

REZUMAT

Efectele administrării unor fitoaditivi asupra performanțelor bioproductive și a statusului fiziologic la păstrăvul curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*)

Doctorand **Tudor-Andrei Păpuc**

Conducător de doctorat **Prof. Univ. Dr. Vioara Mireșan**



INTRODUCERE

Păstrăvul curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) este principala specie de salmonide crescută în apă dulce, la nivel mondial, datorită adaptabilității sale la condițiile de mediu, a ritmului rapid de creștere, și a tehnologiilor de creștere bine stabilite (Samuel-Fitwi et al., 2013). În 2019, producția globală de păstrăv a atins aproximativ 939000 tone, din care păstrăvul curcubeu a reprezentat 97%. Față de anii anteriori, producția a crescut (CE, 2021). În România, la nivelul anului 2021, s-au produs puțin peste 3200 tone de păstrăv curcubeu (cca. 28% din totalul producției de pește).

Tehnologiile de creștere a păstrăvului curcubeu au evoluat, în salturi, de-a lungul timpului (Hinshaw *et al.*, 2004). În prezent, se folosesc tehnologii performante, se cunosc cerințele nutriționale ale păstrăvilor, furajul folosit este performant, se cunosc valorile optime ale parametrilor de apă, sistemele de creștere obțin performanțe bioproductive adecvate. Totuși, au apărut și noi provocări, în general privind bunăstarea peștilor, surse alternative de proteină, protecția mediului, utilizarea unor ingrediente naturale în furaj, etc.

Furajarea adecvată cu un furaj care să satisfacă cerințele nutriționale ale păstrăvului curcubeu este importantă pentru dezvoltarea normală a acestuia, pentru a obține o rată ridicată de supraviețuire și o rată de conversie a furajului (FCR) cât mai redusă (Hilton & Slinger, 1981). În ferme, păstrăvul curcubeu se bazează de multe ori doar pe furajul primit ca sursă de hrană, astfel încât o dietă echilibrată este foarte importantă. Deoarece ingredientele furajului sunt uneori limitate în ceea ce privește echilibrul nutrienților, se utilizează adesea diverse suplimente. Dar suplimentele au funcții multiple, devenind ingrediente utilizate la scară largă în acvacultură. Păstrăvul curcubeu are nevoie de nutrienți esențiali pentru creștere, sănătate, reproducere, etc. Există suplimente cu aminoacizi esențiali, premixuri (minerale și vitamine), etc. (Rodehutscord et al., 1997; Ringø et al., 2014). Suplimentele naturale sunt obținute din surse naturale și pot avea efecte pozitive asupra creșterii și sănătății peștilor. Au efecte pozitive asupra bunăstării acestora, și au efecte negative reduse. În general, suplimentele naturale sunt sustenabile, mai ales când au surse regenerabile (plante, alge). Au o gamă largă de compuși bioactivi (Gherescu et al., 2023; Barad et al., 2024). Consumatorii preferă pești furajați cu furaje suplimentate cu aditivi naturali.

Prin această teză de doctorat am dorit să contribuim la depășirea unor provocări în acvacultura păstrăvului curcubeu, prin încercarea de a obține o creștere adecvată pe timpul iernii într-o fermă clasică, intensivă, precum și prin evaluarea efectelor unor fitoaditivi asupra statusului fiziologic și a calității cărnii păstrăvului curcubeu.

SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII

SCOPUL tezei de doctorat intitulată „Efectele administrării unor fitoaditivi asupra performanțelor bioproductive și a statusului fiziologic la păstrăvul curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*)” a fost acela de a determina influența unor fitoaditivi naturali adăugați în furajul păstrăvului curcubeu asupra creșterii acestuia, asupra unor parametri hematologici, de biochimie a plasmei, și asupra unor elemente de calitate a cărnii, comparativ cu un furaj standard. Obiectivele tezei sunt următoarele:

1. Sinteza cunoștințelor actuale referitoare la creșterea păstrăvului curcubeu;
2. Obținerea și caracterizarea fizico-chimică a fitoaditivilor, a furajului standard și a furajului experimental;
3. Organizarea dispozitivului experimental într-o fermă salmonicolă cu sistem intensiv;
4. Determinarea performanțelor bioproductive a păstrăvului curcubeu furajat cu suplimentare de fitoaditivi;
5. Caracterizarea statusului fiziologic al păstrăvului curcubeu pe baza parametrilor sangvini;
6. Analizarea, interpretarea și diseminarea datelor obținute.

STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT

Teza de doctorat intitulată “ Efectele administrării unor fitoaditivi asupra performanțelor bioproductive și a statusului fiziologic la păstrăvul curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*)” cuprinde un număr total de 137 de pagini și este structurată în două părți, și anume partea I, „Stadiul actual al cunoașterii” și partea a-II-a „Contribuția personală”. Teza de doctorat conține 13 tabele și 52 de figuri.

1. Stadiul actual al cunoașterii cuprinde patru capitole.
2. Contribuția personală cuprinde cinci capitole.

PARTEA I - Stadiul actual al cunoașterii

Partea I cuprinde 4 capitole și reprezintă o sinteză a cunoștințelor actuale legate de păstrăvul curcubeu, atât privind biologia speciei, cât și aspecte privind elemente de producție, creștere, furajare și suplimente utilizate, în special carotenoide.

Capitolul I este intitulat „Considerații generale asupra păstrăvului curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*)” și conține 3 subcapitole: „Răspândirea păstrăvului curcubeu”, „Descrierea morfologică a păstrăvului curcubeu” și „Biologia, ecologia și etologia păstrăvului curcubeu”.

Capitolul II este intitulat „Creșterea păstrăvului curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) în salmonicultură”. Acest capitol cuprinde 9 subcapitole: „Istoricul creșterii păstrăvului

curcubeu”, „Sisteme de creștere a păstrăvului curcubeu”, „Nutriție și furajare în creșterea păstrăvului curcubeu”, „Reproducerea artificială a păstrăvului curcubeu”, „Profilaxie, boli și tratamente în creșterea păstrăvului curcubeu”, „Recoltarea și procesarea păstrăvului curcubeu”, „Aspecte economice și de marketing în creșterea păstrăvului curcubeu”, „Producția de păstrăv curcubeu în cifre” și „Calitatea cărnii păstrăvului curcubeu”.

Capitolul III este intitulat „Tendențe curente și de viitor în creșterea păstrăvului curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*)” și include 2 subcapitole: „Tendențe curente în creșterea păstrăvului curcubeu” și „Tendențe emergente în creșterea păstrăvului curcubeu”.

Capitolul IV este intitulat „Suplimente alimentare utilizate în creșterea păstrăvului curcubeu” și include 3 subcapitole: „Suplimente artificiale”, „Suplimente naturale” și „Carotenoidele”.

PARTEA a II-a - Contribuția personală

Partea a II-a cuprinde cinci capitole, cuprinzând contribuția personală. Aici sunt prezentate scopul și obiectivele cercetării, materialul biologic utilizat, metodele folosite, rezultatele obținute și discuțiile privitoare la rezultatele obținute, concluziile și recomandările, precum și aspecte de originalitate și contribuțiile inovative ale tezei.

Capitolul V se numește „Scopul și obiectivele cercetării”, fiind prezentate cele șase obiective menționate anterior și planul experimental.

Capitolul VI se numește „Material și metode” și cuprinde patru subcapitole: „Obținerea făinurilor vegetale”, „Prepararea furajului experimental”, „Dispozitivul experimental” și „Măsurători, determinări și analize realizate în cadrul cercetării”, fiecare detaliind procedurile, materialul și metodele utilizate.

Capitolul VII este intitulat „Rezultate și discuții”, și conține 5 subcapitole: „Valorile parametrilor apei”, „Caracterizarea fizico-chimică a făinurilor și a furajelor”, „Performanțe bioproductive de creștere ale păstrăvului curcubeu”, „Hematologia și biochimia plasmei”, și „Compoziția chimică și calitatea cărnii”.

Capitolul VIII este intitulat „Concluzii și recomandări” și cuprinde 2 subcapitole: „Concluzii” și „Recomandări”.

Capitolul IX este intitulat „Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei”, prezentând elemente de originalitate, precum și contribuțiile către mediul științific, și nu numai, ale tezei.

MATERIAL ȘI METODE

Pentru această cercetare privind efectele unor fitoaditivi asupra performanțelor de creștere și a statusului fiziologic la păstrăvul curcubeu au fost selectate trei specii de plante: morcov (*Daucus carota*), roșii (*Solanum lycopersicum*) și spanac (*Spinacia oleracea*). După obținerea făinurilor din plante, s-a realizat furajul experimental. Făinurile, furajul standard

și cel experimental au fost caracterizate fizico-chimic. Experimentele propriu-zise s-au desfășurat la Păstrăvăria Gilău, jud. Cluj, timp de 90 de zile, din noiembrie 2023 până în februarie 2024. Materialul biologic a fost reprezentat de păstrăv curcubeu cu masă corporală de consum. Pentru testarea dietelor cu supliment vegetal au fost selectate 200 de exemplare de păstrăv curcubeu, de masă corporală aproximativ egală, fără semne clinice de boală. Astfel, câte 50 de exemplare au fost atribuite fiecărui grup: G1 – grupul martor, furajat cu furajul standard; G2 – grupul furajat cu un adaos de 2% făină de morcovi la furajul standard; G3 - grupul furajat cu un adaos de 2% făină de roșii la furajul standard; și G4 - grupul furajat cu un adaos de 2% făină de spanac la furajul standard. La începutul experimentului, s-au efectuat determinări morfometrice și s-au prelevat probe de sânge. La final, s-au repetat aceleași determinări. Mai mult, s-au prelevat probe de țesut muscular pentru analiza cărnii. Furajarea s-a realizat după un grafic de furajare stabilit conform temperaturii apei, biomasei biologice, cantităților consumate anterior și recomandărilor producătorului. Parametrii apei au fost mășurați zilnic. Activitățile și procedurile efectuate asupra peștilor în vederea îndeplinirii obiectivelor au fost aprobate prin Decizia Comisiei de Bioetică a USAMV Cluj-Napoca cu nr. 499, pentru formularul de aplicație nr. 486 din 03.02.2023.

REZULTATELE CERCETĂRII

Rezultate privind parametrii apei

Parametrii determinați au fost caracteristici unei ferme salmonicole din România, în perioada rece a anului (Tabelul 1). Unii parametri au avut valori optime, în timp ce alții s-au situat în afara intervalelor optime, posibil provocând stres pentru pești. Temperaturile au fost în scădere, pe majoritatea duratei experimentului fiind sub intervalul optim pentru păstrăvul curcubeu, ajungând uneori sub 3°C. Turbiditatea, OD și pH-ul au avut valori optime pentru păstrăvul curcubeu. Conductivitatea și TSD au avut valori ușor sub limitele optime pentru păstrăvul curcubeu, tot din cauza perioadei și a spațiului. Astfel, unii parametri ai apei nu au avut valori optime pentru păstrăvul curcubeu, dar s-au încadrat în valori tolerabile pentru aceștia. Aceste valori sunt o realitate în fermele salmonicole din România, motiv pentru care creșterea păstrăvului curcubeu este încetinită, stagnează sau este negativă pe timpul iernii.

Tabelul 1

Valorile parametrilor mediali pe parcursul studiului

<i>Elemente de statistică descriptivă</i>	<i>Temp (°C)</i>	<i>OD (mg/L)</i>	<i>pH</i>	<i>Conductivitate (μS/cm)</i>	<i>TSD (mg/L)</i>	<i>Turb [UNF]</i>
Medie	5.70	14.01	6.82	78.61	38.92	1.06
DS	2.37	0.60	0.12	3.45	1.85	0.61
Min	2.74	12.18	6.6	72	36	0.2
Max	9.91	14.98	7.12	86	43	2.6
Mediană	5.28	14.04	6.81	78.5	38	1
CV	0.42	0.04	0.02	0.04	0.05	0.61

Notă: DS – deviație standard; CV – coeficient de variație; Temp – temperatură; OD – oxigen dizolvat; TSD – total solide dizolvate; Turb – turbiditate.

Rezultate privind caracterizarea fizico-chimică a făinurilor și a furajelor

Compoziția chimică a furajului standard nu a suferit modificări prin suplimentarea cu 2% fitoaditivi (Tabelul 2). Totalul de polifenoli a crescut în toate furajele experimentale, dar nesemnificativ ($p>0.05$). Capacitatea antioxidantă totală a crescut semnificativ în toate furajele experimentale ($p<0.05$). Totalul de carotenoide a crescut semnificativ ($p<0.05$) în furajul experimental cu făină de morcov și în cel cu făină de spanac (Tabelul 2).

Tabelul 2

Totalul de polifenoli, capacitatea antioxidantă și totalul de carotenoide pentru făinurile vegetale și furaje (medie±DS)

Fitoaditivi și furaje	Total polifenoli (mg/kg EAG)	Capacitate antioxidantă totală (μg/mg EAA)	Total carotenoide (mg/g EBC)
Făină de morcov	923±19.15 ^a	2.16±0.17 ^a	5.94±0.18 ^a
Făină de roșii	2570±240.59 ^b	7.33±0.4 ^b	5.03±0.04 ^b
Făină de spanac	1088.8±80.06 ^c	2.58±0.2 ^a	9.09±0.02 ^c
Furaj standard	285.8±79.25 ^a	0.65±0.03 ^a	3.31±0.09 ^a
Furaj standard + 2% făină de morcov	304.33±77.83 ^a	0.7±0.17 ^b	3.42±0.02 ^{bc}
Furaj standard + 2% făină de roșii	337.97±78.41 ^a	0.8±0.18 ^c	3.35±0.02 ^{ab}
Furaj standard + 2% făină de spanac	308.69±74.53 ^a	0.7±0.17 ^b	3.46±0.02 ^c

Notă: litere diferite în aceeași coloană (pentru cele 2 categorii de probe – făinuri și furaje) arată diferențe semnificative ($p<0.05$).

Rezultate privind performanțele bioproductive de creștere ale păstrăvului curcubeu

Indicii de creștere au avut valori bune pentru perioada de iarnă, confirmând posibilitatea furajării păstrăvului curcubeu la temperaturi scăzute. Peștii din G2, furajați cu o dietă suplimentată cu 2% făină de morcovi, au avut valorile cele mai ridicate pentru spor total de creștere (4.639 kg), spor zilnic (51.54 g/zi), spor mediu zilnic (1.03 g/zi), rata specifică de creștere (24.71% pentru 90 de zile și 0.274%/zi), și coeficientul de eficiență proteică (1.96), cu cel mai bun factor de conversie a furajului (1.39). Factorul de condiție cu valoarea cea mai bună a fost observat în G2 (1.23). Rezultate mai slabe au fost obținute în G3 și G4, dar au existat și aici valori adecvate ale indicilor de creștere. Hrănirea mai puțin intensă în G3 și G4 poate fi atribuită acidității produse de roșii, respectiv a modificării palatabilității dietei de către spanac. Kn, RGI, și WLR au avut cele mai ridicate valori în G2. În majoritatea cazurilor, valorile din G2 nu au fost semnificativ mai bune ($p>0.05$) față de cele din grupul martor.

Rezultate privind hematologia și biochimia plasmei

Valorile parametrilor hematologici au fost mai bune pentru peștii din grupurile experimentale, deși diferențele au fost semnificative în puține cazuri (Tabelul 3). Valorile hematocritului peștilor din grupurile experimentale au fost mai reduse față de valoarea din G1, care depășește ușor limitele normale. Valoarea volumului eritocitar mediu este mai apropiată de normal în G2 și G4, față de cea din G1. Față de populația inițială, au fost observate modificări. Cea mai probabilă explicație este scăderea temperaturii apei în perioada de iarnă. Dietele experimentale au ajutat la menținerea între intervale relativ normale a valorilor parametrilor hematologici, cu valori mai bune în majoritatea cazurilor față de cele obținute în grupul de control.

Profilul proteic al plasmei a suferit diferențe semnificative ($p<0.05$) doar în cazul proteinei totale și a creatininei (Tabelul 4). În cazul proteinei totale, diferențele au fost între valoarea ușor ridicată în cazul G2 față de valoarea ușor scăzută din G4, iar la creatinină diferența a fost între grupul martor și populația inițială. Valorile creatininei s-au încadrat ușor peste limitele propuse de literatura de specialitate.

Colesterolul și trigliceridele au crescut semnificativ ($p<0.05$) în G1 și G2 față de populația inițială, probabil din cauza consumului mai ridicat de furaj. În cazul colesterolului, valoarea din G2 a fost semnificativ mai mare ($p<0.05$) și decât valorile din G3 și G4. O altă constatare ce poate argumenta nivelurile ridicate ale colesterolului și trigliceridelor, pe lângă consumul de furaj în condiții de metabolism încetinit, este maturarea gonadală, observată în momentul sacrificării la unii indivizi, maturare ce presupune acumularea de lipide.

Tabelul 3

Profilul hematologic al păstrăvului curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*)

Grup	Hb (g dL ⁻¹)	RBC (x10 ⁶ mm ⁻³)	Hct (%)	VEM (fL)	HEM (pg)	CHEM (g dL ⁻¹)
I	5.88±1.16 ^a	2.66±0.3 ^a	30.4±7.6 ^a	112.85±15.57 ^a	21.99±2.68 ^a	19.65±2.72 ^a
G1	6.31±0.49 ^a	3.41±0.33 ^a	45.6±5.41 ^b	133.77±9.56 ^{ab}	18.58±1.22 ^a	13.95±1.39 ^b
G2	6.47±0.58 ^a	2.97±0.36 ^a	43.6±7.43 ^{ab}	145.83±11.75 ^b	21.82±1.3 ^a	15.07±1.82 ^b
G3	6.45±1.03 ^a	3.25±0.42 ^a	43.2±7.94 ^{ab}	132.22±10.31 ^{ab}	19.95±3.54 ^a	15.23±3.43 ^b
G4	6.49±1.29 ^a	3.08±0.56 ^a	44.2±9.03 ^{ab}	143.44±14.86 ^b	20.98±2.17 ^a	14.66±1.1 ^b

Notă: I – populația inițială; G1 – grup martor furajat cu furajul standard; G2 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de morcovi; G3 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de roșii; G4 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de spanac; Hb – concentrația de hemoglobină; RBC – numărul total de globule roșii; Hct – hematocrit; VEM – volumul eritrocitar mediu; HEM – hemoglobina eritrocitară medie; CHEM – concentrația de hemoglobină eritrocitară medie; litere diferite în aceeași coloană indică diferențe semnificative ($p<0.05$); valorile sunt prezentate ca medie ± deviație standard ($n=5$); Hb, Hct, VEM, HEM și CHEM au fost analizate cu ANOVA și testul Tukey; RBC a fost analizată cu testul Kruskal-Wallis.

Tabelul 4

Profilul proteic al plasmei la păstrăvului curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*)

Grup	Proteina totală (g/dL)	Albumină (g/dL)	Gamma globuline (g/dL)	Uree (mg/dL)	Creatinină (mg/dL)
I	4.58±1.62 ^{ab}	1.44±0.50 ^a	0.63±0.35 ^a	14.94±1.53 ^a	0.65±0.12 ^a
G1	4.63±0.36 ^{ab}	1.30±0.08 ^a	0.38±0.09 ^a	15.64±2.80 ^a	0.43±0.05 ^b
G2	5.17±0.42 ^a	1.57±0.18 ^a	0.44±0.10 ^a	14.84±0.99 ^a	0.54±0.08 ^{ab}
G3	4.31±0.13 ^{ab}	1.29±0.14 ^a	0.27±0.11 ^a	16.18±3.00 ^a	0.47±0.02 ^{ab}
G4	4.02±0.36 ^b	1.30±0.17 ^a	0.38±0.13 ^a	14.54±1.59 ^a	0.47±0.15 ^{ab}

Notă: I – populația inițială; G1 – grup martor furajat cu furajul standard; G2 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de morcovi; G3 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de roșii; G4 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de spanac; litere diferite în aceeași coloană indică diferențe semnificative ($p<0.05$); valorile sunt prezentate ca medie ± deviație standard ($n=5$); valorile proteinei totale au fost analizate cu testul Kruskal-Wallis, urmat de testul Dunn; valorile albuminelor, gamma globulinelor, ureei și creatininei au fost analizate cu ANOVA, urmată de testul Tukey.

Profilul enzimatic nu a suferit modificări semnificative ($p>0.05$), rezultatele fiind sintetizate în Tabelul 5.

Profilul mineral al plasmei a variat în funcție de fitoaditivii suplimentați (Tabelul 6). Astfel, nivelul de Ca^{2+} a crescut semnificativ ($p<0.05$) în G2, dar a scăzut semnificativ ($p<0.05$) în G4. Nivelul de PO_4^{3-} a crescut în toate grupurile experimentale, dar nu semnificativ ($p>0.05$). Nivelul de Fe^{3+} a rămas relativ constant. Na^+ a crescut în toate grupurile, dar semnificativ ($p<0.05$) doar în G3. K^+ a crescut semnificativ în G4 ($p<0.05$). Nivelul de Mg^{2+} a rămas constant ($p>0.05$).

Tabelul 5

Profilul enzimatic al plasmei la păstrăvului curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*)

Grup	Alanin aminotransferază (U/L)	Aspartat aminotransferază (U/L)	Gamma-glutamyl transferază (U/L)	Lactat dehidrogenază (U/L)
I	6.06±3.84 ^a	130.52±67.24 ^a	5.51±2.47 ^a	967.78±330.28 ^a
G1	3.48±1.55 ^a	97.8±26.8 ^a	5.98±3.15 ^a	326.46±147.29 ^a
G2	11.62±2.34 ^a	96.42±16.08 ^a	7.42±4 ^a	553.32±259.15 ^a
G3	11.08±5.24 ^a	83.66±37.66 ^a	8.8±4.69 ^a	248.24±78.42 ^a
G4	9.06±6.74 ^a	82.84±29.01 ^a	4.55±2.63 ^a	436.68±307.94 ^a

Tabelul 6

Profilul mineral al plasmei la păstrăvului curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*)

Grup	Ca ²⁺ (mg/dL)	PO ₄ ³⁻ (mg/dL)	Fe ³⁺ (μg/dL)	Na ⁺ (mmol/L)	K ⁺ (mmol/L)	Mg ²⁺ (mg/dL)
I	11.55±1.52 ^{abc}	10.47±3.09 ^a	133.06±19.01 ^a	141.38±8.08 ^a	2.73±0.30 ^{ab}	3.20±0.59 ^a
G1	11.09±0.72 ^{ab}	10.38±0.67 ^a	160.44±55.03 ^a	158.04±2.40 ^{ab}	2.33±0.14 ^a	3.53±0.10 ^a
G2	13.16±0.82 ^c	11.27±1.30 ^a	154.96±24.99 ^a	155.28±10.55 ^{ab}	2.48±0.38 ^{ab}	3.74±0.68 ^a
G3	10.92±0.82 ^b	11.71±2.47 ^a	114.24±18.55 ^a	165.54±4.95 ^b	2.77±0.20 ^{ab}	3.58±0.66 ^a
G4	8.56±0.56 ^d	11.84±0.82 ^a	93.16±34.08 ^a	156.00±2.05 ^{ab}	3.33±0.50 ^b	3.46±0.31 ^a

Notă: I – populația inițială; G1 – grup martor furajat cu furajul standard; G2 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de morcovi; G3 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de roșii; G4 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de spanac; litere diferite în aceeași coloană indică diferențe semnificative ($p<0.05$); litere diferite în aceeași coloană indică diferențe semnificative ($p<0.05$); valorile sunt prezentate ca medie ± deviație standard ($n=5$); valorile PO₄³⁻, Na⁺ și K⁺ au fost analizate cu testul Kruskal-Wallis, urmat de testul Dunn; valorile Ca²⁺, Fe³⁺ și Mg²⁺ au fost analizate cu ANOVA, urmată de testul Tukey.

Valorile glucozei nu au suferit schimbări.

Totalul de bilirubină a scăzut față de valoarea inițială, fiind mai redus în grupurile experimentale inclusiv față de grupul martor, însă diferențele nu au fost semnificative ($p>0.05$).

Așadar, valorile parametrilor hematologici, precum și ale parametrilor plasmei sangvine au indicat o ușoară stare de stres la finalul experimentului. Aceasta poate fi atribuită, pe de-o parte, temperaturilor scăzute ale apei, un element de stres medial, iar pe de altă parte, furajării pe timpul acestor temperaturi scăzute, când metabolismul păstrăvilor este încetinit

Abaterile de la intervalele optime sunt neglijabile, cu excepția profilului lipidic, unde modificările sunt puse, cel puțin parțial, și pe seama altor factori (maturare gonadală).

În general, adăugarea fitoaditivilor în dieta păstrăvului curcubeu fie a avut efecte pozitive, fie nu a avut efecte asupra parametrilor hematologici și ai plasmei sangvine, cu excepția nivelului de calciu în G4, care a scăzut semnificativ ($p<0.05$), și a

profilului lipidic, unde apar și alți factori ce pot produce modificări majore.

Rezultate privind compoziția chimică și calitatea cărnii

Compoziția chimică a cărnii nu a suferit modificări în funcție de adăugarea fitoaditivilor în furaj (Tabelul 7).

Tabelul 7

Compoziția chimică a cărnii păstrăvului curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*)

Grup	Umiditate	Proteină brută	Grăsimă brută
G1	67.5±2.37 ^a	17.68±2.21 ^a	7.8±2.91 ^a
G2	67.92±3.9 ^a	17.02±2.21 ^a	6.54±2.41 ^a
G3	64.48±0.9 ^a	15.82±0.65 ^a	6.52±0.83 ^a
G4	65.44±1.51 ^a	16.2±1.54 ^a	6.18±1.84 ^a

Notă: G1 – grup martor furajat cu furajul standard; G2 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de morcovi; G3 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de roșii; G4 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de spanac; litere diferite în aceeași coloană indică diferențe semnificative ($p < 0.05$); litere diferite în aceeași coloană indică diferențe semnificative ($p < 0.05$); valorile sunt prezentate ca medie ± deviație standard ($n=5$); valorile au fost analizate cu ANOVA.

Totalul de carotenoide al cărnii a fost drastic îmbunătățit odată cu adăugarea fitoaditivilor, cele mai bune rezultate fiind în G4, urmat de G3 și G2 (Figura 1).

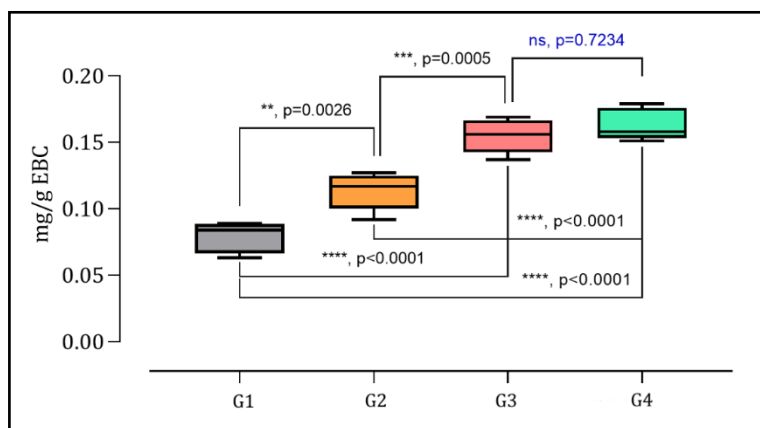


Fig. 7.36. Conținutul total de carotenoide din carnea păstrăvului curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*); G1 – grup martor furajat cu furajul standard; G2 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de morcovi; G3 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de roșii; G4 – grup experimental furajat cu furajul standard suplimentat cu 2% făină de spanac (grafic original)

Adăugarea unor fitoaditivi naturali în furajul păstrăvului curcubeu îmbunătățește calitatea cărnii, realizând un produs cu beneficii asupra sănătății consumatorilor.

Culoarea cărnii nu a suferit modificări observabile. Colorarea intensă nu a avut loc posibil din cauza consumului redus de furaj, și, implicit, de carotenoide, dar și de natura carotenoidelor din fitoaditivi, deoarece carotenoide naturale existente în fitoaditivii utilizați, β -caroten, licopen și luteină, se acumulează mai greu față de astaxantina sintetică, și se metabolizează parțial mai ușor. Totuși, o analiză digitală a depistat câteva modificări de culoare greu observabile cu ochiul liber. Culoarea cărnii păstrăvilor din G2 se apropie mai mult de roșu față de culorile din celelalte grupuri, iar culoarea cărnii păstrăvilor din G4 se apropie mai mult de portocaliu.

Concluzii

În prezentul studiu s-a demonstrat posibilitatea furajării păstrăvului curcubeu pe timpul iernii, cu obținerea unor performanțe bioproductive bune. Furajul cu adaos de făină de morcov a produs cele mai bune rezultate de creștere, urmat de furajul standard. Furajele experimentale cu făină de roșii și spanac au produs rezultate mediocre de creștere.

Parametrii hematologici și de biochimie a plasmei fie au fost îmbunătățiți, fie nu au suferit modificări în peștii din grupurile experimentale. În general, parametrii s-au încadrat între limitele propuse de literatura de specialitate.

Compoziția chimică a cărnii păstrăvilor curcubeu nu a suferit modificări. Conținutul de carotenoide al cărnii a fost semnificativ îmbunătățit de fitoaditivii din furaj, realizând astfel un produs mai sănătos pentru consum uman.

Recomandări

Se recomandă utilizarea unui adaos de 2% făină de morcov în furajul păstrăvului curcubeu pentru a îmbunătăți performanțele de creștere și statusul fiziologic.

Se recomandă furajarea păstrăvului curcubeu pe timpul iernii în ferme salmonicole intensive, clasice. Furajarea trebuie realizată lentă, cu cantități reduse de furaj.

Pentru colorarea cărnii, nu se recomandă utilizarea fitoaditivilor utilizați în condițiile acestui experiment.

BIBLIOGRAFIE

1. Samuel-Fitwi, B., Nagel, F., Meyer, S., Schroeder, J. P., & Schulz, C. (2013). Comparative life cycle assessment (LCA) of raising rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in different production systems. *Aquacultural Engineering*, 54, 85-92.
2. European Commission, Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries, (2021). Portion trout in the EU – Price structure in the supply chain focus on Germany, Italy and Poland, <https://data.europa.eu/doi/10.2771/98441>, accesat la 03.01.2025.
3. Hinshaw, J. M., Fornshell, G., & Kinnunen, R. (2004). A profile of the aquaculture of trout in the United States. USDA Risk Management Agency, Washington, DC.
4. Hilton, J. W., & Slinger, S. J. (1981). Nutrition and feeding of rainbow trout. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 55, Ottawa.
5. Rodehutscord, M., Becker, A., Pack, M., & Pfeffer, E. (1997). Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimate of the maintenance requirement for essential amino acids. *The Journal of Nutrition*, 127(6), 1166-1175.
6. Ringø, E., Olsen, R. E., Jensen, I., Romero, J., & Lauzon, H. L. (2014). Application of vaccines and dietary supplements in aquaculture: Possibilities and challenges. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24, 1005-1032.
7. Gherescu, P., Mihailov, S., & Grozea, A. (2023). The influence of some phyto-additives on bio-productive performances and the health of the farmed fish – review. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, 56(1), 128-144.
8. Barad, R. R., Verma, D. K., Yusufzai, S. I., Shrivastava, V., & Ram, A. R. (2024). Herbal feed additives: Natural boost for aquatic health and growth. In *Sustainable feed ingredients and additives for aquaculture farming* (pp. 405-431). Springer, Singapore.