



7.5.1_OD_1.6.1_AF

ТРАКИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ

АГРАРЕН ФАКУЛТЕТ

Катедра “Биология и аквакултура”

Катя Нанева Величкова

**Влияние на растителни добавки и компоненти във фуража
върху основни рибопродуктивни показатели, кръвни
показатели, качеството на месото, микробиологията на
водата и потенциално патогенните микроорганизми при
отглеждане на дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.) и
шаран (*Cyprinus carpio* L.) в различни видове
рециркулационни системи**

АВТОРЕФЕРАТ

**НА ДИСЕРТАЦИЯ ЗА ПРИСЪЖДАНЕ НА НАУЧНА СТЕПЕН “ДОКТОР
НА НАУКИТЕ”**

**Научна специалност: “Рибовъдство, рибно стопанство и промишлен
риболов”**

Стара Загора
2022

Дисертационният труд съдържа 306 страници, в които са включени 43 таблици и 68 фигури. Литературният списък е представен от 490 публикации, от които 19 са на кирилица, а останалите 471 на латиница.

За провеждането на експериментите с дъгова пъстърва и шаран беше използвана „Учебно – експерименталната база по аквакултура“ към катедра „Биология и аквакултура“ на Аграрен факултет при Тракийски университет, гр. Стара Загора. Лабораторните анализи се извършиха в Аграрен факултет при Тракийски Университет.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказвам голяма благодарност на проф. д-р Ивайло Сираков, който преди 12 години ме научи на основните принципи в аквакултурата и без който нямаше да стигна до този научен труд.

Благодаря на покойния проф. д-р Йордан Стайков, за възможността да се развивам в областта на аквакултурата и за опита, който ми предаде.

Изказвам благодарност на доц. д-р Стефка Стоянова за подкрепата и съветите, които ми даваше.

Благодаря за подкрепата на колегите от Аграрен факултет на Тракийски университет.

Огромна благодарност на семейството ми за безрезервната подкрепа и помощ през всичките тези години на научната ми работа.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 25.07.2022 г. от 13 часа в 1 аудитория на Аграрен факултет, Тракийски университет, Стара Загора.

Материалите във връзка със защитата са на разположение в отдел „Научен“ на Аграрен факултет и на електронната страница на Тракийски университет – www.uni-sz.bg

1. УВОД

Хората използват екстракти и части от различни видове растения от векове за лечение, храна и подправки, но въпреки това фитотерапията е все още нова област на изследване в аквакултурата, която се развива активно. Предполага се, че фитодобавките могат да станат алтернатива на антибиотиците в рибните стопанства. Рибите са изложени на патогенни микроорганизми (бактериални и гъбни инфекции), които населяват средата, в която те живеят. Нарастващата тенденция за повишаване на безопасността на храните, забраната за употреба на антибиотици кара учените непрекъснато да търсят и усъвършенстват прилагането на различни дози и видове растителни екстракти при отглеждането на хидробионти. Освен това включването на растения в храненето не замърсява околната среда, не стресира и не натоварва рибата, а това са достатъчен брой значими предимства.

От особено голямо значение за сектора Аквакултура е да се проследи въздействието на добавките от растения и фитоекстракти, които се изразяват в повишаване на апетита, подобряване на имунитета и антипатогенни свойства при култивирането на хидробионтите, тъй като по този начин отрасъла ще се доближи най-силно до устойчивостта и екологосъобразността, принципи които са залегнали в Зелената сделка. Въпреки нарастващият брой на тези проучвания при различните видове риби, те все още са недостатъчни и не дават необходимата информация в много аспекти. Поради тази причина е наложително да се изследва влиянието на различни растения и екстракти от тях, като добавки към фуражите на двата най-отглеждани вида риба за България - дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.) и шаран (*Cyprinus carpio* L.).

2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Целта на настоящото изследване е да се определи влиянието на добавки и суровини от растения (водна леща, блатен аир, хлорела, спиролина, глухарче, женско биле, бял равнец) към фуража, върху основни рибопродуктивни показатели, кръвни показатели, химичния състав на месото, микробиологията на водата и потенциално патогенните микроорганизми при отглеждане на дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.) и шаран (*Cyprinus carpio* L.) в различни видове рециркуляционни системи.

За реализирането на целта си поставихме следните задачи:

- ✓ Да се определи преживяемостта, прираста и хранителния коефициент на дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.) и шаран (*Cyprinus carpio* L.), култивирани в рециркуляционни системи при изхранване с фураж с добавки и суровини от растения.
- ✓ Да се определят кръвните показатели на дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.) и шаран (*Cyprinus carpio* L.), култивирани в рециркуляционни системи при изхранване с фураж с добавки и суровини от растения.
- ✓ Да се определи химичният състав на месото на дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.) и шаран (*Cyprinus carpio* L.), култивирани в рециркуляционни системи при изхранване с фураж с добавки и суровини от растения.
- ✓ Да се определи влиянието на растения и екстракти върху микробиологичните показатели на водата в рециркуляционни системи и срещу потенциални патогени за рибите микроорганизми.

- ✓ Да се определят разходите за фураж и икономическата ефективност при изхранването с фураж с добавка от растителни екстракти на дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.) и шаран (*Cyprinus carpio* L.), култивирани в рециркуляционни системи.

3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

3.1. Опитна постановка

3.1.1. Рециркуляционна система и експериментални риби

При провеждането на експериментите с шаран и дъгова пъстърва се използваха два вида системи – затворена рециркуляционна система и аквапонна система. Тези системи се намират в „Учебно – експерименталната база по аквакултура“ към катедра „Биология и аквакултура“ на Аграрен факултет при Тракийски университет, гр. Стара Загора. Рециркуляционната система (РС) се състои от 12 бетонни вани, включени в общо рециркуляционно водоснабдяване. Всяка една опитна вана е с общ обем 1 m^3 , а полезният ѝ – $0,750\text{ m}^3$. Пречистването на водата в рециркуляционната система става благодарение на два механични филтъра, биофилтър. За да се осъществи намаляване на количеството на амониевите йони и нитритите беше използван биофилтър, запълнен с $0,7\text{ m}^3$ филтърен материал (филтърни топки). За неговото активиране се използваха живи бактерии от видовете *Nitrosomonas* и *Nitrobacter* съдържащи се в готов продукт на фирма „Сера“-Serabionitrivec®- Германия. За да компенсирате загубите на вода от ваните, ежедневно добавяхме до 10–15 % свежа вода от общия обем на рециркуляционната система. През цялото време при протичането на опитите водата в рециркуляционната система беше затопляна чрез нагревателна

система. По време на експериментите допълнителна аерация на водата се осигуряваше чрез аераторна система.

Аквапонната система, намираща се в „Учебно – експерименталната база по аквакултура“ към катедра „Биология и аквакултура“ на Аграрен факултет при Тракийски университет, гр. Стара Загора е първата такава в страната ни, конструирана за учебни и експериментални цели. Тя е изградена през 2016 г., като иновативна технология за комбинирано отглеждане на растения и риби. Състои се от рециркуляционна секция за риби от 10 култивационни вани. Пречистващият блок на системата състоящ се от един механичен филтър (утаител) и биофилтър тип „подвижно легло“. Два нагревателя и помпа (Wilco®) за рецикулацията на водата се намират в събирателен резервоар. Полезният обем на ваните за отглеждане на риба беше 0,3 м³. Резервоарът за утаяване беше изпълнен с пластмасови ламели, които намаляват скоростта на водата и помагат за утаяване на отпадъчните частици. Биофилтърът тип „подвижно легло“ имаше пълнеж от 50 кг пластмасови пръстени. Индивидуалният обем на механичния и биологичния филтър, както и на събирателния съд беше 1 м³. Дебита в системата се поддържаше при 50 L/min¹. Секцията за отглеждане на растенията се състоеше от 8 вани с размери 1 x 0,5 x 0,25 m. Във всеки един от тях плаваше полистиролен лист с размери 0,95 x 0,45 x 0,05 m. За да се осъществи аерация на съдовете за култивиране и биологичния филтър, са използвани два аератора. За да се осигури благоприятна температура на водата във ваните, са използвани два нагревателя от 2000 W, потопени в събирателния съд и температурна сонда, които бяха свързани към контролер за управление на температурата. Всеки ден дъното на ваните за отглеждане на риба, както и дъното на филтърните блокове бяха почиствани чрез отваряне

на вентила, разположен на дъното на всеки резервоар. Загубата от водата, свързана с процеса на почистване и изпарението бяха 10% от общия обем на системата. Това количество вода беше възстановявано ежедневно с чиста вода, която постъпва чрез кран в събирателния съд.

Пъстървите, използвани в експериментите бяха закупени от Рибовъдно стопанство ИХТИО 2008 – гр. Пещера. Шараните се закупили от рибовъдно стопанство Тунджа 73, разположено в близост до гр. Николаево. Бяха подбрани здрави, без видими наранявания риби и транспортирани до Експериментална база по аквакултура, Тракийски университет, Стара Загора. Стартирането на експериментите се извършваше след седем дневен адаптационен период на транспортираните риби в експерименталната база. Продължителността на опитите беше до 60 дни. При залагане на опитните варианти всички риби бяха изтеглени индивидуално (g). Храненето на пъстървите, включени в експериментите ставаше с екструдирани фуражи на фирма “Бонмикс” - за съответния вид и възрастова категория риби, с размер на гранулите съответно 2 мм, 3 мм, 4 мм и 6 мм. Храненето на шараните включени в експериментите ставаше с гранулиран фураж на фирма “ТорМикс”, с размер на гранулите 2 мм, 3 мм, 4 мм и 6 мм. Храненето на рибите се осъществяваше ръчно, три пъти на ден. При опитите с добавка на екстракти се прибавяха определени количества от екстрактите от водна леща (1%), блатен аир (1%), глухарче (0,8%), бял равнец (15g/kg), женско биле (300mg/kg) и пробиотик (460mg/kg) към фуража аерозолно, 24 часа преди хранене, за да може да проникне в гранулите, посредством омасляване на гранулите с 5 мл слънчогледово масло за всеки 100 грама фураж, докато рибите от контролните групи получаваха само омаслен със същото количество слънчогледово масло фураж.

3.1.2. Приготвяне на билкови екстракти

Екстрахирането на активните вещества от водна леща, блатен аир, глухарче, женско биле и бял равнец беше извършено на инсталация за водно-спиртна екстракция в базата на фирма Биохерба Р ООД, в с. Руен, общ. Куклен(фиг. 1).

Екстрактите за микробиологичните изследвания се приготвят чрез ултразвук на прахообразния растителен материал в метанол (в съотношение 1:10) за 30 минути при 40 ° С в три повторения. Екстракцията, получена чрез ултразвук позволява на разтворителя да навлезе през клетъчните стени и освобождаването на активните съединения, определяйки така увеличаването на екстрактивния рандамент.

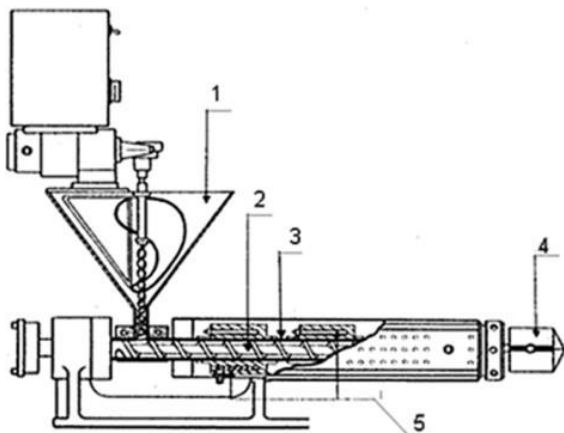


Фиг. 1. Инсталация за водно-спиртна екстракция

3.1.3. Приготвяне на фуражи с растителни компоненти

Приготвянето на фуражите с растителни компоненти от

водорасли и водна леща беше проведено върху сингълвинтов екструдер - BRABENDER 20 DN (Германия) оборудван с измервателно устройство за въртящ момент M_p , температура на матрицата $^{\circ}C$ и налягане на матрицата МРa в Университет по хранителни технологии – гр. Пловдив, при катедра „Машини и апаратури за хранителната индустрия” (фиг. 2).



Фиг. 2. Едновинтов лабораторен екструдер - BRABENDER 20DN: 1 - Захранващо устройство; 2 - Работен винт; 3 - Цилиндър; 4 - Матрица с дюза и нагревател; 5 - Отоплителни устройства

3.1.4. Хидрохимични показатели

При извършването на всеки един експеримент беше проследен хидрохимичния режим в използваните рециркуляционни системи, като се измерваха следните хидрохимични показатели:

температура на водата, $^{\circ}C$; разтворен кислород, $mg.l^{-1}$; активна реакция, pH; електропроводимост, $\mu S.cm^{-1}$; амониеви йони, $mg.l^{-1}$; фосфати, $mg.l^{-1}$;

За осъществяване на измерванията бяха използвани преносим

измервателен уред (HQ30D) съответно с LDO (електрод за определяне на кислород), pH-електрод (течност), електроди за определяне на електропроводимост. Анализът на амониевите йони и фосфатите се извърши в Лаборатория по управление и опазване на околната среда – ЕКОЛАБ на Аграрен факултет при Тракийски Университет, както и чрез използване на спектрофотометър DR 2800 (HachLange®), кюветни тестове и методики, адаптирани за рибовъдството.

3.1.5. Растежни показатели при опитните риби

Средното тегло на отделните риби (g) се изчисляваше в началото, средата и края на експеримента, за да се установи ефектът от растенията и екстрактите върху нарастването и усвояемостта на фуража от рибите в различните видове рециркулационни системи. В края на експериментите бяха определени специфичния темп на нарастване на рибите (%/ден), прираст (g), оцеляемостта на рибите (%) и хранителния коефициент.

Биометричните изчисления бяха извършени съгласно следните формули:

Специфичен темп на нарастване (SGR) (Zhou et al., 2006):

$$SGR = \frac{(\ln W_f - \ln W_i)}{n} \times 100$$

където, SGR - специфичния темп на нарастване на рибите (%/ден); W_i – средно начално тегло, g; W_f – средно крайно тегло, g; n – брой дни

Хранителен коефициент (K)

$$K = \frac{\text{общо количество изхранен фураж (g)}}{\text{общ прираст на рибите (g)}}$$

където, K–хранителен коефициент.

3.1.6. Кръвни показатели

Кръвните проби бяха анализирани в хематологична лаборатория (NCPTC–Тракийски Университет) в хематологичен анализатор MindrayBC – 120. Проследявани бяха следните хематологични и биохимични кръвни параметри: глюкоза (mmol.l^{-1}), уреа (mmol.l^{-1}), креатинин ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), общ протеин (g.l^{-1}), албумин (g.l^{-1}), ACAT (U.l^{-1}), ALAT (U.l^{-1}), Ca (mmol.l^{-1}), P (mmol.l^{-1}), Mg (mmol.l^{-1}), триглицериди (mmol.l^{-1}), холестерол (mmol.l^{-1}), бели кръвни клетки ($\times 10^9\text{l}$), червени кръвни клетки ($\times 10^{12}\text{l}$), хемоглобин (g.l^{-1}) и хематокрит (%).

При някои от експериментите се измериха и вторични хематологични параметри, като MCV, MCH, MCHC.

Кръвните параметри MCV, MCH и MCHC бяха изчислени по следните уравнения:

$$MCV = \frac{\text{Хематокрит}(\%) \times 10}{RBC \times 10^{12} \text{ l}};$$

$$MCH = \frac{\text{Хемоглобин}(\text{g/dL}) \times 10}{RBC \times 10^{12} \text{ l}};$$

$$MCHC = \frac{\text{Хемоглобин}(\text{g/dL}) \times 100}{\text{Хематокрит}(\%)};$$

3.1.7. Химичен състав на месото от риба

Химичните анализи на месото от пъстървите и шараните във всички опитни варианти бяха извършени в Научно-изследователска лаборатория (НИЛ) на Аграрен факултет при Тракийски университет, гр. Стара Загора.

От всеки опитен вариант се вземаха произволно по 6 броя риби и се филетираха внимателно. Отделената мускулатура се поставяше в плик с надпис и се предаваше в научно изследователската лаборатория, където бяха използвани следните методики за определяне на показателите на месото:

- Определяне съдържанието на влага по БДС11374-86;

- Определяне съдържанието на протеини по БДС-ISO 5983, метод на Келдал, посредством апарат Kjeltеc 8400
- Определяне съдържанието на мазнини по БДС-ISO 6492, метод на Сокслет, посредством апарат Soxtec 2050;

3.1.8. Микробиологични анализи

За определяне на антибактериалната активност на различните екстракти от растения срещу *Aeromonas hydrophila* беше използван референтен щам ATCC 7965. Патогенния микроорганизъм от р. *Saprolegnia* беше изолиран от хайвер на дъгова пъстърва с признаци на сапролегниоза. Референтните гъбини щамове - *Aspergillus flavus* NBIMCC 916, *Aspergillus niger* NBIMCC 3252, *Aspergillus parasiticus* NBIMCC 2001, *Aspergillus carbonarius* NBIMCC 3391, *Aspergillus ochraceus* NBIMCC 2002, *Fusarium oxysporum* NBIMCC 125, *Fusarium graminearum* NBIMCC 2294, *Fusarium moniliforme* 394 FN-9, *Penicillium chrysogenum* NBIMCC 129, *Penicillium verrucosum* 2003 NRRL F – 143 и *Alternaria alternata* NBIMCC 109 бяха закупени от Националната банка за промишлени микроорганизми и Клетъчни култури, София, България, както и *Staphylococcus aureus* ATCC25923, *Escherichia coli* ATCC25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, клинични бактериални (*Bacillus cereus*, *Salmonella typhimurium*).

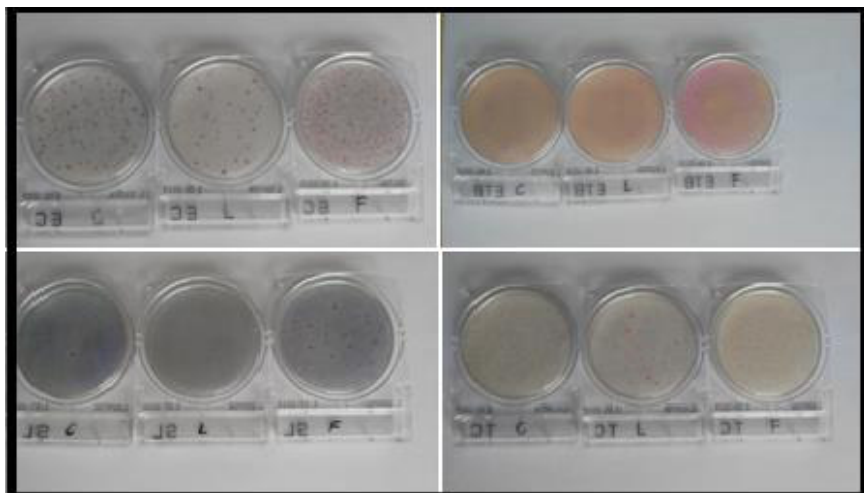
Антимикотичния ефект беше определен чрез измерване на радиалния растеж на патогена и пресметнат по следната формула:

Растеж на мицела на патогенния МО (%)

$$= \frac{\text{Растеж на мицела (експериментален вариант)}}{\text{Растеж на мицела (контролен вариант)}} * 100$$

Растителните екстракти (метанол и етанол) бяха тествани за антибактериална и антимикотична активност по метода на дифузия на агарни ямки.

За извършването на микробиологичните анализи бяха използвани дехидратирани хранителни среди (Compact Dry EC; Compact Dry ETB; Compact Dry SL и Compact Dry TC, R-Biopharm AG, Germany) за количествено детектиране на някои санитарни индикаторни микроорганизми (колиформи, *Enterobacteriaceae*), патогени (*Salmonella* spp.) и общ брой микроорганизми в третираната вода (фиг. 3).



Фиг. 3. Различни микроорганизми, образуващи колонии с различни цветове върху специфичните тестове за C - контрол, L - *L. minuta*, F - риба: A) - *E. coli* +колиформи, B) - *Enterobacteriaceae*, C) - *Salmonella* spp. , D) - общ брой

3.2. Влияние на заместването на рибното брашно в комбиниран фураж с водна леща (*Lemna minuta* Kunth) върху растежните параметри, кръвните показатели и състава на месото при шаран (*Cyprinus carpio* L.), култивиран в аквапонна система

За да се определи влиянието на компонента *Lemna minuta* Kunth върху преживяемостта, прираста и оползотворяването на фуража при шаран (*Cyprinus carpio* L.), култивиран в аквапонна система се проведе опит и се изготви рецепта, по която бяха съставени три вида фураж: контролен фураж, 50% и 100% съдържание на водна леща (таблица 1).

Таблица 1. Състав и хранителна стойност на използваните фуражи (контролен, 50% и 100% съдържание на водна леща) при хранене на шаран

Компоненти, %	КФ	50%	100%
Рибно брашно	10	5	-
Пшеница	21,19	24,59	19,09
Царевица	15	15	15
Соев шрот	27	33	38,5
Креда	1,4	1,5	1,5
Дикалциев фосфат	4,5	5	5
Готварска сол	0,5	0,5	0,5
Трици	10	-	-
Слънчогледов шрот	10	10	10
Ароматизант	0,01	0,01	0,01
Водна леща	-	5	10
ВМП Р 6001	0,4	0,4	0,4
Всичко:	100	100	100
Хранителна стойност на КФ:			
Обменна енергия, kcal/kg	2625	2544	2360
Суров протеин, %	26,07	26,02	26,06
Сурови влакнини	5,16	5,10	5,74
Калций, %	2,30	2,22	1,99
фосфор, %	1,62	1,50	1,36
Усвоим фосфор, %	1,05	1,10	1,09
Линолова к-на, %	0,91	0,80	0,78
Лизин, %	1,80	1,74	1,68
Метионин+ цистин, %	1,42	1,38	1,34
Метионин, %	0,74	0,69	0,64
Треонин, %	1,42	1,41	1,40
Триптофан, %	0,39	0,39	0,39
Витамин А, IU/kg	8000	8000	8000
Витамин D3, IU/kg	1500	1500	1500
Витамин Е, mg/kg	150	150	150
Витамин В1, mg/kg	10	10	10
Витамин В2, mg/kg	15	15	15
Витамин В6, mg/kg	8	8	8

Витамин В12, mcg/kg	20	20	20
Никотинова к-на, mg/kg	80	80	80
Пантотенова к-на, mg/kg	40	40	40
Фолиева к-на, mg/kg	5	5	5
Биотин, mg/kg	0,60	0,60	0,60
Желязо, mg/kg	20	20	20
Манган, mg/kg	0,01	0,01	0,01
Мед, mg/kg	2,5	2,5	2,5
Цинк, mg/kg	18	18	18
Йод, mg/kg	1	1	1
Кобалт, mg/kg	0,48	0,48	0,48
Хлор, %	0,29	0,29	0,29
Натрий, %	0,71	0,43	0,43

Средното тегло на експерименталните риби (50 броя риби) беше $41,83 \pm 9,88$ g (контрола), $41,26 \pm 12,61$ g (50%) и $41,46 \pm 11,03$ g (100%), без статистически значима разлика в теглата ($P > 0,05$) между различните индивиди в добро здравословно състояние. Те бяха поставени във всяка вана и хранени с гранулиран фураж 2 мм и дневна дажба 3% от теглото им, като се хранеха трикратно.

3.3. Влияние на заместването на рибното брашно в комбиниран фураж с хлорела (*Chlorella vulgaris* Beijerinck) и спиролина (*Spirulina* sp.) върху растежните параметри и състава на месото при дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.), култивирана в рециркулационна система

За съставянето на експерименталните фуражи със добавка на растенията спиролина и хлорела се използваше софтуерна програма на фирма "Хрансервизинженеринг АД" (таблица 2).

Таблица 2. Състав и хранителна стойност на използваните фуражи (контролен, 50% и 100% съдържание на спиролина и хлорела) при хранене на пъстърва

Компоненти, %	КФ	50%	100%
Рибно брашно	К	20	-

Пшеница	19,2	5,44	-
Соев шрот	26	26,8	29
Дикалциев фосфат	2,0	2,5	2,9
Готварска сол	0,3	0,3	0,3
Слънчогледов шрот	12,0	12,0	12,0
Спирулина	-	10	20
Хлорела	-	10	20
Трици	-	10	10,06
Лизин	-	0,350	0,6
Метионин	-	0,110	0,140
креда	-	2,00	4,5
ВМП Р 6001	0,5	0,5	0,5
Всичко:	100	100	100
Хранителна стойност на КФ:			
Обменна енергия, kcal/kg	2819	2772	2832
Суров протеин, %	41,91	41,70	41,75
Калций, %	2,72	2,63	2,68
фосфор, %	1,97	1,58	1,10
Усвоим фосфор, %	0,70	0,81	0,91
Лизин, %	2,72	2,74	2,67
Метионин+ цистин, %	1,41	1,36	1,24
Метионин, %	0,93	0,99	0,96

Средното тегло на експерименталните риби (225 на брой) беше съответно $24,30 \pm 7,3$ (контрола), $24,16 \pm 6,1$ (50%) и $24,14 \pm 6,8$ (100%), без статистически значима разлика в теглата ($P > 0,05$) между различните индивиди в добро здравословно състояние. Те бяха поставени във всяка вана и хранени с гранулиран фураж 2 мм и дневна дажба 2,2 % от теглото им, като се хранеха трикратно.

3.4. Анализиране на икономическата ефективност от растителните добавки във фуража за дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.) и шаран (*Cyprinus carpio* L.), култивирани в рециркулационни системи

За анализиране на икономическата ефективност от растителните добавки във фуража за дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.) и шаран (*Cyprinus carpio* L.), култивирани в различни видове рециркулационни системи бяха използвани данни за хранителния

коэффициент, прираста и преживяемостта на рибите от опитите. Беше направено сравнение по тези показатели между рибите от различните опитни варианти на всяка опитна постановка и бяха определени разходите за екструдирани фуражи за съответния вид, култивиран в рециркуляционна система.

Коефициентът на икономическа ефективност (ECR) е определен с помощта на следното уравнение:

$$ECR = \text{Себестойност на фуража} \times \text{Хранителен коефициент}$$

(Piedecausa et al., 2007).

Резултатите са представени като средна стойност и стандартно отклонение. Статическата обработка е проведена посредством програмните продукти Statistica 6 (StatSoftInc., 2002) и Statistica 10 (Statistica for Windows, StatSoft. Inc., Tulsa, OK, USA, 2010). Приложен е еднофакторен дисперсионен анализ (one-way ANOVA), като при наличие на достоверно влияние на фактора, разликите между средните стойности в групите са оценени чрез множествено сравнение по метода на Fisher's Least Significant Difference (LSD) при нива на достоверност $P < 0,05$, $P < 0,01$ и $P < 0,001$.

4. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

4.1. Определяне влиянието на заместването на рибното брашно в комбиниран фураж с водна леща (*Lemna minuta* Kunth) върху растежните параметри, кръвните показатели и състава на месото при шаран (*Cyprinus carpio* L.), култивиран в аквапонна система

Преживяемостта по време на експеримента показва 100% при рибите в двете експериментални и в контролната група (Таблица 3). Най - голямо крайно тегло ($92,5 \text{ g} \pm 11,2$) беше установено при шараните, хранени с фураж L50, като то беше съответно с 5,7%

($P < 0,05$) и 3,24% по - високо от теглото, измерено при шарани, хранени с L0 (87,2 g $\pm$ 9,2) и L100 (89,5 g $\pm$ 9,7) фуражи. Най - високият специфичен темп на нарастване (1,35%/ден $\pm$ 0,1) беше отчетен при шарани, хранени с фураж L50, като беше съответно по - висок с 9,6% ($P < 0,05$) и 5,2%, в сравнение с този, изчислен за шарани, хранени с фураж L0 (1,22%/ден $\pm$ 0,01) и L100 (1,28%/ден $\pm$ 0,05). Най - нисък хранителен коефициент (1,28 $\pm$ 0,07) беше установен при шарани, хранени с фураж L50, следван от хранителният коефициент при шарани, хранени с фураж L100 (1,37 $\pm$ 0,09), а най - висок беше получен при рибите, хранени с контролния фураж L0 (1,45 $\pm$ 0,01).

Таблица 3. Растежни показатели на шаран по време на опита за хранене (60 дни) с различни експериментални фуражи.

Параметри	n	L0	L50	L100
		$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
Начално тегло, g	15	41,83 $\pm$ 9,88	41,26 $\pm$ 12,61	41,46 $\pm$ 11,03
Крайно тегло, g	15	87,2 $\pm$ 9,2 ^a	92,5 $\pm$ 11,2 ^b	89,5 $\pm$ 9,7
Преживяемост, %		100	100	100
Специфичен темп на нарастване, % /ден		1,22 $\pm$ 0,01 ^a	1,35 $\pm$ 0,1 ^b	1,28 $\pm$ 0,05
Прираст, g	15	45,37 $\pm$ 0,4 ^a	51,3 $\pm$ 2,8 ^b	48 $\pm$ 3,2
Хранителен коефициент		1,45 $\pm$ 0,01	1,28 $\pm$ 0,07	1,37 $\pm$ 0,09

Различните букви a,b, в реда означават статистически значима разлика $P < 0,05^*$

Таблица 4. Биохимични параметри на кръвта на шаран по време на опита за хранене (60 дни) с различни експериментални фуражи.

Кръвни параметри	n	L0 $\bar{x} \pm SD$	L50 $\bar{x} \pm SD$	L100 $\bar{x} \pm SD$
Glu mmol.l ⁻¹	6	6,56 $\pm$ 4,22	4,66 $\pm$ 1,08	5,46 $\pm$ 1,33
Urea mmol.l ⁻¹	6	9,95 $\pm$ 7,94	5,72 $\pm$ 2,88	7,94 $\pm$ 2,19
Crea μ mol.l ⁻¹	6	71,50 $\pm$ 7,7	28,60 $\pm$ 1,9	54,60 $\pm$ 8,9
TP g.l ⁻¹	6	151,68 $\pm$ 24,19 ^a	136,56 $\pm$ 45,97	187,80 $\pm$ 7,09 ^b
Alb g.l ⁻¹	6	61,4 $\pm$ 9,22	51,62 $\pm$ 9,00	61,14 $\pm$ 1,36
ASAT U.l ⁻¹	6	20,50 $\pm$ 17,40	75,0 $\pm$ 33,90	47,60 $\pm$ 22,80
ALAT U.l ⁻¹	6	33,66 $\pm$ 13,30	8,00 $\pm$ 5,14	38,10 $\pm$ 28,60

GGT	6	28,33±13,7	19±9,18	13,33±7,6
ALP U.l ⁻¹	6	16,50±10,40	5,60±7,70	8,00±4,30
Ca mmol.l ⁻¹	6	6,98±4,4	6,90±6,03	5,70±0,83
P mmol.l ⁻¹	6	6,6±3,79	7,06±4,12	9,33±1,00
Mg mmol.l ⁻¹	6	2,9±0,67	2,86±1,10	3,19±0,44
TG mmol.l ⁻¹	6	11,79±4,25	7,59±3,55	10,78±1,44
CHOL mmol.l ⁻¹	6	8,95±2,16	6,71±2,57	8,90±0,87

Различните букви a,b, в реда означават статистически значима разлика P<0,01**

Включването на 100% *L. minuta* във фуража за шаран намалява количеството амониеви йони, нитрити, нитрати и фосфати съответно с 66%, 71,4%, 38,8% и 44,1% в сравнение с количествата на тези параметри, открити за експерименталната група, хранена с фураж без включване на *L. minuta*. Шараните, хранени с вариант L50, показват по – добро крайно тегло, прираст и хранителен коефициент в сравнение с рибите, хранени с фураж без заместване на рибното брашно с водна леща. Повечето от кръвните параметри са по - добри при рибите от вариант L50 в сравнение с L0 и L100 (таблица 4). Нивото на общия протеин беше по – високо с 27,2% и 19,2% (P <0,01) за вариант L100 в сравнение с L50 и L0. С 0,9% и 7,7% по - ниско съдържание на мазнини беше установено във филетата от експериментални риби, хранени с фураж L50 в сравнение с варианта L0 и L100. Използването на водна леща (*Lemna minuta*) осигурява евтини и лесно достъпни съставки при храненето на шаран (*Cyprinus carpio* L.). Освен това може да се използва за пречистване на отпадни води в рециркулационни системи в аквакултурата, като по този начин се повишава тяхната устойчивост.

4.2. Определяне влиянието на заместването на рибното брашно в комбиниран фураж с хлорела (*Chlorella vulgaris* Beijerinck) и спиролина (*Spirulina* sp.) върху растежните параметри и състава на месото при дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.), култивирана в рециркулационна система

Определени видове микроводорасли съдържат висок процент протеин, което ги прави алтернатива за заместване на скъпо струващото рибно брашно във фуражите за риби.

Таблица 5. Растежни показатели на дъгова пъстърва по време на опита за хранене (60 дни) с различни експериментални фуражи

Параметри	n	A (контрола)	B (50%)	C (100%)
		$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
Начално тегло, g	75	24,30 $\pm$ 7,3	24,16 $\pm$ 6,1	24,14 $\pm$ 6,8
Крайно тегло, g	75	49,52 $\pm$ 8,2 ^{ab}	57,97 $\pm$ 7,9 ^a	55,02 $\pm$ 12,1 ^b
Преживяемост, %	75	97,3%	98,7%	97,3%
Специфичен темп на нарастване, % /ден	75	1,18 $\pm$ 0,02 ^a	1,45 $\pm$ 0,06 ^b	1,36 $\pm$ 0,13
Прираст, g		25,22 $\pm$ 0,5 ^a	33,81 $\pm$ 2,1 ^b	30,88 $\pm$ 4,4
Хранителен коефициент		1,48	1,07	1,23

Различните букви a,b, в реда означават статистически значима разлика $P < 0,01^{**}$

Преживяемостта на рибите по време на експерименталният период беше 97,3% при контролните, а при опитните варианти В и С съответно 98,7 % и 97,3%. Дъговите пъстърви, хранени с фураж вариант В (50% заместване на рибното брашно с водораслово брашно), показват по - добър растеж (14,57% крайно тегло), прираст (25,46%) и хранителен коефициент (27,7%) в сравнение с рибите, хранени с контролен фураж (таблица 5). В края на проведения експеримент, анализът на консумираното количество фураж показва, че хранителният коефициент при пъстървите от опитната група В, хранени с 50% водораслово брашно беше 1,07, докато този при контролните риби – 1,48, а 1,23 беше при рибите от вариант С, хранени със 100% водораслово брашно. Заместването на рибното брашно с 50% *Spirulina* и *Chlorella vulgaris* във фуража на рибите доведе до намаляване на съдържанието на мазнини във филетата на дъговата пъстърва с 36,44%, в сравнение с това на рибите от контролата ($P < 0,001$) (таблица 6).

Таблица 6. Химичен състав на филетата от дъгова пъстърва по време на опита за хранене (60 дни) с различни експериментални фуражи (%)

Показатели	n	A (контрола)	B (50%)	C (100%)
Влага	6	74,23±0,63 ^a	76,17±0,40 ^b	76,15±0,39
Протеин	6	18,66±0,29	18,88±0,14	18,57±0,16
Мазнини	6	5,35±0,21 ^{ab}	3,40±0,51 ^a	3,65±0,46 ^b
Пепел	6	1,75±0,15	1,53±0,09	1,62±0,09

Различните букви a,b, в реда означават статистически значима разлика $P < 0,001^*$

4.3. Определяне влиянието на добавката на екстракт от водна леща (*Lemna minuta* Kunth) във фуража върху растежните параметри, кръвните показатели и състава на месото при дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.), култивирани в аквапонна система

Храненето с добавка на екстракт от *L. minuta* във фуража влияе положително върху растежа на дъговите пъстърви, отглеждани в аквапонна рециркулационна система. Процентът на преживяемостта по време на експеримента беше 100% при рибите в експерименталната и контролната група. Бяха измерени по - високо крайно тегло с 16,38% ($P < 0,001$) и прираст с 46,4% ($P < 0,05$) при рибите от опитния вариант в сравнение с тези от контролния. По – добър хранителен коефициент беше установен при пъстървите от експерименталния вариант, като средната стойност на този параметър беше по - ниска с 46,69%, в сравнение с тази на рибите, хранени с фураж без добавка (Таблица 7).

Таблица 7. Растежни показатели на дъговите пъстърви в контролните и експериментални вани.

Параметри	n	CF	EF
		$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
Начално тегло, g	20	114,45±12,18	109,15±23,11
Крайно тегло, g	20	155,70±17,82	186,20±25,45***

Преживяемост, %		100	100
Специфичен темп на нарастване, % /ден		0,50±0,27	0,88±0,03
Прираст, g	20	41,25±0,12	77,05±0,16*
Хранителен коефициент		2,42±1,32	1,29±0,05

*P<0,05, ***P<0,001

По - високи средни стойности за Ca (37,14%) и P (27,48%) бяха открити в кръвните проби на експерименталните риби, в сравнение с тези на рибите от контролните варианти, като разликата беше статистически значима за съдържанието на Ca (P<0,05). Нивото на креатинина беше с 39,5% по - високо в контролната група, в сравнение със стойността на същия параметър при рибите, хранени с добавка на екстракт от *L. minuta*, като разликата беше статистически значима (P<0,05) (Таблица 8).

Таблица 8. Биохимични кръвни показатели на дъговите пъстърви в края на експеримента

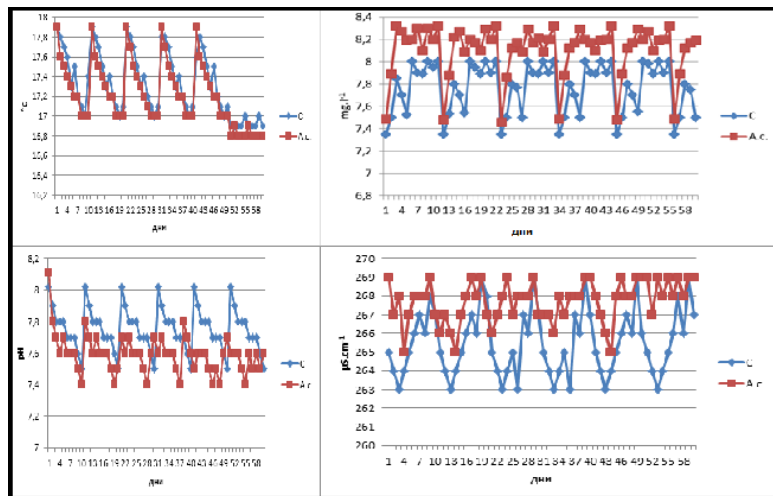
			$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
Кръвни параметри	Единици	n	CF	EF
GLU	mmol.L ⁻¹	6	4,10±0,75	3,01±1,98
UREA	mmol.L ⁻¹	6	1,18±0,08	1,72±0,91
CREA	μmol.L ⁻¹	6	48,0±14,84	21,6±19,00*
TP	g.L ⁻¹	6	44,2±8,18	51,64±28,5
ALB	g.L ⁻¹	6	26,67±6,10	29,02±13,15
ASAT	U.L ⁻¹	6	123,0±49,6	60,0±26,8
ALAT	U.L ⁻¹	6	20,75±3,77	52,75±21,5
ALP	U.L ⁻¹	6	98,75±48,8	98,5±25,8
Ca	mmol.L ⁻¹	6	2,42±0,22	3,85±0,26*
P	mmol.L ⁻¹	6	3,35±1,80	4,62±0,81
Mg	mmol.L ⁻¹	6	1,13±0,06	1,10±0,17
TG	mmol.L ⁻¹	6	1,65±0,42	1,34±0,17
CHOL	mmol.L ⁻¹	6	6,3±1,65	4,37±2,49

*P<0,05

4.4.Определяне влиянието на добавката на екстракт от блатен аир (*Acorus calamus* L.) във фуража върху растежните параметри, кръвните показатели и състава на месото при дъгова пъстърва

(*Oncorhynchus mykiss* W.) и шаран (*Cyprinus carpio* L.), култивирани в рециркулационни системи

Хидрохимичните показатели измерени в контролните и опитните вани на аквапонната рециркулационна система при дъговата пъстърва бяха оптимални за отглежданият вид (фиг. 4)



Фиг. 4. Хидрохимични показатели при контролните (C) и експериментални (A.c) вани: а) температура; б) разтворен кислород; в) pH; г) ел.проводимост

При опита с дъгови пъстърви, отглеждани в рециркулационна система средното им начално тегло на контролните и експериментални варианти беше съответно $42,55 \pm 7,48$ g и $45,01 \pm 8,94$ g, като разликите не бяха статистически значими ($P > 0,05$) (таблица 9). Средното тегло на рибите, хранени с екстракт от блатен аир беше $122,46 \pm 17,92$ g в края на експеримента, което беше с 6,53% по-високо в сравнение със стойността на същия показател за пъстървите в контролната група ($P < 0,05$). Преживяемостта по време на експеримента е 100% при рибите в експерименталната и контролната група. Средното

индивидуално тегло на дъговата пъстърва от групата, хранена с екстракт от блатен аир, беше $77,45 \pm 1,01$ g, което бе със 7,15% по-високо в сравнение с контролната група, като разликите бяха статистически значими ($P < 0,05$). Анализът на хранителният коефициент в края на проучването показва, че по-добра усвояемост на фуража от пъстървите е имало при експерименталната група - 1,35, която стойност беше със 7,53% по-ниска от тази на рибите от контролната група (1,46).

Таблица 9. Растежни параметри на дъговите пъстърви в контролните (CF) и експериментални (EF) вани

Параметри	n	CF	EF
		$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
Начално тегло, g	30	$42,55 \pm 7,48$	$45,01 \pm 8,94$
Крайно тегло, g	30	$114,46 \pm 17,03$	$122,46 \pm 17,92^*$
Преживяемост, %		100	100
Специфичен темп на нарастване, % /ден		$1,64 \pm 0,003$	$1,66 \pm 0,02$
Прираст, g	30	$71,91 \pm 0,54$	$77,45 \pm 1,01^*$
Хранителен коефициент		$1,46 \pm 0,07$	$1,35 \pm 0,05$

* $P < 0,05$

Хепатопротективният ефект беше открит при храненето на пъстърва в аквапонна система с фураж с добавка от блатен аир, като фитоекстракта значително влияе върху нивото на албумина и аланин трансаминазата (таблица 10). Добавката на екстракт от *Acorus calamus* към екструдирания фураж за дъгова пъстърва, култивиран в аквапонна система понижава достоверно албумина и ALAT съответно с 26,84% и 52,26%, в сравнение с контролните риби ($P < 0,05$).

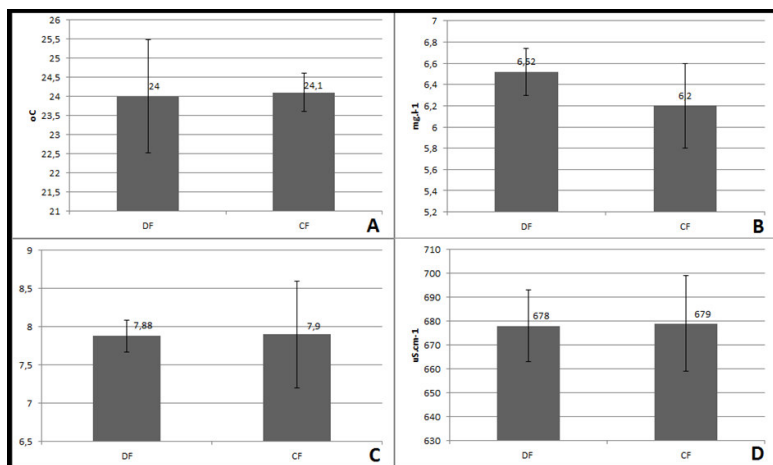
Таблица 10. Биохимични кръвни показатели на дъгова пъстърва при контролните (CF) и експериментални (EF) групи

Кръвни параметри/ Групи	n	CF — $\bar{x} \pm SD$	EF — $\bar{x} \pm SD$
GLU	6	3,47 $\pm$ 0,93	3,61 $\pm$ 1,28
UREA	6	1,35 $\pm$ 0,27	1,32 $\pm$ 0,36
CREA	6	37,2 $\pm$ 13,51	33,8 $\pm$ 9,41
TP	6	50,1 $\pm$ 9,32	46,0 $\pm$ 3,68
ALB	6	32,04 $\pm$ 7,34	23,44 $\pm$ 6,13*
ASAT	6	101,83 $\pm$ 11,1	64,0 $\pm$ 6,6
ALAT	6	36,66 $\pm$ 4,80	17,5 $\pm$ 1,54*
ALP	6	162,0 $\pm$ 13,9	159,5 $\pm$ 8,9
CA	6	2,37 $\pm$ 1,3	2,39 $\pm$ 0,94
P	6	3,40 $\pm$ 1,62	3,96 $\pm$ 0,91
Mg	6	1,16 $\pm$ 0,07	1,17 $\pm$ 0,21
TG	6	1,56 $\pm$ 0,36	1,50 $\pm$ 0,31
CHOL	6	6,23 $\pm$ 1,71	6,71 $\pm$ 1,46

*P<0,05

4.5.Определяне влиянието на добавката на екстракт от глухарче (*Taraxacum officinale* L.) във фуража върху растежните параметри и кръвните показатели при шаран (*Cyprinus carpio* L.), култивиран в рециркулационна система

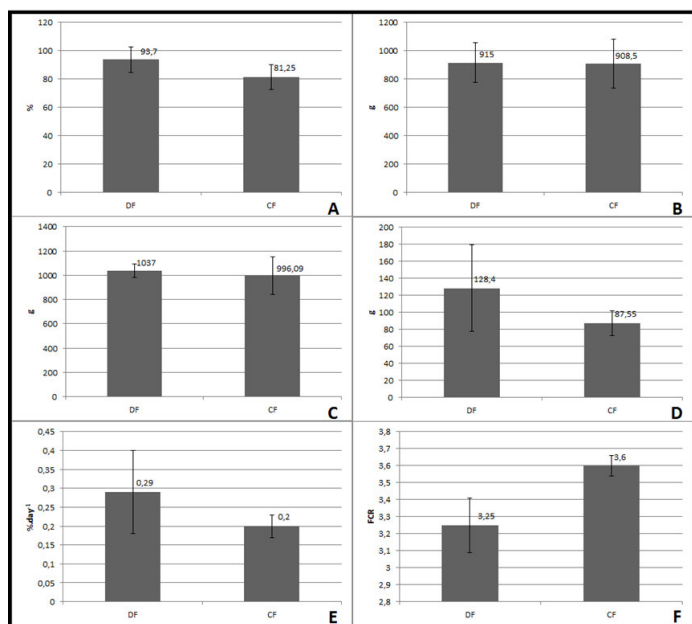
Параметрите на водата по време на изследването бяха в рамките на оптималните стойности за този вид. Измерената средна стойност на кислорода във ваните от опитния вариант, при който шараните бяха хранени с добавка екстракт от глухарче към фуража беше 6,62 mg.l⁻¹ (фиг.5), което беше със 6,3% по-висока от средната стойност, измерена за контролната група (P>0,05).



Фиг. 5. Средни стойности на хидрохимичните параметри в рециркулационната система по време на опита: А) температура; В) разтворен кислород; С) рН; D) електропроводимост

Шараните, хранени с фураж с добавен екстракт от глухарче, показаха по - висока преживяемост, крайно тегло, средно индивидуално тегло и специфичен темп на нарастване (SGR), съответно с 13,2%, 3,94%, 31,5% и 31,3%, в сравнение със средните стойности в тези параметри, установени при риби, хранени с контролен фураж (фиг. 6).

Храненето с фураж с екстракт от глухарче значително намалява съдържанието на плазмен холестерол и триглицериди съответно със 61,2% и 4,76% в сравнение с техните стойности, измерени при шараните от контролния вариант, което насърчава хиполипидемичния статус при рибите ($P < 0,05$) (таблица 11).



Фиг. 6. Средни стойности на растежните параметри на шаран по време на опита: А) преживяемост; В) начално тегло; С) крайно тегло; D) прираст; Е) специфичен темп на нарастване; F) хранителен коефициент

Таблица 11. Средни стойности на хематологичните и биохимичните параметри на кръвта на шараните в края на опита

Кръвни параметри	Единици	n	$\bar{x} \pm SD$	
			CF	EF
GLU	mmol.l ⁻¹	6	9,54±3,64	4,8±0,90
UREA	mmol.l ⁻¹	6	1,58±0,48	1,76±0,30
CREA	μmol.l ⁻¹	6	5,6±2,25	6,0±2,36
TP	g.l ⁻¹	6	37,3±7,6	47,6±10,6
ALB	g.l ⁻¹	6	17,8±3,64	22,7±4,65
ASAT	U.l ⁻¹	6	7,5±8,50	7,66±7,17
ALAT	U.l ⁻¹	6	23,66±9,7	19,00±7,8
Ca	mmol.l ⁻¹	6	2,04±0,44	2,46±0,32
P	mmol.l ⁻¹	6	2,34±1,23	2,24±1,23
Mg	mmol.l ⁻¹	6	1,65±0,20	1,72±0,21
TG	mmol.l ⁻¹	6	2,45±1,39	0,95±0,59*

CHO	mmol.l ⁻¹	6	2,31±0,30	2,20±0,35*
WBC	x10 ⁹ l	6	164,4±35,9	135,6±30,9
RBC	x10 ¹² l	6	0,70±0,18	0,63±0,09
HGB	g.l ⁻¹	6	92,3±11,5	91,8±14,3
HCT	%	6	12,80±3,5	9,85±2,11*
MCV	x10 ¹⁵ l	6	152,6±6,06	177,2±5,67*
MCH	x10 ¹² g	6	1525,94±468,55	1373,49±354,83
MCHC	g.dL ⁻¹	6	1000,88±312,98	777,72±216,69*

*P<0.05

4.6. Определяне влиянието на добавката на екстракт от женско биле (*Glycyrrhiza glabra* L.) във фуража върху растежните параметри, кръвните показатели и състава на месото при дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.), култивирана в рециркулационна система

Експерименталната група, хранена с фураж с добавка на екстракт на женско биле, имаше с 8,54% по - високо средно крайно тегло в сравнение със стойността на параметъра при пъстървите от контролния вариант (P<0,05). Средната стойност на специфичният темп на нарастване при дъговата пъстърва от експерименталните варианти беше по - висока с 6,9% в сравнение със стойността на същият параметър при рибите от контролния вариант (P<0,05) (таблица 12).

Таблица 12. Растежни параметри на дъгова пъстърва (*O. mykiss*) по време на опита

Параметри	n	$\bar{x} \pm SD$	
		CF	EF
Начално тегло (g)	80	13,3 ±3,07	13,4±3,55
Крайно тегло (g)	80	40,9±1,13	44,8±1,22*
Преживяемост (%)	80	100	100
Специфичен темп на нарастване, %/ден	80	1,86±0,55	2,05±0,5*
Прираст, g	80	27,6±1,12	31,4±1,23
Хранителен коефициент		1,43±0,05	1,69±0,12

*P<0.05

Добавката на екстракт от женско биле към екструдирания фураж за дъгова пъстърва, култивирана в рециркулационна система

понижава съдържанието на мазнините в месото на пъстървите съответно със 7,39% и 36,4%, в сравнение с контролната група ($P<0,05$) (таблица 13).

Таблица 13. Качество на месото при рибите по време на опита

Параметри	n	$\bar{X} \pm SD$	
		CF	EF
Влага	6	74,20 $\pm$ 0,63	76,10 $\pm$ 0,39*
Протеин	6	18,60 $\pm$ 0,29	18,88 $\pm$ 0,14
Мазнини	6	5,35 $\pm$ 0,21	3,40 $\pm$ 0,51*
Пепел	6	1,75 $\pm$ 0,15	1,53 $\pm$ 0,09*

* $P<0,05$

4.7. Определяне влиянието на добавката на бял равнец (*Achillea millefolium* L.) във фуража върху растежните параметри, кръвните показатели и състава на месото при дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.) и растежа на марулите (*Lactuca sativa* L.), култивирани в аквапонна рециркулационна система

Добавката на екстракт от бял равнец към екструдираните фуражи за дъговите пъстърви, култивирани в аквапонна рециркулационна система повишава средното крайно тегло с 11,1%, в сравнение със стойността на параметъра в пъстървите от контролния вариант ($P<0,001$).

В настоящото проучване хепатопротективният ефект (чернодробните ензими и нивото на холестерола) беше установено за пъстървите, хранени с растителната добавка. Средните стойности на ASAT, ALP и CHO в пъстървите от контролния вариант бяха съответно по - високи с 27,4%, 57,2% и 24,9%, в сравнение със средните стойности на тези параметри на кръвта, установени за рибите от експерименталния вариант ($P<0,05$) (таблица 14).

Таблица 14. Кръвни параметри на дъгова пъстърва (*O. mykiss*) по време на опита

Кръвни параметри	Единици	n	$\bar{x} \pm SD$	
			CF	EF
GLU	mmol.l^{-1}	6	3.95±0.45	2.83±0.48
UREA	mmol.l^{-1}	6	1.53±0.23	1.37±0.18
CREA	$\mu\text{mol.l}^{-1}$	6	21.36±5.55	21.75±4.53
TP	g.l^{-1}	6	55.92±2.77	53.06±6.54
ALB	g.l^{-1}	6	33.35±1.53	34.41±3.33
ASAT	U.l^{-1}	6	78.27±27.3	56.36±4.41*
ALAT	U.l^{-1}	6	25.08±9.02	28.22±13.15
ALP	U.l^{-1}	6	316.54±55.2	135.44±40.8*
Ca	mmol.l^{-1}	6	3.00±0.19	2.71±0.34
P	mmol.l^{-1}	6	4.48±0.52	3.96±0.25
Mg	mmol.l^{-1}	6	1.16±0.06	1.37±0.11
TG	mmol.l^{-1}	6	1.54±0.07	1.47±0.08
CHO	mmol.l^{-1}	6	7.93±0.66	5.95±0.50*

*P < 0,05

4.8. Определяне влиянието на добавката на Proviotic® във фуража върху растежните параметри, кръвните показатели и състава на месото при шаран (*Cyprinus carpio* L.) и растежа на марулите (*Lactuca sativa* L.), култивирана в аквапонна рециркуляционна система

Преживяемостта на рибите беше 100% и в двата тествани варианта. Разликата в средните стойности на първоначалното тегло при шараните от двете групи експериментална и контролна, не беше

статистически значима ($P > 0,05$). Рибите от експерименталната група, хранени с добавка от пробиотик, имаха с 4,30% по - високо средно крайно тегло в сравнение със стойността на параметъра при шараните от контролния вариант ($P < 0,01$). Средната стойност на специфичният темп на нарастване при риби от експерименталния вариант беше по - висока с 14,28% в сравнение със стойността на същият параметър при риби от група CF. Средната стойност на хранителния коефициент, изчислена за шарани от експерименталните варианти, беше по - ниска с 19,25% в сравнение с тази, изчислена за рибите от контролните групи (Таблица 15).

Таблица 15. Растежни параметри на шаран (*Cyprinus carpio*)

Параметри	n	CF	EF
		$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
Начално тегло (g)	15	41,83 $\pm$ 1,80	41 $\pm$ 2,71 g
Крайно тегло (g)	15	87,35 $\pm$ 1,79	91,28 $\pm$ 2,37*
Преживяемост, %	15	100	100
Специфичен темп на нарастване,%/ден	15	0,012 $\pm$ 0,00071	0,014 $\pm$ 0,0013
Хранителен коефициент		1,61 $\pm$ 0,37	1,30 $\pm$ 0,05

*P <0,05

Количеството глюкоза, триглицериди и алкална фосфатаза (ALP) в кръвта на риби, хранени с фураж, добавка с Proviotic®, беше по - ниско съответно с 15%, 11,83%и 38,2%, в сравнение със средните стойности в тези кръвни параметри, установени за рибите от контролния вариант, като разликите бяха статистически значими ($P < 0,05$) (таблица 16).

Таблица 16. Кръвни параметри при шаран в края на опита

Кръвни параметри	Единици	n	$\bar{x} \pm SD$	
			CF	EF

Glu	mmol/L	6	6,56±0,32	5,65±0,36*
Urea	mmol/L	6	9,95±3,24	7,28±2,52
Crea	μmol/L	6	71,5±31,8	33,8±15,1
TP	g/L	6	151,68±9,87	166,64±4,90
Alb	g/L	6	61,4±4,12	61,84±1,88
ASAT	U/L	6	20,5±17,42	24,18±14,10
ALAT	U/L	6	33,66±13,38	20,8±18,40
GGT	U/L	6	18,33±6,81	11,83±8,45
ALP	U/I	6	15,70±2,40	9,60±1,70*
Ca	mmol/L	6	6,98±1,81	6,09±0,45
P	mmol/L	6	6,60±1,55	8,314±0,39
Mg	mmol/L	6	2,90±0,27	2,82±0,06
TG	mmol/L	6	11,79±1,73	9,99±0,67*
CHOI	mmol/L	6	8,95±3,88	10,55±2,37

*P<0,05

Добавката към фуража с Proviotic® увеличава растежните показатели на шаран (*C. carpio* L), значително влияе върху количеството глюкоза, триглицеридите и алкална фосфатазата (ALP) в кръвта на рибите и не оказва отрицателно влияние върху качеството на месото на експерименталната риба, теглото на главите и дължината на корените на марулята в аквапонната система.

4.9. Определяне *in vitro* влиянието на екстракти от водна леща (*Lemna minuta* Kunth), хлорела (*Chlorella vulgaris* Beijerinck), спиролина (*Spirulina* sp.) върху рибни патогени

Рибите са податливи на бактериални инфекции, главно когато се отглеждат в условия с висока плътност, условия които се наблюдават често при отглеждането им в рециркулационните системи. Огнища на болести са причина за повишаване на смъртността и намаляване на продуктивността, причинявайки големи икономически загуби за рибовъдите. Лечебните растения, като алтернативни средства са ефективни за лечение на инфекциозните заболявания и смекчаване на много от страничните ефекти, които са свързани с използването на

синтетични антимикробни средства.

L. minuta етанолов екстракт показва най-висока активност срещу *P. aeruginosa* (12,0±2,3) и *S. aureus* (9,7±0,3) ($P<0,05$). Метаноловият екстракт от *L. minuta* имаше ефект срещу *P. aeruginosa* (8,3±0,08) ($P<0,05$), *S. typhimurium* (8,3±0,06) ($P<0,05$) и *S. aureus* (8,2±0,02) (таблица 17). *Spirulina* sp. етанолов екстракт имаше висок антибактериален ефект срещу *S. typhimurium* (10,0±1,0) ($P<0,05$). Етаноловият екстракт от *C. vulgaris* показва зони на инхибиране срещу *S. aureus* (10,0±1,0) ($P<0,05$), *P. aeruginosa* (9,2±0,06) ($P<0,05$), *B. cereus* (9,2±0,02) ($P>0,05$), *E. coli* (9,1±0,02) ($P>0,05$) и *S. typhimurium* (8,1±0,02) ($P>0,05$).

Таблица 17. *In vitro* антибактериална активност на *Lemna minuta*, *Chlorella vulgaris* и *Spirulina* екстрахиран с етанол и метанол (mean±SE)

Растителни екстракти	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>B. cereus</i>	<i>S. typhimurium</i>	<i>P. aeruginosa</i>
<i>L. minuta</i> етанол	9,7±0,3*	8,2±0,02	—	8,3±0,08*	12,0±2,3*
<i>L. minuta</i> метанол	8,2±0,02	—	—	8,2±0,06*	8,3±0,08*
<i>Spirulina</i> sp. етанол	8,1±0,01	9,0±0,01	7,0±0,02	10,0±1,0*	8,1±0,02
<i>Spirulina</i> sp. метанол	—	—	—	—	—
<i>C. vulgaris</i> етанол	10,0±1,0*	9,1±0,02	9,2±0,02	8,1±0,02	9,2±0,06*
<i>C. vulgaris</i> метанол	8,1±0,02	—	8,2±0,06	7,2±0,06	—
Gentamicin (12.5 µg)	21,0±0,01	17,0±0,04	23,0±0,01	6,0±0,01	15,0±0,01
Етанол	—	—	—	—	—
Метанол	—	—	—	—	—

— неефективни, * $P<0,05$

Етаноловият екстракт от *L. minuta* показва силна инхибиторна активност спрямо четирите изследвани гъбни патогена (от 7 до 10 mm) в настоящото проучване. За метаноловият екстракт от *L. minuta* беше установена зона на инхибиране срещу *Aspergillus ochraceus* (9,0±0,1)

($P < 0,05$) и *P. verrucosum* ($7,5 \pm 0,5$). *Spirulina* sp. етанолов екстракт беше активен срещу *P. verrucosum* ($8,0 \pm 0,1$) и *F. moniliforme* ($7,5 \pm 0,4$), като разликите бяха статистически значими ($P < 0,05$). Метаноловият екстракт от *Spirulina* sp. показва инхибиторна активност срещу *F. graminearum* ($8,5 \pm 0,5$) и *F. moniliforme* ($9,0 \pm 0,1$) като разликите бяха статистически значими ($P < 0,05$), следвани от *A. ochraceus* ($7,5 \pm 0,05$) и *P. verrucosum* ($7,0 \pm 0,05$). Метаноловият екстракт от *C. vulgaris* не показва антимикотична активност срещу четирите тествани форми в настоящото проучване (Таблица 18).

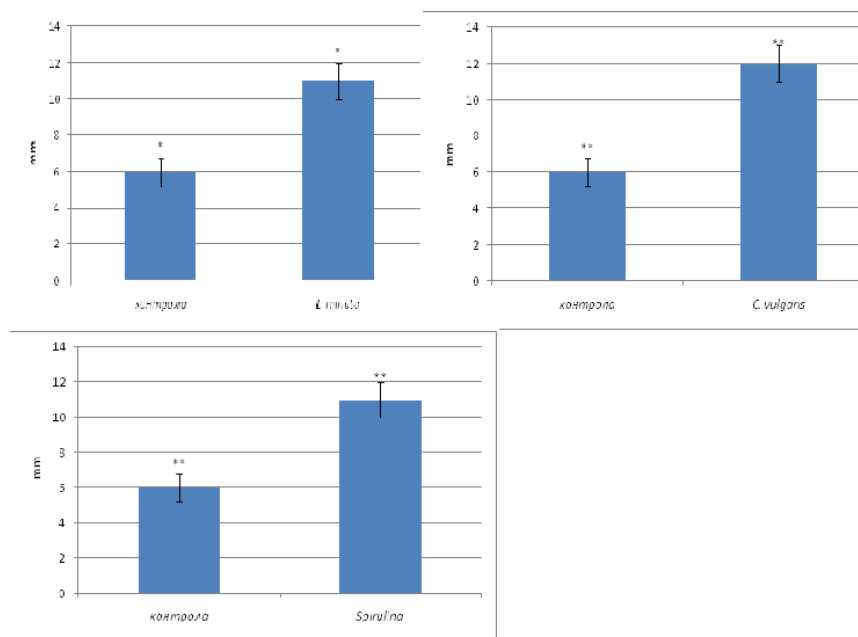
Таблица 18. *In vitro* антимикотична активност на *L. minuta*, *C. vulgaris* и *Spirulina* sp. екстрахирани с етанол и метанол (mean $\pm$ SE)

Растителни екстракти	<i>A. ochraceus</i>	<i>F. moniliforme</i>	<i>F. graminearum</i>	<i>P. verrucosum</i>
<i>L. minuta</i> етанол	$10,0 \pm 0,1^*$	$8,5 \pm 0,5^*$	$7,5 \pm 0,06$	$7,0 \pm 0,1$
<i>L. minuta</i> метанол	$9,0 \pm 0,1^*$	—	—	$7,5 \pm 0,5$
<i>Spirulina</i> sp. етанол	—	$7,5 \pm 0,4^*$	—	$8,0 \pm 0,1^*$
<i>Spirulina</i> sp. метанол	$7,5 \pm 0,05$	$9,0 \pm 0,1^*$	$8,5 \pm 0,5^*$	$7,0 \pm 0,05$
<i>C. vulgaris</i> етанол	$7,5 \pm 0,1^*$	$8,0 \pm 0,5^*$	$9,5 \pm 0,1^*$	$7,5 \pm 0,1^*$
<i>C. vulgaris</i> метанол	—	—	—	—
Етанол	—	—	—	—
Метанол	—	—	—	—

— неефективни, * $P < 0,05$

С изключение на *Spirulina* sp. екстракти, етаноловите екстракти от изследваните водни растения имаха по - силен антимикотичен ефект в сравнение с метаноловите екстракти.

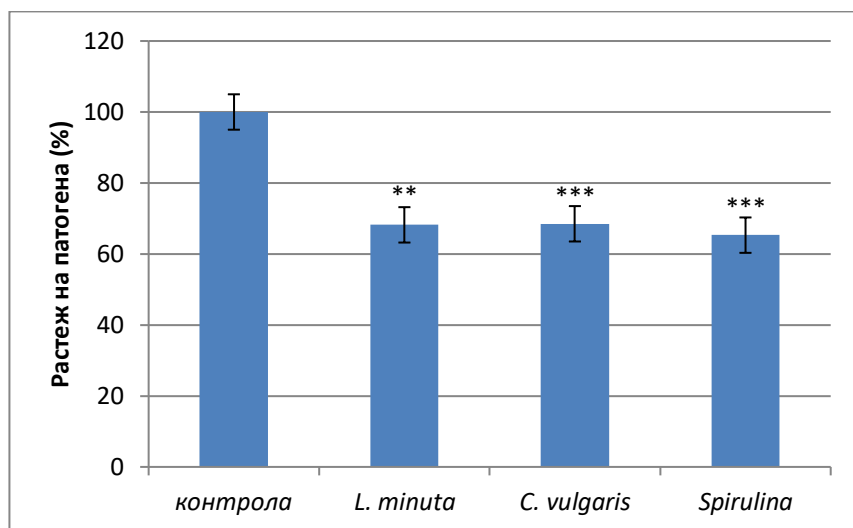
Инхибиращият ефект на екстракти от различни лечебни растения срещу рибни патогени *Aeromonas hydrophila* бе тестван *in vitro* в настоящото проучване (фиг. 8).



Фиг. 8. Диаметър на зоните на инхибиране при контролата и екстракт от *L. minuta*, *C. vulgaris*, *Spirulina* (* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$)

Водният екстракт от *C.vulgaris* показва най-високата зона на инхибиране срещу *A. hydrophila* (12 mm) ($P < 0,01$) (фиг. 8). Водните екстракти на спиролина и лемна в това проучване показаха 11 mm инхибиращ ефект срещу същия патоген ($P < 0,01$).

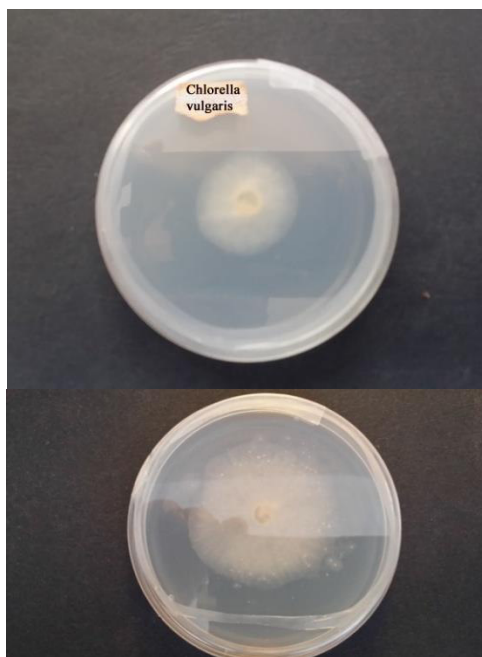
Инхибиращият ефект на екстракти от различни лечебни растения срещу рибния патоген *Saprolegnia parasitica* беше тестван *in vitro* в настоящото проучване (фиг. 9).



Фиг. 9. Растеж на *S. parasitica* при третиране с воден екстракт от *L. minuta*, *C. vulgaris*, *Spirulina* sp. и контролния вариант (** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$).

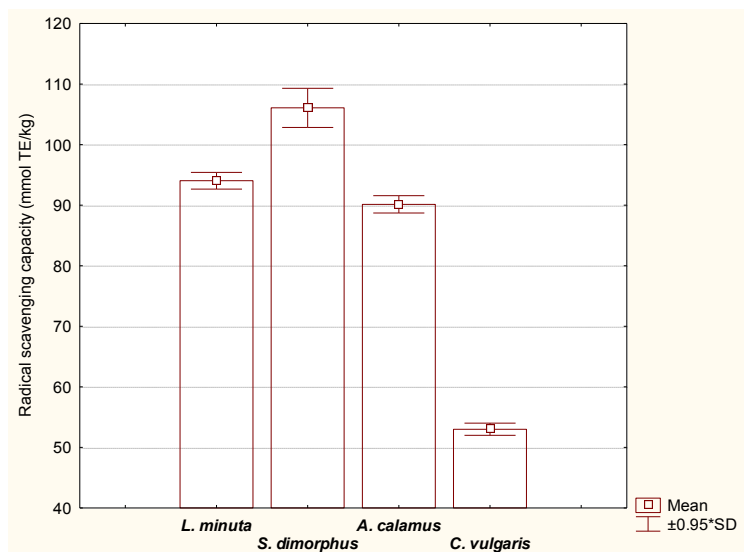
Растежът на оомицета *S. parasitica* се потисна с 31,8% при третиране с воден екстракт от *L. minuta*, с 31,5% от *C. vulgaris* и най-силно с 34,7% от *Spirulina* sp. ($P < 0,001$) (фиг. 9).

Най-силният инхибиторен ефект на екстракта от трите изследвани растения има *C. vulgaris*. Той потиска растежа на колонииите от гъби с 45% ($P < 0,001$). Диаметърът на колонията на *S. parasitica* след третиране с растителни екстракти намалява почти наполовина в сравнение с контролата (фиг. 10).



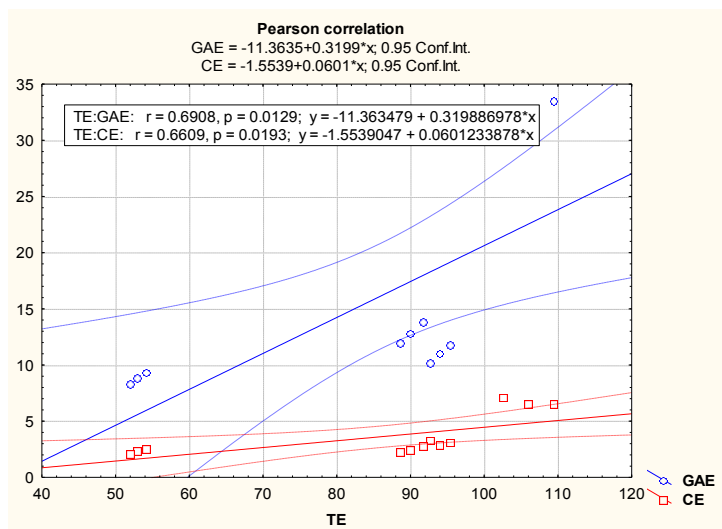
Фиг. 10. Ефект на етанолов екстракт от *C. vulgaris* върху растежа на *S. parasitica*, спрямо контролния вариант

В растенията има много различни антиоксиданти, поради което е много трудно да се измери всеки антиоксидантен компонент поотделно. За използваните от нас метанолови екстракти прилагаме DPPH анализът. Радикалният потенциал за отстраняване на *S.dimorphus*, *L. minuta*, *A. calamusi* и *C. vulgaris* съответства на TPC и TFC и е 106 ± 10 mmol TE/kg ($26,86 \pm 1,94\%$), 94 ± 9 ($25,17 \pm 1,93\%$), съответно 90 ± 9 ($24,56 \pm 1,87\%$), 53 ± 5 ($19,5 \pm 1,75\%$) (средно $\pm$ SD, фиг.11).

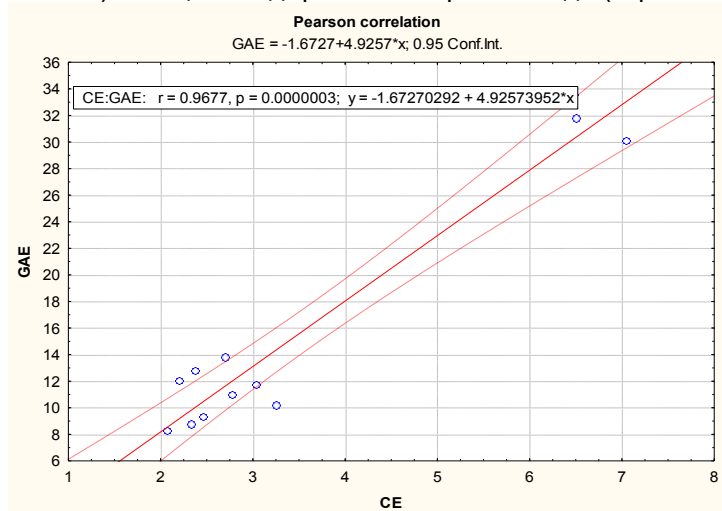


Фиг. 11. Потенциал за улавяне на радикали (mmol TE/kg) на метанолни екстракти от различни растения

Въз основа на коефициентите на корелация на Pearson, общото фенолно съдържание и общото съдържание на флавоноиди имат сходни въздействия върху капацитета за поглъщане на радикали (коефициенти на корелация $r = 0,6808$ и $r = 0,6609$, съответно) (фиг. 12). Корелацията на Pearson между общото съдържание на фенол и общото съдържание на флавоноиди в метанолните екстракти се характеризира с висок и положителен коефициент на корелация ($r = 0,9677$), което означава, че флавоноидите са голяма част от общите фенолни съединения, извлечени от изследваните растителни материали (фиг. 13).



Фиг. 12. Корелацията на Pearson между капацитета за поглъщане на радикали (изразен като TE) и общото фенолно съдържание (изразено като GAE); и между капацитета за поглъщане на радикали (изразено като TE) и общото съдържание на флавоноиди (изразено като CE)



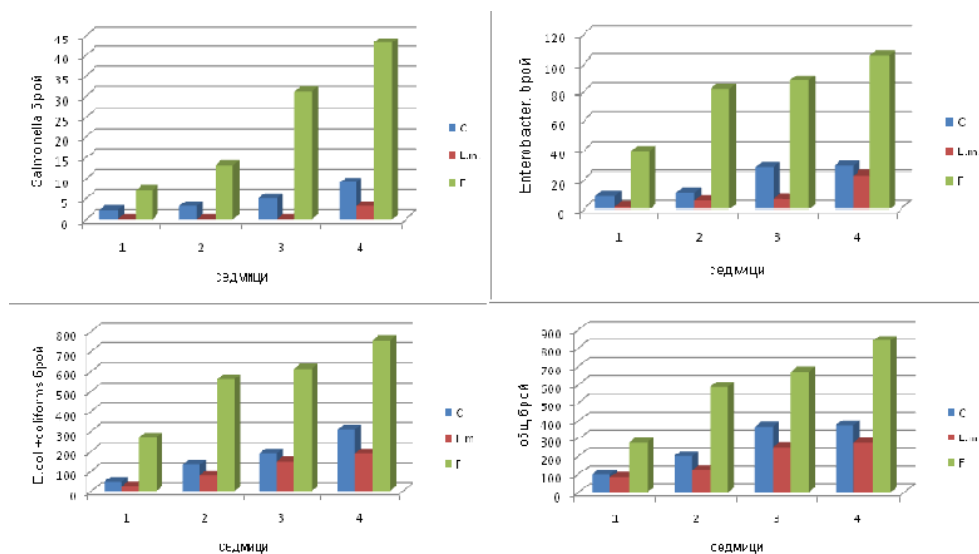
Фиг. 13. Корелацията на Pearson между общото фенолно съдържание (изразено като GAE) и общото съдържание на флавоноиди (изразено като CE)

Корелацията на Pearson между общото съдържание на фенол и общото съдържание на флавоноиди в метаноловите екстракти предполага, че флавоноидите са голяма част от общите фенолни съединения, извлечени от растителните материали.

4.10. Определяне влиянието на водна леща (*Lemna minuta* Kunth) за отстраняване на индикаторни и патогенни бактерии в аквапонна система

Един от проблемите в аквакултурата, свързан с модерните технологии е замърсяването на водите. Установено е, че много често най-разпространените замърсявания са тези с азот и фосфор, както и инфектирането на водната среда с патогени. При проведеното за първи път в аквапонна система от нас изследване установихме, че количеството патогени *Salmonella* ssp. открити във водната проба от ваните с водна леща (L.m), беше с 84,2% по - малко от контролата (C) и 96,8% по - малко от ваните с риби (F) ($P < 0,001$) (фиг. 14). Наличието на *Enterobacteriaceae* във водата от контролните и ваните с риби беше по-високо съответно с 50,6% и 98,7% в сравнение с водната проба от вани съдържащи водна леща ($P < 0,001$). Количеството *E. coli* и колиформи открити във водните проби от ваните с водна леща бяха с 34,7% по - малко от контролата и със 79,9% по - малко от ваните с риби ($P < 0,001$). Съдържанието на общият брой бактерии във водните проби от вани с *L. minuta* беше по - ниско съответно с 38,5% и 69,3% в контролните и ваните с риби ($P < 0,001$). От получените резултати се вижда, че най - малкото количество патогенни и санитарни микроорганизми беше открито в пробите от вода, взети от ваните с *L. minuta*. Този вид показва значително по - добър ефект на отстраняване на бактериите от

системата в сравнение с контролата (водата, взета след биологичния и механичен филтър).



Фиг. 14. Наличие на *Salmonella ssp.*, на бактерии от семейство *Enterobacteriaceae*, на *E. coli* и колиформи, на общ брой бактерии във водата от аквапонна рециркуляционна система

Култивирането на *L. minuta* като единично растение в аквапонната системата показва, че видът има много добър елиминационен ефект върху патогенни и индикаторни микроорганизми. *L. minuta* може да се използва за пречистване на водата в аквапонни рециркуляционни системи и в допълнение, произведената биомаса може да се използва като фураж при храненето на риби, а отскоро се използва и за производство на биогорива.

4.11. Определяне влиянието върху икономическата ефективност на добавките от екстракти от растения във фуража при дъгова

**пъстърва (*Oncorhynchus mykiss* W.) и шаран (*Cyprinus carpio* L.),
култивирани в рециркулационна система**

Икономическата ефективност се определя с помощта на Коефициента на икономическа ефективност.

Приносът на този коефициент към определяне на икономическата ефективност се състои в отчитане на стойността на фуража, и възможността за сравнение между опитни и контролни групи. Колкото по-нисък е коефициентът на икономическа ефективност (ECR), толкова по-добър е резултатът.

В таблица 19 са сравнени коефициентите на икономическа ефективност на отделните опити, сравнени със същите коефициенти на контролните им групи. При повечето от проведените експерименти се вижда разликата, която показва сериозно икономическо предимство при прилагането на конкретните екстракти от лечебни растения. От таблицата е видно също, че най-голяма икономическа ефективност има при пъстървата, хранена с добавка към фуража от екстракт на водна леща, следвана от тази с добавен екстракт от бял равнец.

Таблица 19. Коефициент на икономическа ефективност (ECR) при опитните и контролните групи.

	Водна леща пъстърва	Блатен аир		Глухар че пъстърва	Женско биле пъстърва	Бял равнец пъстърва	Proviotic®	
		пъстърва	шаран				пъстърва	шаран
Pf опит	3,82	4,04	2,59	3,82	3,22	3,30	3,38	1,93
FCR опит	1,29	1,63	3,02	3,25	1,43	1,53	1,43	1,30
ECR опит	4,92	6,58	7,82	12,4	4,60	5,04	4,71	2,50
Pf контр.	3,20	3,20	1,75	3,20	3,20	3,20	3,20	1,75
FCR контр.	2,42	2,42	3,6	3,6	1,69	2,42	1,56	1,61

ECR контр.	7,74	7,74	6,3	11,5	5,40	7,74	4,99	2,81
Разлика в %	36,43	14,99	19,44	7,25	14,81	34,88	5,61	11,03

Освен чрез изчисляване на коефициент на икономическа ефективност, самата икономическа ефективност се изчислява и в ръст в теглото на опитната група спрямо контролната (таблица 20).

Таблица 20. Икономическа ефективност изчислена в ръст на теглото на опитната група спрямо контролната (%)

	Водна леща пъстърва	Блатен аир		Глухорче пъстърва	Женско биле пъстърва	Бял равнец пъстърва	Proviotic®	
		пъстърва	шаран				пъстърва	шаран
Тегло контр.	155,7	155,7	996,09	996	40,9	155,7	43,90	87,35
Тегло опит	186,2	170,8	1047,9	1087	44,8	185,2	46,40	91,28
Ръст тегло %	16,38	8,84	4,94	8,37	8,71	15,93	5,39	4,31

От таблицата се вижда, че най-голям ръст има при опитната група, третирана с добавка към фуража от екстракт от водна леща. Значителен ръст се наблюдава и при опитната група с добавен екстракт от бял равнец.

5. ИЗВОДИ

5.1 Хидрохимични показатели

5.1.1 Заместване на рибното брашно с *L. minuta* 100% в комбинираният фураж на шараните, култивирани в аквапонна система понижава количествата амониев и йони, нитрити, нитрати и фосфати съответно

със 66%, 71,4%, 38,8% и 44,1% в сравнение с тези измерена в контролните вани ($P < 0,001$).

5.1.2 Заместване на рибното брашно с *L. minuta* 50% в комбинирания фуража на шараните, култивирани в аквапонна система понижава количествата амониеви йони и нитрати съответно с 45,1% и 24,1% в сравнение със стойностите на тези показатели измерени в контролните вани ($P < 0,001$).

5.1.3 Добавката на екстракт от *L. minuta* към екструдирания фураж за дъгова пъстърва, култивирана в аквапонна система повишава с 3,48% разтвореният кислород и с 0,73% електропроводимостта и понижава с 2,6% рН на водата, в сравнение със тези стойности измерени в контролните вани ($P < 0,001$).

5.1.4 Добавката на екстракт от *A. calamus* към екструдирания фураж за дъгова пъстърва, култивирана в аквапонна система повишава достоверно с 1,1% електропроводимостта и понижава с 3,8% рН на водата, в сравнение със тези стойности измерени в контролните вани ($P < 0,001$).

5.2. Продуктивни показатели

5.2.1. Заместване на рибното брашно с *L. minuta* 50% в комбинирания фураж на шараните, култивирани в аквапонна система повишава достоверно ($P < 0,05$) крайното тегло и прираста съответно с 5,7% и 9,6%, в сравнение с тези установени при рибите от контролата.

5.2.2. Заместване на рибното брашно с 50% водораслово брашно в комбинирания фураж за дъгова пъстърва, култивирана в рециркулационна система повишава достоверно крайното тегло ($P < 0,001$), средното индивидуално тегло ($P < 0,01$) и прираста ($P < 0,01$) съответно с 14,57%, 25,46% и 18,62% в сравнение с контролата.

5.2.3. Добавката на екстракт от *L. minuta* във фуража за дъгова пъстърва култивирана в аквапонна система повишава достоверно крайното тегло с 16,38% ($P<0,001$) и средното индивидуално тегло с 46,4% ($P<0,05$), в сравнение с контролните риби.

5.2.4. Добавката на растителните екстракти блатен аир и бял равнец към екструдирания фураж за дъгова пъстърва, култивирана в аквапонна система повишава крайното тегло при рибите, съответно с 8,84% ($P<0,01$) и 11,1% ($P<0,001$), в сравнение с контролите.

5.2.5. Добавката на растителните екстракти блатен аир и женско биле към екструдирания фураж за дъгова пъстърва, култивирана в рециркулационна система повишава достоверно крайното тегло при рибите, съответно със 6,53% ($P<0,05$) и 8,54% ($P<0,05$), като добавката блатен аир повишава със 7,15% средното индивидуално тегло ($P<0,05$), а добавката женско биле повишава със 6,9% прираста ($P<0,05$), в сравнение с контролните риби.

5.2.6. Добавката на екстракт от блатен аир към фуража на шаран, култивиран в рециркулационна система повишава достоверно ($P<0,05$) крайното тегло при рибите, съответно с 5,2%, в сравнение с контролните риби.

5.2.7. Добавката на Proviotic® към фуража на шаран, култивиран в аквапонна система, повишава достоверно ($P <0,01$) крайното тегло с 4,30%, в сравнение с контролните риби.

5.3. Кръвни показатели

5.3.1 Заместване на рибното брашно с *L. minuta* 100% в комбинирания фураж на шараните, култивирани в аквапонна система повишава достоверно ($P <0,01$) общият протеин с 27,2%, в сравнение с контролата.

5.3.2 Добавката на екстракт от *L. minuta* във фуража за дъгова пъстърва култивирана в аквапонна система повишава Са с 37,14% и понижава креатинина с 39,5%, в сравнение с контролните риби ($P<0,05$).

5.3.3 Добавката на екстракт от блатен аир към екструдирания фураж за дъгова пъстърва, култивиран в аквапонна система има хепатопротективен ефект и понижава достоверно албумина и ALAT съответно с 26,84% и 52,26%, в сравнение с контролните риби ($P<0,05$).

5.3.4 Добавката на екстракт от блатен аир към екструдирания фураж за дъгова пъстърва, култивирана в рециркулационна система повишава нивата на Са, Р и Mg съответно със 71,2%, 37,36% и 37,5% в сравнение с контролните риби ($P<0,05$).

5.3.5 Добавката на екстракт от блатен аир към фуража на шаран, култивиран в рециркулационна система повишава достоверно калция в кръвта с 22% в сравнение с контролните риби ($P<0,05$).

5.3.6 Добавката на екстракт от глухарче към фуража на шаран, култивиран в рециркулационна система понижава ($P <0,05$) съдържанието на триглицериди и холестерол с 61,2% и 4,76%, а средният обем на еритроцитите (MCV) беше повишен ($P <0,05$) съответно с 14,12% в кръвта, в сравнение с контролните риби.

5.3.7 Добавката на екстракт от бял равнец към екструдирания фураж за дъгова пъстърва, култивирана в аквапонна система понижава ASAT, алкална фосфатаза (ALP) и холестеролът съответно с 27,4%, 57,2% и 24,9% в кръвта, в сравнение с контролните риби ($P<0,05$).

5.3.8 Добавката на Proviotic® към фуража на шаран, култивиран в аквапонна система, понижава глюкоза, триглицериди и алкална

фосфатаза (ALP) съответно с 15%, 11,83% и 38,2% в кръвта, в сравнение с контролните риби ($P < 0,05$).

5.4. Химичен състав на месото

5.4.1. Заместване на рибното брашно с *L. minuta* 50% в комбинирания фураж на шараните, култивирани в аквапонна система понижава съдържанието на мазнини в месото на шараните с 0,9%, в сравнение с контролните риби ($P > 0,05$).

5.4.2. Заместване на рибното брашно с 50% водораслово брашно в комбинирания фураж за дъгова пъстърва, култивирана в рециркулационна система понижава съдържанието на мазнини във филетата на дъговата пъстърва с 36,44%, в сравнение с контролните риби ($P < 0,001$).

5.4.3. Добавката на екстракт от *L. minuta* във фуража за дъгова пъстърва култивирана в аквапонна система понижава с 0,53% влажността във филетата на рибите, в сравнение с контролната група ($P < 0,05$).

5.4.4. Добавката на екстракт от женско биле към екструдирания фураж за дъгова пъстърва, култивирана в рециркулационна система понижава съдържанието на мазнини в месото на пъстървите с 36,4%, в сравнение с контролната група ($P < 0,05$).

5.4.5. Добавката на Proviotic® към екструдирания фураж за дъгова пъстърва, култивиран в рециркулационна система повишава достоверно съдържанието на суров протеин в месото на пъстървите с 1,59%, в сравнение с контролната група ($P < 0,05$).

5.5 Микробиологична ефективност

5.5.1 Съдържанието на ентеробактерии, салмонела, коли форми и общ брой бактерии беше съответно с 50,6%, 84,2%, 34,7% и 38,5% по -

малко във ваните съдържащи *Lemna minuta*, в сравнение със същите измерени в контролните вани на аквапонна система.

5.5.2. Водният екстракт от *C. vulgaris* показва най - високата зона на инхибиране срещу *A. hydrophila*, следвана от водните екстракти на *Lemna minuta* и *Spirulina* при *in vitro* изследване.

5.5.3. Водните екстракти от *Spirulina*, *L. minuta*, *C. vulgaris* потискат растежът на мицела на *S. parasitica* съответно с 34,7%, 31,8%, 31,5% при *in vitro* изследване.

5.5.4. Етаноловите екстракти от *Spirulina*, *L. minuta*, *C. vulgaris* съдържат фунгицидно активни вещества и имат много добър инхибиторен ефект срещу рибния патоген *S. parasitica* съответно с 40%, 37,5% и 45%.

5.5.5. Метаноловите екстракти от *A. calamus* имат най - висока антимикробна активност срещу 8 гъбни щама (*F. oxysporum*, *A. flavus*, *A. niger*, *F. graminearum*, *A. ochraceus*, *Alt. alternata*, *A. carbonarius* и *P. chrysogenum*).

5.5.6. Метаноловият екстракт от *S. dimorphus* показва най - висок антиоксидантен потенциал, който корелира с високото му общо съдържание на феноли и флавоноиди.

5.6. Икономическата ефективност

5.5.1. Икономическият анализ показва, че от опитните екстракти на растения вложени във фуража при храненето на рибите с най - добра икономическа ефективност е добавката от *L. minuta*.

6. ПРЕПОРЪКИ

- ✓ За по-добър прираст, по-добра оползотворяемост на фуража и по-висока икономическа ефективност при отглеждане на дъгова пъстърва в аквапонна система препоръчваме добавката на

растителни екстракти от 15 g / kg бял равнец към екструдираните фуражи.

- ✓ За по-добър прираст, по-добра оползотворяемост на фуража и по-висока икономическа ефективност при отглеждане на дъгова пъстърва в рециркулационна система препоръчваме добавката на растителни екстракти от 300mg / kg женско биле към екструдираните фуражи.
- ✓ За по-добър прираст, по-добра оползотворяемост на фуража при отглеждане на шаран, култивиран в аквапонна система препоръчваме добавката от 460 mg / kg Proviotic® към екструдираните фуражи.
- ✓ За по-добър прираст, по-добра оползотворяемост на фуража и по-висока икономическа ефективност при отглеждане на дъгова пъстърва в рециркулационна система и аквапонна система препоръчваме добавката на растителни екстракти от 1% блатен аир към екструдираните фуражи.
- ✓ За по-добър прираст и по-добра оползотворяемост на фуража при отглеждане на дъгова пъстърва в рециркулационна система препоръчваме заместване на рибното брашно с 50% водораслово.
- ✓ За по-добри хидрохимични показатели, по-добър прираст, по-добра оползотворяемост на фуража и по-висока икономическа ефективност при отглеждане на шарани в аквапонна система препоръчваме заместване на рибното брашно с 50% *L. minuta*.
- ✓ За пречистване на водата в аквапонни рециркулационни системи препоръчваме използване на *L. minuta* и в допълнение, използване на произведената биомаса като фураж при храненето на риби.

- ✓ Използване на водни и етанолови екстракти на *Spirulina*, *L. minuta*, *C. vulgaris* при борба срещу рибните патогени *S. parasitica* и *A. hydrophila*.

7. ПРИНОСИ

- ❖ За първи път е установено влиянието на добавката Proviotic® към екструдираните фуражи при храненето на дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss*) върху хидрохимичните, растежните, кръвни показатели и качеството на месото. **Оригинален принос.**
- ❖ За първи път е установено влиянието на добавката Proviotic® към екструдираните фуражи при храненето на шаран (*Cyprinus carpio*) върху хидрохимичните, растежните, кръвни показатели и качеството на месото култивиран в аквапонна система. **Оригинален принос.**
- ❖ За първи път е установено влиянието на добавката от *Lemna minuta* към екструдираните фуражи при храненето на дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss*) върху хидрохимичните, растежните, кръвни показатели и качеството на месото, култивирана в аквапонна система. **Оригинален принос.**
- ❖ За първи път е установено влиянието на добавката от блатен аир (*Acorus calamus*) към екструдираните фуражи при храненето на дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss*) върху хидрохимичните, растежните, кръвни показатели и качеството на месото, култивирана в рециркулационна система и в аквапонна система. **Оригинален принос.**

- ❖ За първи път е установено влиянието на добавката от блатен аир (*Acorus calamus*) към екструдираните фуражи при храненето на шаран (*Cyprinus carpio*) върху хидрохимичните, растежните и кръвни показатели, култивиран в рециркулационна система. **Оригинален принос.**
- ❖ За първи път е проучено *in vitro* влиянието на екстракти от *Lemna minuta*, *Chlorella vulgaris* и *Spirulina* sp. върху рибните патогени *Saprolegnia* и *Aeromonas*. **Оригинален принос.**
- ❖ За първи път е проучено влиянието на *Lemna minuta* за отстраняване на индикаторни и патогенни бактерии в аквапонна система. **Оригинален принос.**
- ❖ За първи път е проучено антибактериалното, антимикотичното и антиоксидантното влиянието на екстракти от *Lemna minuta*, *Acorus calamus*, *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus dimorphus* и *Spirulina* sp. в аквапроизводството. **Оригинален принос.**
- ❖ Установено е влиянието на добавката от женско биле (*Glycyrrhiza glabra*) към екструдираните фуражи при храненето на дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss*) върху хидрохимичните, растежните, кръвни показатели и качеството на месото ѝ. **Потвърдителен принос с елементи на оригиналност.**
- ❖ Установено е влиянието на добавката от глухарче (*Taraxacum officinale*) към екструдираните фуражи при храненето на шаран (*Cyprinus carpio*) върху

хидрохимичните, растежните и кръвни показатели.

Потвърдителен принос с елементи на оригиналност.

- ❖ Установен е ефектът на заместване на рибното брашно с *Lemna minuta* при храненето на шаран (*Cyprinus carpio*) върху хидрохимичните, растежните, кръвни показатели и качеството на месото, култивиран в аквапонна система.

Потвърдителен принос с елементи на оригиналност.

- ❖ Установен е ефектът на заместване на рибното брашно със *Spirulina* и *Chlorella vulgaris* при храненето на дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss*) върху хидрохимичните, растежните показатели и качеството на месото ѝ, култивирана в рециркулационна система.

Потвърдителен принос с елементи на оригиналност.

- ❖ Установено е влиянието на добавката от бял равнец (*Achillea millefolium*) към екструдираните фуражи при храненето на дъгова пъстърва (*Oncorhynchus mykiss*) върху хидрохимичните, растежните, биохимичните кръвни показатели и качеството на месото ѝ, култивирана в аквапонна система. **Потвърдителен принос с елементи на оригиналност.**

8. СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИЯТА

1. Sirakov, I., **Velichkova, K.**, Stoyanova, S., Staykov, Y. 2015. The importance of microalgae for aquaculture industry. Review. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 2(4): 81-84.
2. Sirakov, I., **Velichkova, K.** 2018. The Influence of aquaponically grown duckweed (*Lemna minuta* Kunth) used for composition of sustainable diets

on hydrochemical and technological parameters in carp (*Cyprinus carpio* L.). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 18: 1037-1044. DOI: 10.4194/1303-2712-v18_9_03 (IF – 0.738)

3. Velichkova, K., Sirakov, I., Rusenova, N., Beev, G., Denev, S., Valcheva, N., Dinev, T. 2018. *In vitro* antimicrobial activity on *Lemna minuta*, *Chlorella vulgaris* and *Spirulina* sp. extracts. Fresenius Environmental Bulletin, 27 (8): 5736-5741. (IF – 0.691)

4. Sirakov, I., Velichkova, K., Stoyanova, S., Staykov, Y. 2018. Growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) fed with licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) supplemented diet. Trakia Journal of Sciences, 4, 284-291. (web of science)

5. Velichkova, K., Sirakov, I., Stoyanova, S., Zhelyazkov, G., Staykov, Y., Slavov, T. 2019. Effect of *Acorus calamus* L. extract on growth performance and blood parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.) cultivated in a recirculation system. Journal of Central European Agriculture, 20 (2), 585-591. (SJR – 0.18)

6. Sirakov, I., Velichkova, K., Stoyanova, S., Zhelyazkov, G., Staykov, Y. 2019. The effect of diet supplemented with dandelion's (*Taraxacum officinale*) extract on the productive and blood parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.), cultivated in the recirculation system. Mac Vet Rev 2019; 42 (2): 131-139. DOI: <https://doi.org/10.2478/macvetrev-2019-0017>. (SJR - 0.16)

7. Velichkova, K., Sirakov, I., Denev, S. 2019. In vitro antibacterial effect of *Lemna minuta*, *Chlorella vulgaris* and *Spirulina* sp. extracts against fish pathogen *Aeromonas hydrophila*. AACL Bioflux 12(3):936-940. (SJR – 0.28)

8. Velichkova, K., Sirakov, I. 2019. The effect of diet supplemented with *Lemna minuta* Kunth extract on technological parameters, blood parameters

and meat quality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) cultivated in aquaponic recirculation system. Journal of Hygienic Engineering and Design. Vol. 28, 22-27. UDC 639.371.043:597.552.512(497.2) **(SJR – 0.17)**

9. Sirakov, I., **Velichkova, K.**, Slavcheva-Sirakova, D. 2019. The effect of yarrow (*Achillea millefolium*) supplemented diet on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) and growth of lettuce (*Lactuca sativa*) cultivated in aquaponic recirculation system. Journal of Hygienic Engineering and Design. Vol. 28, 28-32. UDC 639.371.043:597.552.512(497.2) **(SJR – 0.17)**

10. **Velichkova, K.**, Sirakov, I., Dinev, T. 2020. Removal of indicator and pathogenic bacteria by *Lemna minuta* in an aquaponic recirculation system. Fresenius Environmental Bulletin, 29 (4), 2222-2227. **(IF – 0.691)**

11. **Velichkova, K.**, Sirakov, Veleva, P. 2020. Use of *Lemna minuta* Kunth. for composition of sustainable diets and influence on hydrochemical, technological and blood biochemical parameters in common carp (*Cyprinus carpio* L.) cultivated in aquaponics. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 26 (3), 274–279. **(SJR – 0.196)**

12. **Velichkova, K.**, Sirakov, I., Stoyanova, S. 2020. Growth efficiency, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.), fed with supplement of sweet flag extract (*Acorus calamus* L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science, 26 (Suppl. 1), 180-185. **(SJR – 0.196)**

13. **Velichkova, K.**, Sirakov, I., Valkova, E. 2020. The effect of sweet flag (*Acorus calamus* L.) supplemented diet on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) and growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivated in aquaponic recirculation system. AACL Bioflux 13 (6): 3840-3848. **(SJR – 0.28)**

14. Kurdomanov, A., Sirakov, I., Stoyanova, S., **Velichkova, K.**, Nedeva, I., Staykov, Y. 2019. The effect of diet supplemented with Proviotic® on growth, blood biochemical parameters and meat quality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cultivated in recirculation system. AACL Bioflux, 12 (2), 404-412. **(SJR – 0.28)**
15. Dinev, T., Tzanova, M., **Velichkova, K.**, Dermendzhieva, D., Beev, G. 2021. Antifungal and antioxidant potential of methanolic extracts from *Acorus calamus* L., *Chlorella vulgaris* Beijerinck, *Lemna minuta* Kunth and *Scenedesmus dimorphus* (Turpin) Kützing. Appl. Sci. 11, 4745 **(IF –2.679)**
16. **Velichkova, K.**, Sirakov, I. 2021. *In vitro* test of inhibition effect of *Lemna minuta*, *Chlorella vulgaris* and *Spirulina* sp. extracts on *Saprolegnia parasitica*. AACL Bioflux, 14 (1), 349-356. **(SJR – 0.28)**
17. Sirakov, I., **Velichkova, K.**, Slavcheva-Sirakova, D. 2021. The Proviotic® supplemented diet on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of common carp (*Cyprinus carpio* L.) and growth of lettuce (*Lactuca sativa*) cultivated in aquaponics. Journal of Hygienic Engineering and Design, Vol. 34, pp. 26-30. **(SJR –0.17)**

Цитирания на публикациите във връзка с дисертацията

Статиите включени в дисертацията са цитирани 106 пъти в световни бази данни Scopus, Web of science в списания с импакт фактор и импакт ранг.

Научен труд	Цитиран от
-------------	------------

Sirakov, I., Velichkova, K., Stoyanova, S., Staykov, Y. 2015. The importance of microalgae for aquaculture industry. Review. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. V. 2, № 4, 31-37.	1. Руднева, И.И. 2015. Окислительный стресс и патологии рыб. Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов. IV Международной конференции, Борок-Москва, 112-120. 2. Маркина, Ж.В., Айздайчер, Н. А. 2016. Рост и содержание фотосинтетических пигментов диатомовой микроводорасли <i>Thalassiosira proschkiniae</i> при пониженной солености воды. Вестник биотехнологии и физико-химической биологии, 12(2):12-17. 3. Raj Kumar G., Babu D.E. 2015. The Growth of Microalgae in Shrimp Hatchery: Impact of Environment on Nutritional Values. Journal of Biotechnology and Biochemistry, 1 (6): 89-96. 4. Lavadjoo, F., Dehghani, M. 2016. Effects of Environmental Factors on the Growth, Optical Density and Biomass of the Green Algae <i>Chlorella Vulgaris</i> in Outdoor Conditions. J. Appl. Sci. Environ. Manage. Vol. 20 (1):131-139. 5. Muhammad Saqib Latif. 2016. Development of Research Tool to Evaluate the Potential of Using <i>Chlorella sorokiniana</i> as Bio-Filter In Recycled Tilapia Production. Norwegian University of Life Sciences. Master of Science Thesis, 46pp. 6. Phong, W. N., Le, C. F., Show, P. L., Chang, J.-S. and Ling, T. C. (2017), Extractive disruption process integration using ultrasonication and aqueous two-phase system for proteins recovery from <i>Chlorella sorokiniana</i>. Eng. Life Sci.. doi:10.1002/elsc.201600133 – <u>IF -2.168</u> 7. Imen Hamed. 2016. The Evolution and Versatility of Microalgal Biotechnology: A Review. Comprehensive reviews in food science and food safety. doi: 10.1111/1541-4337.12227. <u>IF – 4.9</u> 8. Subashchandrabose, G. 2019. Generating and evaluating salinity and temperature resilient cyanobacteria for tropical outdoor cultivation in Australia. Thesis, 351pp. 9. Altunoz M, Pirrotta O, Forti L, Allesina G, Pedrazzi S., Obali O, Tartarini P, Arru L. 2017. Combined effects of LED lights and chicken manure on <i>Neochloris oleoabundans</i> growth. Bioresource Technology, DOI:10.1016/j.biortech.2017.04.094, <u>IF – 5.651</u> 10. A. Y. Maizatul . Radin Maya Saphira Radin Mohamed . Adel A. Al-Gheethi . M. K. Amir Hashim. 2017. An
---	--

overview of the utilisation of microalgae biomass derived from nutrient recycling of wet market wastewater and slaughterhouse wastewater. *Int Aquat Res* . DOI 10.1007/s40071-017-0168-z. **IF – 0.269.**

11. NM Bakeri, SS Jamaian. 2017. A mathematical model of microalgae growth in cylindrical photobioreactor - AIP Conference Proceedings, Volume 1870, Issue 1, 10.1063/1.4995853, **SJR – 0.16**

12. Fakhri, M., Arifin, N. 2016. GROWTH CHARACTERISTICS OF *Tetraselmis* sp. AND *Nannochloropsis* sp. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada* 18 (1): 15-18.

13. Hamed, I. 2016. The Evolution and Versatility of Microalgal Biotechnology: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15:1104-1123. DOI: 10.1111/1541-4337.12227, **IF – 7.028**

14. Gorry P., Sanchez L., Morales M., 2018. Microalgae Biorefineries for Energy and Coproduct Production. In book: *Energy from Microalgae*. Springer, DOI 10.1007/978-3-319-69093-3_5

15. Baiz, Amanj Ibrahim. 2018. Utilization of *Chlorella* and *Daphnia* as natural food sources and their combination as a feed supplement compared to commercial feed for common carp (*Cyprinus carpio*). Van yuzuncu yil university institute of natural and applied sciences. 117pp.

16. García J.L., Vicente M., Galán B. 2018. Presente y futuro del cultivo de las microalgas para su uso como superalimentos. *Mediterráneo Económico* 31, 333-350.

17. Zhang, P., Cao, S., Zou, T., Han, D., Liu, H., Jin, J., Yang, Y., Zhu, X., Xie, S., Zhou, W. 2018. Effects of dietary yeast culture on growth performance, immune response and disease resistance of gibel carp (*Carassius auratus gibelio* CAS III). *Fish & Shellfish Immunology*, 82: 400-407. **IF – 3,185.**

18. Karssa, T., Papini, A., Kasan, N. 2018. Cultivation of *Arthrospira* Strains in Tropical Conditions, with Particular Reference to Ethiopia. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 8(5): 107-118.

19. Zahran, E., Awadin, W., Risha, E., Khaled, A., Wang, T. 2019. Dietary supplementation of *Chlorella vulgaris* ameliorates chronic sodium arsenite toxicity in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* as revealed by histopathological, biochemical and immune gene expression analysis. *Fisheries Science*. 85 (1): 199-215. DOI:10.1007/s12562-018-1274-6. **IF – 0.794.**

	20. Bin, D., Al, M., Omar, H. 2018. Potential application of the blue-green alga (<i>spirulina platensis</i>) as a supplement in the diet of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>). <i>Applied Ecology and Environmental Research</i> 16(6):7883-7902., IF – 0.721. 21. Stonik, V., Stonik, I. 2018. Sterol and Sphingoid Glycoconjugates from Microalgae. <i>Marine Drugs</i> 16(12):514. IF – 3.854. 22. Muhammad Talba Ahmad, Mohamed Shariff, Fatimah Md Yusoff, Sanjoy Banerjee. 2018. Applications of microalga <i>Chlorella vulgaris</i> in aquaculture. <i>Reviews in Aquaculture</i>. DOI: 10.1111/raq.12320. IF – 7.139. 23. Valkova, E., Atanasov, V., Tzanova, M., Denev, S. 2018. Mn and Zn content in eggs and musculature of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.) treated with fungicide mancozeb and pigment astaxanthin. <i>Trakia Journal of Sciences</i>, 4, pp 275-283. 24. Apandi, N., Mohamed, R., Al-Gheethi, A., Amir Hashim bin Mohd Kassim. 2018. Microalgal biomass production through phycoremediation of fresh market wastewater and potential applications as aquaculture feeds. <i>Environmental Science and Pollution Research</i>. DOI: 10.1007/s11356-018-3937-3. IF – 2.80. 25. Rauf, S. 2018. Design and implementation of control system for optimal growth of microalgae in outdoor ponds. Masters Thesis. Murdoch University, Western Australia. 26. Garcia, J., Vicente, M., Galdin, B. 2018. Presente y futuro del cultivo de las microalgas para su uso como superalimentos. <i>Mediterráneo Económico</i> 31, 333-350. 27. Duygu, D. Effects of Metal Nanoparticles on Microalgae and Their Applications. 2018. <i>BSEU Journal of Science</i>, 5(2), 112-117. 28. Hamedia C., Gastineau R., Lemieux C., Turmel M., Witkowski A., Hamed M. 2019. Complete chloroplast genome of the diatom <i>Skeletonema pseudocostatum</i> from the Western Mediterranean coast of Algeria. <i>Mitochondrial dna part B</i> 2019, VOL. 4, NO. 1, 1091–1092. IF – 0.488. 29. Shahid, A., Malik, S., Alam, A., Mehmood, M. 2019. The Culture Technology for Freshwater and Marine Microalgae. In book: <i>Microalgae Biotechnology for Development of Biofuel and Wastewater Treatment</i> Publisher: <u>Springer</u> 30. Ansari, F., Gupta, S., Bux, F. 2019. Microalgae: A Biorefinery Approach to the Treatment of Aquaculture
--	---

	Wastewater. In book: Application of Microalgae in Wastewater Treatment. DOI: 10.1007/978-3-030-13909-4_4. Publisher: <u>Springer</u> 31. Gupta, S., Dhandayuthapani, K. 2019. Microalgal Biofuels Production from Industrial and Municipal Wastewaters. In book: Application of Microalgae in Wastewater Treatment. DOI: 10.1007/978-3-030-13909-4_12. Publisher: <u>Springer</u> 32. Erkaya, İ., Duygu, D., Ozer, T., (2019). Installation of Operational Processes for the Establishment of Microalgal Culture Collection. mediterranean fisheries and aquaculture research. 2(2): 49-62. 33. Yang, L., Chen, F., Li, H., Li, J., Leng, L., Liu, H., et al. 2019. Microbial community-assisted water quality control and nutrients recovery: Emerging technologies for the sustainable development of aquaponics. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. https://doi.org/10.1002/jctb.6087. IF – 2.587. 34. Han, P., Lu, Q., Fan, L., Zhou, W. 2019. A Review on the Use of Microalgae for Sustainable Aquaculture. Appl. Sci., 9, 2377; doi:10.3390/app9112377, IF – 1.689 35. El-Habashi, N., Fadl, S., Farag, H., Gad, D., Elsadany, A., Gohary, M. 2019. Effect of using Spirulina and Chlorella as feed additives for elevating immunity status of <i>Nile tilapia</i> experimentally infected with <i>Aeromonas hydrophila</i>. Aquaculture Research, DOI:10.1111/are.14229, IF – 1.502 36. Acikgoz Erkaya, İ., Yalcin Duygu, D., Ozer, T., (2018). Installation of Operational Processes for the Establishment of Microalgal Culture Collection, MedFAR., 2 (2):49-62. 37. Hua, K., Cobcroft, J., Cole, A., Condon, K., Jerry, R., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M., Zeng, C., Zenger, K., Strugnell, J. 2019. The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. One Earth. 1, 316-329. 38. Brito, J. 2019. Effects of bacteria on Nannochloropsis performance in closed photobioreactors. pHd Thesis. 39. Giraldo, J. 2019. Algae-bacteria interactions during commercial production of Nannochloropsis sp. in closed photobioreactors. GHENT University. pHd Thesis, 179 pp 40. Hayatgheib, N., Moreau, E., Calvez, S., Pouliquen, H. 2020. A review of functional feeds and the control of <i>Aeromonas</i> infections in freshwater fish. Aquaculture International. DOI: 10.1007/s10499-020-00514-3 IF – 1.455
--	--

41. Kothri, M., Mavrommati, M., Elazzazy, A., Baeshen, M., Moussa, T., Aggelis, G. 2020. Microbial sources of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) and the prospect of organic residues and wastes as growth media for PUFA-producing microorganisms. *FEMS Microbiology Letters* 367(5). DOI: 10.1093/femsle/fnaa028 **IF-1.994**
42. Bilbao, P., Martin, L., Popovich, C., Almeyda, M., Chamorro, V., Leonardi, P. 2020. Assessment of *Halophora coffeaeformis* Growth and Biochemical Composition for Aquaculture Purposes. *Journal of Marine science and engineering*, 8, 282; doi:10.3390/jmse8040282 **IF-1.732**
43. Chellappan, A., Thangamani, P., Markose, S., Thavasimuthu, C., Thangaswamy, S., Mariavincnt, M. 2020. Long-term Preservation of Micro-algal Stock for Fish Hatcheries. *Aquaculture reports*, 17 (2020) 100329. **IF – 1.887**
44. Hairuddin, N., Talip, B., Zing, N., Mohamed, R., Al-Gheethi, A., Muhammad, N., Abdullah, N., Kahar, E., Abdullah, S. 2020. Microalgae Production in Fresh Market Wastewater and Its Utilization as a Protein Substitute in Formulated Fish Feed for *Oreochromis* Spp. In book: Prospects of Fresh Market Wastes Management in Developing Countries, Chapter 5. *Springer*. DOI:10.1007/978-3-030-42641-5_5
45. Fadla, S., Elsadany, A., El-Shenawy, A., Sakr, O., El Gammal, G., Gad, D., Abo Norag, M., Eissa, I. 2020. Efficacy of cyanobacterium *Anabaena* sp. as a feed supplement on productive performance and immune status in cultured Nile tilapia. *Aquaculture Reports*, 17, 100406. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100406> **IF – 2-120**
46. Abdel-Tawwab, M., Abdulrahman, N., Baiz, A., Nader, P., Al-Refaiee, I. 2020. The using of *Chlorella pyrenoidosa* and *Daphnia magna* as feed supplements for common carp, *Cyprinus carpio*: growth performance, somatic indices, and hemato-biochemical biomarkers. *Journal of applied aquaculture* <https://doi.org/10.1080/10454438.2020.1787291>. **IF – 0.36**
47. Dourou, M., Dritsas, P., Baeshen, M., Elazzazy, A., Al-Farga, A., Aggelis, G. 2020. High-added value products from microalgae and prospects of aquaculture wastewaters as microalgae growth media. *FEMS Microbiology Letters*, 367, 2020, fnaa081. doi: 10.1093/femsle/fnaa081. **IF – 1.987**

	48. Ons Thamir Abbas, Ahmed Jasim Mohammed and Ahmed Aidan Al-Hussieny.2020. The ability to use Spirulina sp. as food for common carp fish (<i>Cyprinus carpio</i> L. 1758). Plant Archives, 20 (1), 532-535. IF –0.07 49. Robab Salami, Abbas Saidi, Mohammad Amin Hejazi. 2020. Investigating the Impact of Biological contamination on Large-Scale Microalgae Cultivation for Use in Aquaculture.Conference: Sixth International Conference on Environmental Engineering and Natural Resources. 50. Grubišić, M., Ivančić Šantek, M., Šantek, B. 2019. Potential of Microalgae for the Production of Different Biotechnological Products. Chem. Biochem. Eng. Q., 33 (2) 161–181. IF – 0.960 51.Katiyar, R., Banerjee, S., Arora, A. 2021. Recent advances in the integrated biorefinery concept for the valorization of algal biomass through sustainable routes. Biofuels Bioproducts and Biorefining. DOI:10.1002/bbb.2187 IF – 4.528 52.Bharti Mishra, Archana Tiwari, Alaa El Din Mahmoud.2021.Sustainable Approaches Towards Aquaculture: Microalgal Circular Economy Perspectives.Research square, DOI: 10.21203/rs.3.rs-166803/v1 53. Yaakob, M.A.; Mohamed, R.M.S.R.; Al-Gheethi, A.; Ravishankar, G.A.; Ambati, R.R. 2021. Influence of Nitrogen and Phosphorus on Microalgal Growth, Biomass, Lipid, and Fatty Acid Production: An Overview. Cells, 10, 393. https://doi.org/10.3390/cells10020393 IF – 4.829 54. Campanati, C., Willer, D., Schubert, J., Aldridge, D. 2021. Sustainable Intensification of Aquaculture through Nutrient Recycling and Circular Economies: More Fish, Less Waste, Blue Growth. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture. https://doi.org/10.1080/23308249.2021.1897520. IF – 3.755 55.Havan Sleman, Nasreen M. Abdulrahman, Nazenine Hassan, Hevar HamaSalih. 2021. Evaluation of blood, biochemical and biological effects of microalgae Chlorella and germinated barley powder as a source of prebiotic on common carp <i>Cyprinus carpio</i> L.Iraqi Journal of Veterinary Sciences 35(2):271-277. IF – 0.28 56. Akpodiete, N., Tripet, F. 2021. Improvement of water quality for mass anopheline rearing: evaluation of the impact of ammonia-capturing zeolite on larval development and adult phenotypic quality. Parasites &
--	---

	Vectors 14(1), DOI:10.1186/s13071-021-04763-w. <u>IF – 2.824</u> 57. Arora, K., Kumar, P., Bose, D., Li, X., Kulshrestha, S. 2021. Potential applications of algae in biochemical and bioenergy sector. 3 Biotech 11(6). <u>IF – 1.798</u> 58. Rasdi, W., Ramlee, A., Wahid, M., Jusoh, M. 2021. Microalgae and the factors involved in successful propagation for mass production. Journal of Sustainability Science and Management 16(3):21-42. <u>IF – 0.63</u> 59. Ansari, F., Guldhe, A., Gupta, S., Rawat, I., Bux, F., Improving the feasibility of aquaculture feed by using microalgae. Environmental Science and Pollution Research. DOI: 10.1007/s11356-021-14989-x <u>IF – 3.056</u> 60. Pascon, G., Messina, M., Petit, L., Valente, L., Oliveira, B., Przybyla, C., Dutto, G., Tulli, F. 2021. Potential application and beneficial effects of a marine microalgal biomass produced in a high-rate algal pond (HRAP) in diets of European sea bass, <i>Dicentrarchus labrax</i>. Environmental Science and Pollution Research https://doi.org/10.1007/s11356-021-14927-x. <u>IF – 3.056</u> 61. Masoud, A., El-Horiny, M., Khairy, H., El-Sheekh, M. 2021. Phytoplankton dynamics and renewable energy potential induced by the environmental conditions of Lake Burullus, Egypt. Environmental Science and Pollution Research https://doi.org/10.1007/s11356-021-15625-4. <u>IF – 3.056</u> 62. Massa et al. 2021. Black Sea Aquaculture: Legacy, Challenges & Future Opportunities. Aquaculture Studies, 21(4), xx-xx. http://doi.org/10.4194/2618-6381-v21_4_05 63. Camacho-Rodríguez, J., Gallardo-Rodríguez, Cerón-García, M., García-Camacho, F., Molina-Grima, E. 2021. A new culture medium based on genetic algorithms for <i>Isochrysis galbana</i> production relevant to hatcheries. Journal of Applied Phycology, https://doi.org/10.1007/s10811-021-02564-3. <u>IF-3.06</u> 64. Jisha, K., Singh, I.S.B. and Valsamma, J. 2021. Comparative Nutritional Characterization of Marine Microalgae <i>Chaetoceros muelleri</i> and <i>Nannochloropsis oceanica</i> used as Live Feeds in Aquaculture. Journal of Aquatic Biology & Fisheries; Volume 9; Issue 1, pp. 142-151. 65. Kong, F., Ran, Z., Zhang, J., Zhang, M., Wu, K., Zhang, R., Liao, K., Cao, J., Zhang, L., Xu, J., Yan, X.
--	--

	2021. Synergistic effects of temperature and light intensity on growth and physiological performance in <i>Chaetoceros calcitrans</i>. <i>Aquaculture Reports</i> 21 (2021) 100805, <u>IF – 3.216</u> 66. Mishra, B., Tiwari, A., Mahmoud, A. Microalgal potential for sustainable aquaculture applications: bioremediation, biocontrol, aquafeed. <i>Clean Technologies and Environmental Policy</i>. DOI: 10.1007/s10098-021-02254-1. <u>IF-3.636</u> 67. Caetano, N., Correa, P., Junior, W., Vieira, M. 2022. LCA: A Tool to Develop Sustainable Microalgal Biorefineries. In book: <i>Algal Biorefineries and the Circular Bioeconomy</i>. DOI: 10.1201/9781003195429-10 68. Sufang Li. 2022. Effect of process operational factors on <i>Chlorella vulgaris</i> biofilms: from cell mechanisms to process optimization. PhD Thesis
Velichkova K., Sirakov I., Stoyanova S., Zhelyazkov G., Staykov Y., Slavov T., 2019a Effect of <i>Acorus calamus</i> L. extract on growth performance and blood parameters of common carp (<i>Cyprinus carpio</i> L.) cultivated in a recirculation system. <i>Journal of Central European Agriculture</i> 20(2):585-591.	69. Koshinski R., 2020 Effect of <i>Taraxacum officinale</i> Weber ex Wiggers extract on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.), cultivated in a recirculating system. <i>AACL Bioflux</i> 13(1):109-117. <u>SJR – 0.23</u> 70. Faheem, M., Abbas, R., Liaqat, I., Hoseinifar, S., Maneepitaksanti, W., Doan, H. 2022. Bio-active components in medicinal plants: A mechanistic review of their effects on fish growth and physiological parameters. <i>Annals of Animal Science</i>, DOI: 10.2478/aoas-2022-0030, <u>IF – 2.09</u>
Velichkova K. Sirakov I., Rusenova, N., Beev, G., Denev S., Valcheva N., Dinev, T. (2018). In vitro antimicrobial activity on <i>Lemna minuta</i>, <i>Chlorella vulgaris</i> and <i>Spirulina</i> sp. extracts. <i>Fresenius Environmental Bulletin</i>, 27, (8), pp. 5736-5741.	71. Andonova, A., Milcheva, H., Taneva, T. 2019. Promoting healthy eating in people over 65 years of age. <i>Journal of Hygienic Engineering and Design</i>. 28, 41-47. <u>SJR – 0.160</u> 72. Koshinski R., 2020 Effect of <i>Taraxacum officinale</i> Weber ex Wiggers extract on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.), cultivated in a recirculating system. <i>AACL Bioflux</i> 13(1):109-117. <u>SJR – 0.23</u> 73. Valcheva N., Ignatov, I., Mihaylova, S. 2020. Physiological and Molecular-genetic Characteristic of Bacteria Strains, Isolated from Mountain Spring and Mineral Waters in Plovdiv Region, Bulgaria. <i>International Journal of Pathogen Research</i> 4(1): 44-55.

	74. Martelli, F., Cirlini, M., Lazzi, C., Neviani, E., Bernini, V. 2020. Edible Seaweeds and Spirulina Extracts for Food Application: In Vitro and In Situ Evaluation of Antimicrobial Activity towards Foodborne Pathogenic Bacteria. <i>Foods</i>. 9, 1442; doi:10.3390/foods9101442. <u>IF – 4.092</u> 75. Mahoney, R., Weeks, R., Huang, O., Dai, W., Cao, Y., Lio, G., Guo, Y., Chistaykov, V., Ermakov, A., Rudoy, D., Bren, A., Popov, I., Chikindas, M. 2021. Fermented Duckweed as a Potential Feed Additive with Poultry Beneficial Bacilli Probiotics. <i>Probiotics and Antimicrobial Proteins</i>. DOI: 10.1007/s12602-021-09794-4. <u>IF – 3.533</u>
Velichkova K., Sirakov I., Denev S., 2019 In vitro antibacterial effect of <i>Lemna minuta</i>, <i>Chlorella vulgaris</i> and <i>Spirulina</i> sp. extracts against fish pathogen <i>Aeromonas hydrophila</i>. <i>AACL Bioflux</i> 12(3):936-940.	76. Koshinski R., 2019 Growth efficiency, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.) fed with supplement of white yarrow extract (<i>Achillea millefolium</i> L.). <i>AACL Bioflux</i> 12(6):2298-2305. <u>SJR – 0.23</u> 77. Koshinski R., 2020 Effect of <i>Taraxacum officinale</i> Weber ex Wiggers extract on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.), cultivated in a recirculating system. <i>AACL Bioflux</i> 13(1):109-117. <u>SJR – 0.23</u> 78. Pourhajibagher, M., Miri-Moosavi, R., Chiniforush, N. et al. 2021. Anti-biofilm activity of <i>Chlorella</i>-mediated light activated disinfection: Ex vivo inhibition of intracanal mature <i>Enterococcus faecalis</i> biofilms via application of natural product. <i>Photodiagnosis and Photodynamic Therapy</i> 31(20026):101853.
	DOI: 10.1016/j.pdpdt.2020.101853. <u>IF – 2.894</u> 79. Almalki, M., Khalifa, A., Alkhamis, Y. 2022. In vitro Antibiosis of <i>Chlorella vulgaris</i> Extract against the Phytopathogen, <i>Stenotrophomonas maltophilia</i>. <i>Journal of Pure and Applied Microbiology</i> 16(1), DOI: 10.22207/JPAM.16.1.64, <u>SJR – 0.149</u>
Sirakov I., Velichkova K., Stoyanova S., Zhelyazkov G., Staykov Y., 2019b The effect of diet supplemented with dandelion's (<i>Taraxacum officinale</i>) extract on the productive and blood parameters of common carp (<i>Cyprinus carpio</i>	80. Koshinski R., 2019 Growth efficiency, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.) fed with supplement of white yarrow extract (<i>Achillea millefolium</i> L.). <i>AACL Bioflux</i> 12(6):2298-2305. <u>SJR – 0.23</u> 81. Koshinski R., 2020 Effect of <i>Taraxacum officinale</i> Weber ex Wiggers extract on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.), cultivated in a recirculating system. <i>AACL Bioflux</i> 13(1):109-117. <u>SJR – 0.23</u>

L.), cultivated in the recirculation system. Macedonian Veterinary Review 42(2):131-139.	82. Tadese, D., Song, C., Sun, C., Kevin, T. 2021. The role of currently used medicinal plants in aquaculture and their action mechanisms: A review. Reviews in Aquaculture. DOI: 10.1111/raq.12626. IF – 10.592
Sirakov I., Velichkova, K. (2018). The influence of aquaponically grown duckweed (<i>Lemna minuta</i> Kunth) used for composition of sustainable diets on hydrochemical and technological parameters in carp (<i>Cyprinus carpio</i> L.). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 18, pp. 1037-1044.	83. Andonova, A., Milcheva, H., Taneva, T. 2019. Promoting healthy eating in people over 65 years of age. Journal of Hygienic Engineering and Design. 28, 41-47. <u>SJR – 0.160</u> 84. Koshinski R., 2019 Growth efficiency, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.) fed with supplement of white yarrow extract (<i>Achillea millefolium</i> L.). AACL Bioflux 12(6):2298-2305. <u>SJR– 0.23</u> 85. Koshinski R., 2020 Effect of <i>Taraxacum officinale</i> Weber ex Wiggers extract on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.), cultivated in a recirculating system. AACL Bioflux 13(1):109-117. <u>SJR – 0.23.</u> 86. Tamas Mester, Gergely Csakberenyi-Nagy, Gabor Turk, Istvan Lazar and Tamas Toth. 2019. Development of a new hybrid aquaponic system for increasing chilli production efficiency. Journal of Applied Horticulture, 21(02):151-156. DOI: 10.37855/jah.2019.v21i02.26 <u>SJR – 0.14.</u> 87. Yuniel Méndez-Martínez, Yenny Guiselli Torres Navarrete, Yilian Perez Tamames, Edilmar Cortes-Jacinto, Misleidis Romas Viltres. 2021. Effect of duckweed meal dietary inclusion on growth performance and survival of African catfish fingerlings. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 38: 84-104. <u>SJR – 0.13</u> 88. Roman, B., Brennan, R., Lambert, J. 2021. Duckweed protein supports the growth and organ development of mice: A feeding study comparison to conventional casein protein. Journal of food science, doi: 10.1111/1750-3841.15635. IF – 2.479 89. Homoki, D., Odunayo, T., Minya, D., Kovács, L., Lelesz, J., Bársony, P., Fehér, M., Kövics, G., Stündl, L. 2021. Effect of dissolved oxygen on common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) and basil (<i>Ocimum basilicum</i>) in the aquaponics system. Acta Agraria Debreceniensis. DOI: 10.34101/actaagrar/1/8933 90. Goswami, R., Sharma, J., Shrivastav, A., Kumar, K., Glencross, B., Tocher, D., Chakrabarti, R. 2022. Effect of <i>Lemna minor</i> supplemented diets on growth, digestive physiology and expression of fatty acids biosynthesis

	genes of <i>Cyprinus carpio</i> . Scientific reports. 12, 3711. <u>IF – 4.380</u>
Sirakov, I., Velichkova, K., Stoyanova, S., & Staykov, Y. (2018). Growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.) fed with licorice (<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.) supplemented diet. Trakia Journal of Sciences, 16(4), 284–291. https://doi.org/10.15547/tjs.2018.04.004	91. Mohammed E, Kamel M, El Iraqi K, Tawfik AM, Khattab MS, Elsabagh M. 2020. Zingiber officinale and Glycyrrhiza glabra, individually or in combination, reduce heavy metal accumulation and improve growth performance and immune status in Nile tilapia, Oreochromis niloticus. Aquac Res.;00:1–9. https://doi.org/10.1111/are.14544 <u>IF - 1.502</u> 92. Sadek, M. 2020. The Effect of some Dietary Medicinal Herbal Extracts on Growth Performance and Economic Efficiency of Nile Tilapia. DOI: 10.21608/japfp.2020.130634
Sirakov I., Velichkova K., Slavcheva-Sirakova D., 2019a The effect of yarrow (<i>Achillea millefolium</i>) supplemented diet on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.) and growth of lettuce (<i>Lactuca sativa</i>) cultivated in aquaponic recirculation system. Journal of Hygienic Engineering and Design 28:28-32.	93. Koshinski R., 2020 Effect of Taraxacum officinale Weber ex Wiggers extract on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.), cultivated in a recirculating system. AACL Bioflux 13(1):109-117. <u>SJR – 0.23</u>
Velichkova K., Sirakov I., 2019 The effect of diet supplemented with <i>Lemna minuta</i> Kunth extract on technological parameters, blood parameters and meat quality in rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.) cultivated in	94. Koshinski R., 2020 Effect of Taraxacum officinale Weber ex Wiggers extract on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.), cultivated in a recirculating system. AACL Bioflux 13(1):109-117. <u>SJR – 0.23</u> 95. Fischer H., Romano N., Jones J., Howe J., Renukdas N., Sinha A. 2021. Comparing water quality/bacterial composition and productivity of largemouth bass <i>Micropterus salmoides</i> juveniles in a recirculating

aquaponic recirculation system. Journal of Hygienic Engineering and Design 28:22-27.	aquaculture system versus aquaponics as well as plant growth/mineral composition with or without media. Aquaculture, vol. 538, DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.736554, IF – 3.224
Kurdomanov A., Sirakov I., Stoyanova S., Velichkova K., Nedeva I., Staykov Y., 2019 The effect of diet supplemented with Proviotic® on growth, blood biochemical parameters and meat quality in rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) cultivated in recirculation system. AACL Bioflux 12(2):404-412.	96. Koshinski R., 2019 Growth efficiency, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.) fed with supplement of white yarrow extract (<i>Achillea millefolium</i> L.). AACL Bioflux 12(6):2298-2305. SJR – 0.23 97. Koshinski R., 2020 Effect of Taraxacum officinale Weber ex Wiggers extract on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.), cultivated in a recirculating system. AACL Bioflux 13(1):109-117. SJR – 0.23 98. Ziółkowska, E., Bogucka, J., Rawski, M., Mazurkiewicz, J., Maiorano, G., Stanek, M. 2021. The first insights on trans-galactooligosaccharide effects on fatty acids profile and microstructure of muscle in common carp. ANNALS OF ANIMAL SCIENCE. DOI: 10.2478/aoas-2021-0030 IF- 1.572 99. M M Rashid, M., Islam, A., Hasan, M., Uddin, M. 2019. Effects of commercial probiotic on growth and feed utilization parameters of asian stinging catfish (<i>Heteropneustes fossilis</i>) fingerlings. J. Sylhet Agril. Univ. 6(1&2):79-86. 100. Abdelhamid Mohamed Abdelhamida* , Mohamed Moaaz Refaeyb , Hazem Ga'far Mohammed ElSayedc , and Gehad Ahmed Mo'atyd. 2021. Comparison Between Blood Haematology of Egyptian Freshwater Food Fish and Ornamental Fish. Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education, 3 (1), 22-36. IF – 0.364
Dinev, T., Tzanova, M., Velichkova, K., Dermendjieva, D., Beev, G. 2021. Antifungal and Antioxidant Potential of Methanolic Extracts from <i>Acorus calamus</i> L., <i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck, <i>Lemna minuta</i> Kunth and <i>Scenedesmus dimorphus</i> (Turpin)	101. Elshikh, M., Rani, E., Al Farraj, D., Vijayaraghavan, P. 2022. Plant secondary metabolites extracted from <i>Acorus calamus</i> rhizome from Western Ghats, India and repellent activity on <i>Sitophilus oryzae</i>. Physiological and Molecular Plant Pathology 117:101743 DOI: 10.1016/j.pmpp.2021.101743. IF – 2.747 102. Gosciniak, A., Paczkowska-Walendowska, M., Skotnicka, A., Ruchala, M., Cielecka-Piontek, J. 2021. Can Plant Materials Be Valuable in the Treatment of Periodontal Diseases? Practical Review. Pharmaceutics 2021, 13, 2185. doi.org/10.3390/pharmaceutics13122185 IF – 6.07

Kützing. Applied Sciences 11(11):4745	103. Perveen, K., Bukhari, N., Al Masoudi, L., Alkhattaf, F. 2021. Antifungal potential, chemical composition of <i>Chlorella vulgaris</i> and SEM analysis of morphological changes in <i>Fusarium oxysporum</i>. Saudi Journal of Biological Sciences. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.12.033. IF – 4.27 104. Wiwattanawanichakun, P., Saehlee, S., Yooboon, T., Kumrungsee, N., Nobsathian, S., Bullangpoti, V. 2022. Toxicity of isolated phenolic compounds from <i>Acorus calamus</i> L. to control <i>Spodoptera litura</i> (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. Chem. Biol. Technol. Agric. 9:10 https://doi.org/10.1186/s40538-021-00274-z. IF – 2.642
Velichkova, K., Sirakov, I., Veleva, P. 2020. Use of <i>Lemna minuta</i> Kunth. for composition of sustainable diets and influence on hydrochemical, technological and blood biochemical parameters in common carp (<i>Cyprinus carpio</i> L.) cultivated in aquaponics. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 26 (No 3), 674–679.	105. Goswami, R., Sharma, J., Shrivastav, A., Kumar, K., Glencross, B., Tocher, D., Chakrabarti, R. 2022. Effect of <i>Lemna minor</i> supplemented diets on growth, digestive physiology and expression of fatty acids biosynthesis genes of <i>Cyprinus carpio</i>. Scientific reports. 12, 3711. IF – 4.380
Kurdomanov, A., Sirakov, I., Stoyanova, S., Velichkova, K., Nedeva, I., Staykov, Y. 2019. The effect of diet supplemented with Proviotic® on growth, blood biochemical parameters and meat quality in rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) cultivated in recirculation system. AACL Bioflux, 12 (2), 404-412.	106. Eissa, E., Baghdady, E., Gaafar, A., El-Badawi, A., Bazina, W., Abd Al-Kareem, O., Abd Al-Kareem, N. 2022. Assessing the Influence of Dietary <i>Pediococcus acidilactici</i> Probiotic Supplementation in the Feed of European Sea Bass (<i>Dicentrarchus labrax</i> L.) (Linnaeus, 1758) on Farm Water Quality, Growth, Feed Utilization, Survival Rate, Body Composition, Blood Biochemical Parameters, and Intestinal Histology. Aquaculture Nutrition, https://doi.org/10.1155/2022/5841220. IF – 3.497

Участия в конференции

1. **Velichkova, K.**, Sirakov, I. 2019. The effect of diet supplemented with *Lemna minuta* Kunth extract on technological characteristics, blood parameters and meat quality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) cultivated in aquaponic recirculation system. Food quality and safety, health and nutrition Congress – Nutricon 12-14. June 2019. Ochrid, Macedonia.
2. Sirakov, I., **Velichkova, K.**, Slavcheva-Sirakova, D. 2019. The effect of yarrow (*Achillea millefolium*) supplemented diet on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* w.) and growth of lettuce (*Lactuca sativa*) cultivated in aquaponic recirculation system. Food quality and safety, health and nutrition Congress – Nutricon 12-14. June 2019. Ochrid, Macedonia.
3. Sirakov, I., **Velichkova, K.**, Slavcheva-Sirakova, D. 2020. The Proviotic® supplemented diet on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of common carp (*Cyprinus carpio* L.) and growth of lettuce (*Lactuca sativa*) cultivated in aquaponics. Food quality and safety, health and nutrition Congress – Nutricon 02-04. September 2020. Ochrid, Macedonia.
4. **Velichkova, K.**, Sirakov, I., Stoyanova, S., Staykov, Y. 2018. Effect of *Taraxacum officinale* Weber ex Wiggers extract on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.), cultivated in a recirculating system. International conference on agricultural science and business 10-12 Май 2018 г. Стара Загора, България.
5. Kurdomanov, A., Sirakov, I., Stoyanova, S., **Velichkova, K.**, Nedeva, I., Staykov, Y. 2018. The effect of diet supplemented with Proviotic® on growth, blood biochemical parameters and meat quality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), cultivated in recirculation aquaculture system. International conference on agricultural science and business 10-12 Май 2018 г. Стара Загора, България.
6. Sirakov, I., **Velichkova, K.**, Stoyanova, S., Staykov, Y. 2018 Growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) fed with feed supplemented with extract of licorice (*Glycyrrhiza glabra*). International conference on agricultural science and business 10-12 Май 2018 г. Стара Загора, България.
7. **Velichkova, K.**, Sirakov, I., Stoyanova, S. 2020. Growth efficiency, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.), fed with supplement of sweet flag

- extract (*Acorus calamus* L.). Юбилейна научна конференция с международно участие – „25 години Тракийски университет“, 15 Май 2020 г. Стара Загора, България.
8. Dinev, T., Tzanova, M., **Velichkova, K.**, Beev, G. 2021. Antimicrobial activity of methanolic extracts from *Acorus calamus* L., *Chlorella vulgaris* Beijerinck, *Lemna minuta* Kunth and *Scenedesmus dimorphus* (Turpin) Kützing. 100 years Higher Agricultural Education in Bulgaria. 27 May, 2021.
 9. Tzanova, M., Dinev, T., **Velichkova, K.**, Beev, G. 2021. Antioxidant activity of methanolic extracts from *Acorus calamus*, *Chlorella vulgaris*, *Lemna minuta* and *Scenedesmus dimorphus*. 100 years Higher Agricultural Education in Bulgaria. 27 May, 2021.

Проекти във връзка с дисертацията

1. Научен Проект 9АФ/18 „Интегрирано използване на род *Lemna* за пречистване на води и храна за хидробионти“
2. Научен Проект 1АФ/2017 „Антимикробна активност на растителни екстракти срещу микроорганизми, влияещи върху качеството и безопасността на основни суровини и фуражи“
3. Научен Проект 8АФ/2018 „Изследване на влиянието на пребиотиците при култивирането на риби и растения в аквапонна система“
4. Научен Проект 2АФ/2019 „Влияние на растителни екстракти, използвани като добавки във фураж на риби, отглеждани в рециркулационни системи“

ABSTRACT

Influence of plant supplements and components in feed on basic fish production indicators, blood indicators, meat quality, water microbiology and potentially pathogenic microorganisms in the cultivation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) and carp (*Cyprinus carpio* L.) in different recirculation systems

Plant extracts are natural products, safe for fish and the environment, and also are not expensive supplements. The aim of the present study is to determine the influence of additives and components of plants (*Lemna minuta*, *Acorus calamus*, *Chlorella vulgaris*, *Spirulina*, *Taraxacum officinale*, *Glycyrrhiza glabra*, *Achillea millefolium*) on feed, on basic fish productivity indicators, blood indicators, meat quality, water microbiology and potentially pathogenic microorganisms in the cultivation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) and carp (*Cyprinus carpio* L.) in different types of recirculation systems. For the experiments a recirculating system and aquaponic system in the Aquaculture Base of the Faculty of Agriculture at the Trakia University were used. A control group (no added plant extract or plant components) and an experimental (with added plant extract or with plant components) option were set, each of them with two replicates. The rainbow trouts and common carps with in good health condition were cultivated for 60 days. At the end of the experiments final weight, specific growth rates, feed conversion ratio were calculated average, and the water quality, meat quality and blood biochemical parameters were evaluated. The influence of plants and extracts on the microbiological parameters of water in recirculation systems and against potential pathogens for fish microorganisms was determined.

The addition of plant extracts or components to carp and rainbow trout feed cultured in recirculation systems significantly increases final weight, average individual weight and growth compared to control groups. The addition of plant extracts reduces the food conversion rate (FCR) of fish, compared to the controls. The addition of *Acorus calamus* extract to extruded rainbow trout feed grown in an aquaponic system has a

hepatoprotective effect and significantly reduces albumin and ALAT by 26,84% and 52,26%, respectively, compared to control fish ($P < 0,05$). The addition of dandelion extract to carp feed cultured in a recirculation system reduced ($P < 0,05$) the triglyceride and cholesterol content by 61,2% and 4,76% compared to control fish. The addition of yarrow extract to extruded rainbow trout feed grown in an aquaponic system lowers ASAT, alkaline phosphatase (ALP) and cholesterol by 27,4%, 57,2% and 24,9% in the blood, respectively, compared to controls fish ($P < 0,05$). Replacement of fish meal with 50% algae meal in compound feed for rainbow trout, cultivated in a recirculation system reduced the fat content of rainbow trout fillets by 36,44% compared to control fish ($P < 0,001$). The influence of extracts of *Lemna minuta*, *Chlorella vulgaris* and *Spirulina* sp. for the first time were established on fish pathogens *Saprolegnia* and *Aeromonas*. The antibacterial, antifungal and antioxidant effects of extracts from *Lemna minuta*, *Acorus calamus*, *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus dimorphus* and *Spirulina* sp. were study for the first time in aquaculture. A significant purifying role of *Lemna minuta* in relation to pathogenic organisms in the water of the aquaponic system has been established.

Key words: antioxidant, aquaponic, blood parameters, carp, fish pathogens, microbiological, plant extract, trout