost semnificative.

Temperatura apei a fost în medie $21,2 \pm 0,18^\circ\text{C}$ în V_1 și $21,6 \pm 0,14^\circ\text{C}$ în V_4 . În cele 31 zile de creștere, temperatura apei a oscilat în intervalul $20,5-22,5^\circ\text{C}$. Temperaturile constante în timpul creșterii reprezintă un mare avantaj al sistemelor recirculante, în incinte acoperite. Intervalul de temperatură $20-23^\circ\text{C}$ se încadrează în condițiile optime de creștere pentru.

pH-ul apei, în sistemul de creștere, a fost menținut constant între 7-8 unități, cele mai scăzute valori fiind înregistrate în V_4 ($7,29 \pm 0,10$). În cele 31 zile de creștere, pH-ul apei a oscilat în intervalul 6,9-8,0 unități. Din punct de vedere statistic, nu s-au înregistrat diferențe semnificative între cele patru variante (verificat prin ANOVA, $p > 0,05$). Concentrația ionilor de hidrogen (pH-ul apei) este un parametru important care poate influența capacitatea de absorbție a nutrienților.

Oxigenul dizolvat în apă a variat între valorile medii de $7,05 \pm 0,08$ mg/l în V_4 și $7,71 \pm 0,12$ mg/l în V_1 . În cele 31 zile de creștere, oxigenul dizolvat a oscilat în intervalul 7,0-8,6 mg/l, optim pentru creșterea puilor de crap. Din punct de vedere statistic, nu s-au înregistrat diferențe semnificative între cele patru variante (verificat prin ANOVA, $p > 0,05$).

Compușii azotului sunt indicatori extrem de importanți ai calității mediului de viață. Abaterile, peste limitele optime admisibile, duc, de cele mai multe ori, la afectarea stării de sănătate a peștilor, uneori chiar la mortalitate, cauzată mai ales de azotiți sau amoniac.

Concentrațiile medii ale **ionului amoniu (N-NH_4^+)** au oscilat în limitele $0,17 \pm 0,02$ mg/l în V_1 și $0,22 \pm 0,05$ mg/l în V_4 . În cele patru săptămâni de creștere, N-NH_4^+ a oscilat în intervalul 0,12-0,27 mg/l, concentrații admisibile pentru creșterea crapului.

Într-un sistem de acvacultură, cantitatea de nitrați produsă este direct proporțională cu densitatea de populare a peștilor (Endut și colab., 2011). Concentrațiile medii ale **nitraților (N-NO_3^-)** au oscilat în limitele $17,9 \pm 0,65$ mg/l în V_1 și $21,13 \pm 0,20$ mg/l în V_4 . În cele patru săptămâni de creștere, N-NO_3^- a oscilat în intervalul 17,0-22 mg/l, concentrații admisibile pentru crap.

Nitriții (N-NO_2^-), compuși mai toxici decât nitrații, au oscilat în limite admisibile. Astfel, concentrațiile medii pe cele patru variante au variat între un minim de $0,03 \pm 0,02$ mg/l în V_1 și $0,05 \pm 0,02$ în V_3 . În cele patru săptămâni de creștere, N-NO_2^- a oscilat în intervalul 0,02-0,06 mg/l, concentrații admisibile pentru creșterea crapului.

➤ **Analiza performanței creșterii puietului de crap**

Influența densității de populare asupra performanței creșterii puietului de crap în NTL poate fi cuantificată prin analiza unor indicatori tehnologici precum sporul de creștere, rata creșterii zilnice, rata creșterii specifice, coeficientul de conversie a hranei, raportul eficienței proteinelor etc (tabelul 5.3).

La finalul experimentului, pentru a obține mai multe informații despre modelul de creștere a peștilor, s-au analizat corelațiile lungime totală medie (TL)-masa corporală totală medie (W). Pe fiecare grafic sunt redate ecuațiile curbelor de regresie, obținute pentru un eșantion reprezentativ din fiecare variantă experimentală. Valorile coeficientului (b) au indicat o creștere alometrică negativă, sugerând faptul că creșterea peștelui se face mai mult pe seama lungimii decât a greutateii. În cadrul acestui experiment, s-a constatat că relația lungime-greutate a fost puternic corelată, toate valorile coeficientului de determinare fiind mai mari de 0,80. Valoarea coeficientului de determinare (R^2) arată omogenitatea variabilelor luate în

calcul; cu cât R2 se apropie mai mult de valoarea 1, cu atât condiția lui b este aplicată pentru toate exemplarele luate în calcul iar lotul este mai omogen.

Tabelul 5.3- Indicatori de performanță tehnologică obținuți la sfârșitul perioadei experimentale

Varianta exp.	V1		V2		V3		V4					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
Elemente de calcul	126	126	126	252	252	252	378	378	378	504	504	504
Biomasă inițială (g)	0,9	0,9	0,9	1,8	1,8	1,8	2,6	2,6	2,6	3,5	3,5	3,5
Biomasă inițială (kg/m³)	312	308	321	507	532	524	712	712	693	851	880	908
Biomasă finală (kg/m³)	2,2	2,2	2,2	3,5	3,7	3,7	4,7	5,0	4,9	6,0	6,2	6,4
Spor creștere biomasă (g)	186	182	195	255	280	272	293	334	315	347	376	404
Spor creștere biomasă (kg/m³)	1,3	1,3	1,4	1,8	2,0	1,9	2,1	2,3	2,2	2,4	2,6	2,8
Număr pești-inițial	70	70	70	140	140	140	210	210	210	280	280	280
Număr pești final	68	67	69	119	122	125	172	178	165	216	221	228
Supraviețuirea (%)	97	96	99	85	87	89	82	85	79	77	79	81
Masă medie inițială (g/ex)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Masă medie finală (g/ex)	4,6	4,6	4,7	4,3	4,4	4,2	3,9	4,0	4,2	3,9	4,0	4,0
GR (Rata creșterii zilnice) (g/zi)	5,3	5,2	5,6	7,3	8,0	7,8	8,4	9,5	9,0	9,9	10,7	11,5
SGR (%/zi)	2,9	2,9	3,0	2,3	2,4	2,4	1,9	2,0	2,0	1,7	1,8	1,9
Spor creștere individual (g)	2,8	2,8	2,9	2,5	2,6	2,4	2,1	2,2	2,4	2,1	2,2	2,2
Cantitatea totală de furaje distribuite (g)	345	345	345	691	691	691	1036	1036	1036	1382	1382	1382
FCR (g furaj/g spor biomasa)	1,86	1,90	1,77	2,71	2,47	2,54	3,54	3,10	3,29	3,98	3,68	3,42

Coeficientul de variație (CV) a prezentat o variație cuprinsă între 20-40%, corespunzătoare unui lot aproape omogen ($V_1 - 24,47 \pm 3,11\%$) și loturi mediu omogene ($V_2 - 32,66 \pm 7,06\%$, $V_3 - 32,53 \pm 3,10\%$, $V_4 - 36,35 \pm 3,88\%$). Evident, varianta cu densitatea cea mai mică a fost mai omogenă (Cordeli A.N. și colab., 2021). Rezultatele obținute au indicat că creșterea densității populației duce la o variație mai mare în creșterea individuală. Creșterea CV-ului în timp sugerează existența unei competiții inter-individuale în cadrul grupului de pești (Azaza și colab., 2013). În acvacultură, este preferabilă reducerea variațiilor în dimensiunea peștilor și obținerea unei dimensiuni uniforme, pentru a facilita hrănirea, recoltarea, comercializarea și prelucrarea (Azaza și colab., 2010, 2013).

Creșterea individuală în greutate a peștilor a fost semnificativ influențată de densitatea populației, în sensul că peștii cresc mai mult când densitatea de populare este mai mică. Între cele patru variante experimentale au fost diferențe semnificative (ANOVA, $p < 0,05$). Testele post-hoc Duncan au evidențiat trei grupuri distincte: creșterea individuală în greutate a peștilor din V_1 a fost semnificativ diferită față de V_2 , în timp ce creșterea în greutate individuală a peștilor din V_3 și V_4 a fost similară. Masa corporală medie finală a peștilor, după 31 de zile de experimentări, a fost: $V_1 - 4,61 \pm 0,03$ g, $V_2 - 4,27 \pm 0,08$ g, $V_3 - 4,03 \pm 0,15$ g și $V_4 - 3,97 \pm 0,02$ g.

În ceea ce privește rata creșterii specifice (SGR) și coeficientul de conversie a hranei (FCR), cele mai bune valori au fost obținute tot la cea mai mică densitate de populare (V_1). Analiza post-hoc a arătat că valorile SGR din V_1 ($2,94 \pm 0,07\%/zi$) au fost mai mari decât cele din V_2 ($2,34 \pm 0,08\%/zi$), în timp ce valorile din V_3 ($1,95 \pm 0,10\%/zi$) și V_4 ($1,80 \pm 0,10\%/zi$) au fost similare ($p > 0,05$).

În ceea ce privește FCR, testul post-hoc Duncan a împărțit valorile obținute în patru grupuri distincte, cele mai bune valori fiind obținute tot în varianta V_1 . FCR a variat de la $1,84 \pm 0,06$ în V_1 la $3,69 \pm 0,28$ în V_4 , crescând odată cu creșterea densității de stocare a peștilor. Valorile FCR mai mari, obținute la cele mai mari densități de stocare, indică o eficiență scăzută în utilizarea hranei. De asemenea, s-a observat o corelație invers proporțională între densitatea populației și creșterea peștilor: la densități mai mici, peștii cresc mai mult.

Pentru a obține informații relevante despre efectul proteinelor din furaje asupra proteinelor corporale, s-au calculat coeficientul de eficiență proteică (raportul eficienței proteinelor-PER) și valoarea productivă a proteinei (eficiența utilizării proteinelor-PUE).

Rezultatele analizei ANOVA au evidențiat diferențe semnificative ($p < 0,05$) între variantele experimentale, atât la PER cât și la PUE. Testele multiple ale lui Duncan au indicat că valorile PER din grupul V_1 au fost semnificativ diferite ($p < 0,05$) față de cele obținute în grupul V_2 , în timp ce între V_3 și V_4 nu au fost observate diferențe semnificative. De asemenea, s-au constatat diferențe semnificative ($p < 0,05$) în valorile eficienței utilizării proteinelor (PUE). Evoluția PUE a evidențiat o valorificare mai bună a proteinelor, ceea ce indică o eficiență crescută, invers proporțională cu creșterea densității populației. Testele multiple ale lui Duncan au identificat patru grupuri distincte, corespunzătoare fiecărei densități de stocare testate.

Studiile lui Hayat și colab. (2021) au arătat că densitățile de populare de 50, 75, 100, 125 pești/ m^3 au condus la creșteri în greutate și SGR similare cu experimentările noastre. Densitățile mari ar putea fi mai profitabile pentru fermele de crap comun din țările mai puțin dezvoltate, în ceea ce privește reducerea costului terenului și a dotărilor.

Într-un articol științific, publicat de Nuwansi și colab. în anul 2021, privind influența densităților de populare asupra creșterii crapului, a rezultat aceeași concluzie: creșterea mai bună a peștilor la densități mici. Astfel, în varianta cu cea mai mică densitate de stocare V_1 ($1,4$ kg/ m^3) s-a obținut cel mai mic coeficient de conversie a furajului ($2,64 \pm 0,05$), iar pentru alte variante s-au obținut $2,1$ kg/ m^3 (V_2) și FCR $4,00 \pm 0,13$, valori de $2,8$ kg/ m^3 (V_3) cu un FCR de $5,68 \pm 0,15$ (Cordeli A.N. și colab., 2021).

Supraviețuirea este un indicator important al stării de sănătate a peștilor (Rey și colab., 2019). În experimentările noastre, supraviețuirea a fost influențată direct de densitatea stocului. Analiza post-hoc a

arătat că procentul de supraviețuire a peștilor din grupul V_1 ($97,14 \pm 1,43\%$) a fost semnificativ mai mare decât cea din V_2 ($87,14 \pm 2,14\%$), în timp ce nu au fost diferențe semnificative între V_3 ($81,75 \pm 3,1\%$) și V_4 ($79,17 \pm 2,15\%$) ($p > 0,05$).

➤ Compoziția biochimică a cărnii de pește

Compoziția biochimică a cărnii peștilor este influențată de mulți factori precum specia de cultură, mărimea, vârsta, condiții de mediu și alimentație (Cho, 2001). Valorile obținute în ceea ce privește compoziția biochimică a corpului crapului sunt similare cu cele raportate de alți autori.

Tabelul 5.4 Compoziția cărnii de puiet crap, la diferite densități de populație

Parametru	Variante experimentale				
	Inițial	V_1 final	V_2 final	V_3 final	V_4 final
Apă (%)	76,11±0,18	76,48±0,07	76,33±0,22	75,20±0,22	75,32±0,08
Proteine (%)	12,29±0,18	13,15±0,02	13,26±0,02	13,15±0,16	13,53±0,47
Lipide (%)	7,78±0,07	8,80±0,08	8,71±0,2	8,81±0,21	8,63±0,21
Cenușă (%)	2,19±0,10	1,42±0,02	1,39±0,07	1,46±0,03	1,44±0,03

Notă: Datele sunt prezentate ca medie a triplicatelor ± SD

Rezultatele obținute au evidențiat diferențe semnificative în conținutul de apă al peștilor, între cele patru variante experimentale. Astfel, conținutul de apă din V_1 și V_2 a fost mai mare, fiind semnificativ diferit față de conținutul de apă din V_3 și V_4 . Față de momentul populării (concentrațiile inițiale) se remarcă o creștere ușoară a umidității cărnii în V_1 și V_2 , în timp ce în V_3 și V_4 a rezultat o umiditate mai mică.

În ceea ce privește conținutul de proteine, lipide și cenușă, nu au fost înregistrate diferențe semnificative (ANOVA, $p > 0,05$) între cele patru densități de stocare, dar s-au înregistrat diferențe semnificative față de momentul inițial (ANOVA, $p < 0,05$). Aceste diferențe au fost în plus la conținutul de proteine și lipide și în minus la conținutul de cenușă (substanțe minerale). Oarecum surprinzătoare poate fi concentrația ridicată de lipide corporale, în toate variantele finale fiind între 8-9%. Fenomenul se explică prin faptul că peștii au fost hrăniți cu un furaj bogat în lipide (14%). Din acest motiv, pentru a nu acumula prea multe grăsimi în carne, pe măsură ce peștii cresc, concentrațiile de proteine și lipide din furaje trebuie să fie mai mici, spre valorile de 35-40% proteine și 7-10% lipide.

5.1.4. Concluzii

Densitatea de populare (stocare) a materialului biologic în unitățile de creștere influențează semnificativ performanța creșterii peștilor. Într-un sistem de creștere cu recircularea apei (RAS), cu capacitate mică, densitățile mici duc la performanțe mai bune, inclusiv la o valorificare mai bună a hranei. La densități de populare prea mari, supraaglomerarea și competiția pentru mâncare și spațiu duc la o creștere mai mică a peștilor și la o eficiență mai mică a hrănirii. Densitatea are un efect considerabil și asupra comportamentului peștilor. S-a demonstrat că densitățile de populare mari au dus la creșterea comportamentului agresiv. În plus, densitățile mari au determinat creșterea timpului destinat hrănirii, în comparație cu densitățile mici.

În ceea ce privește reținerea nutrienților din furaje în carnea peștilor, cercetările efectuate au avut ca rezultat obținerea tabloului biochimic, reflectat de maniera în care se schimbă în timp compoziția chimică totală. Compoziția chimică a furajului influențează direct proporțional compoziția cărnii. Astfel, pe măsură ce peștii sunt hrăniți, crește procentul de proteine și lipide corporale, concomitent cu scăderea cantității de apă din carne, aspect pozitiv.

Pentru a obține rezultate tehnologice pozitive, trebuie acordată cea mai mare atenție alegerii speciei de cultură, condițiilor de mediu și de hrănire. În primul rând, în alegerea speciei de cultură trebuie

să se țină cont de particularitățile ecofiziologice ale speciei, mai ales de potențialul ei de creștere. Crapul este o specie cu o plasticitate ecotehnologică deosebită, pretabilă creșterii în orice sistem de cultură.

5.2. Experiment 2 - Influența densității asupra performanței creșterii crapului într-un sistem recirculant de acvacultură (căzi-nivel pilot)

5.2.1. Introducere

Densitatea de populare (stocare) a peștilor este un indicator tehnologic important în piscicultura intensivă, deoarece poate fi o sursă potențială de stres cronic cu efecte adverse asupra stării de sănătate și a comportamentului peștilor (Ashley, 2007). În numeroase lucrări științifice, s-a demonstrat că densitatea de populare provoacă modificări ale sistemului imunitar și determină o capacitate scăzută de luptă împotriva agenților patogeni, putând duce la îmbolnăviri sau mortalități (Maule și colab 1989, Mazur și Iwama, 1993, Rotllant și colab., 1997).

5.2.2. Material și metode

La începutul experimentului, 2800 de pești cu o medie a greutateii inițiale de 1,5 g, au fost repartizați în cele opt unități de creștere în patru variante de densități, în duplicat. Prima variantă (V_1) a avut o densitate de 200 exemplare/bazin ($0,6 \text{ kg/m}^3$), V_2 cu 300 exemplare/bazin ($0,9 \text{ kg/m}^3$), iar V_3 și V_4 cu densități de 400 ($1,2 \text{ kg/m}^3$), respectiv 500 exemplare/bazin ($1,5 \text{ kg/m}^3$). Hrănirea s-a realizat automat, de trei ori pe zi (la orele 08:00, 13:00, 18:00), cu rația de 3% din masa corporală. Durata acestui experiment a fost tot de 31 de zile, identică cu durata primului experiment. Unitățile de creștere au fost căzi din material plastic cu capacitatea de 1000 litri apă.

5.2.3. Rezultate și discuții

➤ Monitorizarea parametrilor de calitate a apei

Temperatura apei, pe durata experimentului, a oscilat în intervalul $19,5^\circ\text{C}$ - $20,6^\circ\text{C}$. Acest interval de temperatură se încadrează în optimul speciei, fiind totuși la limita inferioară. Pentru crap, temperaturile optime de creștere se situează în intervalul $20-27^\circ\text{C}$. Dinamica temperaturii apei, în toate variantele experimentale, este similară, deoarece apa din sistemul recirculant este un simplu substrat fizic, reutilizabil. De altfel, analiza statistică efectuată pe cele patru variante experimentale a confirmat faptul că nu s-au observat diferențe semnificative în acest sens ($p>0,05$).

Oxigenul dizolvat în apă a variat, în toate variantele, în intervalul 7,5-9 mg/l. Concentrația oxigenului variază invers proporțional cu temperatura, cu cât temperatura este mai ridicată, cu atât oxigenul este mai puțin. Desigur, în cazul experimentului nostru, la temperaturi constante ale apei, și concentrațiile oxigenului au fost tot constante, apropiate între cele patru variante.

PH-ul a oscilat pe întreaga perioada experimentală între 6,8-8,1 unități pH, încadrându-se în ecartul optim pentru specia studiată.

Azotul amoniacal N-NH_4^+ , reprezentat de ionul amoniu, este un produs rezultat în urma descompunerii substanței organice reziduale, cum ar fi hrana neconsumată și dejecțiile, de către bacteriile heterotrofe. Amoniu este compusul instabil obținut în urma acestui proces, care se poate transforma în amoniac. Pe parcursul cercetărilor, nivelurile de amoniu au fost monitorizate săptămânal situându-se în intervalul de 0,09-0,2 mg/l.

Nitrații au înregistrat valori în general reduse (7-12,5 mg/l), excepție făcând varianta experimentală cu densitatea cea mai mare, valorile regăsindu-se în intervalul 16-22,5 mg/l.

➤ **Analiza performanței creșterii puietului de crap**

Indicatorii de performanță tehnologică calculați pe baza datelor inițiale și finale obținute, sunt rezumați în Tabelul 5.5.

Tabelul 5.5- Performanța creșterii puietului de crap la diferite densități de populare

Varianta exp.	V1			V2			V3		V4
Elemente de calcul/unitatea de creștere	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
Biomasă inițială (g)	300	300	450	450	600	600	750	750	
Biomasă inițială (kg/m³)	0,60	0,60	0,90	0,90	1,20	1,20	1,50	1,50	
Biomasă finală (g)	611	580	759	771	893	905	1030	1009	
Biomasă finală (kg/m³)	1,22	1,16	1,52	1,54	1,79	1,81	2,06	2,02	
Spor creștere biomasă (g)	311	280	309	321	293	305	280	259	
Spor creștere biomasă (kg/m³)	0,62	0,56	0,62	0,64	0,59	0,61	0,56	0,52	
Număr pești-inițial	200	200	300	300	400	400	500	500	
Număr pești final	185	187	271	257	319	335	367	381	
Supraviețuirea (%)	93	94	90	86	80	84	73	76	
Masă medie inițială (g/ex)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
Masă medie finală (g/ex)	3,3	3,1	2,8	3,0	2,8	2,7	2,8	2,6	
Zile creștere	31	31	31	31	31	31	31	31	
GR (Rata creșterii zilnice) (g/zi)	10,0	9,0	10,0	10,4	9,5	9,8	9,0	8,4	
SGR (%/zi)	2,3	2,1	1,7	1,7	1,3	1,3	1,0	1,0	
Spor creștere individual (g)	1,8	1,6	1,3	1,5	1,3	1,2	1,3	1,1	
Cant. totală de furaje distribuite (g)	454	454	681	681	908	908	1135	1135	
FCR (g furaj/g spor biomasă)	1,46	1,62	2,20	2,12	3,10	2,98	4,05	4,38	

Cea mai mare creștere în greutate pentru puietul de crap a fost observată la densitățile inițiale de stocare cuprinse între 0,6 kg/m³ (V₁) și 0,9 kg/m³ (V₂).

În ceea ce privește coeficientul de conversie a furajelor (FCR), s-a constatat o scădere semnificativă pe măsură ce nivelul densităților de stocare scade. Valorile medii ale FCR au variat între 4,22±0,23 (V₄) și 1,54±0,11 (V₁) (figura 5.22). Cele mai bune rezultate în ceea ce privește FCR au fost obținute la V₁ (200 de pești inițial) și V₂ (300 de pești inițial), urmate de V₃ și V₄ (400 și 500 de pești inițial), fără diferențe semnificative statistic între aceste două variante experimentale (p>0,05). Rata creșterii specifice (SGR) a prezentat o tendință semnificativă de creștere pe măsură ce nivelul densității de populare scade. Astfel, SGR a fost de 2,21±0,12%/zi (V₁), urmată de 1,71±0,06%/zi (V₂), de 1,3±0,07%/zi (V₃) și 1±0,06%/zi (V₄).

În ceea ce privește rata zilnică de creștere a biomasei piscicole, nu s-au înregistrat diferențe semnificative între cele patru variante (p>0,05). Cele mai bune rezultate s-au obținut tot în varianta V₁ (9,5 g/zi) iar cele mai slabe în varianta V₄ (8,7 g/zi).

După 31 de zile de cercetări, s-au obținut următoarele valori medii ale maselor corporale individuale: V₁: 3,2 ± 0,14 g, V₂: 2,9 ± 0,14 g, V₃: 2,75 ± 0,07 g și V₄: 2,73 ± 0,11 g (Cordeli A.N. și colab., 2019). Analiza post-hoc Duncan a indicat că greutatea finală a peștilor din variantele V₁ și V₂ a fost semnificativ mai mare decât cea a peștilor din variantele V₃ și V₄. Se confirmă ipoteza că densitățile de populare mai mici sunt favorabile creșterii peștilor

Pentru a obține informații suplimentare despre modelele de creștere ale peștilor, utilizând datele de lungime și greutate, s-au obținut ecuațiile curbelor de regresie. Valorile coeficientului de alometrie (b)

obținute pentru toate variantele experimentale au indicat o creștere alometrică negativă, sugerând că peștii au crescut mai mult pe seama lungimii decât a greutateii.

Raportul eficienței proteinelor (PER) și eficiența utilizării proteinelor (PUE) întăresc concluzia că densitățile de populare mai mici au ca rezultat o creștere individuală mai bună. Proteinele din furajele distribuite au condus la un spor individual de creștere mai bun în V_1 (0,75 g spor creștere/1 g proteine ingerate) decât în V_2 (0,41 g), V_3 (0,28 g) și V_4 (0,22g). Aceeași tendință se păstrează și în cazul PUE.

➤ Compoziția biochimică a cărnii de pește

Compoziția biochimică a crapului comun, în cele patru variante de densități de populare, este prezentată în tabelul 5.6 (la începutul și finalul experimentărilor).

Tabelul 5.6 - Compoziția cărnii de crap comun crescuți la diferite densități de populare

Parametru	Variante experimentale				
	Initial	V_1	V_2	V_3	V_4
Apă (%)	75,83±0,17	75,80±0,03	75,90±0,05	75,66±0,12	76,29±0,22
Proteine (%)	13,27±0,45	13,72±0,02	13,43±0,03	13,12±0,01	12,94±0,14
Lipide (%)	8,48±0,17	8,95±0,06	8,54±0,07	9,34±0,2	8,88±0,11
Cenușă (%)	1,62±0,05	2,05±0,01	1,70±0,01	1,82±0,06	1,61±0,02

Notă: Datele sunt prezentate ca medie a triplicatelor±SD;

În ceea ce privește conținutul de proteine, lipide și cenușă, nu au fost înregistrate diferențe semnificative (ANOVA, $p>0,05$) între cele patru densități de stocare, dar s-au înregistrat diferențe semnificative față de momentul inițial (ANOVA, $p<0,05$).

La începutul experimentului, raportul apă/proteină a fost de 5,71±0,04, iar la sfârșitul experimentului, acest raport a scăzut în primele două variante și a avut o ușoară creștere în V_3 și V_4 . Valorile finale au fost în medie de 5,52±0,15 în V_1 , 5,65±0,16 în V_2 , 5,76±0,12 în V_3 și 5,89±0,16 în V_4 (Cordeli A.N. și colab., 2019).

5.2.4. Concluzii

Cercetările, efectuate în sistemul recirculant pilot, au dus la obținerea unor rezultate similare cu cele obținute la nivel de laborator: densitatea de populare influențează performanța creșterii individuale a peștilor, în sensul că densitățile mai mici duc la mase corporale mai mari. Pe de altă parte, biomasa totală (producția finală) variază, evident, direct proporțional cu densitățile de populare, cu cât densitățile sunt mai mari cu atât producția finală este mai mare. Rezultatele obținute sunt în concordanță cu cercetările efectuate în alte țări, cu aceeași specie.

Deosebit de important este să se țină cont de efectele negative care pot să apară în situațiile când densitățile de populare sunt prea mari: crește competiția pentru hrană dar și agresivitatea peștilor, implicit stresul, este afectată bunăstarea lor. În plus, densitățile mari de populare favorizează răspândirea agenților patogeni.

Pentru ca pescăria să fie rentabilă, fermierii trebuie să gestioneze corect condițiile de mediu, să aibă cunoștințe temeinice de nutriție și alimentația peștilor, să cunoască metodele de profilaxie și tratament în situația când apar boli, să aleagă cele mai rentabile specii de cultură și să aplice tehnologii inovative de creștere potrivite sistemului de cultură ales.

CAPITOLUL 6. INFLUENȚA CALITĂȚII FURAJELOR ASUPRA PERFORMANȚEI CREȘTERII PUIETULUI DE CRAP

6.1. Experiment 3 - Influența calității furajelor asupra performanței creșterii crapului într-un sistem recirculant de acvacultură, nivel laborator

6.1.1. Introducere

Compoziția chimică a cărnii de pește este influențată de numeroși factori fiziologici, endogeni și exogeni. Factorii endogeni includ procesele metabolice, parametrii genetici, maturitatea sexuală în timp ce factorii exogeni includ microclimatul, calitatea apei, calitatea și cantitatea hranei etc. (Shearer, 1994, Huss, 1995, Tkaczewska și colab., 2014).

Calitatea hranei reprezintă unul dintre cei mai importanți factori exogeni care influențează compoziția biochimică a cărnii peștilor dar și performanța creșterii în general. Furajele cu conținut ridicat de energie favorizează creșterea rapidă și reducerea timpului de producție; de reținut, însă, că furajele bogate în grăsimi și proteine favorizează acumularea de grăsimi, în timp ce conținutul de proteine din carne rămâne constant (Fauconneau și colab., 1995, Kaushik, 1995). Compoziția acizilor grași în grăsimea peștelui are o importanță deosebită pentru calitatea cărnii.

6.1.2. Material și metode

La începutul experimentului, masă corporală medie a puietului a fost de $2,98 \text{ g} \pm 0,05 \text{ g}$, iar lungimea totală a fost de $5,42 \pm 1,17 \text{ mm}$. Peștii au fost distribuiți în patru variante experimentale, fiecare în triplicat. Au fost testate patru sortimente de furaje granulate extrudate, cu următorul conținut de proteine și lipide: V₁ - 50% proteine și 14% lipide, V₂ - 30% proteină și 7% lipide, V₃ - dietă cu 45% proteină și 16% lipide, și V₄ - dietă cu 44% proteină și 22% lipide (în tabelul 6.1). Durata experimentului a fost identică cu a precedentelor, respectiv 31 de zile.

Pe toată desfășurarea cercetărilor, s-au monitorizat constant parametrii fizico-chimici ai apei: temperatură, pH, oxigenul dizolvat (determinați zilnic, cu ajutorul unor instrumente multiparametre portabile) și săptămânal pentru compușii de azot (N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺) folosind un spectrofotometru portabil Spectroquant NOVA 60.

Tabelul 6.1- Compoziția chimică a furajelor testate

Parametrii/furaje	U.M.	V ₁ (50/14)	V ₂ (30/7)	V ₃ (45/16)	V ₄ (44/22)
Umiditate	%	10	10	10	10
Proteine	%	50	30	45	44
Lipide	%	14	7	16	22
Cenușă	%	-	7	7	7,2
Celuloză	%	2	5	2	1,8
Lizină	%	2,5	-	-	-
Fosfor	%	1	0,8	1	1,02
Cupru	mg/kg	6	30	5	5
Calciu	mg/kg	-	1,2	1,3	1,7
Sodiu	mg/kg	-	0,2	0,3	0,3
Vitamina A	mg/kg	-	10 000	10 000	10 000
Vitamina D3	mg/kg	20 000	1 800	-	1 463
Vitamina E	mg/kg	200	60	200	200
Vitamina C	mg/kg	200	-	150	250
Energia digest.	Mj/kg	17,65	15,36	18,5	19,1

6.1.3. Rezultate și discuții

➤ Monitorizarea parametrilor de calitate a apei

Temperatura apei, pe întreaga durată a cercetărilor, s-a menținut constantă în intervalul 21°C-24,3°C, media fiind de 23,71±0,85°C. Valorile înregistrate se încadrează în condițiile optime de creștere pentru puietul de crap. Nu s-au înregistrat diferențe semnificative între cele patru variante, având în vedere că s-a recirculat același volum total de apă, supus în prealabil filtrării mecanice și biologice.

pH-ul apei a prezentat o variație în intervalul 6,9-8,5 unități, cu o medie de 8,13±0,09. Acest parametru a avut unele fluctuații pe parcursul experimentului, mai ales în variantele V₃ și V₄. De remarcat însă că toate valorile, în toate cele patru variante, s-au încadrat în limitele admisibile pentru o bună creștere a crapului.

Oxigenul dizolvat în apă a înregistrat unele fluctuații, dar a fost tot timpul în limitele optime pentru puietul de crap. Valorile medii au fost de 7,46±0,31 mg/l în V₁ și de 8,04±0,06 mg/l în V₄.

Compușii azotului joacă un rol important în evaluarea calității apei. Diverse studii au evidențiat faptul că expunerea la concentrații ridicate de compuși azotați poate avea efecte negative asupra peștilor, în sistemele acvacoale. În sistemele recirculante, pentru a asigura o creștere sănătoasă a crapului, se recomandă menținerea nivelului de nitriți sub 0,2 ppm, în timp ce nivelul de nitrați, care sunt mai puțin toxici, poate ajunge până la 50 ppm.

Pe parcursul desfășurării experimentului, nivelul de nitrați înregistrat în apă a fost în general redus, situându-se în intervalul de 16,41±6,08 mg/l. Aceste valori pot fi atribuite în parte bunei funcționări a filtrului mecanic și mai ales a filtrului biologic. Prin adoptarea măsurilor corecte de monitorizare și menținere a concentrațiilor de nitriți și nitrați în limitele recomandate, se contribuie la asigurarea unei calități a apei tehnologice adecvate și la protejarea sănătății și bunăstării crapului în sistemele recirculante de acvacultură.

În perioada analizată, concentrațiile de amoniu (NH₄⁺) la ieșirea apei din filtrul biologic au variat între 0,01-0,02 mg/l, în timp ce în unitățile de creștere au avut o valoare medie de 0,18-0,20 mg/l. Aceste valori se situează sub limita maximă admisă pentru pești, care este de 2 mg/l.

Concentrațiile de **nitriți (N-NO₂-)** în apă au rămas în limitele admisibile pe durata experimentului. Valorile medii înregistrate pentru cele patru variante experimentale au fost de 0,20±0,24 mg/l, iar în varianta experimentală (V₁), în care peștii au fost hrăniți cu un furaj cu conținut mai ridicat de proteine, s-a observat o medie a valorilor mai mare.

Este important să se monitorizeze nivelurile de nitriți în mediul acvatic, deoarece aceștia pot avea efecte nocive asupra sănătății peștilor. Oscilațiile înregistrate în limitele admisibile indică o bună gestionare a hrănirii și a calității apei în timpul cercetărilor experimentale.

Valorile mai ridicate, înregistrate în varianta experimentală în care peștii au fost hrăniți cu un furaj cu conținut crescut de proteine, pot indica o influență a hranei asupra nivelului de nitriți în apă

Fosforul este un nutrient esențial pentru organismele acvatice și joacă un rol crucial în metabolismul, creșterea și dezvoltarea peștilor și a florei acvatice.

În cadrul sistemelor recirculante, concentrația de fosfor poate varia în funcție de hrana distribuită, provenind doar din furajele distribuite. În perioada cercetărilor, concentrația medie a fosforului în apa tehnologică (exprimată ca P₂O₅) a înregistrat valori de 5,7±0,23 mg/l. Valori mai mari s-au obținut în varianta V₁ cu un furaj 50/14 (5,6-5,8 mg/l), în timp ce cele mai mici concentrații au fost în V₄ cu un furaj 44/22 (5-5,5 mg/l).

➤ Analiza performanței creșterii puietului de crap

Indicatorii de performanță tehnologică, obținuți pe întreaga perioadă a experimentului, sunt prezentați în tabelul 6.2.

Tabelul 6.2 - Indicatori de performanță tehnologică obținuți pe perioada experimentală

Varianta exp.	V1		V2		V3		V4					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
Elemente de calcul	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
Biomasă inițială (g)	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
Biomasă inițială (kg/m ³)	739	770	782	707	722	784	752	750	778	894	926	992
Biomasă finală (g)	5,17	5,39	5,47	4,95	5,05	5,49	5,26	5,25	5,45	6,26	6,48	6,94
Biomasă finală (kg/m ³)	459	490	502	427	442	504	472	470	498	614	646	712
Spor creștere biomasă (g)	3,21	3,43	3,51	2,99	3,09	3,83	3,30	3,29	3,49	4,30	4,52	4,98
Spor creștere biomasă (kg/m ³)	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Numar pești-inițial	68	68	68	67	70	70	67	67	67	67	68	69
Număr pești final	97	97	97	96	100	100	96	96	96	96	97	99
Supraviețuirea (%)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Masă medie inițială (g/lex)	10,87	11,32	11,50	10,55	10,31	11,20	11,22	11,19	11,61	13,34	13,62	14,38
Masă medie finală (g/lex)	14,81	15,81	16,19	13,77	14,26	16,26	15,23	15,16	16,06	19,81	20,84	22,97
GR (Rata creșterii zilnice) (g/zi)	3,13	3,26	3,31	2,99	3,06	3,32	3,19	3,18	3,30	3,74	3,86	4,08
SGR (%/zi)	6,9	7,3	7,5	6,6	6,3	7,2	7,2	7,2	7,6	9,3	9,6	10,4
Spor creștere individual (g)	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810	810
Cantitatea totală de furaje distribuite (g)	1,77	1,65	1,61	1,90	1,83	1,61	1,72	1,72	1,63	1,32	1,25	1,14
FCR (g furaj/g spor biomasă)	50/14	50/14	50/14	30/7	30/7	30/7	45/16	45/16	45/16	44/22	44/22	44/22
Proteină brută/grăsime brută furaj												

Printre cei mai importanți parametri determinați au fost rata creșterii zilnice, sporul total de biomasă, sporul individual de creștere, rata creșterii specifice, coeficientul de conversie a hranei. O dietă optimă pentru puietul de crap ar trebui să conțină substanțe nutritive (în special proteine, lipide și glucide) în cantități care să fie în deplin acord cu cerințele nutriționale ale speciei (inclusiv vitamine, oligoelemente și macroelemente) (Satpathy și colab. 2003). Este important să se mențină un echilibru optim între nutrienți, deoarece dozele prea mici sau prea mari pot afecta negativ performanța creșterii peștilor.

Rezultatele indică o creștere mai bună în varianta experimentală în care peștii au fost hrăniți cu furaje ce conțineau 44% proteine și 22% lipide (V₄). În schimb, în celelalte trei variante, nu s-au observat diferențe semnificative în ceea ce privește creșterea peștilor. Aceasta sugerează că un conținut crescut de proteine și lipide are un efect benefic asupra sporului de creștere și a masei corporale finale, la puietul de crap.

De asemenea, la finalul experimentului, s-a observat o rată specifică de creștere (SGR) mai mare în unitățile de creștere în care crapul a fost hrănit cu dieta conținând 44% proteină brută și 22% lipide (V₄ cu un SGR de 3,93 %/zi). În celelalte variante s-au obținut rezultate semnificativ mai mici: 3,23 în V₁, 3,12 în V₃, 3,22 în V₃. În mod normal, s-a menținut aceeași tendință și la parametrul GR (rata creșterii zilnice) cu următoarele valori: 15-16 grame/zi în V₁, V₂, V₃ și aproape 22 grame/zi în V₄. Valoarea mai mare a SGR, asociată și cu cea mai bună rată a creșterii zilnice (GR), scot în evidență furajul 44/22.

➤ **Compoziția biochimică a cărnii de pește**

Compoziția biochimică a cărnii puietului de crap, hrănit cu furaje comerciale, cu conținut de proteine diferit, este detaliată în tabelul 6.3. Factorii de mediu dar mai ales cei tehnologici (calitatea hranei, ratia zilnică, intensitatea hrănirii, etc.) sunt adesea asociați cu o calitate bună a cărnii peștelui. În plus, factorul genetic poate influența conținutul de proteine și lipide din corp, compensând efectele hrănirii asupra creșterii (Fauconneau și colab., 1991). Ca regulă generală, carnea crapului de crescătorie va avea un conținut de grăsimi mai mare decât la crapul sălbatic.

Tabelul 6.3-Compoziția cărnii de crap pe cele patru variante de furaje

Parametru	Inițial	V ₁ final	V ₂ final	V ₃ final	V ₄ final
Apă (%)	75,91±0,19	77,67±0,95	72,59±1,20	75,71±2,19	75,32±0,08
Proteine (%)	13,30±0,2	10,38±0,96	12,65±0,20	10,24±1,71	13,53±0,47
Lipide (%)	8,93±0,05	8,98±0,07	13,06±1,46	10,10±0,54	8,63±0,21
Cenușă (%)	1,8±0,09	1,97±0,02	1,74±0,01	1,82±0,006	1,44±0,03

Notă: Datele sunt prezentate ca medie a triplicatelor±SD

În experimentul nostru, valorile compoziției biochimice a cărnii puietului de crap sunt în concordanță cu cele raportate de alți autori. Astfel, conținutul mediu de apă a variat între limitele de 72,59% în V₂ și 77,67% în V₁, conținutul de proteină brută între 10,24% (V₃) și 13,53% (V₄), conținutul de grăsime între 8,63% (V₄) și 13,06% (V₂), iar conținutul de cenușă între 1,44%(V₄) și 1,97% (V₁).

6.1.4. Concluzii

Optimizarea tehnologiei de hrănire este o provocare majoră pentru obținerea de producții mari și rentabile. În ultimii ani, tot mai mulți fermieri au început să crească crapul la densități ridicate și să utilizeze furaje combinate granulate, extrudate/expandate, de la diferiți producători.

Nivelele prea mici sau prea mari de proteine în furaje pot influența negativ performanța creșterii peștilor, indiferent de specia de cultură aleasă (creștere lentă, scăderea imunității, tulburări de reproducere și afectarea sănătății generale). Este extrem de important să se cunoască preferințele nutriționale ale speciei și apoi să se aleagă sistemul de creștere, cea mai potrivită hrană și cea mai potrivită rație zilnică de hrănire.

Concentrația proteinelor nu este singurul factor care influențează creșterea crapului. Extrem de importantă este compoziția generală a dietei, dată de toate substanțele nutritive (proteine, lipide, glucide, vitamine, minerale). Pe lângă hrană, condițiile de mediu (temperatura, oxigenul dizolvat, pH-ul, compușii azotului etc) au de asemenea un puternic impact asupra nivelului producțiilor obținute.

6.2. Experiment 4 – Influența calității furajelor asupra performanței creșterii crapului, într-un sistem recirculant de acvacultură, nivel pilot

6.2.1. Introducere

Cele mai importante ingrediente furajere sunt cele de origine animală, în primul rând făina de pește, care are un conținut proteic de 50-75 %, în funcție de calitate. În ultimii ani, cercetările de nutriția peștilor au fost orientate și spre găsirea de înlocuitori pentru făina de pește, unii de origine vegetală.

6.2.2. Material și metode

În cadrul acestui experiment, au fost selectați 1600 de pui de crap cu greutate corporală și dimensiuni aproximativ egale, cu o medie de $2,98 \pm 0,05$ g. Peștii au fost distribuiți aleatoriu în patru variante experimentale, în duplicat, astfel încât fiecare bazin să conțină 200 de pești.

Variantele experimentale au fost concepute pentru a evalua performanța creșterii peștilor utilizând patru sortimente de furaje comerciale, astfel: V_1 (30/7)- 30% proteină brută și 7% lipide, V_2 (44/22)- 44% proteină brută și 22% lipide, V_3 (45/16)- 45% proteină brută, 16% lipide și V_4 (50/14)- 50% proteină brută și 14% lipide. Durata experimentului a fost identică cu a precedentelor, respectiv 31 de zile.

6.2.3. Rezultate și discuții

➤ Monitorizarea parametrilor de calitate a apei

Principalii parametri fizico-chimici ai apei au fost măsurați zilnic utilizând senzorii integrați și sistemul de monitorizare. De asemenea, o dată pe săptămână, au fost monitorizați compușii de azot ($N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$) cu ajutorul unui spectrofotometru compatibil cu kiturile Merk. Pentru aceste analize, a fost colectată câte o probă de apă din fiecare bazin dimineața, înainte de a începe furajarea.

Temperatura apei are un impact semnificativ asupra creșterii peștilor, influențând direct procesele fiziologice, cum ar fi respirația, eficiența hrănirii, sporul de creștere, comportamentul și reproducerea. În cadrul experimentului nostru, temperatura apei a fost menținută în limitele optime pentru creșterea crapului comun, situându-se între $20,8^\circ C$ și $22,5^\circ C$, cu o valoare medie de $21,70 \pm 0,82$ °C. Între cele patru variante nu au fost diferențe semnificative, conform ANOVA ($p > 0,05$), semn că temperatura apei nu este influențată de calitatea furajelor.

Variațiile semnificative ale **pH-ului** pot afecta negativ peștii, generând stres în organismul lor. În timpul perioadei experimentale, pH-ul a fluctuat într-un interval cuprins între 6,9 și 7,9 unități pH, cu o valoare medie de $7,93 \pm 0,09$ unități pH. Această valoare se încadrează în intervalul optim pentru creșterea peștilor, care este de obicei cuprins între 6,5 și 8,5 unități pH. Între cele patru variante nu au fost diferențe semnificative, conform analizei ANOVA ($p > 0,05$), semn că, asemenea temperaturii, pH-ul apei nu este influențat de calitatea furajelor. Micile diferențe care apar între cele patru variante pot fi puse și pe seama cantităților de furaje rămase neconsumate în unitățile de creștere.

Un aspect crucial în creșterea peștilor este nivelul de **oxigen dizolvat în apă**. În cadrul acestui experiment, concentrația de oxigen dizolvat a variat între 7,01 mg/l și 7,99 mg/l, având o medie de $7,93 \pm 0,27$ mg/l. Aceste rezultate indică faptul că nivelul de oxigen a fost menținut în limitele adecvate pentru a susține creșterea sănătoasă a peștilor în timpul experimentului. Între cele patru variante nu au fost diferențe semnificative, conform analizei ANOVA ($p > 0,05$), semn că oxigenul dizolvat în apă nu este

influențat hotărâtor de calitatea furajelor. Totuși, în situația când rația zilnică este prea mare și nu se consumă toate furajele, apare un consum mai mare de oxigen, pentru a mineraliza substanța organică ce intră în descompunere. În astfel de situații, concentrația de oxigen din apă scade. Fenomenul este mai puțin întâlnit în sistemele recirculante, fiind mai frecvent în iazuri și heleșteie.

În timpul cercetărilor, s-au observat diferențe semnificative între variantele experimentale în ceea ce privește nivelul **ionului de amoniu**. Valoarea cea mai mică a fost înregistrată în varianta V₂, cu o concentrație de 0,13 mg/l, în timp ce varianta experimentală V₄ a înregistrat o concentrație de amoniac de până la 0,22 mg/l. Aceste rezultate indică faptul că nivelurile de amoniu din apă au crescut odată cu creșterea concentrației de proteină din dietă.

Nitrații (N-NO₃-) reprezintă produsul final al procesului de nitrificare și deși, în general nu sunt considerați toxici pentru pești, concentrația lor în apa utilizată în sistemele tehnologice trebuie să se încadreze în limitele acceptabile pentru specia de pește crescută. Conform literaturii de specialitate, pentru creșterea peștilor în sisteme cu recircularea apei, se recomandă menținerea concentrației de nitrați între 20 și 40 mg/l. În cadrul experimentului, valorile înregistrate au variat între 17,9 în V₃ și 19,1 mg/l în V₄, cu o valoare medie de 18,11±3,59 mg/l.

În cadrul experimentului nostru, valorile înregistrate pentru **nitriți** au variat între 0,04 și 0,07 mg/l, cu o valoare medie de 0,06±0,05 mg/l. Cantitățile cele mai mari de nitriți s-au înregistrat în variantele V₂ și V₃, de aproximativ 0,07 mg/l. În variantele V₁ și V₄ s-au înregistrat cele mai mici valori, de aproximativ 0,04 mg/l. Este posibil ca diferențele între variante să apară datorită cantităților de furaje neconsumate și acumulate în unitățile de creștere.

Valorile înregistrate în cadrul experimentului pentru concentrația de **fosfați** în apa tehnologică au variat între minim 5 mg/l în varianta V₁ și 5,6 mg/l în variantele V₂, V₃ și V₄, și indică o concentrare moderată (figura 6.22). Este important ca valorile să fie monitorizate și menținute în limitele admisibile pentru a asigura o creștere sănătoasă și un mediu adecvat pentru pești.

➤ Analiza performanței creșterii puietului de crap

La crapii juvenili, atât lipidele cât și glucidele sunt la fel de eficiente în furnizarea energiei necesare desfășurării proceselor vitale. Proteinele, substanțe nutritive cu rol principal plastic și secundar energetic, ar trebui utilizate pentru acumularea de masa musculară. Studii anterioare au arătat că utilizarea cazeinei din lapte, ca sursă exclusivă de proteine, a condus la un randament optim energie digestibilă-proteine, situat între 13.000 și 15.000 kJ/kg, la o pondere a proteinei de 31%-32% (Takeuchi și colab., 1979b).

Datele referitoare la performanța creșterii și eficiența sortimentelor furajere sunt prezentate în tabelul 6.4.

Tabelul 6.4 – Influența calității furajelor asupra performanței creșterii

Parametrul/Varianta	V ₁ (30/7)	V ₂ (44/22)	V ₃ (45/16)	V ₄ (50/14)
Biomasă inițială (g)	597,50±7,95	595,00±4,24	593,00±0,01	595,50±3,54
Biomasă finală (g)	914,50±7,78	1110,00±31,11	1142,50±27,58	1227,50±45,96
Număr inițial al peștilor	200	200	200	200
Spor de creștere total (g)	317,00±12,73	515,00±35,36	549,50±27,58	632,00±49,50
Supraviețuire (%)	95,25±0,35	98,75±1,77	96,25±1,77	95,75±3,18
Masa medie inițială (g/ex)	2,99±0,02	2,98±0,02	2,97±0,00	2,98±0,02
Masa medie finală (g/ex)	4,80±0,06	5,62±0,06	5,93±0,03	6,41±0,03
Rata zilnică de creștere (g/zi)	10,23±0,41	16,61±1,14	17,73±0,89	20,39±1,60
Spor de creștere individual (g/ex)	1,81±0,08	2,64±0,08	2,97±0,03	3,43±0,04
FCR	2,74±0,11	1,69±0,12	1,58±0,08	1,38±0,11
SGR (%/zi)	1,37±0,05	2,01±0,11	2,11±0,08	2,33±0,14
PER	1,220±0,05	1,35±0,09	1,41±0,07	1,46±0,11

Notă valorile medii a duplicatelor ± SD

În ceea ce privește masa corporală medie inițială a puiilor de crap din fiecare grup, nu s-au observat diferențe semnificative ($p > 0,05$). Supraviețuirea înregistrată în fiecare variantă a fost mai mare de 95%, fără diferențe semnificative ($p > 0,05$).

La încheierea experimentului, s-au observat diferențe semnificative ($p < 0,05$) în ceea ce privește masa corporală finală a peștelui. Cea mai mică masă corporală a fost înregistrată în dieta cu proteina brută de 30% (V_1), în timp ce cea mai mare masă corporală a fost înregistrată în dieta cu conținut de proteină brută de 50% (V_4).

Analiza statistică (testul Duncan) a evidențiat patru grupuri distincte de pești, în funcție de greutatea lor la finalul experimentului. Astfel, în varianta V_1 , masa finală medie individuală a fost de $4,80 \pm 0,06$ g/ex, în V_2 a fost de $5,62 \pm 0,06$ g/ex, în V_3 a fost de $5,93 \pm 0,03$ g/ex și în V_4 a fost de $6,41 \pm 0,03$ g/ex. Furajul 50/14, cu un conținut de 50% proteine și 14% lipide, a dus la obținerea celei mai mari creșteri în greutate, fiind semnificativ diferită ($p < 0,05$) față de creșterea înregistrată la peștii hrăniți cu furaje care conțineau 45%, 44% și 30% proteine.

Valorile coeficientului de determinare (R^2), în general peste 0,9 (90%), demonstrează omogenitatea rezultatelor. Cea mai bună dispersie a punctelor aferente perechilor de valori (W, L) s-a înregistrat în varianta V_3 , cu un (R^2) de 0,934. În acest experiment, valorile coeficientului de creștere (b) au indicat o alometrie negativă ($b < 3$), în V_1 și V_4 , însemnând că creșterea peștilor, proporțional, s-a realizat mai mult pe seama lungimii decât a greutății. Este un indiciu că în unele cazuri, nu au fost cele mai bune condiții de creștere. În variantele V_2 și V_3 s-a înregistrat o alometrie pozitivă ($b > 3$), semn că peștii au crescut mai mult pe seama greutății decât a lungimii, fenomen de preferat.

Dintre toate variantele, cele mai slabe rezultate s-au obținut în varianta V_1 în care s-a utilizat un furaj cu 30% proteine și doar 7% lipide. Acest rezultat sugerează concluzia că un conținut scăzut de proteine și lipide duce la o slabă performanță a creșterii.

Creșterea nivelului de proteine din diete a avut un impact semnificativ ($p < 0,05$) asupra masei corporale finale a peștilor și asupra sporului de biomasă, ratei de creștere specifică (SGR) și ratei de conversie a furajelor (FCR). Doar raportul de eficiență a proteinei (PER) nu a prezentat o diferență semnificativă ($p > 0,05$) între cele patru variante experimentale.

S-a observat o reducere semnificativă a ratei de conversie a furajelor (FCR) pe măsură ce nivelul de proteine din dietă a crescut, variind de la 2,74 la 1,27.

Cea mai bună rată de conversie a fost înregistrată la V_4 (50% proteină brută), urmată de V_3 și V_2 (45% și 44% proteine), fără diferențe semnificative între V_3 și V_2 ($p > 0,05$).

Performanța creșterii peștilor și eficiența utilizării furajelor au crescut progresiv odată cu creșterea nivelului de proteine din dietă de la 30% la 50%. Cele mai bune rezultate de creștere au fost obținute când peștii au fost hrăniți cu o dietă cu conținut de proteine de 50%, iar rata de creștere a fost semnificativ diferită față de grupurile hrănite cu diete de 30%, 44% și 45% proteine. Rata creșterii specifice (SGR) a prezentat o tendință de creștere semnificativă odată cu creșterea nivelului de proteine din dietă ($p < 0,05$). Valorile SGR au fost înregistrate ca fiind $1,37 \pm 0,05$, $2,01 \pm 0,11$, $2,11 \pm 0,08$ și $2,33 \pm 0,11\%$ pe zi pentru V_1 , V_2 , V_3 și respectiv V_4 .

Potrivit cercetărilor efectuate de Ebrahimi A. și colaboratorii în anul 2020, s-a constatat că conținutul de proteine a avut un impact semnificativ asupra creșterii în greutate, sporului de creștere, raportului de conversie a hranei (FCR), eficienței de utilizare a proteinelor (PER) și ratei specifice de creștere (SGR) la puietul de crap comun cu o greutate inițială de $30,5 \pm 3,1$ g.

Aceste constatări sugerează că nivelurile optime de proteine alimentare pot varia în funcție de stadiul de dezvoltare a crapului comun și că adaptarea dietelor pentru a răspunde nevoilor nutriționale specifice ale fiecărei etape de creștere poate contribui la îmbunătățirea performanței de creștere a peștilor. Este important să se continue cercetările în acest domeniu pentru a dezvolta strategii nutriționale eficiente pentru creșterea optimă a crapului comun.

➤ Compoziția biochimică a cărnii de pește

Peștele este o sursă importantă de proteine animale pentru alimentația umană. Deoarece calitatea bună a cărnii este asociată cu un animal sănătos, analiza cărnii poate îmbunătăți comercializarea produselor de acvacultură. Compoziția biochimică a cărnii de crap a fost studiată de diverși autori. Modificările compoziției chimice legate de mărimea/ vârsta peștilor și efectul condițiilor de creștere sunt foarte importante pentru evaluarea calității cărnii de pește.

Compoziția biochimică a cărnii puietului de crap, hrănit cu furaje comerciale, cu conținut de proteine diferit, este detaliată în tabelul 6.6.

Tabelul 6.6- Influența calității furajelor asupra compoziției biochimice a cărnii de crap comun

Parametru	Variante experimentale				
	Inițial	V ₁ (30/7)	V ₂ (44/22)	V ₃ (45/16)	V ₄ (50/14)
Apă (%)	75,85±0,07	76,22±0,83	72,84±2,78	73,90±2,00	71,71±1,08
Proteine (%)	13,57±0,20	12,16±0,11	12,30±0,80	11,36±1,73	12,76±1,23
Lipide (%)	8,75±0,28	9,32±0,85	11,52±0,16	12,31±1,77	12,69±1,35
Cenușă (%)	1,87±0,15	1,89±0,10	1,86±0,06	1,57±0,014	1,89±0,10

Notă: Datele sunt prezentate ca medie a triplicatelor±SD, la finalul experimentului

Cele mai bune rezultate s-au obținut în ordine crescătoare V₁, V₂, V₃, V₄, proporționale cu procentul de proteine din furaje (30%, 44%, 45% și 50%). La aceste rezultate au contribuit și concentrațiile de lipide, dar nu în ordine crescătoare ca la proteine. Crapul, specie nerăpitoare, nu necesită în hrană concentrații mari de lipide de peste 15%, precum păstrăvul. Furajul 50/14 este cel mai bine echilibrat din punct de vedere energetic și din acest motiv a dat rezultatele cele mai bune.

6.2.4. Concluzii

Proteinele au un rol esențial nu doar în creșterea masei corporale ci și în producția de enzime, hormoni și anticorpi, fiind implicate în procesele vitale ale organismelor. Un deficit de proteine în dieta peștilor duce la încetinirea creșterii și pierdere în greutate. Pe de altă parte, un exces de proteine în dietă este de obicei transformat în energie și poate duce la creșterea nivelului de azotat în apă, afectând calitatea mediului acvatic.

Nivelul de proteine din furajele pentru crap are un impact semnificativ asupra sporului de creștere, ratei de conversie a furajelor și ratei specifice de creștere; identificarea nivelurilor optime de proteine, pentru fiecare etapă de dezvoltare a crapului reprezintă o condiție pentru a obține performanțe tehnologice.

Pentru a obține o creștere optimă la cel mai mic cost, este necesar să se estimeze nivelul optim de substanțe nutritive din dieta peștilor. Aceasta implică găsirea unui echilibru adecvat între proteinele, lipidele și glucidele din hrană pentru susținerea creșterii și a funcțiilor vitale, fără a excede nivelul necesar, care poate duce la probleme de mediu și costuri suplimentare.

CAPITOLUL 7. - INFLUENȚA RAȚIEI ZILNICE DE HRANĂ ASUPRA PERFORMANȚEI CREȘTERII PUIETULUI DE CRAP

7.1. Experiment 5 - Influența rației zilnice de hrană asupra performanței creșterii puietului de crap, nivel laborator

7.1.1. Introducere

Costurile cu hrana peștilor pot reprezenta 40-50% din costurile totale de exploatare (El - Sayed, 2006). Pentru a reduce aceste costuri, producătorii de furaje furnizează tabele/ghiduri de hrănire care indică rația zilnică de hrănire, respectiv cantitatea de hrană necesară în funcție de dimensiunea peștelui, masa corpului și temperatura apei. Printre diferitele măsuri de optimizare a gestionării furajelor pentru a spori beneficiul acestora, rația de hrană este un factor important, acest fapt fiind raportat pentru mai multe specii de cultură (Hung și colab., 2001).

7.1.2. Material și metode

Experimentul a avut ca scop determinarea nivelului optim de hrănire pentru puietul de crap, cu o masă corporală inițială de aproximativ de 10-12 g/ex, într-un sistem recirculant performant. Înainte de începerea experimentului, peștii au fost aclimatizați în condiții de laborator timp de o săptămână într-un bazin cu un volum de 500 litri. După această perioadă de aclimatizare, 720 de exemplare de crap au fost distribuite în douăsprezece NTL-uri cu capacitatea de 132 litri fiecare, în patru variante experimentale, fiecare în triplicat: V₁ – rația zilnică de 3% din greutatea corporală pe zi (% BW/ zi), V₂ - 3,9% BW/ zi, V₃ - 4,9% BW/ zi și V₄ - 6% BW/ zi. Rațiile zilnice au fost administrate în trei mese, programate la orele 08:00, 13:00 și 18:00. Peștii au fost hrăniți cu un furaj comercial, cu 45% proteină brută și 16% lipide (tabelul 7.2)

Tabelul 7.2-Compoziția furajului folosit în perioada experimentală

Ingrediente	U.M	Cantitate	Ingrediente	U.M	Cantitate
Proteine	%	45	Vitamin C	mg/kg	150
Lipide	%	16	Fe	mg/kg	60
Celuloză	%	2	Cu	mg/kg	6
Cenușă	%	7	Zn	mg/kg	100
Calciu	%	1,3	Mn	mg/kg	25
Sodiu	%	0,30	Ca	mg/kg	2,5
Fosfor	%	1	BHA (E320)	mg/kg	30
Vitamina A	IU/kg	10 000	BHT (E321)	mg/kg	29
Vitamina E	mg/kg	200			

Ingrediente: făină de pene, grâu, făină de pește, concentrat de floarea soarelui, făină de grâu, făină de sânge, ulei de pește, turte de rapiță, ulei de rapiță, pudră de hemoglobină, clorură de sodiu, carbonat de calciu.

Parametrii fizico-chimici ai apei au fost înregistrați zilnic, folosind multiparametrul portabil descris în capitolele anterioare. Concentrația compușilor azotului a fost măsurată de două ori pe săptămână. La finalul experimentului, au fost sacrificați șapte pești din fiecare unitate de creștere în vederea analizei compoziției cărnii (pește întreg, cu tot cu solzi). Umiditatea, proteina brută, lipidele și cenușa s-au determinat folosind metode uzuale, standardizate. Analizele au fost realizate în triplicat, rezultatele fiind calculate pe baza greutății umede a probelor.

7.1.3. Rezultate și discuții

➤ Monitorizarea parametrilor de calitate a apei

Mentținerea unei calități bune a apei este esențială pentru creșterea, supraviețuirea și producția speciilor de pești. Parametrii calității apei, cu excepția concentrației de amoniu, nu au prezentat diferențe

semnificative ($p > 0,05$) (tabelul 7.3). Concentrațiile de amoniu au înregistrat o creștere semnificativă odată cu nivelul crescut de hrănire ($p < 0,05$).

Temperatura apei a fluctuat în intervalul 23,28-23,4°C, încadrându-se în limitele optime pentru creșterea puietului de crap. Este evident că oscilațiile termice ale apei sunt direct legate de variațiile temperaturii aerului din mediul înconjurător. Dinamica temperaturii apei nu poate fi asociată cu elemente tehnologice, cum ar fi rația de furajare.

Tabelul 7.3-Valorile medii (\pm SD) ale principalilor parametri fizico-chimici ai apei

Parametrul	V ₁	V ₂	V ₂	V ₄
T°C	23,30±0,48	23,40±0,68	23,30±0,5	23,28±0,46
pH (pH unit)	8,09±0,13	8,15±0,12	8,15±0,14	8,15±0,14
OD (mg/ l)	7,59±0,36	7,87±0,42	7,95±0,32	7,84±0,35
N-NO ₂ ⁻ (mg/ l)	0,25 ±0,09	0,26±0,13	0,26±0,10	0,27±0,13
N-NO ₃ ⁻ (mg/ l)	18,56±5,30	18,80±4,76	18,87±6,47	19,78±4,76
N-NH ₄ ⁺ (mg/ l)	0,21±0,11	0,32±0,09	0,38±0,16	0,45±0,18
P-PO ₄ ⁺ (mg/ l)	0,62±0,48	0,64±0,23	0,67±0,23	0,68±0,30

Oxigenul dizolvat reprezintă, fără îndoială, cel mai important parametru al apei tehnologice. Peștii mai mici necesită o cantitate mai mare de oxigen decât peștii mari, deoarece au o rată metabolică mai ridicată. Pentru specia crap, care se dezvoltă optim între 22-28°C, concentrația optimă de oxigen este de aproximativ 5-7 mg/l. În acest context, s-a urmărit menținerea nivelului concentrației de oxigen în limitele acceptabile din punct de vedere tehnologic. Din figura iar figura 7.2 se observă că, pe durata experimentului, în toate variantele concentrația oxigenului a oscilat în limitele 7-8 mg/l.

pH-ul apei a variat în limitele optime impuse de cerințele tehnologice specifice speciei (7-8,5 unități). Valoarea minimă înregistrată a fost de 8,09 în varianta V₁, în timp ce valoarea maximă a fost de 8,15 în variantele V₂, V₃ și V₄.

➤ Analiza performanței creșterii peștilor

La începutul experimentului, peștii aveau o masă corporală aproape egală și nu s-au înregistrat diferențe semnificative între variante. Omogenitatea valorilor a fost verificată și confirmată prin testul Levene ($p > 0,05$). După 31 de zile de creștere, a rezultat că media masei corporale finale a fost semnificativ mai mare în V₁ (20,29±1,21 g), comparativ cu celelalte trei variante ($p < 0,05$). În schimb, nu s-au înregistrat diferențe semnificative între variantele V₂ (18,90±0,53 g), V₃ (18,86±0,40 g) și V₄ (18,74±0,37 g) ($p > 0,05$).

Valorile coeficientului de determinare (R^2), peste 0,8 (80%), demonstrează omogenitatea rezultatelor. Cea mai bună dispersie a punctelor aferente perechilor de valori (W,L) s-a înregistrat în varianta V₃, cu un (R^2) de 0,911. În acest experiment, valorile coeficientului de creștere (b) au indicat o alometrie negativă ($b < 3$), în V₁, V₂ și V₄, însemnând că creșterea peștilor, proporțional, s-a realizat mai mult pe seama lungimii decât a greutateii. Totuși valorile obținute sunt foarte aproape de situațiile de izometrie. În varianta V₃ s-a înregistrat izometrie ($b = 3$), semn că peștii au crescut atât pe seama greutateii cât și a lungimii, fenomen de preferat.

Deși supraviețuirea peștilor a fost ridicată, variind între 94,67% și 98,33%, analiza ANOVA a arătat că rata de supraviețuire nu a fost influențată semnificativ de rația zilnică de hrană ($p > 0,05$). Cea mai înaltă rată de supraviețuire s-a obținut tot în varianta V₁ în care s-a utilizat o rație de 3% BW.

La sfârșitul experimentului de creștere, s-au obținut următorii indici tehnologici (tabel 7.4).

Tabelul 7.4- Indicatorii tehnologici pentru performanță creșterii crapului în NTL

Varianta exp.	V1		V2		V3		V4					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
Elemente de calcul												
Biomasă inițială (g)	663	666	665	665	663	664	667	665	665	667	660	668
Biomasă inițială (kg/m ³)	4,64	4,66	4,66	4,66	4,64	4,65	4,67	4,65	4,66	4,67	4,62	4,68
Biomasă finală (g)	1193	1188	1190	1101	1105	1100	1102	1100	1098	1091	1095	1093
Biomasă finală (kg/m ³)	8,35	8,32	8,33	7,71	7,74	7,70	7,71	7,70	7,69	7,64	7,67	7,65
Spor creștere biomasă (g)	530	522	525	436	442	436	435	435	433	424	435	425
Spor creștere biomasă (kg/m ³)	3,71	3,65	3,68	3,05	3,09	3,05	3,04	3,05	3,03	2,97	3,05	2,98
Numar pești-inițial	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Număr pești final	60	57	59	58	57	60	57	59	59	69	59	57
Supraviețuirea (%)	100	97	98	91	93	100	95	98	98	98	98	95
Masă medie inițială (g/ex)	11,06	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,0	11,1
Masă medie finală (g/ex)	19,88	20,84	20,17	18,98	19,39	18,33	19,33	18,64	18,61	18,49	18,56	19,18
GR (Rata creșterii zilnice) (g/zi)	17,08	16,84	16,94	14,05	14,24	14,07	14,02	14,05	13,97	13,68	14,03	13,71
SGR (%/zi)	1,89	1,87	1,88	1,62	1,65	1,63	1,62	1,63	1,62	1,59	1,63	1,69
Spor creștere individual (g)	8,8	9,7	9,1	7,9	8,3	7,3	8,2	7,6	7,5	7,4	7,6	8,0
Cantitatea totală de furaje distribuite (g)	617	619	618	804	802	803	1014	1009	1010	1220	1207	1222
FCR (g furaj/g spor biomasă)	1,16	1,19	1,18	1,85	1,82	1,84	2,33	2,32	2,33	2,88	2,78	2,84

În ceea ce privește sporul individual de creștere și sporul de biomasă, cele mai bune rezultate s-au obținut în varianta V₁, cu rația zilnică de 3%BW (9,2 g/ex, 525,6 g biomasă). În celelalte variante, s-au obținut următoarele valori medii: V₂ (7,8 g/ex, 437,6 g biomasă), V₃ (7,7 g/ex, 434,3 g biomasă), V₄ (7,6 g/ex, 428,0 g biomasă). Diferențele între V₁ și celelalte trei variante au fost semnificative.

Managementul hrănirii este o condiție esențială pentru obținerea unor producții rentabile, cu costuri scăzute. Un prim pas în acest sens îl reprezintă optimizarea consumului de furaje. Cel mai bun coeficient de conversie a furajelor (FCR) a fost obținut în varianta V_1 (1,18 kg furaje pentru 1 kg spor creștere biomasă). Comparativ cu celelalte variante (FCR de 1,84, 2,33 și 2,84), diferențele au fost semnificative.

Au fost observate diferențe semnificative ($p > 0,05$) între valorile GR și SGR obținute în cele patru variante experimentale, cele mai bune valori fiind înregistrate tot în varianta V_1 (16,95 grame/ zi, 1,88 g%/zi). Spre comparație, s-au obținut valori medii mult mai mici în V_2 (14,12 g pentru GR, 1,63 g%/zi pentru SGR), V_3 (14,01 g/zi-GR, 1,62 g%/zi-SGR), V_4 (13,81 g/zi, 1,58 g%/zi-SGR).

Parametrii finali ai creșterii puilor de crap, rezultați în cercetările noastre, se apropie de rezultatele obținute în alte cercetări. Markovic și colab. (2012) au observat o rată de creștere specifică (SGR) maximă de 1,09%/zi și un raport de conversie a furajelor (FCR) cuprins între 1,49 și 2,82, pe parcursul a 90 de zile de creștere.

Prin analiza critică a tuturor indicatorilor tehnologici din acest experiment, se poate concluziona că performanța creșterii puietului de crap într-un sistem recirculant depinde de cantitatea de furaje distribuite, implicit de rația zilnică, dar creșterea peștilor nu este direct proporțională. Din nefericire, se poate întâmpla ca o rație de hrană să fie greșit calculată, prea mică sau prea mare, cu influențe negative asupra ritmului de creștere a peștilor.

➤ Compoziția biochimică a cărnii de pește

Rezultatele privind efectele nivelurilor de hrănire asupra compoziției biochimice a cărnii sunt prezentate în tabelul 7.5. Cercetările au demonstrat că mărirea rației zilnice afectează semnificativ conținutul de apă, proteine, lipide și cenușă din corpul peștilor ($p < 0,05$). În ceea ce privește conținutul de proteine, s-au obținut valori semnificativ mai mari în varianta V_4 (14,56 %), decât în V_1 (13,78%), V_2 (12,31%) și V_3 (14,32%) (Cordeli A.N. și colab., 2021).

Tabelul 7.5-Influența rației zilnice asupra compoziției biochimice a cărnii puietului de crap

Parametru	Variantă experimentală			
	V_1	V_2	V_3	V_4
Apă (%)	72,68±0,17	72,98±0,16	70,43±0,17	70,43±0,13
Proteine (%)	13,78±0,08	12,31±0,16	14,32±0,76	14,56±0,31
Lipide (%)	11,58±0,42	12,37±0,14	12,29±0,32	12,85±0,63
Cenușă (%)	1,47±0,03	1,67±0,02	1,72±0,07	1,78±0,05

Notă: Datele sunt prezentate ca medie a triplicatelor ± SD

S-a observat o creștere semnificativă a conținutului de lipide și cenușă odată cu creșterea nivelurilor de hrănire ($p < 0,05$). Cele mai scăzute valori au fost înregistrate în varianta V_1 , cu rația zilnică cea mai mică de 3%/zi. Deși pare surprinzător, rezultatele sunt explicabile; de regulă creșterea umidității se face pe seama scăderii concentrației de lipide, proteinele rămânând relativ la aceleași valori. În cazul nostru, proteinele au fost aproape de 14 %, cu excepția variantei V_2 unde au avut 12,31 %.

7.1.4. Concluzii

În acvacultură, managementul hrănirii este o condiție extrem de importantă pentru a minimiza costurile de producție și pentru a maximiza rentabilitatea.

Alegerea celei mai bune rații zilnice de hrană trebuie să se facă în funcție de capacitatea și performanțele sistemului de cultură, specie și calitatea hranei. Creșterea nivelului de hrănire peste anumite limite nu îmbunătățește semnificativ performanța de creștere a peștilor.

Pe baza rezultatelor obținute în acest experiment, s-a stabilit că pentru puietul de crap comun, *Cyprinus carpio*, cu o masă corporală de 11-21 g/exemplar, cea mai bună rație zilnică de hrănire este de aproximativ 3% din masa corporală pe zi. Valori mai mari au condus la rezultate tehnologice nesatisfăcătoare și poluarea sistemului de creștere.

7.2. Experiment 6 - Influența rației zilnice de hrană asupra performanței creșterii puietului de crap, nivel pilot

7.2.1. Introducere

Cererea consumatorilor pentru produse din pește și alte organisme acvatice a determinat fermierii să-și dezvolte infrastructura de producție și să aplice tehnologii noi, inovative, care să permită utilizarea unor densități de populare ridicate și hrană de calitate, pentru a obține producții cât mai mari, care să acopere toate cheltuielile de producție și să aducă și profit.

Scopul experimentului a fost de a determina influența rației zilnice de hrană asupra performanței puietului de crap crescut într-un sistem recirculant, ce a avut ca unități de creștere căzi din material plastic cu capacitatea de 1 m³. Alegerea rației optime influențează hotărâtor nivelul producțiilor și costurile de producție.

7.2.2. Material și metode

În acest experiment, materialul biologic a fost reprezentat de puiet de crap cu o masă corporală inițială medie (*W*) de 5,49 ± 0,06 g și o lungime totală (*L*) de 60 ± 0,5 mm. Peștii au fost împărțiți în patru variante experimentale, fiecare variantă în duplicat: *V*₁ – cu rația zilnică de 3,0%BW, *V*₂ - cu rația zilnică de 3,4%BW, *V*₃ - cu rația zilnică de 4,0%BW și *V*₄ - cu rația zilnică de 4,4%BW. Rațiile zilnice au fost administrate peștilor în trei mese, programate la orele 08:00, 13:00 și 18:00. Peștii au fost hrăniți cu un furaj comercial 45/16 (45% proteină brută și 16% lipide).

Sistemul recirculant a constat în opt unități de creștere de 1m³ fiecare, pompe de recirculare a apei, filtru mecanic, filtru biologic, instalație de sterilizare a apei, echipamente pentru măsurarea parametrilor fizico-chimici ai apei. Parametrii fizico-chimici ai apei au fost monitorizați zilnic cu ajutorul senzorilor integrați în sistemul RAS.

Pentru determinarea compoziției biochimice a corpului peștilor, la finalul experimentului, au fost sacrificați câte șapte pești din fiecare unitate de creștere. S-au determinat umiditatea, proteina brută, lipidele și cenușa, folosind metode uzuale. Analizele au fost realizate în triplicat, rezultatele fiind calculate pe baza greutateii umede a probelor.

7.2.3. Rezultate și discuții

➤ Monitorizarea parametrilor de calitate a apei

Intensitatea hrănirii, compoziția hranei, activitatea metabolică și cantitatea de hrană neconsumată modifică calitatea apei din bazinele de creștere. Cea mai mare parte din hrana administrată este consumată de pești, în timp ce hrana neconsumată, dacă nu este eliminată, se descompune în cadrul sistemului.

Temperatura apei a fost relativ constantă pe durata experimentului, având în vedere că apa a fost recirculată. Media temperaturii, înregistrată în cele patru variante (opt unități de creștere), a oscilat între 20°C și 23,8°C.

Oxigenul dizolvat în apă, de asemenea, nu a prezentat diferențe semnificative între cele patru variante experimentale, de regulă fiind în intervalul 7-8 mg/l.

Amoniu este un compus instabil care se poate transforma în amoniac, care este extrem de toxic pentru biomasa de cultură.

Concentrația de nitrați, produsul final al oxidării amoniului de către complexul bacterian *Nitrosomonas-Nitrobacter*, reprezintă un alt parametru important al calității apei, care a fost supravegheat permanent pe durata experimentului. Dinamica concentrației de nitrați în apa din unitățile de creștere, arată că aceasta se încadrează într-un interval de valori cuprins între 11,5 mg/l (valoare minimă) și 18,6 mg/l (valoare maximă), situându-se sub pragul admisibil din punct de vedere tehnologic.

➤ **Analiza performanței creșterii peștilor**

Rezultatele principalelor indicatori de performanță tehnologică, obținuți prin analiza datelor inițiale și finale, sunt prezentate în tabelul 7.6.

Tabelul 7.6-Indicatorii tehnologici la sfârșitul perioadei experimentale

Elemente de calcul	V ₁		V ₂		V ₃		V ₄	
	V ₁ R ₁	V ₁ R ₂	V ₂ R ₁	V ₂ R ₂	V ₃ R ₁	V ₃ R ₂	V ₄ R ₁	V ₄ R ₂
Biomasa inițială (g)	1097,84	1095,73	1079,48	1095,18	1112,24	1084,47	1108,6	1111,67
Biomasa inițială (kg/m³)	2,20	2,19	2,16	2,19	2,22	2,17	2,22	2,22
Biomasa finală (g)	2537	2189	1934	1827	2018	2060	2075	1994
Biomasa finală (kg/m³)	5,07	4,38	3,87	3,65	4,04	4,12	4,15	3,99
Spor creștere biomasă (g)	1439	1093	855	732	906	976	966	882
Spor creștere biomasă (kg/m³)	2,88	2,19	1,71	1,46	1,81	1,95	1,93	1,76
Număr pești-inițial	200	200	200	200	200	200	200	200
Număr pești final	192	195	195	197	199	195	194	196
Supraviețuirea (%)	96	98	98	99	100	98	97	98
Masa medie inițială (g/ex)	5,49	5,48	5,40	5,48	5,56	5,42	5,54	5,56
Masa medie finală (g/ex)	13	11	10	9	10	11	11	10
GR (Rata creșterii zilnice)(g/zi)	46,42	35,27	27,57	23,61	29,22	31,47	31,17	28,46
SGR (%/zi)	2,70	2,23	1,88	1,65	1,92	2,07	2,02	1,88
Spor creștere individual (g)	8	6	5	4	5	5	5	5
Cant. totală de furaje distrib. (g)	1439	1437	1707	1725	2172	2133	2518	2523
FCR (g furaj/g spor biomasă)	1,00	1,31	2,00	2,36	2,40	2,19	2,61	2,86
Rația zilnică (g/kg gr.met.)	10,5	10,5	12	12	14	14	15,5	15,5
Rația zilnică (% biomasă)	3,0	3,0	3,4	3,4	4,0	4,0	4,4	4,4

Pentru stabilirea gradului de corelație dintre lungimea totală și masa corporală s-au obținut ecuațiile curbelor de regresie și s-a calculat coeficientul de determinare (R^2), pentru fiecare din cele patru variante experimentale. Au rezultat valori foarte bune pentru coeficientul de determinare, peste 0,90 în variantele V₁, V₂ și V₄ și 0,86 în V₃. Toate valorile indică o bună dispersie a punctelor față de curba de regresie (Cordeli A.N. și colab., 2019).

Din analiza regresiei masă corporală-lungime totală, se pot observa valori foarte apropiate ale factorului alometric „b” pentru toate cele patru variante experimentale. Cea mai mare valoare a factorului alometric a fost calculată pentru varianta experimentală V₁ (b=3,21), urmată de variantele experimentale V₃ (b=3,18), V₂ (b=3,04). În aceste situații, alometria a fost pozitivă (b>3), adică creșterea peștilor s-a făcut mai mult pe seama greutatei decât a lungimii, fenomen pozitiv care arată condiții bune de viață pentru pești. Valori mai scăzute ale factorului alometric au fost obținute în cazul rației de 4% din biomasă, respectiv V₄ (b=2,98), aproape, totuși, de alometrie pozitivă.

Pentru o apreciere cât mai corectă a influenței rației asupra performanței creșterii puietului de crap, din cele patru variante experimentale, s-a analizat sporul de biomasă. În varianta V₁, cu rația zilnică de 3,0 % BW, s-a înregistrat cel mai crescut spor de creștere a biomasei piscicole (1266 g), în timp ce, în varianta experimentală V₂ s-a obținut o valoare minimă de 732 grame. Masele corporale medii individuale, la sfârșitul experimentului, au avut valori de 12 g/exemplar în V₁, 9,5 g/exemplar în V₂, 10,5 g/exemplar în

V₃ și 11 g/exemplar în V₄. Se confirmă faptul că varianta cea mai bună a fost V₁, cu rația zilnică cea mai mică, de 3,0 %BW.

În ceea ce privește valorile factorului de conversie a hranei (FCR), analiza statistică a evidențiat diferențe semnificative ($p < 0,05$) între variantele V₁ (1,16), V₂ (2,18), V₃ (2,30), și respectiv V₄ (2,74) g furaj/g spor biomasă, observându-se o mai bună utilizare a nutrienților, respectiv o eficiență economică mai ridicată, în cazul hrănirii cu rația cea mai mică.

În ceea ce privește rata creșterii specifice (SGR), s-a constatat o scădere a acesteia odată cu creșterea rației, diferențele între variantele experimentale fiind semnificative ($p < 0,05$). Astfel, SGR a înregistrat valori medii de 2,47 %BW/zi în V₁, 1,77 %BW/zi în V₂, 2,00 %BW/zi în V₃, respectiv de 1,95 %BW/zi în V₄. Rata creșterii zilnice (GR) a avut următoarele valori medii: 40,85 g în V₁, 25,59 g în V₂, 30,35 g în V₃ și 29,82 g în V₄. Se confirmă că varianta cu rația zilnică de 3%BW a fost cea mai eficientă.

➤ Compoziția biochimică a cărnii de pește

Influența rației zilnice de hrană asupra compoziției biochimice a cărnii (pește întreg) sunt prezentate în tabelul 7.7. Cercetările au demonstrat că mărimea rației zilnice influențează semnificativ ($p < 0,05$) conținutul de apă, proteine, lipide și cenușă din corpul peștilor, în mod similar cu experimentul precedent desfășurat în NTL. În ceea ce privește conținutul de proteine, s-au obținut valori semnificativ mai mari în varianta V₃ (15,26 %), decât în V₁(13,66%), V₄ (13,05%) și V₂ (12,19%) (Cordeli A.N. și colab., 2021).

Tabelul 7.7- Influența rației asupra compoziției biochimice a corpului peștelui

Parametru	Variante experimentale				
	Inițial	V ₁ final	V ₂ final	V ₃ final	V ₄ final
Apă (%)	71,50±0,11	73,08±0,13	73,15±0,13	73,40±2,00	73,62±0,06
Proteine (%)	14,51±0,38	13,66±0,26	12,19±0,01	15,26±0,04	13,05±0,09
Lipide (%)	12,69±0,35	12,04±0,13	12,69±0,30	11,76±0,24	11,48±0,038
Cenușă (%)	1,58±0,04	1,47±0,069	1,59±0,02	1,51±0,018	1,59±0,097

Notă: Datele sunt prezentate ca medie a triplicatelor±SD

Conținutul de lipide a avut valori mai mari în V₁ (12,04%) și V₂ (12,69%). Paradoxal, cea mai mică valoare s-a obținut în varianta V₃ (11,76%), cu o rație zilnică mai mare (4% BW). Se confirmă variația invers proporțională între conținutul de apă și cel de lipide, în sensul că scăderea apei antrenează o creștere a lipidelor corporale. În ceea ce privește conținutul în cenușă, nu s-au înregistrat diferențe statistice semnificative între variantele experimentale și nici față de valorile rezultate din probele inițiale.

7.2.4. Concluzii

Performanța creșterii peștilor într-un sistem recirculant de acvacultură este influențată în mod semnificativ de o serie de factori ecotehnologici și biologici precum capacitatea portantă a sistemului, calitatea apei, specia de cultură, etapa de dezvoltare sau vârsta, cerințele nutriționale etc.

Rezultatele biotehnologice obținute au demonstrat că, în ceea ce privește performanța creșterii și eficiența hrănirii, varianta cu rația zilnică de 3% din masa corporală este cea mai indicată pentru creșterea puietului de crap în unități de creștere de capacitate mică, tip NTL sau NTP. De remarcat că rația zilnică nu poate fi aleasă oricât de mare, deoarece se pot consuma nejustificat cantități importante de furaje. Pe baza rezultatelor obținute, se poate concluziona că rații zilnice de furajare prea mari pot duce la o scădere a producției. De asemenea, alegerea unei rații optime de hrănire trebuie să țină cont de eficiența utilizării furajelor și de impactul asupra calității apei. Administrarea unei cantități excesive de furaje poate conduce și la deteriorarea calității apei.

Alegerea rației zilnice de hrană și implicit calculul necesarului de furaje trebuie să se facă doar în corelație cu biomasa piscicolă existentă în sistemul de creștere. Un aspect tehnologic important îl reprezintă și frecvența meselor zilnice. Se recomandă ca hrana să fie împărțită în minim trei mese pe zi.

CAPITOLUL 8. - PERFORMANȚA CREȘTERII, STAREA FIZIOLOGICĂ ȘI EFICIENȚA REȚINERII NUTRIENȚILOR LA PUIETUL DE CRAP

8.1. Introducere

Eficiența reținerii nutrienților din furaje în carnea peștilor poate varia în funcție de mai mulți factori: mediul de creștere, specia, calitatea hranei, starea de sănătate etc. O dietă echilibrată și adaptată pentru fiecare specie, împreună cu aplicarea bunelor practici de acvacultură, durabile și responsabile, pot contribui la obținerea unor producții foarte mari.

Scopul cercetărilor a fost ca, pe baza experienței acumulate în primele șase experimente, să se stabilească eficiența reținerii nutrienților din furaje în carne peștilor, într-un sistem recirculant de acvacultură.

8.2. Material și metode

Materialul biologic a fost reprezentat de puiet crap cu masa corporală medie inițială de $18 \pm 0,56$ g/exemplar. 1200 de pești au fost repartizați în patru variante de densitate, fiecare cu câte două repetiții (duplicat): V₁- 40 de pești/unitatea de creștere; V₂- 80 de pești/unitatea de creștere; V₃- 160 de pești/unitatea de creștere; V₄- 320 de pești/unitatea de creștere.

Pentru aprecierea stării fiziologice, au fost determinați parametri hematologici: număr eritrocite, hematocritul (Ht), hemoglobina (Hb), volumul eritrocitar mediu (VEM), hemoglobina eritrocitară medie (HEM), concentrația de hemoglobină eritrocitară medie (CHEM).

Tabelul 8.1-Compoziția chimică a furajului folosit în perioada experimentală

Ingrediente	U.M	Valoare	Ingrediente	U.M	Valoare
Proteine	%	45	Vitamin C	mg/kg	150
Lipide	%	16	Fe	mg/kg	60
Celuloză	%	2	Cu	mg/kg	6
Cenușă	%	7	Zn	mg/kg	100
Calciu	%	1,3	Mn	mg/kg	25
Sodiu	%	0,30	Ca	mg/kg	2,5
Fosfor	%	1	BHA (E320)	mg/kg	30
Vitamina A	IU/kg	10 000	BHT (E321)	mg/kg	29
Vitamina E	mg/kg	200			

Ingrediente: făină de pasăre, grâu, făină de pește, concentrat de floarea soarelui, făină de grâu, făină de sânge, ulei de pește, turte de rapiță, ulei de rapiță, pudră de hemoglobină, clorură de sodiu, carbonat de calciu.

Pentru determinarea compoziției biochimice a corpului peștilor, la finalul experimentului, au fost sacrificați câte zece pești din fiecare unitate de creștere. S-au determinat umiditatea, proteina brută, lipidele și cenușa, folosind metode uzuale. Analizele au fost realizate în triplicat, rezultatele fiind calculate pe baza greutateii umede a probelor.

8.3. Rezultate și discuții

➤ Monitorizarea parametrilor de calitate a apei

În sistemele superintensive de creștere a peștilor, apa tehnologică este doar substratul fizic necesar, fără a avea influență asupra productivității. Mediul de viață trebuie să asigure un nivel optim de confort tehnologic pentru biomasa de cultură (Stepanowska K. și colab., 2006).

În fiecare zi, s-au monitorizat parametri fizico-chimici ale apei (temperatura, nivelul de oxigen dizolvat și pH-ul) utilizând senzorii încorporați în sistem. Săptămânal, au fost măsurați compușii azotului: (nitriți N-NO₂⁻, nitrați N-NO₃⁻, amoniul N-NH₄⁺).

Pe durata experimentului, toți parametri fizico-chimici ai apei au oscilat între limitele admisibile, aproape de optimul tehnologic (tabelul 8.2). Nu au fost diferențe semnificative între variantele experimentale (verificat prin analiza ANOVA, $p > 0,05$).

Tabelul 8.2- Valorile medii ale principalilor parametri fizico-chimici ai apei ($\pm SD$)

Parametru	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄
Temperatură °C	20,5±1,34	20,7±1,36	20,3±1,38	20,1±1,52
Oxigen dizolvat (mg/L)	14±2	13±2	12±1	12
pH (pH unit)	7	7	7	7
N-NO ₃ (mg/l)	24,56±4,26	24,84±4,54	25,28±4,86	26,84±2,17
N-NO ₂ (mg/ l)	0,07±0,02	0,08±0,023	0,08±0,04	0,084±0,03
N-NH ₄ ⁺ (mg/ l)	0,06±0,03	0,07±0,04	0,12±0,049	0,12±0,06

Temperatura apei a variat între valorile limită 20,1±1,52°C în V₄ și 20,7±1,36°C în V₃. **Conținutul de oxigen dizolvat** a înregistrat variații între 12 mg/l în V₄ și 14±2 mg/l în V₁.

pH-ul apei a fost menținut constant, de asemenea. Având în vedere funcționarea optimă a sistemului recirculant și faptul că apa tehnologică, după filtrare, trecea în toate unitățile de creștere, nu au apărut diferențe între variantele experimentale.

Compușii azotului au rămas permanenți în intervalul optim pentru creșterea crapului. Variația **concentrației nitraților** este prezentată în figura 8.2. După ce populația de bacterii a devenit stabilă, biofiltrul a funcționat la parametri optimi, favorizând o bună filtrare a apei. Pe durata experimentului, s-au înregistrat valori ale nitraților cuprinse în intervalul 24,4÷26,8 mg/l, cu o medie 25,38 mg/l.

Rezultatele analizei valorilor medii ale **concentrației nitriților** pentru întreaga perioadă experimentală indică absența unor diferențe semnificative între cele patru densități de stocare evaluate. Valorile medii ale concentrației de N-NO₂⁻, calculate pentru fiecare unitate de creștere, au fost de 0,08±0,023 mg/l (V₁), 0,08±0,04 (V₂), 0,084±0,03 (V₃) și 0,07±0,02 pentru V₄.

Valorile ionului **amoniu (N-NH₄⁺)** nu au înregistrat diferențe semnificative între variantele experimentale. Valorile acestuia au fluctuat într-un interval de 0,01÷0,20 mg/l, având o medie de 0,05±0,12 mg/l. Menținerea nivelului de amoniu în limitele acceptabile din punct de vedere tehnologic indică faptul că prima etapă a procesului de nitrificare din filtrul biologic a decurs în mod normal.

➤ Analiza performanței creșterii puietului de crap

La finalul experimentului, s-au înregistrat diferențe semnificative (ANOVA, $p < 0,05$), între cele patru variante de densitate, la următorii indicatori tehnologici: masa corporală, coeficientul de conversie a furajului, rata creșterii specifice și raportul de eficiență a proteinelor (tabelul 8.3).

Cu toate că supraviețuirea peștilor a fost ridicată, între 94% și 100%, analiza ANOVA a arătat că rata de supraviețuire nu a fost influențată semnificativ de densitatea de stocare ($p > 0,05$). Cea mai înaltă rată de supraviețuire s-a înregistrat la densitatea cea mai mică (V₁).

Corelația dintre lungimea totală și masa corporală (Lt-M) s-a realizat pe măsurătorilor efectuate la finalul experimentului. Datele obținute, de la un eșantion de câte 50 de exemplare din fiecare variantă experimentală, au fost analizate în scopul elaborării unui model de creștere și determinării unei ecuații de creștere a puietului de crap. Estimarea creșterii s-a realizat cu ajutorul regresiei liniare și a ecuației logaritmice.

Analiza regresiei lungime-masă corporală pentru cele patru variante experimentale a evidențiat coeficienți de determinare mari ($R^2=0,9352$ în varianta V₂ cu o densitate inițială de 80 pești/unitatea de creștere, respectiv 2,85 kg/m³, $R^2=0,9495$ în varianta V₁ cu o densitate inițială de 40 pești/unitatea de

creștere, respectiv 1,52 kg/m³, R²=0,9567 în varianta V₄ cu o densitate inițială de 320 pești/unitatea de creștere, respectiv 11,18 kg/m³, R²=0,9601 în varianta V₃ cu o densitate inițială de 160 pești/unitatea de creștere, respectiv 5,68 kg/m³).

Tabelul 8.3 – Indicatorii tehnologici obținuți la creșterea crapului

Varianta experimentală	V ₁		V ₂		V ₃		V ₄	
	V ₁ R ₁	V ₁ R ₂	V ₂ R ₁	V ₂ R ₂	V ₃ R ₁	V ₃ R ₂	V ₄ R ₁	V ₄ R ₂
biomasa inițială (g)	759	749	1426	1429	2840	2838	5594	5585
Masa individuală medie (g)	19	18,7	17,8	17,9	17,8	17,7	17,5	17,5
biomasa inițială (kg/m ³)	1,52	1,50	2,85	2,86	5,68	5,68	11,19	11,17
biomasa finală (g)	1800	1846	3440	3326	5255	5515	9242	9359
biomasa finală (kg/m ³)	3,60	3,69	6,88	6,65	10,51	11,03	18,48	18,72
spor creștere biomasă (g)	1041	1097	2014	1897	2415	2677	3648	3774
spor creștere biomasă (kg/m ³)	2,08	2,19	4,03	3,79	4,83	5,35	7,30	7,55
numar pești-inițial	40	40	80	80	160	160	320	320
număr pești final	39	38	80	79	157	150	303	303
supraviețuirea (%)	98	95	100	99	98	94	95	95
masa medie inițială (g/ex)	19,0	18,7	17,8	17,9	17,8	17,7	17,5	17,5
masa medie finală (g/ex)	46,2	48,6	43,0	42,1	33,5	36,8	30,5	30,9
zile creștere	61	61	61	61	61	61	61	61
GR (Rata creșterii zilnice) (g/zi)	0,45	0,49	0,41	0,40	0,26	0,31	0,21	0,22
SGR (%/zi)	1,4	1,5	1,4	1,4	1,0	1,1	0,8	0,8
spor creștere individual (g)	27,2	29,8	25,2	24,2	15,7	19,0	13,0	13,4
cant. totală de furaje distrib (g)	1374	1362	2627	2632	5239	5236	10362	10351
FCR (g furaj/g spor biomasă)	1,32	1,24	1,30	1,39	2,17	1,96	2,84	2,74
rația zilnică (g/kg gr.met.)	9	9	9	9	9	9	9	9
ratia zilnică (% biomasă)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
proteina brută furaj (PB %)	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%

Valoarea coeficientului de alometrie “b” arată o condiție mai bună a exemplarelor din această variantă experimentală, înregistrând o valoare de 3,1203 (alometrie pozitivă, peștii cresc mai mult pe seama greutatei decât a lungimii). Valoarea cea mai mică a coeficientului alometric a fost înregistrată în varianta experimentală (V₂=2,9501, alometrie negativă), totuși o valoare apropiată de coeficienții alometrici din V₃ (3,0465) și V₄ (3,0501). Ținând cont atât de valorile lui R², cât și de valorile coeficientului “b”, rezultă că varianta cu densitatea cea mai mică a fost mai bună.

În condițiile unei supraviețuiri foarte bune (94-100%) dinamica masei corporale medii finale, în cele patru variante experimentale, arată că tot varianta V₁, cu densitatea cea mai mică, este mai bună (figura 8.9). Astfel, în V₁ s-a obținut o masă corporală individuală medie de 47,4 g/exemplar, în V₂ o masă corporală de 42,55 g/exemplar, în V₃ de 35,15 g/exemplar iar în V₄ de 30,7 g/exemplar. În ceea ce privește sporul de biomasă finală, evident că varianta V₄, cu densitatea cea mai mare, a dat și biomasă cea mai mare. De altfel, între cele patru variante, în ceea ce privește biomasă finală, diferențele sunt semnificative (p<0,05)

Din analiza indicatorilor tehnologici, se poate observa faptul că densitatea de stocare a avut influență asupra conversiei hranei și reținerii nutrienților din furaje în carne. Coeficientul de convesie a hranei FCR a înregistrat valorile cele mai mici pentru prima variantă experimentală (1,24 – 1,32 g spor/g furaj consumat), fiind urmate de valorile înregistrate în cea de a doua variantă (1,30-1,39 g/g). Cele mai mari valori ale FCR, aspect negativ, s-au înregistrat în varianta cu densitatea cea mai mare V₄, (2,74-2,84 g/g), mai mult decât dublu față de primele două variante.

Rata creșterii individuale zilnice (GR), indicatorul tehnologic care arată o creșterea liniară a peștilor, a fost în medie 0,47 g/zi în V₁, 0,41 g/zi în V₂, 0,28 g/zi în V₃ și 0,22 g/zi în V₄. Se observă că varianta cu densitatea cea mai mică a fost cea mai bună (figura 8.11). Rata creșterii specifice SGR a avut o variație

asemănătoare, valorile cele mai bune fiind în variantele cu densitatea cea mai mică. S-au obținut SGR de 1,51 %/zi în V₁, 1,42 %/zi în V₂, 1,12 %/zi în V₃ și 0,92 %/zi în V₄.

În ceea ce privește raportul eficienței proteinelor (PER) acesta a înregistrat, de asemenea, cele mai bune valori în densitățile de stocare V₁ (1,52 g spor creștere/g proteine ingerate) și V₂ (1,40 g/g). Cele mai mici valori s-au înregistrat în varianta cu densitatea cea mai mare V₄ (PER=0,70 g/g). Eficiența utilizării proteinelor PUE a avut o evoluție identică cu a PER, astfel: 23,94 % în V₁, 19,19 % în V₂, 11,94 % în V₃ și 9,74 % în V₄. Din punct de vedere statistic, diferențele între cele patru variante au fost semnificative (ANOVA, p<0,05).

➤ **Eficiența reținerii nutrienților din furaje în carnea peștelui**

În primele șase experimente, peștii au fost crescuți în NTL și NTP, pornind de la o masă corporală medie de aproximativ 1,5 grame/exemplar. După aproximativ trei luni de zile de experimentări, desfășurate la nivel de laborator și nivel pilot într-un modul de sistem recirculant mai complex din punct de vedere tehnologic, peștii au ajuns la o masă corporală de 17-19 grame/exemplar, moment când a fost început acest ultim experiment. În cele patru variante de densitate s-a folosit același furaj 45/16 și aceeași rație de 2 % BW. S-a preferat ca diferențele între variantele experimentale să fie date de densitatea de populare pentru a urmări și felul cum o biomasă piscicolă din ce în ce mai mare poate valorifica hrana, mai mult sau mai puțin eficient. De altfel, fermierii din sectorul de producție acvicolă sunt extrem de interesați de cercetările care urmăresc influența densității asupra performanței creșterii peștilor.

Calitatea cărnii peștelui și a furajelor este dată de compoziție lor biochimică. Comparând fiecare clasă de substanțe nutritive din cele două momente de analize biochimice, reprezentate de startul și finalul experimentului, se pot face următoarele aprecieri (tabelele 8.4-8.10).

La începutul experimentului cantitatea de apă din carnea peștelui proaspăt a fost de 73,32% (figura 8.13). La sfârșitul experimentului, varianta V₁ (media celor două repetiții) avea 66,92% apă, varianta V₂ avea 68,53% apă, varianta V₃ înregistra 68,50% apă iar varianta V₄ cumula 69,37% apă. Variind în raport invers cu procentul de apă, substanța uscată (S.U.) în mod firesc înregistrează valori direct proporționale cu creșterea calității și cantității furajelor distribuite.

Proteinele, în general, se acumulează în carne pe măsură ce rația este mai mare dar creșterea nu este liniară. În experimentul nostru, proteinele au avut valori medii inițiale de 13,55% și valori finale de 14,79% (V₁), 14,00% (V₂), 13,81% (V₃) și 13,69% (V₄).

Legat de evoluția lipidelor corporale, exprimate în substanța umedă, a rezultat că, față de momentul inițial când au avut o concentrație de 11,99%, pe măsura ce biomasa a crescut, cu atât peștele acumulează grăsimi: 16,60%(V₁), 16,67%(V₂), 16,45%(V₃) 15,54%(V₄) (figura 8.13).

Cenușa (substanțele minerale) a avut o oscilație mică, aproape constantă, fără diferențe semnificative între variante. Față de momentul inițial, când au avut o concentrație de 1,54%, pe măsura ce biomasa piscicolă a crescut, s-au obținut următoarele valori: 1,47% (V₁), 1,31% (V₂), 1,59% (V₃) 1,62% (V₄) (tabelul 8.4, tabelul 8.6).

Tabelul 8.4- Compoziția biochimică a biomasei inițiale

Varianta/ parametrul	(%)	Valori absolute							
		V ₁		V ₂		V ₃		V ₄	
		V _{1R1}	V _{1R2}	V _{2R1}	V _{2R2}	V _{3R1}	V _{3R2}	V _{4R1}	V _{4R2}
Apa (g)	73,32	556,50	549,17	1045,54	1047,74	2082,29	2080,82	4101,52	4094,92
Proteine (g)	13,55	102,84	101,49	193,22	193,63	384,82	384,55	757,99	756,77
Lipide (g)	11,99	91,00	89,81	170,98	171,34	340,52	340,28	670,72	669,64
Cenușa (g)	1,54	11,69	11,53	21,96	22,01	43,74	43,71	86,15	86,01
Diferențe (g)	-0,40	-3,04	-3,00	-5,70	-5,72	-11,36	-11,35	-22,38	-22,34
Total(g)	100	759	749	1426	14290	2840	2838	5594	5585

Tabelul 8.5- Compoziția biochimică absolută a biomasei finale

Varianta/ parametrul	V ₁		V ₂		V ₃		V ₄	
	V ₁ R ₁	V ₁ R ₂	V ₂ R ₁	V ₂ R ₂	V ₃ R ₁	V ₃ R ₂	V ₄ R ₁	V ₄ R ₂
Apa (g)	1209,24	1230,86	2314,50	2321,15	3555,48	3825,59	6545,18	6358,22
Proteine (g)	245,23	294,95	495,29	452,80	779,95	705,20	1068,47	1480,87
Lipide (g)	300,44	304,98	635,54	494,98	931,34	837,62	1393,14	1499,69
Cenușa (g)	23,92	30,24	46,65	42,71	87,71	84,71	168,76	134,49
Diferențe (g)	21,17	-15,03	-51,98	14,37	-99,48	61,88	66,45	-114,27
Total(g)	1800	1846	3440	3326	5255	5515	9242	9359

Tabelul 8.6 - Compoziția biochimică procentuală a biomasei finale

Varianta/ parametrul	V ₁		V ₂		V ₃		V ₄	
	V ₁ R ₁	V ₁ R ₂	V ₂ R ₁	V ₂ R ₂	V ₃ R ₁	V ₃ R ₂	V ₄ R ₁	V ₄ R ₂
Apa (%)	67,18	66,67	67,28	69,78	67,65	69,36	70,82	67,93
Proteine (%)	13,62	15,97	14,39	13,61	14,84	12,78	11,56	15,82
Lipide (%)	16,69	16,52	18,47	14,88	17,72	15,18	15,07	16,02
Cenușa (%) (subst.miner)	1,32	1,63	1,35	1,28	1,66	1,53	1,82	1,43
Diferențe (%)	1,17	-0,81	-1,51	0,43	-1,89	1,12	0,71	-1,22
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabelul 8.7 - Sporul de creștere

Varianta/ parametrul	V ₁		V ₂		V ₃		V ₄	
	V ₁ R ₁	V ₁ R ₂	V ₂ R ₁	V ₂ R ₂	V ₃ R ₁	V ₃ R ₂	V ₄ R ₁	V ₄ R ₂
Apă (g)	652,74	681,69	1268,96	1273,41	1473,19	1744,77	2443,66	2263,30
Proteine (g)	142,39	193,46	302,07	259,17	395,13	320,65	310,48	724,11
Lipide (g)	209,43	215,17	464,56	323,64	590,83	497,34	722,42	830,04
Cenușa (g)	12,23	18,70	24,69	20,70	43,97	41,01	82,61	48,48
Diferențe (g)	24,20	-12,03	-46,27	20,08	-88,12	73,23	88,83	-91,93
Total(g)	1041	1097	2014	1897	2415	2677	3648	3774

Analizând corelația dintre parametri de eficiență a nutriției precum PPV (PUE) (valoarea productivă a proteinelor sau eficiența utilizării proteinelor din furaje), LPV (LUE) (valoarea productivă a lipidelor sau eficiența utilizării lipidelor din furaje), PER (raportul eficienței proteinelor) și doi parametri de eficiență economică (sporul total de biomasă și FCR-coeficientul de conversie a furajelor), a rezultat că, pe măsură ce biomasa piscicolă din unitățile de creștere a crescut, eficiența reținerii nutrienților din hrană scade (tabelul 8.5, tabelele 8.7-8.9).

Tabelul 8.8 - Substanțe nutritive distribuite în hrană

Varianta/ parametrul	V ₁		V ₂		V ₃		V ₄	
	V ₁ R ₁	V ₁ R ₂	V ₂ R ₁	V ₂ R ₂	V ₃ R ₁	V ₃ R ₂	V ₄ R ₁	V ₄ R ₂
Total hrană umedă distribuită (g)	1374	1362	2627	2632	5239	5236	10362	10351
Proteine (g)	704,86	698,71	1347,65	1350,22	2687,61	2686,07	5315,71	5310,06
Lipide (g)	239,08	236,99	457,10	457,97	911,59	911,06	1802,99	1801,07
Glucide (g)	258,31	256,06	493,88	494,82	984,93	984,37	1948,06	1945,99
Cenușa (subst. minerale)(g)	87,94	87,17	168,13	168,45	335,30	335,10	663,17	662,46
Total hrană uscată distribuită (g)	1289,8	1278,5	2466,0	2470,7	4917,8	4915,0	9726,8	9716,5
Cf. de conversie (hrană umedă/spor cr. umed)	1,32	1,24	1,30	1,39	2,17	1,96	2,84	2,74
Cf. de conversie (hrană uscată/spor cr. umed)	1,24	1,17	1,22	1,30	2,04	1,84	2,67	2,57

Tabelul 8.9 - Eficiența nutriției

Varianta/ parametrul	V ₁		V ₂		V ₃		V ₄	
	V ₁ R ₁	V ₁ R ₂	V ₂ R ₁	V ₂ R ₂	V ₁ R ₁	V ₁ R ₂	V ₂ R ₁	V ₂ R ₂
Sporul de proteine corporale din biomasă (g)	142,39	193,46	302,07	259,17	395,13	320,65	310,48	724,11
Raportul eficienței proteinelor (PER) (g/g)	1,48	1,57	1,49	1,40	0,90	1,00	0,69	0,71
Valoarea productivă a proteinelor (PPV) (%)	20,20	27,69	22,41	19,19	14,70	11,94	5,84	13,64
Sporul de lipide corporale din biomasă (g)	209,43	215,17	464,56	323,64	590,83	497,34	722,42	830,04
Raportul eficienței lipidelor (LER) (g/g)	4,35	4,63	4,41	4,14	2,65	2,94	2,02	2,10
Valoarea productivă a lipidelor (LPV) (%)	87,60	90,79	101,63	70,67	64,81	54,59	40,07	46,09

Raportul substanțe nutritive corporale/proteine corporale este relativ mai bun în variantele cu biomasă mai mare, dar diferențele nu sunt semnificative la puietul de crap analizat 2,25 în V₁ și V₂, 2,29 în V₃, 2,27 în V₄ (tabelul 8.10).

Tabelul 8.10 - Raportul substanțe nutritive corporale/proteine corporale

Varianta/ parametrul	V ₁		V ₂		V ₃		V ₄	
	V ₁ R ₁	V ₁ R ₂	V ₂ R ₁	V ₂ R ₂	V ₁ R ₁	V ₁ R ₂	V ₂ R ₁	V ₂ R ₂
Apă/proteine (g/g)	4,93	4,17	4,67	5,13	4,56	5,42	6,13	4,29
Proteine/proteine (g/g)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Lipide /proteine (g/g)	1,23	1,03	1,28	1,09	1,19	1,19	1,30	1,01
Cenușă/proteine (g/g)	0,10	0,10	0,09	0,09	0,11	0,12	0,16	0,09
Diferențe (g)	0,09	-0,05	-0,10	0,03	-0,13	0,09	0,06	-0,08
Total subst. nutr./1 g proteine corp.	2,41	2,09	2,28	2,22	2,18	2,40	2,52	2,03

➤ Analiza profilului hematologic

Analizele hematologice furnizează informații valoroase despre starea fiziologică a peștilor, inclusiv activitatea sistemului neuroendocrin și imunitar, precum și impactul imediat și pe termen lung al condițiilor nefavorabile de creștere, posibile boli și predispoziții genetice (Seibel, H. și colab., 2021). Cunoașterea acestor indicatori hematologici reprezintă un instrument important pentru monitorizarea modificărilor fiziologice și patologice la pești. Studiile anterioare în domeniul hematologiei peștilor au evidențiat că interpretarea parametrilor sanguini este o sarcină dificilă, deoarece modificările sângelui sunt cauzate atât de factori interni, cât și de cei externi (Bastami K. D. și colab., 2009).

Pentru o apreciere de acuratețe la finalul experimentului s-au prelevat probe de sânge de la cinci exemplare de puiet de crap/unitatea de creștere, numărul de exemplare ales fiind considerat reprezentativ pentru o apreciere justă a stării fiziologice a peștilor. Astfel, pentru a determina dacă densitățile de stocare utilizate au indus modificări fiziologice, s-a efectuat o analiză comparativă a valorilor indicilor hematologici și constantelor eritrocitare la debutul, la mijlocul (o lună) și la finalul experimentului (două luni).

Valorile parametrilor hematologici și a constantelor eritrocitare sunt prezentate analitic în tabelul 8.11.

Tabelul 8.11 - Parametri hematologici înregistrați pe perioada desfășurării experimentului (Med.±Stdev.)

Var. exp.	Moment	Nr. Eitr. (eritr./ μ l sange $\times 10^6$)	Hematocrit (%)	Hemoglobina (g/dl)	VEM (μ m)	HEM (pg)	CHEM (g/dL)
	Inițial	1,30±0,39	32,54±6,04	8,27±1,54	261,28±53,58	65,89±10,42	25,45±1,67
V ₁ R ₁	Interm	1,13±0,14	23,45±2,46	8,18±0,24	212,36±45,29	73,05±7,39	35,33±4,38
	Final	1,53±0,34	26,75±2,95	8,35±1,04	180,35±23,74	57,54±14,75	31,67±5,31
V ₁ R ₂	Interm	1,04±0,51	24,90±3,61	8,54±0,27	280,97±90,19	99,36±34,61	34,94±4,37

	Final	1,41±0,17	31,71±2,57	8,31±0,62	230,35±46,86	59,29±4,41	26,46±3,60
V1	Interm	1,08	24,17	8,36	246,66	86,20	35,13
media	Final	1,47	29,23	8,33	205,35	58,42	29,07
V2R1	Interm	1,13±0,25	23,14±1,99	7,84±1,17	259,87±36,81	72,47±15,51	27,57±2,41
	Final	1,59±0,05	30,61±0,88	8,71±1,04	188,15±4,25	54,85±1,47	29,15±0,12
V2R2	Interm	2,02±1,01	21,43±4,40	8,97±1,81	159,07±45,80	58,07±27,79	33,74±9,65
	Final	1,29±0,12	30,58±0,92	8,81±0,48	163,37±24,04	68,71±6,66	42,70±5,96
V2	Interm	1,57	22,28	8,40	209,47	65,27	30,65
media	Final	1,44	30,59	8,77	175,76	61,78	37,28
V3R1	Interm	1,29±0,22	28,47±3,48	8,33±0,62	188,73±53,65	66,03±8,11	36,48±5,51
	Final	1,28±0,31	29,90±0,27	8,21±0,45	254,65±64,69	67,45±14,11	26,82±1,42
V3R2	Interm	1,94±0,62	27,60±3,91	8,58±0,44	116,16±27,82	48,34±13,17	41,70±8,13
	Final	1,51±0,63	20,86±1,65	7,20±0,798	261,99±144,88	40,59±4,72	24,77±3,69
V3	Interm	1,61	28,03	8,45	152,44	57,18	39,09
media	Final	1,39	25,38	7,70	258,32	70,10	27,10
V4R1	Interm	1,67±0,46	28,09±2,26	9,46±0,56	182,93±54,67	59,89±12,59	34,09±4,98
	Final	1,80±0,26	26,26±1,46	7,20±0,79	166,15±24,71	40,59±4,72	24,77±3,69
V4R2	Interm	1,40±0,27	27,02±3,67	8,18±0,34	199,43±37,94	60,46±10,21	30,67±3,09
	Final	1,77±0,60	26,82±5,90	7,78±0,87	167,43±49,98	53,20±27,12	30,17±6,64
V4	Interm	1,535	27,55	8,82	191,18	60,17	32,38
media	Final	1,785	26,54	7,49	166,79	46,90	27,47

Analizând valorile parametrilor hematologici și a constantelor eritrocitare prezentate în tabel, se desprind următoarele concluzii:

Analiza statistică a numărului de eritrocite nu a evidențiat diferențe semnificative ($p > 0,05$) între variantele experimentale, în etapa intermediară, finală sau la comparația cu momentul debutului experimentului. Cu toate acestea, se poate observa o ușoară creștere a numărului de eritrocite cu creșterea densității de stocare (figura 8.14).

Creșterea numărului de eritrocite în cazul densităților ridicate de stocare poate fi cauzată de adaptarea fiziologică a peștilor la condițiile de homeostazie. Conform lui Harianto și colab., 2014, valorile crescute ale eritrocitelor indică faptul că peștii se află într-o stare fiziologică bună. Rezultate similare au fost obținute și de Addini și colab., 2020, care raportează că numărul de eritrocite la densitatea de stocare a peștilor de 250 pești m^{-3} a fost mai mare decât numărul de eritrocite la densitatea de stocare a peștilor de 200 pești m^{-3} .

În ceea ce privește valorile hematocritului, rezultatele intermediare și finale au evidențiat scăderea semnificativă față de momentul inițial ($p < 0,05$).

Valorile hematocritului obținute la momentul intermediar prezintă diferențe semnificative ($p < 0,05$) în cazul densităților de stocare de 5,68 kg/m^3 , respectiv de 11,18 kg/m^3 . La finalul experimentului, comparația statistică cu momentul intermediar a reliefat scăderea semnificativă a valorilor Ht în cazul densităților de stocare de 5,68 kg/m^3 , respectiv de 11,18 kg/m^3 , în timp ce în cazul densităților de stocare de 1,5 kg/m^3 și de 2,85 kg/m^3 , valorile Ht prezintă o creștere semnificativă ($p < 0,05$).

În ceea ce privește concentrația hemoglobinei, aceasta nu prezintă diferențe statistice ($p > 0,05$) la comparația statistică a valorilor inițiale, sau după cele 30 de zile de experiment. La finalul experimentului, se poate observa deprecierea semnificativă ($p < 0,05$) a concentrației de hemoglobină în cazul densității de stocare de 5,68 kg/m^3 , respectiv de 11,18 kg/m^3 . Reducerea concentrației de hemoglobină poate fi rezultatul unei adaptări a organismului peștilor la condițiile de stres, implicit poate modifica cantitatea de oxigen în țesuturi și, astfel, poate duce la o activitate metabolică mai lentă și o producție de energie mai scăzută.

Valorile hemoglobinei obținute în cadrul prezentului experiment, pentru cele patru variante experimentale, se încadrează în limitele normale conform unor autori, în timp ce alți autori consideră că se situează la limita inferioară a normalității. Conform informațiilor din literatura de specialitate, se

menționează că reducerea cantității de hemoglobină din sânge poate afecta aprovizionarea cu oxigen a țesuturilor, determinând o scădere a ratei metabolice și, implicit, o producție mai mică de energie (Ruane și colab., 1999).

După 60 de zile experimentale, valorile constantelor eritrocitare nu înregistrează diferențe semnificative ($p > 0,05$) între variantele experimentale. La finalul experimentului, analiza statistică a evidențiat diferențe nesemnificative ($p > 0,05$) în ceea ce privește valorile VEM și HEM obținute, în timp ce valorile CHEM au înregistrat diferențe semnificative ($p < 0,05$) între densitățile de stocare testate.

Astfel, cea mai mare valoare a CHEM s-a obținut în varianta V_2 , în timp ce valorile CHEM din grupurile V_1 , V_3 și V_4 nu au fost semnificativ diferite ($p > 0,05$). Cu toate acestea, se poate observa o ușoară scădere a tuturor constantelor eritrocitare, față de momentul inițial.

În ceea ce privește comparația statistică a valorilor constantelor eritrocitare, obținute la momentul inițial, acestea nu au evidențiat diferențe semnificative ($p > 0,05$, T-test) la comparația cu momentul intermediar sau final al experimentului.

Valorile constantelor eritrocitare VEM, HEM și CHEM, se încadrează în intervalul normal pentru specia studiată.

Asemenea rezultate au fost obținute și de către Koop R. (2011) în cercetările sale asupra speciei de crap, în care el raportează valorile normale pentru VEM ($204-206 \mu\text{m}^3$), HEM ($40-47 \text{ pg}$) și CHEM ($22-23 \text{ g/dl}$). Studiile realizate de Ahmad S.M. (2011) au evidențiat că indicatorii hematologici, inclusiv constantele eritrocitare, sunt influențați de temperatura mediului ambiant. În experimentul său, el a obținut valori similare (VEM = $188,54 \pm 2,50$; HEM = $42,16 \pm 0,9$; CHEM = $21,44 \pm 0,79$) cu cele obținute în prezentul experiment, având temperatura medie de 28°C , similară celei menționate de Ahmad S.M. (2011) Orice decizie de creștere a producției de biomasa în acvacultură prin creșterea densității de stocare ar trebui să ia în considerare stresul fiziologic la care sunt supuși peștii cât și alți factori care pot afecta negativ sănătatea lor.

8.4. Concluzii

Experimentul efectuat indică faptul că în condițiile unor densități de stocare ridicate în unitățile de creștere, s-au obținut rezultate notabile în ceea ce privește indicatorii de performanță tehnologică. Crapul (*Cyprinus carpio*) manifestă o plasticitate remarcabilă în ceea ce privește capacitatea sa de a se adapta și de a performa în condiții de creștere intensivă. Analizând valorile parametrilor hematologici și a constantelor eritrocitare a rezultat că starea de sănătate a peștilor nu a fost afectată de condițiile tehnologice, încadrându-se în intervalul normal pentru specia studiată.

Condițiile de mediu, specia de cultură, densitatea de populare, calitatea hranei și rația zilnică de hrană influențează nivelul producțiilor, performanța creșterii individuale, dar și calitatea cărnii peștelui. Creșterea peștelui depinde de nivelul proteinelor, lipidelor și glucidelor din hrana ingerată. Normal este ca proteinele din furaje să fie utilizate pentru creșterea tisulară iar lipidele și glucidele să fie convertite în energia necesară proceselor metabolice.

Cantitatea și calitatea furajului influențează direct nu numai ritmul de creștere ci și calitatea cărnii peștelui. O alimentație corespunzătoare conferă cărnii calități nutritive și gustative superioare. La un regim alimentar mai sărac în nutrienți, valoarea energetică a cărnii peștelui scade. Ansamblul proteine-lipide caracterizează cel mai bine calitatea unui aliment.

În prezent, cercetătorii din domeniul nutriției peștelui sunt preocupați în principal spre a găsi cele mai adecvate rețete furajere pentru diferite specii de cultură, pe grupe de vârstă și dimensiuni, care să aibă un raport optim între conținutul în proteine, lipide, carbohidrați, vitamine și minerale. Fără hrană de calitate, corelată cu cerințele nutriționale ale speciei de cultură, nu se poate obține o producție care să asigure rentabilitatea afacerii pescărești.

CAPITOLUL 9.- ASPECTE DE BIOSECURITATE ÎN SISTEMELE EXPERIMENTALE

9.1. Considerații generale

În crescătoriile ciprinicole, există riscul apariției unor afecțiuni care pot influența negativ funcțiile organismului peștilor, conducând la pierderi semnificative de producție, în absența unor măsuri adecvate de prevenire și tratament. Starea patologică a unui pește poate fi definită ca fiind orice comportament sau aspect diferit față de cel al altor pești din aceeași specie sau vârstă. Pentru a preveni apariția și răspândirea bolilor în crescătoriile de pești, este important să se asigure o igienă corespunzătoare, să se controleze calitatea apei și a hranei și să se monitorizeze starea sănătății peștilor, intervenind prompt în cazul în care se observă semne de boală.

Calitatea bună a apei este cheia pentru o producție de pește de succes. Parametri fizico-chimici ai (temperatura, pH-ul, oxigenul dizolvat, salinitatea, compoziția azotului etc.) ar trebui să fie într-un anumit interval optim. Unii practicieni susțin că menținerea temperaturii la un nivel superior al intervalului optim al fiecărei specii poate accelera ciclurile de viață ale paraziților. Cu toate acestea, temperatura ridicată este, de asemenea, un factor stresant pentru pești.

Tratamentele profilactice sunt adesea recomandate înainte de introducerea peștilor într-un mediu nou. Cu toate acestea, eficacitatea acestei proceduri depinde de circumstanțele specifice. De exemplu, dacă o populație are un număr semnificativ de ectoparaziți, se justifică tratarea peștilor cu un antiparazitar. Acest lucru se întâmplă în special la peștii capturați din mediul natural, care poartă adesea paraziți.

Un alt aspect important este că perioadele de timp care sunt utilizate în mod obișnuit pentru carantină (de exemplu 7 zile – 90 de zile etc.) sunt destul de arbitrare, iar datele științifice publicate pentru validarea perioadelor utilizate sunt rare. Pentru asigurarea eficienței că anumiți agenți patogeni nu sunt introduși, ar trebui utilizată o perioadă de carantină foarte lungă. În mod ideal, populația aflată în carantină ar trebui să fie permanent segregată și numai descendenții populației aflate în carantină ar trebui introduși în cele din urmă, după mai multe runde de depistare a bolilor din populația parentală.

În concluzie, cu cât carantina este mai lungă și cu cât la mai multe generații s-a redus agentul patogen, cu atât este mai mare probabilitatea de a exclude acel agent patogen.

9.2. Incidența bolilor pe durata experimentărilor

Pe parcursul perioadei experimentale, au fost situații când au apărut unele îmbolnăviri la pești. Principalele afecțiuni sunt descrise în continuare.

❖ Boli infecțioase

Viremia de primăvară, forma acută a hidropiziei infecțioase, este o boală rabdovirală acută care infectează în mod natural crapul. Crapul comun este cea mai susceptibilă specie și gazda principală a viremiei de primăvară. (Ahne, 2002, Fijan, 1999). Infecția produce o viremie generalizată și hemoragii la nivelul viscerelor și mușchilor ciprinidelor, fiind susceptibile la o mortalitate ridicată (Fijan și colab. 1984).

Semnele clinice includ: letargie, enterită, peritonita, edem, exoftalmie, îngroșarea vezicii înotătoare și hemoragii în organele interne, piele și mușchi. Modificările comportamentale pot include ritmul respirator redus, pierderea echilibrului, înotul necoordonat și adunarea înspre scurgerea apei (Roberts, R.J., 2012). Odată ce boala este diagnosticată corect, controlul se realizează cel mai bine prin menținerea temperaturii apei peste 20°C (Fijan, 1999).

Peștii bolnavi se izolează de cârd, înoată leneș, respiră lent la suprafața apei, sunt lipsiți de reactivitate la apropierea omului iar reflexul de rotire a ochilor este redus sau absent.

Modificări se observă și la nivelul sângelui, respectiv scăderea conținutului de proteine totale și de fracțiuni proteice, a numărului de eritrocite, a cantității de hemoglobină, valorii hematocritului și creșterea vitezei de sedimentare a sângelui.

Pe perioada experimentărilor, au fost identificate câteva exemplare de puiet de crap cu semne de viremie, în special pete hemoragice pe corp. Toate exemplarele afectate au fost înlăturate din sistemul de creștere. Deoarece numărul de exemplare bolnave a fost foarte mic, nu s-au făcut tratamente specifice pentru toată biomasa de cultură (Cordeli A.N. și colab., 2019). Totuși, în cazuri extreme, literatura de specialitate menționează care ar fi principalele tratamente (băi cu verde de malachit, permanganat de potasiu, clorură de sodiu etc).

Foarte importante sunt măsurile de profilaxie. În vederea prevenirii viremiei de primăvară a crapului, se impune aplicarea unui complex de măsuri care vizează mai ales rezistența naturală sau dobândită a populației piscicole, starea de igienă a bazinelor, echilibrul biopatologic, limitarea răspândirii agentului patogen etc. (Munteanu, G., și colab., 2003).

În acvacultură, menținerea sănătății efectivului de pește este esențială în obținerea unei producții profitabile și de o calitate superioară. Biosecuritatea are ca scop prevenirea transmiterii sau răspândirii bolilor infecțioase într-un sistem de acvacultură. Cele mai importante boli care afectează peștii de crescătorie au fost aduse în zonele non-native din cauza măsurilor de biosecuritate necorespunzătoare.

❖ Boli provocate de ciuperci parazite

Infecțiile fungice pot duce la pierderi semnificative atât la peștii care trăiesc liber, cât și la peștii de cultură. Majoritatea bolilor fungice ale peștilor apar ca infecții secundare la gazde cu leziuni preexistente sau infecții bacteriene. Ciupercile pot pătrunde în organism prin răni sau ulcere și pot prolifera rapid.

Saprolegnioza este o maladie micotică comună tuturor bazinelor piscicole cu apă dulce de pe suprafața globului terestru și tuturor speciilor de pești, de toate vârstele, inclusiv icrelor. Boala se manifestă mai frecvent în apele prost întreținute, bogate în substanțe organice în descompunere, ape cu un pH scăzut și cu temperaturi mai ridicate.

Sursele de îmbolnăvire sunt sporii ciupercilor care se găsesc în orice bazin acvatic dulcicol, bogat în substanțe organice în descompunere. Atât timp cât peștii din bazin sunt perfect sănătoși, ciupercile din această categorie nu sunt capabile să atace. În momentul în care, din diferite cauze (boli interne, atacuri ectoparazitare, traumatisme etc.), se produce debilitarea organismului sau este lezat epiteliul de acoperire al pielii, branhiilor, cavității bucale etc., sporii existenți în apă se fixează la nivelul leziunilor externe, din ei dezvoltându-se hifele ciupercii. O extremitate a acestor hife se dezvoltă la exterior, cealaltă pătrunde și în țesuturile subepiteliale, având o acțiune toxico – citolitică puternică.

Saprolegnioza este foarte patogenă cauzând majoritatea leziunilor (Cordeli A.N. și colab., 2019). Mucegaiurile de apă sunt printre cele mai greu de tratat boli. Cu excepția sării, majoritatea agenților aprobați legal au eficiență limitată.

Menținerea unei igiene corespunzătoare, creșterea debitelor de apă în perioadele cu temperatură crescută, reducerea manipulării și menținerea densității de populare la un nivel scăzut pot preveni infecțiile fungice

❖ Boli provocate de paraziți externi

Familia *Lernaeidae* cuprinde peste 90 de specii din noua genuri. *Lernaea* este cel mai important gen de copepode care afectează peștii de apă dulce. Aceasta are o răspândire mondială, fiind raportate îmbolnăvirii la peste 40 de specii de ciprinide. Ectoparazitul *Lernaea cyprinacea* (viermele ancoră) este recunoscut de mult timp ca fiind o boală foarte răspândită la crap, mai ales în crescătorii. Atașarea parazitului poate avea loc oriunde de pește, cum ar fi pe branhiile sau pe tegument, provocând necroză musculară, hemoragie, inflamație și supurație.

Sursele de paraziți în **lerneoză** sunt peștii infestați, purtătorii, ca și apa în care se găsesc stadiile larvare de *Lernaea* sp. Sensibilitatea crescută la boală manifestă puietul în primul an de viață; pe măsură ce peștele înaintază în vârstă, extensivitatea și intensitatea de parazitare scad. În general, intensitatea maximă a invaziei se produce în sezonul cald al anului. Paraziții se introduc cu partea anterioară în grosimea tegumentului, provocând leziuni și distrugerii ale acestuia. Ei acționează asupra gazdei mecanic și toxic (Cordeli A.N. și colab., 2019).

Înainte de începerea experimentelor, pentru a preveni îmbolnăvirea cu *Lernaea* și alți agenți patogeni, peștii au fost carantinați timp de două săptămâni. În acest timp, s-au făcut tratamente, care au constat în băi deparazitare de scurtă durată cu verde de malachit în două doze de câte 5 ml substanță la 200 l apă, timp de 60 minute, în fiecare săptămână. Peștii care erau parazițați au fost excluși din experiment.

❖ Boli provocate de paraziți interni

Ligula intestinalis este considerat de mulți specialiști ca fiind cel mai important parazit în stadiul larvar al unei tenii care afectează ciprinidele. Familia *Ligulidae* se găsește la pești din familia *Cyprinidae*, atât în crescătorii, cât și în mediul natural, iar infecția poate provoca pierderi economice semnificative (Hoole, D. și colab., 2001).

Sursele de paraziți în **liguloză** sunt păsările ihtiofage, care răspândesc ouăle viermilor în apa în care acestea ajung și la crustaceele copepode care adăpostesc procercoizii. Infestarea peștilor se face prin ingerarea copepodelor cu procercoizi.

Peștii afectați de liguloză sunt hipodinamici, nu se mai hrănesc, scad în greutate, sunt epuizați. Abdomenul lor este balonat, tare la pipăit și uneori, sub presiunea paraziților, plesnește, iar plerocercocii cad în apă. Pe durata experimentărilor, peștii care au fost infestați au fost eliminați din sistemul de creștere.

Unul dintre cei mai importanți cestozii adulți care afectează peștii este tenia asiatică, (*Bothriocephalus acheilognathi*). **Botriocefaloza** este o parazitoză intestinală care afectează atât specii de pești dulcicoli cât și marini, având grad de pericolozitate mai mare pentru puietul ciprinidelor de cultură. Ciclul de viață implică o singură gazdă intermediară, un copepod ciclopid.

Managementul stării de sănătate a peștilor este un concept folosit în acvacultură pentru a descrie practicile manageriale care definesc prevenirea bolilor. Profilaxia reprezintă astfel implementarea procedurilor care împiedică introducerea, evoluția sau răspândirea unui agent al unei boli cu risc pentru sănătatea oamenilor, animalelor, plantelor sau mediului.

Sănătatea peștilor nu se realizează doar prin managementul bolilor. Astfel sunt implicate toate aspectele într-o fermă de producție care au impact în sănătatea peștilor cum sunt: managementul calității apei, sanitația și carantina, toate făcând parte din programul sistemului integrat de management al sănătății peștilor. Fără realizarea tuturor acestor aspecte este imposibil de prevenit episodul de boală produs de agenți patogeni oportuniști (bacterii, paraziți, fungi).

Pentru domeniul sanitar-veterinar, dintre elementele enumerate, sanitația realizează menținerea unui mediu acvativ curat, cu o cantitate cât mai mică de resturi organice și o dezinfecție corespunzătoare a bazinelor și a tuturor echipamentelor prin neutralizarea bioagresorilor specifici.

CAPITOLUL 10. - CONCLUZII GENERALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

România beneficiază de o rețea hidrografică și un patrimoniu natural de mare importanță în ceea ce privește fauna piscicolă. Printre acestea se numără Dunărea, Delta Dunării și Marea Neagră. În primul trimestru al anului 2021, existau 75.423 ha de amenajări de acvacultură, care erau înscrise în Registrul Unităților de Acvacultură. Din cele 968 de licențe de acvacultură acordate de Agenția Națională pentru Pescuit și Acvacultură (ANPA), 722 licențe au fost acordate pentru crescătorii, acoperind o suprafață de 68920 ha, iar 246 de licențe au fost acordate pentru pepiniere, acoperind o suprafață de 6503 ha. Conform datelor furnizate de ANPA, în anul 2020, în unitățile de acvacultură s-a înregistrat o producție de 12150 tone.

Potrivit Planului Strategic National Multianual pentru Acvacultură, 2022-2030, elaborat de ANPA în anul 2022, preferințele de consum ale românilor, în funcție de specii, sunt următoarele: crap - 64,66%, macrou - 59,20%, păstrăv - 46,45%, caras - 39,16%, novac - 36,43%, șalău - 33,7%, sânger - 32,79%, somon - 25,87%, știucă - 17,85%, pangasius - 14,57%, hering - 10,02%, merluciu - 7,29%, și altele. În ceea ce privește sortimentele, 83,03% dintre consumatori optează pentru peștele proaspăt, pe locul al doilea se află "icrele - salata de icre" cu 74,41%, urmate de conservele de pește cu 64,66% și peștele congelat cu 54,64%.

În prezent, deși are un potențial uman și tehnologic favorabil, România are o balanță comercială negativă. Piața de pește din România este invadată de specii străine, unele cu o valoare alimentară ridicată, altele cu o valoare discutabilă. Importăm de zece ori mai mult decât producem. Pe piața internă se aduc cantități impresionante de pește și alte organisme acvatice din Bulgaria, Serbia, Cehia, Polonia, Grecia, Spania, Albania, Ungaria, Italia, Franța, Norvegia, Suedia și Turcia. Aceste produse pescărești sunt comercializate la prețuri mai mici în comparație cu cele obținute din producția internă, multe din ele fiind subvenționate în țările de origine.

Iată de ce trebuie depuse eforturi considerabile pentru a mări producțiile și exportul. La îndeplinirea acestui deziderat pot contribui, alături de instituțiile administrative ale statului, și instituțiile de învățământ și cercetare științifică.

Prin gestionarea adecvată a resurselor naturale și a amenajărilor piscicole tradiționale existente (heleșteie, iazuri, lacuri de acumulare etc.) pot fi create condiții optime pentru creșterea și reproducerea unor specii de pești valoroase. Producțiile acvacoale și captura prin pescuit din România, destul de modeste în ultimii ani (10000-15000 tone/an), pot fi crescute substanțial, dacă se fac investiții și dacă se utilizează tehnologii inovative. Un exemplu ar fi tehnologiile de creștere superintensivă a peștilor, bazate pe utilizarea sistemelor recirculante de acvacultură, care permit obținerea unor producții foarte mari, de 50-100 kg pește/m³ apă.

Scopul cercetărilor noastre a fost de a evalua, pe baza mai multor experimente, efectele unor parametri ecotehnologici (calitatea apei, densitatea de populare, calitatea furajelor, rația de hrană) asupra performanței creșterii puietului de crap și a stării sale de sănătate, dar și asupra eficienței reținerii nutrienților din hrană în carnea peștelui.

Cercetările experimentale s-au efectuat în sisteme recirculante de acvacultură cu capacitate mică (nivel laborator) și medie (nivel pilot). Prin problematica abordată și rezultatele obținute, s-au adus numeroase clarificări privind optimizarea tehnologiilor de creștere a puietului de crap. Indicatorii tehnologici obținuți pot fi repere importante pentru creșterea rentabilității sectorului de producție piscicolă din România.

În cele ce urmează, se prezintă cele mai relevante concluzii, rezultate pe parcursul cercetărilor științifice care au avut o durată de aproape un an de zile.

Influența densității de populare asupra performanței creșterii puietului de crap în sisteme recirculante de acvacultură

Performanțe tehnologice pot fi obținute doar dacă se acordă cea mai mare atenție triadei *rasă-casă-masă*. În primul rând, în alegerea speciei de cultură trebuie să se țină cont de particularitățile ecofiziologice ale speciei, mai ales de potențialul ei de creștere. Crapul este o specie cu o plasticitate ecotehnologică deosebită, pretabilă creșterii în orice sistem de cultură.

Sistemele recirculante, foarte costisitoare ca investiție inițială, însă extrem de performante din punct de vedere tehnic, asigură condiții ideale de viață pentru pești; datorită posibilității de a avea un control permanent al calității apei dar și intensității foarte mari, se pot obține producții de peste 100 kg³. Desigur, aceste producții nu pot fi obținute fără o alimentație corectă a peștilor, cu respectarea tuturor aspectelor privind calitatea furajelor utilizate în funcție de specia de cultură, calculul rațiilor și menținerea unor condiții optime de depozitare. Pentru ca pescăria să fie rentabilă, fermierii trebuie să gestioneze corect condițiile de mediu, să aibă cunoștințe temeinice de nutriția și alimentația peștilor, să cunoască metodele de profilaxie și tratament în situația când apar boli, să aleagă cele mai rentabile specii de cultură și să aplice tehnologii inovative de creștere, potrivite sistemului de cultură ales.

Densitatea de populare (stocare) a materialului biologic în unitățile de creștere influențează semnificativ performanța creșterii peștilor. Într-un sistem de creștere cu recircularea apei, reprezentat de NTL sau NTP, densitățile mici duc la performanțe mai bune, inclusiv la o valorificare mai bună a hranei. La densități de populare prea mari, supraaglomerarea și competiția pentru mâncare și spațiu duc la o creștere mai mică a peștilor și la o eficiență mai mică a hrănirii. Important este să se țină cont de efectele negative care pot să apară în situațiile când densitățile de populare sunt prea mari: crește agresivitatea peștilor, implicit stresul, este afectată bunăstarea, fiind favorizată și răspândirea agenților patogeni.

Influența calității hranei asupra performanței creșterii puietului de crap în sisteme recirculante de acvacultură

Optimizarea tehnologiei de hrănire este o provocare majoră pentru obținerea de producții superioare. Mulți fermieri au început să crească crapul la densități ridicate și să utilizeze furaje combinate granulate, extrudate/expandate, de la diferiți producători. Nivelele prea mici sau prea mari de nutrienți în furaje pot influența negativ performanța creșterii peștilor, indiferent de specia de cultură aleasă.

Este extrem de important să se cunoască preferințele nutriționale ale speciei și apoi să se aleagă sistemul de creștere, cea mai potrivită hrană și cea mai potrivită rație zilnică de hrănire. Hrana peștilor trebuie să fie aleasă în funcție de fiecare etapă de creștere; de exemplu, puietul de crap are nevoie de o dietă bogată în proteine în timp ce pentru crapul de consum se poate folosi o dietă bogată în hidrați de carbon.

Pe lângă hrană, condițiile de mediu (temperatura, oxigenul dizolvat, pH-ul, compușii azotului etc.) au de asemenea un puternic impact asupra nivelului producțiilor obținute. Din punct de vedere economic și al protecției mediului, este important să se ofere furaje de calitate, care să asigure un coeficient de conversie scăzut, pentru a susține o creștere rapidă fără a afecta bunăstarea peștilor și fără a polua mediul acvatic.

Pentru a obține o creștere optimă, fără cheltuieli mari, este necesar să se estimeze nivelul optim de substanțe nutritive din dieta peștilor. Aceasta implică găsirea unui echilibru adecvat între proteinele, lipidele și glucidele din hrană pentru susținerea creșterii și a funcțiilor vitale, fără a excede nivelul necesar, care poate duce la probleme de mediu și costuri suplimentare.

Influența rației zilnice de hrană asupra performanței creșterii puietului de crap în sisteme recirculante de acvacultură

În acvacultură, managementul hrănirii este o condiție extrem de importantă pentru a minimiza costurile de producție și pentru a maximiza rentabilitatea. Alegerea celei mai bune rații zilnice de hrană

trebuie să se facă în funcție de capacitatea și performanțele sistemului de cultură, specie și calitatea hranei. Creșterea nivelului de hrănire peste anumite limite nu îmbunătățește semnificativ nivelul producțiilor.

Performanța creșterii peștilor într-un sistem recirculant de acvacultură este influențată în mod semnificativ de o serie de factori ecotehnologici și biologici precum capacitatea portantă a sistemului, calitatea apei, specia de cultură, etapa de dezvoltare sau vârsta, cerințele nutriționale etc.

Rația zilnică nu poate fi aleasă oricât de mare, deoarece se pot consuma nejustificat cantități importante de furaje. Pe baza rezultatelor obținute, se poate concluziona că rații zilnice de furajare prea mari pot duce la o scădere a producției. De asemenea, alegerea unei rații optime de hrănire trebuie să țină cont de eficiența utilizării furajelor și de impactul asupra calității apei.

Toate speciile de cultură, inclusiv crapul, sunt deosebit de sensibile la condițiile de mediu nefavorabile. Schimbările bruște ale parametrilor fizico-chimici, mai ales valorile ridicate ale compoziției azotului și deficitul de oxigen dizolvat în apă, pot avea efecte majore asupra supraviețuirii peștilor.

Performanța creșterii, starea fiziologică și eficiența reținerii nutrienților la puietul de crap

Experimentul efectuat indică faptul că în condițiile unor densități de stocare ridicate în unitățile de creștere, s-au obținut rezultate remarcabile în ceea ce privește indicatorii de performanță tehnologică. Crapul manifestă o plasticitate remarcabilă în ceea ce privește capacitatea sa de a se adapta și de a performa în condiții de creștere intensivă.

Nu doar cantitatea furajelor este importantă, ci și calitatea acesteia. O dietă echilibrată, din punct de vedere nutrițional, este aceea care asigură toate nevoile de energie și creștere a peștilor. Cantitatea și calitatea furajului influențează direct nu numai ritmul de creștere ci și calitatea cărnii peștelui. La un regim alimentar mai sărac în nutrienți, valoarea energetică a cărnii peștelui scade. Ansamblul proteine-lipide caracterizează cel mai bine calitatea unui aliment.

În ceea ce privește reținerea nutrienților din furaje în carnea peștilor, cercetările efectuate au avut ca rezultat obținerea tabloului biochimic. Compoziția chimică a furajului influențează direct proporțional compoziția cărnii. O alimentație corespunzătoare conferă cărnii calități nutritive și gustative superioare. Astfel, pe măsură ce peștii sunt hrăniți, crește procentul de proteine și lipide corporale, concomitent cu scăderea cantității de apă din carne, aspect pozitiv.

În prezent, cercetătorii din domeniul nutriției peștelui sunt preocupați în principal spre a găsi cele mai adecvate rețete furajere pentru diferite specii de cultură, pe grupe de vârstă și dimensiuni, care să aibă un raport optim între conținutul în proteine, lipide, carbohidrați, vitamine și minerale. Fără hrană de calitate, corelată cu cerințele nutriționale ale speciei de cultură, nu se poate obține o producție care să asigure rentabilitatea afacerii pescărești.

Directii de cercetare în sectorul de pescuit și acvacultură

În România, cercetările științifice din domeniul de pescuit și acvacultură sunt efectuate în câteva instituții de învățământ superior, centre și institute de cercetare-dezvoltare. Cu diferite ocazii, cercetătorii din aceste instituții au subliniat că, pentru dezvoltarea sectorului pescăresc, ar trebui să se finanțeze câteva obiective strategice:

- Investiții în infrastructura de producție și cercetare științifică, prin modernizarea unităților de acvacultură, îmbunătățirea condițiilor de muncă și limitarea impactului asupra mediului. Modernizarea fermelor piscicole necesită investiții în echipamente, spații tehnologice, furaje de calitate, depozite de furaje și căi de acces; investiții în fabrici de furaje și unități de procesare;
- Tranziția către economia verde în special în cazul investițiilor cu efect în limitarea impactului de mediu al sistemelor recirculante din acvacultură, al unităților de procesare și al celor de comercializare;

- Obținerea de venituri suplimentare prin intermediul turismului și al serviciilor de alimentație publică, observarea păsărilor, pescuitul recreativ și desfășurarea activităților educaționale legate de cunoașterea și protecția biodiversității acvatice;
- Transferul bunelor practici în domeniu, mai ales de la sectorul de cercetare științifică spre sectorul de producție, este o garanție a progresului rapid în sectorul de pescuit și acvacultură;
- Implementarea tehnologiilor inovative pe scară largă în sectorul de acvacultură (extinderea sistemelor de producție intensive și superintensive de creștere, sisteme recirculante, viviere flotabile etc.);
- Să se acorde o atenție sporită identificării provenienței și a calității produselor din import, astfel încât consumatorii să fie informați cu privire la originea și calitatea produselor piscicole achiziționate din afara României. Aceste aspecte, legate de trasabilitate, sunt esențiale pentru siguranța alimentară și încrederea consumatorilor;
- Sprijinirea potențialilor antreprenori pentru înființarea și dezvoltarea de mici afaceri în sectorul de pescuit și acvacultură și diverse domenii complementare sectorului pescăresc. Încă mai sunt mari dificultăți în obținerea de finanțări locale, naționale și europene. De asemenea, lipsa educației antreprenoriale reprezintă un factor limitativ în dezvoltarea afacerilor.

Elemente de originalitate și contribuții personale

Teza de doctorat s-a elaborat în baza unui protocol experimental care a vizat parcurgerea următoarelor obiective:

- Influența densității de populare asupra performanței creșterii puietului de crap și a eficienței reținerii nutrienților din furaje în carne;
- Influența calității hranei asupra performanței creșterii puietului de crap și a eficienței reținerii nutrienților din furaje în carne;
- Influența rației zilnice de hrănire asupra performanței creșterii puietului de crap și a eficienței reținerii nutrienților din furaje în carne;
- Performanța creșterii, starea fiziologică și eficiența reținerii nutrienților la puietul de crap în sisteme pilot de acvacultură;
- Evaluarea profilului hematologic și aprecierea stării de sănătate a materialului biologic.

Contribuțiile personale sunt justificate prin problematica abordată și rezultatele obținute. În continuare, sunt enumerate cele mai importante:

- Toate experimentările s-au efectuat în sisteme recirculante de acvacultură. Este prima dată când au fost abordate cercetări științifice în mod secvențial, prin organizarea unor experimente, în paralel, folosind unități de creștere cu capacitate mică, nivel de laborator și capacitate medie, nivel pilot;
- S-au adus numeroase clarificări privind optimizarea tehnologiilor de creștere a puietului de crap. Indicatorii tehnologici obținuți pot fi repere importante pentru organizarea de noi cercetări și experimente în domeniu;
- S-a verificat influența unor indicatori ecotehnologici asupra performanței creșterii puietului de crap (calitatea apei, calitatea hranei și rația zilnică, densitatea de populare);
- S-a realizat profilul hematologic pentru aprecierea stării de sănătate a materialului biologic;
- Pentru prima dată în România, s-au efectuat cercetări privind eficiența reținerii nutrienților din furaje în carnea puietului de crap.

Articole științifice publicate

- în reviste cotate/indexate ISI:

1. Diana-Nicoleta Mînzală, Ira-Adeline Simionov, Ștefan-Mihai Petrea, Alina Antache, Victor Cristea, **Anca-Nicoleta Săvescu**, Evaluation of potentially toxic elements in Black Sea fishery resources: a review, Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering. Vol. XI, 2022, Print ISSN 2285-6064, CD-ROM ISSN 2285-6072, Online ISSN 2393-5138, ISSN-L 2285-6064
2. **Anca Nicoleta Cordeli (Săvescu)**, Lucian Oprea, Mirela Crețu, Mihaela Mocanu, The influence of stocking densities on growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*, Linne 1758) rearing in a recirculating aquaculture system”, pp. 509-516, The International Conference Agriculture For Life, Life For Agriculture, Bucharest June 2021. http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2021/issue_1/Art71.pdf
3. **Anca Nicoleta Cordeli (Săvescu)**, Lucian Oprea, Mirela Crețu, Mihaela Mocanu, Effects of feeding level on growth performance and body composition of common carp (*Cyprinus carpio*, Linne 1758) in a recirculating aquaculture system rearing”, The International Conference Agriculture For Life, Life For Agriculture, Bucharest June 2021, http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2021/issue_2/Art60.pdf
4. Mihaela Mocanu, Lucian Oprea, **Anca Nicoleta Cordeli (Săvescu)**, Mirela Crețu, Estimation of growth parameters and mortality rate of Pontic Shad (*Alosa Immaculata*, Bennett, 1835) in the Romanian sector of the Danube river, km 169”, The International Conference Agriculture For Life, Life For Agriculture, Bucharest June 2021, http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2021/issue_2/Art64.pdf
5. Săndița PLĂCINTĂ, Victor CRISTEA, Iulia Rodica GRECU, **Anca Nicoleta Cordeli (Săvescu)**, Elena Sîrbu, Effect of Dietary vitamin C on the haematological profile of juvenile European catfish (*Silurus Glanis*) reared in to recirculating system”, The International Conference Agriculture For Life, Life For Agriculture, Bucharest June 2021, http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2021/issue_1/Art79.pdf
6. Mihaela Mocanu, Lucian Oprea, **Anca Nicoleta Cordeli (Săvescu)**, Mirela Crețu, Alosa immaculata Bennet, 1835: A short review of the species and its biology, Scientific Papers, Series D, Animal Science, Vol. LXIII, Issue 1, Nr. 1, pp. 516-522, ISSN 2285-5750, ISSN CD-ROM 2285-5769, ISSN-L 2285-5750, ISSN Online: 2393 – 2260, Web of Science Core Collection, 2020, Bucuresti, http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2020/issue_1/Art75.pdf
7. Mirela Crețu, Cristea Victor, Docan Angelica, Dediu Lorena, Andrei (Guriencu) Raluca – Cristina, **Cordeli (Săvescu) Anca Nicoleta**, Haematological profile of rainbow trout under different feeding intensities, Scientific Papers. Series D. Animal Science. Vol. LXIII, No. 2, 2020, pp. 452-457 4-6 June 2020, http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2020/issue_2/Art69.pdf
8. **Anca Nicoleta Săvescu**, Mirela Crețu, Lucian Oprea, Preliminary results regarding the effects of dietary – protein levels on the growth performance and feed efficiency of common carp fry. The International Conference Agriculture For Life, Life For Agriculture, Bucharest, 6-8 June 2019. http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2019/issue_2/Art53.pdf

- în reviste cotate/indexate ISI PROCEEDINGS:

1. **Anca Nicoleta Săvescu**, Mirela Crețu, Lucian Oprea, The effects of different densities on the growth performance and feeding efficiency of common carp fry in recirculating aquaculture systems. International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Albena Bulgaria, 28 June – 7 July 2019, <https://doi.org/10.5593/sgem2019/6>. <https://www.sgem.org/index.php/elibrary?view=publication&task=show&id=6487>
2. Mirela Crețu, Lorena Dediu, Victor Cristea, **Anca Nicoleta Săvescu**, Dietary protein level affects compensatory growth response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under cyclic feeding. International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Albena Bulgaria, 28 June – 7 July 2019, <https://doi.org/10.5593/sgem2019/6.1>. <https://www.sgem.org/index.php/elibrary?view=publication&task=show&id=6486>
3. **Anca Nicoleta Săvescu**, Isabelle Metaxa, Iulia Grecu Lucian Oprea, Diseases of common carp fry in recirculating aquaculture systems (ras) as an effect of direct transfer from open aquaculture systems, International Conference On Life Science, Timișoara, 23-24 May 2019, <http://conference.spasb.ro/index.php/issbar/2019/paper/view/1227>

Proiecte

1. Membru a grupului țintă din „Programul pentru creșterea performanței și inovării în cercetarea doctorală și postdoctorală de excelență - PROINVENT” Contract nr: 62487/03.06.2022 POCU/993/6/13 - Cod SMIS: 153299

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. **Anca Nicoleta Cordeli (Săvescu)**, Lucian Oprea, Mirela Crețu, Mihaela Mocanu, The influence of stocking densities on growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*, Linne 1758) rearing in a recirculating aquaculture system”, pp. 509-516, The International Conference Agriculture For Life, Life For Agriculture, Bucharest June 2021.
http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2021/issue_1/Art71.pdf
2. **Anca Nicoleta Cordeli (Săvescu)**, Lucian Oprea, Mirela Crețu, Mihaela Mocanu, Effects of feeding level on growth performance and body composition of common carp (*Cyprinus carpio*, Linne 1758) in a recirculating aquaculture system rearing”, The International Conference Agriculture For Life, Life For Agriculture, Bucharest June 2021,
http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2021/issue_2/Art60.pdf
3. **Anca Nicoleta Săvescu**, Mirela Crețu, Lucian Oprea, Preliminary results regarding the effects of dietary – protein levels on the growth performance and feed efficiency of common carp fry. The International Conference Agriculture For Life, Life For Agriculture, Bucharest, 6-8 June 2019.
http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2019/issue_2/Art53.pdf
4. **Anca Nicoleta Săvescu**, Mirela Crețu, Lucian Oprea, The effects of different densities on the growth performance and feeding efficiency of common carp fry in recirculating aquaculture systems. International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Albena Bulgaria, 28 June – 7 July 2019, <https://doi.org/10.5593/sgem2019/6>.
<https://www.sgem.org/index.php/elibrary?view=publication&task=show&id=6487>
5. **Anca Nicoleta Săvescu**, Isabelle Metaxa, Iulia Grecu Lucian Oprea, Diseases of common carp fry in recirculating aquaculture systems (ras) as an effect of direct transfer from open aquaculture systems, International Conference On Life Science, Timișoara, 23-24 May 2019,
<http://conference.spasb.ro/index.php/issbar/2019/paper/view/1227>
6. Ashley. 1995, Fish welfare: Current issues in aquaculture. Applied Animal Behaviour Science 104, 199-235.
7. Ahmad, S.M. (2011) Production of thermostable alkaline protease from an alkaline-resistant Streptomyces isolate EGS-5. International Journal of Academic Research, 3, 393.
8. Azaza, M.S., Dhraief, M.N., Kraiem M.M., & Baras, E. (2010). Influences of food particle size on growth, size heterogeneity, feed efficiency and gastric evacuation of juvenile Nile tilapia. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture*, 309, 193–202.
9. Azaza, M.S., Assad, A.M.W., & El-Cafsi, M. (2013). The effects of rearing density on growth, size heterogeneity and inter-individual variation of feed intake in monosex male Nile tilapia. *Oreochromis niloticus* L. *Animal*, 1-10.
10. Bocioc, E., Cristea, V., Patriche, N., Grecu, I., Antache, A., Mocanu (Crețu), M., Hematological Profile of the Juvenile Carp (*Cyprinus carpio*, L. 1758) Reared into a Recirculating Aquaculture System with Probiotics Supplement, 2015, București, Bulletin USAMV Animal Science and Biotechnologies 72(1), DOI: 10.15835/buasvmcn-asb:10739.
11. Bastami K. Darvish, Moradlou A. Haji, Zaragabadi A. Mohamadi, Mir S.V. Salehi, Shakiba M.M., 2009. Measurement of some hematological characteristics of the wild carp. *Comp Clin Pathol*.
12. Cho, S. H., J. Y. Jo și D. S. Kim. 2001. Effects of variable feed allowance with constant energy and ratio of energy to protein in a diet for constant protein input on the growth of common carp *Cyprinus carpio* L. *Aquaculture. Res.*, 32: 349-356.
13. Cho, C. Y., Bureau, D. P., 2001, A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture, *Aquacult. Res.* 32.

14. Dobrowolski KA, 1995, Przyrodniczo – ekonomiczna waloryzacja stawów rybnych w Polsce (Naturalistic – economic inventory of fish ponds in Poland), Foundation IUCN Poland, Warszawa. (In Polish).
15. Endut, A., Jusoh, A., All, N.A., Wah-Nik, W.B., 2011, Nutrient removal from aquaculture wastewater by vegetable production in aquaponic recirculation system. *Desalin. Water Treat.* 32 (1-3), 422-430. <https://doi.org/10.5004/dwt.2011.2761>.
16. El-Sayed, A.F.M. (2013). Tilapia feed management practices in sub-Saharan Africa. In M.R. Hasan and M.B. New, eds. *On-farm feeding and feed management in aquaculture*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583. Rome, FAO. pp. 377-405.
17. FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. Sofia, Rome, 244 p.
18. Fijan, N., 1999. Spring viremia of carp and other viral disease agents of warm water fish. In: *Fish Diseases and Disorders*, Vol. 3 . *Viral, Bacterial and Fungal Infections* (PTK Woo & DW Bruno, eds.), CABI, Oxford, pp. 177 – 244.
19. Fauconneau, B., Alami-Durante, H., Laroche, M., Marcel. J., Vallot, D., 1995, Growth and meat quality relations in carp, *Aquaculture* 129:265-297.
20. Guziur J., 2009, Rybactwo stawowe Polski, Tradycje, stan aktualnz, zagrożenia i perspektywy (Pond fish of Poland. Traditions, current state, threats, and perspectives). Pp. 69 – 98. In: Heese T., Lampart – Kałużniacka M. (eds.) *Karp w wodach Polski. (Carp in waters of Poland.)*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin. Monografia nr 1459. (In Polish).
21. Hayat, M., Nugroho, R.A., Aryani, R., 2021, Influence of different stocking density on the growth, feed efficiency, and survival of Majalaya common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus 1758) [version 1; peer review: 2 approved] *F1000 Research* 2018, 7: 1917. <https://doi.org/10.12688/f1000research.16875.1>
22. Hung, L.T., N. A. Tuan și J. Lazard. 2001. Effect of frequency and time of feeding on growth and feed utilization in two Asian catfishes. *J. Aquaculture*, 203 (1-2): 133-148.
23. Hoole, D., Bucke, D., Burgess, P., Wellby, I., 2001, *Diseases of Carp and other Cyprinid fishes*, Fishing News Books, Oxford, ISBN 0-85238-252-9.
24. Kaushik, S.J., 1995, Nutrient requirements, supply and utilization in the context of carp culture. *Aquaculture* 129:225-241.
25. Maule, A.G., Tripp, R.A., Kaattari S.L. & Schreck, C.B. 1989, Stress alters immune function and disease resistance in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*), *Journal of Endocrinology* 120, 135-142.
26. Mazur, C.F. & Iwama, G.K. 1993, Effect of handling and stocking density on hematocrit, plasma cortisol, and survival in wild and hatchery-reared chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*), *Aquaculture* 112, 291-299.
27. Munteanu, G., Bogatu, D., 2003, *Tratat de ihtiopatologie*, Excelsior Art, ISBN 973-592-085-9.
28. Nuwansi, K.K.T., Verma, A.K., Chandrakant, M.H., Prabhath, G.P.W.A., Peter, R.M., 2021. Optimization of stocking density of koi carp (*Cyprinus carpio* var. Koi) with gotukola (*Centella asiatica*) in an aquaponic system using phytoremediated aquaculture wastewater. *Aquaculture* 532 (2021) 735993. <https://doi.org/10.1116/j.aquaculture.2020.735993>
29. Rotllant, J., Pavlidis, M., Kentouri, M., Abad, M.E. & Tort, L., 1997, Non-specific immune responses in the red porgy *Pagrus pagrus* after crowding stress. *Aquaculture* 156, 279-290.
30. Roberts, Ronald J., 2012, *Fish pathology*, – 4th ed., Blackwell Publishing Ltd., ISBN 978-1-4443-3282-7.
31. Ricker W.E.(1979). *Growth rates and models in fish physiology*. Volume 8. Academic Press. New York. pp: 678-738.

32. Ruane N.M., Wendelaar Bonga S.E., Balm P.H.M. (1999): Differences between rainbow trout and brown trout in the regulation of the pituitary-interrenal axis and physiological performance during confinement. *General and Comparative Endocrinology*, 115, 210–219.
33. Rey, S., Little, D.C., & Ellis, M.A. (2019). Farmed fish welfare practices: salmon farming as a case study. *GAA publications*.
34. Satpathy, B. B., D. Mukherjee și A. K. Ray. 2003. Effects of dietary protein and lipid levels on growth, feed conversion and body composition in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. *Aquacult. Nutr.*, 9:17-24.
35. Seibel, H., Baßmann, B., Rebl, A., 2021, Blood will tell: What hematological analyses can reveal about fish welfare, *Front. Vet. Sci.* 8:616955, doi:10.3389/fvets.2021.616955.
36. Shearer, K.D., 1994, Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture* 119:63-88.
37. Stepanowska Katarzyna, Sawicka Anna, 2006. The effect of feeding method on body weight gains, concentrations of selected components in the blood, and peroxidation processes of carp, *Cyprinus carpio* L. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* (2006) 36 (1): 25-29.
38. Stăncioiu, S., 1976, Ihtiologie generală, Universitatea din Galați.
39. Tkaczewska, J., Migdal, W., Kulawik, P., 2014, The quality of carp (*Cyprinus carpio* L.) cultured in various Polish regions, *J Sci Food Agric* 94:3061-3067.
40. Takeuchi, T., Watanabe, T., Ogino, C., 1979b, Optimum ratio of dietary energy to protein for carp, *Bull, Jap. Soc. Sci. Fish.*, 45: 983-987.
41. Turkowski K., Lirski A., Wolos A., Daczka A., 2007, Dopłaty wodnośrodowiskowe jako instrument wdrażania rozwoju ytównoważonego w gospodarstwach stawowych. (Water environmental measures as an instrument of implementation of sustainable development of pond fish farms.) Pp. 183 – 195. In: Michałowski K. (ed.) *Ekologiczne aspekty rozwoju regionalnego i lokalnego.* (Ecological aspects of regional and local development.) Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Białymstoku, Białystok. (In Polish).

Anexa 3 – Copertă exterioară/spate

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Titlul proiectului: „Program pentru creșterea performanței și inovării în cercetarea doctorală și postdoctorală de excelență - PROINVENT”

Contract nr: 62487/03.06.2022 POCU/993/6/13 - Cod SMIS: 153299

Punctele de vedere exprimate în lucrare aparțin autorului și nu angajează Comisia Europeană și Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, beneficiara proiectului.