

әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті

ӘОЖ: 602.3:639.3(043)

Қолжазба құқығында

Төреханова Мақпал Меркібекқызы

**Микробалдырлар негізінде балық шаруашылығының қалдық суларын  
биологиялық тазалау және балықтарға арналған жемдік қоспаларды алу**

6D070100-Биотехнология

Философия докторы (PhD)  
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшілері:

Акмуханова Н.Р.  
биология ғылымдарының кандидаты,  
доцент

Маторин Д.Н.  
М.В. Ломоносов атындағы ММУ  
профессоры

Қазақстан Республикасы  
Алматы, 2024

## МАЗМҰНЫ

|                                                                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР</b>                                                                                                 | <b>4</b>  |
| <b>КІРІСПЕ</b>                                                                                                                     | <b>5</b>  |
| <b>1 ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ</b>                                                                                                         | <b>8</b>  |
| 1.1 Микробалдырлардың көмегімен ауыл шаруашылығының ластанған қалдық суларын биологиялық тазалау                                   | 8         |
| 1.2 Микробалдырлар негізіндегі азықтық биологиялық қоспаларды балық шаруашылығында қолдану мүмкіншіліктері                         | 13        |
| 1.3 Тиляпия – балық шаруашылығы объектісі ретінде                                                                                  | 16        |
| 1.3.1 Тиляпияның көбеюі, өсуі және дамуы                                                                                           | 21        |
| 1.3.2 Тиляпияның өсуіне, дамуына және өнімділігіне әсер ететін факторлар                                                           | 23        |
| <b>2 ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕР</b>                                                                                          | <b>27</b> |
| 2.1 Зерттеу объектілері                                                                                                            | 27        |
| 2.2.1 Микробалдырларды дақылдау әдістері                                                                                           | 27        |
| 2.2.2 Микробалдырлардың жасушаларын сандық санау әдістері                                                                          | 27        |
| 2.2.3 Микробалдырлардың флуоресценциясын зерттеу әдістері                                                                          | 28        |
| 2.2.4 Микробалдырлар биомассасының биохимиялық құрамын талдау                                                                      | 29        |
| 2.2.5 Балық шаруашылығының қалдық суының бактериологиялық және гидрохимиялық талдау әдістері                                       | 30        |
| 2.2.6 Балық шаруашылығының қалдық суларында микробалдырларды өсіру                                                                 | 31        |
| 2.2.7 Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тиляпия ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) балықтарына жем ретінде қосу сынағы | 32        |
| 2.2.8 Тиляпия балығының морфологиялық, биохимиялық және гистологиялық талдау әдістері                                              | 33        |
| 2.2.9 Тиляпия балығын микробиологиялық талдау әдістері                                                                             | 35        |
| 2.2.10 Статистикалық талдау                                                                                                        | 35        |
| <b>3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛДАУ</b>                                                                                     | <b>37</b> |
| 3.1 Балық шаруашылығының қалдық суларын микробалдырлардың көмегімен биоремедиациялау мүмкіндіктерін зерттеу                        | 37        |
| 3.1.1 Балық шаруашылығының қалдық суларын биоремедиациялау үшін перспективті микробалдырлар штаммын таңдау                         | 38        |
| 3.1.2 Фотосинтетикалық белсенділігі жоғары микробалдырлардың штамдарын іріктеу                                                     | 40        |
| 3.1.3 Балық шаруашылығының қалдық суларын микробалдырлардың көмегімен тазалау мүмкіндігі                                           | 44        |
| 3.1.4 Балық шаруашылығы қалдық суларының микробтық құрамына микробалдырлардың әсері                                                | 47        |

|       |                                                                                                                                                                                                           |           |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2   | Балық шаруашылығының қалдық суларында микробалдыр <i>Chlorella vulgaris</i> BB-2 өсіру және алынған биомассаның биохимиялық құрамын талдау                                                                | 54        |
| 3.3   | <i>Chlorella vulgaris</i> SP BB-2-нің балық шаруашылығында жемдік қоспа ретіндегі потенциалын зерттеу                                                                                                     | 59        |
| 3.3.1 | Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның Тиляпия ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) балықтарына жем ретінде қосу мөлшерін таңдау                                                                     | 60        |
| 3.3.2 | Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның Тиляпия ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) балығының өсу параметрлеріне әсері                                                                               | 63        |
| 3.3.3 | Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның Тиляпия ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) балығының экстерьерлі және интерьерлі көрсеткіштеріне әсері                                                      | 66        |
| 3.3.4 | Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның Тиляпия ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) балығының қанының биохимиялық көрсеткіштеріне, бұлшық ет құрамына және ішектерінің морфологиялық қасиетіне әсері | 68        |
| 3.3.5 | Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның Тиляпия ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) балығының ішек микрофлорасына әсері                                                                              | 71        |
| 3.4.  | Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның Тиляпия ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) балығына жем ретінде қолданудың экономикалық тиімділігі мен жемдік қоспаны алу технологиясы                      | 74        |
|       | <b>ҚОРЫТЫНДЫ</b>                                                                                                                                                                                          | <b>77</b> |
|       | <b>ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ</b>                                                                                                                                                                    | <b>79</b> |
|       | <b>ҚОСЫМШАЛАР</b>                                                                                                                                                                                         | <b>91</b> |

## БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

pH - ерітіндінің қышқылдық-негіздік қасиеттерін білдіретін маңызды көрсеткіш  
CO<sub>2</sub> – көмірқышқыл газы  
NH<sub>3</sub>-N - аммиакты азот  
H<sub>2</sub>S - күкіртсутек  
FAO - Food and Agriculture Organization, азық-түлік және ауыл шаруашылығы ұйымы  
IgD - иммуноглобулин D, антиденелер класы  
IgM - иммуноглобулин M, антиденелер класы  
Mg - магний  
Ca - кальций  
ppt – өлшем бірлік  
РМАУ-МАО - Ресей мемлекеттік аграрлық университеті – Мәскеу ауыл шаруашылығы академиясы  
L min – қоректік орта  
Water-PAM - портативті импульстік флюориметр  
F<sub>0</sub> - бастапқы флуоресценция  
F<sub>M</sub> - флуоресценцияның максималды қарқындылығы  
Aquaprep-C - кюветтік флюориметр  
JIP тест - өлшенген сигналдарды талдау  
FV/FM - ашық ФЖІІ реакция орталықтарында бастапқы фотохимиялық реакцияның максималды кванттық шығымы  
ФЖІІ – фотожүйе 2  
VJ - O–J салыстырмалы фазасының амплитудасы  
PI<sub>ABS</sub> - өнімділік индексі – ФЖІІ функционалдық белсенділігінің көрсеткіші  
φE<sub>0</sub> - QA шегінен тыс электрон тасымалдаудың кванттық шығуы  
OJIP - флуоресценция сигналының өзгеруі  
ETR - электронды тасымалдау жылдамдығы  
ABS - антеннадағы пигмент молекулалары жұтқан фотондар ағыны  
УК-VIS - спектрофотометр  
ЕПА - ет пептонды агар  
ГОСТ – мемлекеттік стандарт  
ОБП<sub>5</sub> – оттегіні биохимиялық пайдалану  
ANOVA - дисперсиялық талдау, статистикалық әдіс  
ОХП - оттегіні химиялық пайдалану  
ЖМС - жалпы микробтық саны  
КТБ - колония түзуші бірлік  
ПҚМҚ - полиқанықпаған май қышқылдары

## **КІРІСПЕ**

### **Жұмыстың жалпы сипаттамасы**

Диссертациялық жұмыс балық шаруашылығының қалдық суларын микробалдырлар көмегімен тазалау және микробалдырлар биомассасын балықтарға арналған жемдік қоспа ретінде қолдану мүмкіншілігін зерттеуге арналған.

### **Зерттеу тақырыбының өзектілігі**

Қазіргі таңда балық шаруашылық индустриясы әлемдегі ең жылдам дамып келе жатқан тамақ өнеркәсібінің бірі болып саналады. Балық шаруашылығының дамуы халықты маңызды қорек көзімен қамтамасыз етіп, табиғи қорлардан балық аулау жүктемесін азайтады [1]. Балықты жасанды көбейту балық өнімдерінің тұрақты өндірісін қамтамасыз етіп қана қоймайды, сонымен қатар құнды балық түрлерінің популяциясын қалпына келтіре отырып, экожүйелердің биологиялық тепе-теңдігін сақтауға мүмкіндік береді. Бірақ, балық шаруашылығының қарқынды дамуы экономикалық тиімділік жағынан бөлек, бірқатар экологиялық мәселелерді туындатады. Олардың ішіндегі ең маңыздысы - аммиак, нитрит, нитрат сияқты азотты қосылыстардан, фосфор мен органикалық көміртегі қосылыстарынан тұратын балық шаруашылықтарының қалдық суларының құрамдас бөліктерімен қоршаған ортаның ластануы. Осыған байланысты балық шаруашылығын дамытуда экологиялық жүйелі тәсілді қолдану арқылы қалдықсыз және аз қалдықты технологияларды өңдеу, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану мен қоршаған ортаны қорғау стратегиялық маңызды мәселелердің бірі болып саналады.

Қалдықсыз технологияларды өңдеуде үлкен әлеуетке ие, бағалы объект-микробалдырлар болып табылады. Балық шаруашылығында микробалдырларды қолдану олардың кең метаболикалық мүмкіндіктерімен және жоғары өнімділігімен анықталады. Сонымен қатар, ластанған қалдық сулар құрамындағы органикалық заттарды қорек ретінде пайдаланып, ластанған суларды тазалауға қабілетті [2]. Микробалдырлар фотосинтездеуші организмдер ретінде су ортасын оттегімен байытып, тотығу процестерін және органикалық қоспалардың минералдануын тездетеді [3]. Сондай-ақ, әдебиеттерде микробалдырлардың бактериостатикалық немесе бактерицидтік белсенділіктерінің нәтижесінде судың микробиологиялық сипаттамаларына әсері туралы көптеген мәліметтер бар [2]. Балық шаруашылығы су қоймаларын биоремедиациялау үдерісінде микробалдырларды қолданудың негізінде азықтық құнды микробалдырлардың арзан биомассасын алу мүмкіндігі балық шаруашылығында қолдану үшін перспективті шикізат көзі болып саналады [4]. Бұл, әсіресе, жем өнеркәсібі сапалы жем шикізатына өткір тапшылыққа ие кезде жемнің сапасын жетілдіруде, оларды әртүрлі табиғи биологиялық белсенді заттармен байытуда өзекті болып саналады [5].

Сондықтан, балық шаруашылығы су қоймаларының ластанған қалдық суларында микробалдырларды өсіру ластанған суды тазалауға ғана емес, сонымен қатар әртүрлі табиғи өнімдердің құнды көзін алу үшін

микробалдырларды өсірудің арзан және экономикалық тұрғыдан тиімді тәсілін алуға мүмкіндік береді.

**Зерттеу жұмысының мақсаты:** Микробалдырлар негізінде балық шаруашылығының қалдық суларын биологиялық тазалау және балықтарға арналған жемдік қоспаларды алу

**Зерттеу жұмысының міндеттері:**

1) Балық шаруашылығының қалдық суларын микробалдырлардың көмегімен биоремедиациялау мүмкіндіктерін зерттеу;

2) Балық шаруашылығының қалдық суларында микробалдырды өсіру және алынған биомассаның биохимиялық құрамын талдау;

3) Микробалдырларды балық шаруашылығында жемдік қоспа ретіндегі потенциалын зерттеу;

4) Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның балық жемі ретінде қолданудың экономикалық тиімділігін анықтау.

**Зерттеу объектілері**

Зерттеу объектілері ретінде микробалдырлар *Chlorella vulgaris* SP BB-2, *Parachlorella kessleri* Bh2 және *Chlamydomonas reinhardtii* Dangeard CC-124 дақылдары, Тиляпия (*Oreochromis niloticus*) балығы қолданылды.

**Зерттеу әдістері**

Жұмыс барысында биотехнологиялық, микробиологиялық, ихтиологиялық және физика-химиялық әдістер қолданылды.

**Зерттеудің ғылыми жаңалығы**

Балық шаруашылығының ластанған қалдық суларын тиімді биоремедиациялау үшін *Chlorella vulgaris* SP BB-2 микробалдырларын қолдану мүмкіндігі көрсетілді.

Балықтарға жемдік қоспа ретінде қолдану үшін ақуыз, көмірсулар және липидтерге бай микробалдырдың биомассасы алынды.

Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тиляпия (*Oreochromis niloticus*) балығына жемдік қоспа ретінде қолданудың экономикалық тиімділігі анықталды.

**Жұмыстың ғылыми және практикалық маңызы**

Әр түрлі органикалық заттармен ластанған балық шаруашылығының қалдық суларын тазалау мақсатында *Chlorella vulgaris* SP BB-2 микробалдыры жоғары тазалау мүмкіндігіне ие дақыл ретінде іріктелініп алынды.

*Chlorella vulgaris* SP BB-2 микробалдыры негізіндегі биологиялық қоспаның тиляпия (*Oreochromis niloticus*) балықтарына жемдік қоспа ретінде қосу мөлшері таңдалды.

*Chlorella vulgaris* SP BB-2 микробалдыры негізіндегі биологиялық қоспаның тиляпия (*Oreochromis niloticus*) балығына жемдік қоспа ретінде қолданудың экономикалық тиімділігі анықталды.

Зерттеу нәтижелері бойынша «Биомасса алу және сарқынды суларды орғано-минералды ластанулардан тазарту үшін перспективті *Chlorella vulgaris* SP BB-2 микробалдыр штаммы» өнертабысқа патент алынды. Патент №35781 2021/0211.1 (ҚОСЫМША ).

## **Қорғауға шығарылған негізгі қағидалар**

Әр түрлі органикалық заттармен ластанған балық шаруашылығының қалдық суларын тазалау мақсатында *Chlorella vulgaris* SP BB-2 микробалдыры жоғары тазалау мүмкіндігіне ие.

Балық шаруашылығының қалдық суларында дақылданған *Chlorella vulgaris* SP BB-2 биомассасының құрамы 57,0% ақуыз, 11,4 % көмірсу мен 16 % липидтен және амин қышқылдарының негізгі фракциясы аланин, аргинин, аспарагин қышқылы мен глутамин қышқылы, лизин және лейциннен тұрады.

Балық рационына азықтық қоспа ретінде 25% *Chlorella vulgaris* SP BB-2 биомассасын қосу балық шаруашылығының өнімділігін арттырады;

Балық рационына азықтық қоспа ретінде 25% *Chlorella vulgaris* SP BB-2 биомассасын қосу тиляпия (*Oreochromis niloticus*) балығының экстерьерлі және интерьерлі көрсеткіштерін сапасын жоғарылатады.

## **Автордың жеке үлесі**

Зерттелетін мәселеге қатысты әдеби деректерге талдау, жұмыстың мақсат-міндеттерін анықтау, тәжірибелік зерттеулерді жүргізу, нәтижелерді статистикалық өңдеу және талдау, диссертацияны жазу мен қол жазбаны рәсімдеу автордың жеке қатысуымен орындалды.

## **Жұмыстың сыннан өтуі**

Зерттеу нәтижелері және диссертациялық жұмыстың негізгі қағидалары төмендегідей халықаралық ғылыми конференциялар мен симпозиумдарда баяндалды және талқыланды:

- Студенттер мен жас ғалымдардың «Фараби әлемі» атты халықаралық ғылыми конференциясында, Алматы, Қазақстан 2019 ж;
- Студенттер мен жас ғалымдардың «Фараби әлемі» атты халықаралық ғылыми конференциясында, Алматы, Қазақстан 2020 ж;

## **Басылымдар**

Диссертацияның негізгі құрамы 11 басылып шығарылған жұмыстарда көрсетілген, олардың қатарында импакт-факторы нөлден төмен емес Web of Science немесе Scopus дерекқорында индекстелетін рецензияланған шетелдік ғылыми журналда 2 мақала, ҚР білім және ғылым саласын бақылау бойынша Комитет тізіміндегі республикалық ғылыми журналдарда 4 мақала және халықаралық конференцияларда 4 тезис жарияланды. Зерттеу нәтижелері бойынша «Биомасса алу және сарқынды суларды орғано-минералды ластанулардан тазарту үшін перспективті *Chlorella vulgaris* SP BB-2 микробалдыр штаммы» №35781 2021/0211.1 өнертабысқа патент алынды.

## **Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі**

Диссертациялық жұмыс 92 компьютерлік мәтіннен және белгілер мен қысқартылған сөздерден, кіріспе, әдебиетке шолу, зерттеу материалдары мен әдістері, зерттеу нәтижелері және оларды талқылау, қорытынды және 170 пайдаланылған әдебиеттерден тұрады. Жұмыстың көлеміне 21 кесте, 16 сурет және 2 қосымша кіреді.

## **1. ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ**

### **1.1.Микробалдырлардың көмегімен ауыл шаруашылығының ластанған қалдық суларын биологиялық тазалау**

Ауыл шаруашылығы – еліміздің экономикасының ірі салаларының бірі және оның көлемі жыл сайын артып келеді. Ауыл шаруашылығындағы басым бағыттардың бірі балық шаруашылығы болып табылады. Мемлекеттік қаржыландыру бағдарламаларына сәйкес балық шаруашылығын дамытуға, сондай-ақ шаруашылық қызмет нәтижесінде су биологиялық ресурстары мен қоршаған ортаға келтірілген зиянды өтеуге бөлінетін қаражат көлемі жыл сайын артып келеді [6]. Мемлекеттің қолдауымен жабық су жүйесі бар балық өсіру кәсіпорындары көбеюде.

Балық шаруашылығы кәсіпорындарының өндірістік тиімділігін арттыру, сондай-ақ олардан шығатын қалдық суларды қайта тазарту технологиясы мен құрылғыларын жасау ғылыми зерттеулердің перспективалы бағыттары болып табылады. Қазақстанда және шет елдерде тауарлық балық өсіру айтарлықтай дамыған, бірақ сол балық шаруашылығынан шығатын ластанған қалдық суларды қайта тазартып пайдаға асыру дамымаған деуге болады.

Жер шарындағы халық саны жыл сайын өсіп келеді. Осыған байланысты қазіргі уақытта балық шаруашылығы саласындағы жұмыстар Антарктидадан басқа барлық дерлік континенттерде азды-көпті қарқынды жүргізілуде [7]. 2008 жылдан бастап балық шаруашылығы Қазақстанның ауыл шаруашылығы қызметінің ұлттық жобасына енгізіліп, мемлекеттік қолдау мен несие беріліп, балық шаруашылығының белсенді дамуына ықпал етілуде.

Балық шаруашылығының дамуы географиялық орынмен, экономикалық деңгеймен және қалыптасқан дәстүрлермен анықталады. Таиланд, Қытай, Солтүстік Еуропа және Латын Америка сияқты елдер балық шаруашылығы саласында әлемде жетекші орынды алады [8]. Шаруалардың максималды пайда әкелетін өндіріске деген қызығушылығы, сондай-ақ мемлекеттік қолдау соңғы онжылдықта ішкі су айдындарында балық өнімдерін өндіруді айтарлықтай арттырды.

Қазіргі кезде әлемдік маңызды мәселелердің бірі халықты жеткілікті ақуызбен қамтамасыз ету болып саналады. Балық - ақуыз көзі болып табылады. Балық өсірудің ұлғаюы бүкіл әлемде экологиялық мәселелердің артуына әкелді. Балық шаруашылығының қарқынды дамуы су экожүйесінде қоректік заттардың, әсіресе азот пен фосфордың шамадан тыс көбеюіне ықпал етуде. Олар қоректік заттар қалдығы және судағы жануарлардың метаболикалық қалдықтарынан пайда болады [2, 4]. Балық шаруашылығының қарқынды дамуы үшін үлкен көлемде тұщы су және ауыл шаруашылық қалдық суларын тазартудың экономикалық және мүмкіншілігі жоғары болатын технология қажет [2]. Ауыл шаруашылық қалдық суларын тоғандарға тікелей ағызып жіберу эвтрофикацияны және соған байланысты күрделі экологиялық проблемаларды тудыруы мүмкін. Сондықтан ауыл шаруашылық қалдық суларын қайта



пайдалану немесе табиғи су тоғандарына ағызудың алдында тазалау өте маңызды.

Балықты өсіру барысында пайдаланылмаған жем және экскременттер негізгі ластаушы заттарға айналады. Әдетте, 1 кг балық биомассасы үшін 1-3 кг құрғақ жем қажет, ал тұтынылмай қалған азықтың көп мөлшері суда ериді немесе шөгіндіге түседі. Балық шаруашылығы объектілері, соның ішінде көлдерде, су қоймаларда және өзендерде азот пен фосфор концентрациясының жоғарылауы қоршаған ортаға және экономикаға үлкен қауіп төндіретін эвтрофикациялануға әкелуде [9, 10].

Су қоймаларда азот пен фосфор биогендік элементтер ретінде органикалық заттардың ыдырауы кезінде түзілетін әртүрлі қосылыстар түрінде болады [6]. Суда азоттың, фосфордың және басқа да қоректік заттардың шамадан тыс жиналуы фитопланктонның қарқынды дамуына (судың гүлденуіне), газ режимінің бұзылуына, түбіндегі шөгінділердің шөгуіне әкеледі. Органикалық заттардың ыдырауы кезінде токсиндік өнімдер түзіледі: аммиак, нитриттер мен нитраттар, гидразин, гидроксиламин, күкіртті сутек, альдегидтер мен кетондар т.б. Балық шаруашылығының суларында азот бірнеше өтпелі формаларда кездеседі: органикалық (альбуминоидты) азот, аммоний тұздары және бос аммиак, азот (нитриттер) және азотты (нитраттар) қышқыл тұздары. Олар органикалық азоттың минералдануы кезінде түзіледі және қосымша балық шаруашылығында қолданылатын тыңайтқыштармен бірге түседі. Аммиак балық үшін өте токсинді қосылыстар тобына жатады. Аммоний тұздары аммоний иондарының белсенділігі төмен болғандықтан, балықтар үшін улылығы аз және олардың әсері бос аммиактың болуына байланысты. Бос аммиак мөлшері әдетте рН және су температурасына байланысты. Аммиак балық организмінде азот алмасуының соңғы өнімі ретінде түзіліп, желбезек арқылы шығарылады. Сондықтан балықтың аммиакпен улану механизмі айтарлықтай күрделі болып табылады. Ол экзогенді және эндогенді аммиак концентрациясына және судың физика-химиялық қасиеттеріне байланысты болып келеді. Балық шаруашылық қалдық суларының құрамы балықтарға берілетін жем түрлері мен санына және тәжірибедегі балық өсіру түріне байланысты [11].

Жалпы судың ластануы органикалық, минералдық және биологиялық болып бөлінеді. Судың құрамына қойылатын эпидемиологиялық талаптар тізбесі ауыр металдар, еріген оттегі, мұнай өнімдері, микробтардың саны, бактериялар, гельминт жұмыртқалары сияқты бірқатар көрсеткіштерді қамтиды. Дәл осындай көрсеткіштер балық тоғандарының су сапасын бағалау үшін де қолданылады [12].

Ластанған суды тазарту әдістері ластаушы заттардың құрамына байланысты механикалық (торлар, құм ұстағыштар, тұндырғыштар), биологиялық (органикалық заттардан), физика-химиялық болып бөлінеді. Органикалық қоспалардың минералдануынан оттегі мөлшерінің азаюына байланысты су қойма экожүйесінің жойылуының алдын алу үшін ластанған суларды оттегімен жасанды түрде қанықтырады. Барлық әдістердің өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар.

Балық шаруашылығы аймақтарына жақын су қоймаларда цианобактериялардың зиянды гүлдену процесі жүруі мүмкін. Әлемде эвтрофикацияны бақылау үшін үлкен қаражат жұмсалуда [9, 10]. Балық шаруашылығы қалдық сулары ашық балық шаруашылығы жүйелерінен көрші су қоймаларға тікелей жіберіледі. Ластануды жою үшін бірнеше биологиялық және химиялық әдістер қолданылады [13]. Химиялық әдістер әдетте көп қаражатты қажет етеді және химиялық қалдықтардың пайда болуымен қатар жүреді [3]. Судың ластануын жою үшін бактериялармен немесе микробалдырлармен биологиялық өңдеу ең арзан және тиімді әдіс ретінде көрсетілген [14].

Микробалдырлар фотосинтездеуші организмдер болып табылады және биоотын өндіруге арналған үшінші буын шикізаты ретінде жақсы белгілі [15, 16]. Микробалдырларды өсіру үшін қоректік орта ретінде ауыл шаруашылық қалдық суларын қолдану биотазалаудың перспективалы тәсілі болып саналады [17]. Ауыл шаруашылығы, соның ішінде балық шаруашылығының қалдық суларын тазартуда, оны қайта пайдалануда альгоремедиация балама технология болып табылады, себебі ол басқа әдістермен салыстырғанда арзанырақ және тиімдірек келеді [17,18,19]. Альгоремедиация процесі - микробалдырларға негізделген технология, онда микробалдырларды дақылдау үшін қалдық суларды пайдаланады. Қалдық судағы микробалдыр жасушаларының өсуі ассимиляция механизмі арқылы қоректік заттардың жойылуына әкеледі [17, 20]. Сонымен қатар, микробалдырларды пайдалана отырып, қалдық суларды альгоремедиациялау нәтижесінде жануарлар мен балықтардың жемдері, тыңайтқыштар, сондай-ақ биоотын алуда қолданатын бағалы биомассаның үлкен көлемін алуға мүмкін болады [21]. Микробалдырлардың биомассасын балықтың өсу өнімділігі мен қоректік сапасын жақсарту үшін кәдімгі жем ингредиенттерімен жемдік қоспа ретінде толықтыруға болады [22]. Дәстүрлі жемде әртүрлі ингредиенттер (мысалы, соя, жүгері ұны, глютен) пайдаланылады.

Микробалдырларды балық шаруашылығында пайдаланудың басты артықшылығы – олар балық үшін табиғи қорек болып табылады, олар ақуыз, маңызды алмастырылмайтын аминқышқылдары, май қышқылдары, пигменттер және дәрумендерге бай болады [23]. Балық шаруашылығы қалдық суларында микробалдырларды өсірудің интеграцияланған процесі экономикалық тұрғыдан тиімді және тұрақты болып табылады. Балық шаруашылығы қалдық сулары құрамындағы азот және фосфордың жоғары концентрацияларына байланысты микробалдырларды кең ауқымды өсіру үшін үлкен потенциалға ие [24]. Микробалдырлар бұл маңызды қоректік заттарды өздеріне қорек ретінде пайдаланып өседі және көмірсуларға, ақуыздарға, липидтерге бай биомасса түрінде өнім алуға мүмкіндік береді [24, 25].

Қалдық суларды альгоремидиациялау процесінде микробалдырлардың көптеген түрлері қолданылады. *Chlorella* sp. ең кең таралған микробалдырлардың бірі болып табылады, өйткені оның қышқылды эвтрофты су жағдайларына және су температурасының кең диапазонына төзімділік қабілеті жоғары [26, 27, 28].

Расала әріптестерімен бірге (2015) микробалдырлардың қалдық сулардан фосфорды сіңіріп оларды жасушаларында полифосфат түрінде сақтайтынын зерттеген [29]. Малбри (2008) ауыл шаруашылық қалдық суларын фосфордан тазартуда микробалдырлардың тиімділігі жоғары екендігін (70-90%) анықтаған [29]. Микробалдырлар бейорганикалық фосфатты балық шаруашылық қалдық суларынан ала отырып өздеріне қажетті фосфатты әлдеқайда көп мөлшерде сіңіре алады [30]. Әдетте микробалдырлар пайдаланатын негізгі ластаушы ол - фосфор. Фосфор суға ауыл шаруашылығы, соның ішінде балық шаруашылығында тыңайтқыштардан, балық жемінің қалдықтарынан бөлінеді [31]. Фосфор нуклеин қышқылдарының, фосфолипидтердің және фосфат эфирлерінің синтезі үшін өте маңызды, микробалдырлар өсуіне қажетті фосфорды ластанған қалдық сулардан алады [32]. Джейс (2017) микробалдырлар жасушаларының өсуі үшін фосфорды пайдаланатынын айтты [29]. Микробалдырлардың өсуін тежемес үшін қалдық сулардағы фосфор деңгейін бақылап отыру қажет [32]. Ортофосфат микробалдырлардың өсуі үшін фосфордың ең қолайлы түрі болып табылады, себебі ол темірмен оңай байланысып жасушадан тыс гидролитикалық ферменттерге әсер етеді. Осылайша, фосфордың жоғары концентрациясы мен темірдің аз мөлшері бар қалдық сулар микробалдырлардың өсуіне жақсы орта бола алады.

Хлорелла – жасыл балдырлардың микроскопиялық өкілі болып табылады. Басқа микробалдырлармен салыстырғанда - оның пайдалы қасиеттері көп, сондықтан хлорелла әртүрлі салаларда қолданылады: медицинада, тамақ өнеркәсібінде, ауыл шаруашылығында, суды тазартуда, энергетикада және т.б. [33]. Балық шаруашылығы тоғандарында хлорелланы пайдалану арқылы қоректік су организмдерінің санын көбейтуге, су қоймаларының гидрохимиялық құрамын жақсартуға, суды оттегімен байытуға болады. Хлорелла балық шаруашылығының өнімділігін орта есеппен 30-40% арттыруға мүмкіндік береді [34]. Хлорелла фотосинтетикалық белсенді сәулеленудің жоғары тиімділігіне ие, ол шамамен 3,6% құрайды. Тоғандарға түскеннен кейін микробалдырлар тоғанның түбіне шөкпейді, шамамен 40-120 см су қабатында орналасады, минералды тыңайтқыштарды тұтынады, сол арқылы суды оттегімен байытып, қарқынды өсе бастайды. Оттегінің бөлінуіне байланысты судағы ластаушы заттар мөлшері азаяды [35]. Хлорелла фототрофты микроорганизм болып табылады, оның органикалық қоректенуді қажет ететін гетеротрофты микроорганизмдерден айырмашылығы, фотосинтез арқылы көмірқышқыл газы мен минералды элементтерден биомассаны синтездей алады. Негізінен хлорелланы өсіру әдістері жасанды жарық арқылы фотобиореакторда жүзеге асырылатын микробалдырлардың фотосинтезіне негізделген [36].

Фотобиореактор микробалдырлар өсіру мақсатына (ғылыми зерттеулерге, әртүрлі өндірістердің қажеттіліктеріне), оның көлеміне байланысты әртүрлі конструкциялы және автоматты немесе жартылай автоматты режимде жұмыс істейтін құрылғы. Бұл құрылғыда шамамен 22-45 °C қажетті өсіру температурасының диапазонын жасауға болады. Хлорелла аса қорек талап етпейді, сондықтан ол әртүрлі құрамдағы ластанған қалдық суларда өсе алады

[37]. Хлорелланың бірнеше ерекшеліктері бар: тұзды, әсіресе құрамында натрий хлориді көп суға төзімді; альгофлораға, бактерияларға, саңырауқұлақтарға, ашытқыларға антагонистік қасиетке ие; оларда жыныстық көбею жоқ, көбеюі әртүрлі заттармен қоректенуіне байланысты болады. Хлорелла жасушасының жасуша ядросын сыртқы қолайсыз факторлардың әсерінен қорғаудың үш деңгейі бар. Целлюлоза қабықтың ортаңғы бөлігін, полимерлі каротиноид сыртқы бөлігін құрайды, ол улы элементтерді сіңіріп, олардың ағзадан шығарылуына ықпал етеді [37, 38].

Бір жасушалы микробалдыр хлорелла өзінің мөлшеріне қарамастан бірегей дәрумендер жиынтығынан тұрады, бұл оны азықтық қоспа ретінде пайдалануға мүмкіндік береді [34]. Сондай-ақ, қоректік ортаға байланысты оның биомассасында шамамен 10% минералдар, 5-10% липидтер, 35% көмірсулар және 40-55% дейін ақуыз болады [39].

Хлорелланың өнеркәсіптік өндірісіне климаттық жағдайлар айтарлықтай әсер етеді, сондықтан өсіру жасанды су қоймаларда және жабық қондырғыларда жүргізіледі. Температура 20–35°C шегінде ауытқыған кезде жасанды резервуарлар қолайлы болып саналады. Қазақстан ауа райына байланысты төрт мезгілді ел болғандықтан, хлорелланы өсіру үшін жабық типтегі қондырғылар сұранысқа ие болып табылады.

Температураның әсерлеріне жасушаның химиялық құрамы, фотосинтез жылдамдығы, қоректік заттардың сіңірілуі, CO<sub>2</sub> қарқындылығы жатады. Жоғары температурада микробалдырлар жасушасындағы хлорофилл мен ақуыз мөлшері азаяды, бірақ каротиноидтар, сахаридтер (қант) және липидтер көбейеді. Микробалдырлардың өсу жылдамдығы жасуша көлеміне кері пропорционалды. Жасуша көлемі төмен температурада ұлғаяды, бірақ жоғары температурада кішірейеді [40]. Төмен температурада (4 °C немесе одан төмен) фотосинтез толығымен тежеледі. Микробалдырлардың өсуіне және жасуша құрамына әсер ететін тағы бір фактор - бұл жарық [41]. Микробалдырлар аминқышқылдарын синтездеу үшін төмен жарық қарқындылығында көміртекті пайдаланады, ал қаныққан жарықта микробалдырлар жасушалары қанттарды, липидтерді және крахмал өндіреді [41].

Микробалдырлардың рН 7-ден 9,5-ке дейінгі ортада өсу қабілеті бар, бұл кезде микробалдырлар атмосферадағы CO<sub>2</sub>-ны пайдалануда жоғары тиімділікті көрсетеді, содан кейін биомассаның жоғары өндірісін тудырады [42]. Алайда микробалдырлардағы хлорофилл мөлшері рН мәні 8,5-тен 9,5-ке дейін жоғарылағанда азаяды [42]. Хлорофилл мөлшерінің азаюы микробалдырлардың белсенділігінің төмендігімен және ағынды сулардан қоректік заттардың аз шығарылуымен байланысты. Рай әріптестерімен бірге (2015) биомассаның максималды өндірісі рН 7 (1,3 г L<sup>-1</sup>), ал ең аз өнім рН 8 (0,9 г L<sup>-1</sup>) кезінде тіркелгенін анықтады [29]. Сондықтан альгоремедиация процесі кезінде қалдық сулардың рН оңтайлы диапазонында болуы керек. Бұған микробалдырлардың өсуін жаңарту және көбірек қоректік заттармен қамтамасыз ету үшін жаңа қалдық сулар қосылатын үздіксіз операциялық жүйе арқылы қол жеткізуге болады.

Балық шаруашылығының қалдық суларында микробалдырларды өсірудің үш пайдасы бар: (1) оны аквакультура қалдық суларын тазарту үшін, (2) тазартылған қалдық суларда балық өсіру үшін және (3) микробалдырлар биомассасын жемдік қоспа түрінде пайдалануға болады.

Тиляпия балық шаруашылығының қалдық суларында *Chlorella* өсіру барысында аммоний 75,56%, нитраттар 84,51%, фосфаттар 73,35%, КОК 71,88% тазалады. Өсіру кезінде алынған биомасса құрамында липидтер, көмірсутек және ақуыз жоғары болды [43]. Вуанг (2016) *Spirulina platensis* биомассасын балық шаруашылығы қалдық суларын тазарту үшін қолданды және қалпына келтірудің тамаша нәтижелерін байқады. *S. platensis* химиялық құрамы 16,8% көмірсу, 48,5% ақуыз және 4,7% липидті құрады. Насыр (2015) Африкада сом балықтарының ластанған қалдық суларында *Chlorella sp-ны* өсірді және нәтижесінде судың құрамындағы фосфат 63,1–92,2% тазарды. Ғалым Гао (2016) балық шаруашылығы қалдық суларында *Chlorella vulgaris-ты* өсірді және  $42,6 \text{ mgL}^{-1}\text{d}^{-1}$  биомасса өнімділігін және 82,7% фосфатты кетіргенін зерттеген. Судағы микробалдырлар органикалық заттардың, пайдаланылмаған азықтың және экскреторлық өнімдердің ыдырауын және  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{CO}_2$  және  $\text{H}_2\text{S}$ -ті жою арқылы ластанған қалдық суларды экологиялық қауіпсіз ете алатынын айтқан. Әдебиет көздерінде микробалдырлардың биоэнергетика, қалдық суды тазартумен қатар балық шаруашылығында жемдік қоспа, мал азығы және тыңайтқыш ретінде қолдану мүмкіншілігі көрсетілген. Балық шаруашылығындағы азықтық жем құрамындағы ингредиенттер судағы биоалуантүрліліктің азаюына әкеледі. Сондықтан микробалдырлар биомассасы жоғары қоректік құндылығына байланысты балық шаруашылығындағы жемге қолайлы балама бола алады.

## **1.2 Микробалдырлар негізіндегі азықтық биологиялық қоспаларды балық шаруашылығында қолдану мүмкіншіліктері**

Дүние жүзі бойынша балық қоры шамадан тыс балық аулау салдарынан азайып келеді, бірақ азық-түлікке сұраныс тұрақты түрде артуда. Сондықтан балық шаруашылығын дамыту бүкіл әлемде теңіз өнімдеріне сұранысты қанағаттандырудың балама жолы болып табылады [3]. Дүние жүзінде балық шаруашылығы нарықтағы сұраныс пен ұсыныс арасындағы алшақтықты азайту үшін қарқынды дамып келеді. Алайда, балық шаруашылығының дамуы балық жемінің қалдықтары мен балық экскременттерінен туындаған азықтандыру құнының және қалдық су проблемаларының артуына әкелуде [3, 44]. Жоғарыда айтылғандай желінбеген балық жемі судағы көміртегі, фосфор және азот сияқты қоректік заттардың жоғары мөлшеріне, соның есебінен эвтрофикацияға және балық ауруларының өршуіне әкеледі. Сондықтан жем сапасын жақсарту су қоймадағы ластаушы заттарды азайтуға септігін тигізеді.

Балық шаруашылық жемдерінде балық ұны салыстырмалы түрде қоректік құрамы, қоректік заттарға қарсы факторлардың төмен деңгейі және дәмінің арқасында тамаша ақуыз көзі болып саналады. Бірақ, балық ұнының жоғары

бағасы мен шектеулі ресурстары оны балық шаруашылығында пайдалануды айтарлықтай шектейді [45]. Сондықтан балық ұны үшін жаңа балама ақуыз көздерін пайдалану өзекті болып табылады. Қазіргі уақытта балық ұнын алмастыру үшін көптеген ақуыз көздері зерттелуде, соның ішінде өсімдік ақуызы [46, 47, 48, 49] және микробалдырлар ақуызы [50, 51, 52]. Дегенмен, көптеген өсімдік протеин көздері қоректенуге қарсы факторлар, яғни, теңгерімсіз аминқышқылдарының құрамы және дәмінің нашар болуымен сипатталады [53]. Кейбір жануарлардың ақуыз көздерінде аминқышқылдарының құрамы тепе-теңсіз, нашар сіңімділігі және жоғары қаныққан май қышқылы анықталған [54]. Бұл кемшіліктер оларды балық шаруашылығында балық ұнын алмастыру үшін пайдалануды айтарлықтай шектейді.

Соңғы жылдары микробалдырлар амин қышқылдарының құрамы, жоғары полиқанықпаған май қышқылы және жақсы дәмдік қасиеті арқылы балық шаруашылық жемдерде ақуыз көзі ретінде танылды [55, 56, 57]. Микробалдырларды пайдалану кейбір су жануарларының өсу көрсеткіштеріне оң әсер етеді [58, 59, 60]. Сонымен қатар, балық шаруашылық жемдерде микробалдырлар биомассасын пайдалану балықтардың дене түсін жақсартқан, оған себеп лютеин (каротиноид) сияқты микробалдырларда болатын пигменттер [61, 62, 63]. Табиғи пигмент көздері ретінде микробалдырлар жасанды пигменттерден ерекшеленеді, өйткені олар табиғи және белгілі бір қоректік немесе фармакологиялық әсерге ие болып табылады.

Балық майы мен балық ұнын өндіру үшін жабайы балықтарды өсіріп, оларды қоректендіру қымбатқа соғып балық шаруашылығы саласының құлдырауына әкелуі мүмкін. Сонымен қатар, балық ұны қымбат болып табылады [64]. Осылайша, микробалдырларды ақуыз көзі ретінде пайдаланып, балық ұнын микробалдырларға алмастыру балық шаруашылығы индустриясындағы мәселелерді шешуге ықпалын тигізеді. Микробалдырлар балық ұнымен салыстырғанда төмен бағаға ие [64]. Микробалдырлар биомассасы балықтың өсуіне, қоректену тиімділігіне, қоректік заттардың құрамына, жалпы балық дамуына оң әсер етуіне байланысты дәстүрлі балық ұнын алмастыру үшін кеңінен қолданылуда [3]. Микробалдырларда ақуыз, көмірсулар, липидтер және балық шаруашылығы үшін маңызды болып саналатын дәрумендер, микроэлементтер сияқты жоғары қоректік заттар бар [65, 66]. Микробалдырлардың азықтық құндылығы олардың жасушаларында маңызды макро және микроэлементтердің болуына байланысты [65]. Сондықтан микробалдырларды балық азығында ақуыз көзі ретінде пайдалану мүмкіндігі жоғары болып табылады [67].

Балық рационы ретінде микробалдырларға бірнеше зерттеулер жүргізілген. Микробалдырларды балық жеміне азықтық биологиялық қоспа ретінде пайдалану балықтың өсу қарқынын, қоректену тиімділігі мен физиологиялық белсенділігін, сонымен қатар балықтардың бірнеше ауруларға төзімділігін арттырады, стресске жауап беруді жақсартады [67]. Сондай-ақ, микробалдырлар биомассасынан қоректік қоспаны соя ұнынан пайда болған ішек қабынуына қарсы жақсы қоректік қоспа ретінде пайдалану ұсынылған [68].

Микробалдырларды балық жеміне балама ретінде пайдалану жемнің құнын төмендетеді, және тұтынушыны қажетті ақуызбен қамтамасыз ете алады [67].

Микробалдырлар биомассасының құрамында негізінен көмірсулардың, липидтердің және ақуыздардың жоғары болуына байланысты, оларды балықтың өсу қарқынын жақсарту үшін балық азығына биологиялық қоспа ретінде пайдаланады. Микробалдырлардағы көмірсулар балықтармен оңай қорытылатын крахмал түрінде болады [69]. Көмірсулар жануарлардың, соның ішінде балықтың негізгі энергия көзі болып табылады. Бұдан басқа, микробалдырлардан атаксантин өндірісі албырт және құбылмалы бахтахтың түсін жақсарту үшін пайдаланылған [66]. Атаксантин өндіретін микробалдырлардың түрлері: *Haematococcus sp.*, *Chlorella sp.*, *Chlorococcum sp.* және *Xanthophyllomyces sp.*

Балық ұнын өсімдіктерден алынған ақуыздармен алмастыру қажеттілікке айналып отыр, өйткені жоғары сапалы өсімдік ақуыздары оңай қол жетімді болып саналады. Қазіргі уақытта балық ұнын алмастыру балыққа жағымсыз әсер ететін анти-қоректік факторлармен шектеледі. Мысалы, соядағы көмірсулардың мөлшері құбылмалы бахтах балығына (*Oncorhynchus mykiss*) қолайлы емес екені анықталды, өйткені ол ұзаққа созылған постпрандиальды гипергликемияны тудыруы мүмкін. Сондықтан өсірілетін балықтар үшін диеталық ақуыздың негізгі көзі ретінде балық ұнын алмастыра алатын рациондарды әзірлеу терең зерттеулерді қажет етеді.

Микробалдырлар жылдам өсу қарқындылығына және жоғары қоректік құндылығына байланысты балық жеміне балама ретінде қолданылады [29]. Микробалдырлар биомассасы *Tilapia (Oreochromis niloticus)* үшін балық жемі ретінде сәтті қолданылғаны және балықтың салмағын арттыру үшін жеткілікті ақуызды қамтамасыз ететіні анықталды [70, 71].

Балық жемі ретінде құрамы 10,32% липид, 7,08% кальций, 1,46% фосфордан тұратын микробалдырлар негізіндегі жемдік қоспаны беру нәтижесінде балықтардың өміршеңдігі мен салмағы кәдімгі жеммен салыстырғанда артқаны анықталған [29].

Қазіргі уақытта балық еті адам рационындағы ақуыздың негізгі көзі болып саналады [72, 73]. Балық еті 3 миллиардтан астам адамды жануарлар ақуызына деген қажеттіліктерінің шамамен 20% қамтамасыз етеді. Балық етіне деген жоғары сұраныс балық шаруашылығының дамуына ықпал тигізеді. Балық өндірісі 2025 жылға қарай 100 миллион тоннадан асады деп болжануда [1]. FAO (2022) мәліметтері бойынша тұщы судың, сапалы балық жемінің жетіспеушілігі жыл сайынғы балық сапасының, өсу қарқынының төмендеуіне әкеледі. Балық майы мен балық ұны өсірілетін балықтар үшін ең жоғары қоректік құндылыққа ие болғанымен, олар өте қымбат болып табылады [74, 75].

Азықтық қоспалар балық шаруашылығындағы өнімділікті арттыруға айтарлықтай үлес қоса алады [76]. Микробалдырлар биоактивті қосылыстардың тиімді табиғи көзі болып табылады. Микробалдырлардың құрамында балық ұнына ұқсас аминқышқылдық профилі бар, шамамен 50% шикі ақуыз бар және сонымен қатар ол полиқаньқапаған май қышқылдарының тамаша көзі болып

табылады. Сондықтан микробалдырлар балық рационындағы балық майы мен балық ұнын алмастырып, балық етінің сапасын жақсарты алады [77, 78, 79].

Микробалдырлар маңызды жаңартылатын энергия көзіне айналу әлеуеті бар биоотын мен жоғары құнды өнімдерді өндіру үшін шикізат ретінде пайдаланылуы мүмкін майлар мен басқа молекулалардың маңызды көзі болып табылады [80]. Микробалдырлар әртүрлі ластанған қалдық суларда, зауыттар мен ауылшаруашылық жүйелеріндегі балық шаруашылығы суларында тиімді өсе алады [81]. *Chlorella* - коммерциялық жолмен өндірілетін ең көп таралған микробалдырдың бірі болып саналады [82].

Микробалдырлар сояға қарағанда 20 есе көп ақуызды, жүгеріге қарағанда 40 есе көп ақуызды және сиыр етіне қарағанда 200 есе көп ақуызды бере алады. Балық рационына *C. vulgaris* микробалдырын қосу балықтың бауыр қызметін, тотықтырғыш/антиоксидант деңгейлерін және өсу өнімділігін жақсартады [83].

Балық өсіру өнеркәсібі дамыған сайын тұщы судың жетіспеушілігі, нашар санитария, сапасыз қорек балықтардың әртүрлі ауруларына, соның ішінде бактериялық инфекцияларға шалдығуын тудыруы мүмкін. Әртүрлі препараттарды, вакцинацияларды және диеталық иммуностимуляторларды қолдану өсірілетін балықтардың әртүрлі жұқпалы ауруларға бейімділігін төмендететіні белгілі. Вакциналарды кейбір аурулардың алдын алу үшін қолдануға болады, бірақ олар тек кейбір балық түрлеріне жарамды. Иммуностимуляциялаушы заттарды пайдалану туа біткен иммундық жауапты арттыру арқылы инфекциялардың алдын алады және күйзелісті азайтады [84]. Көптеген балық түрлеріне микробалдырлар иммуностимуляциялық әсер ететіні дәлелденген, мысалы, тұқы (*Cyprinus carpio*), африкалық өткір тісті сом (*Clarias gariepinus*), арналық сом (*Ictalurus punctatus*), тилипия (*Oreochromis niloticus*), кортпа (*H. huso*) және құбылмалы бахтах (*Oncorhynchus mykiss*) [85, 86, 87].

Иммундық жауап аурудың алдын алу және жануарлардың денсаулығы үшін өте маңызды болып табылады. Көптеген зерттеулерде микробалдырлар жануарларға тән және спецификалық емес иммундық жауаптарды реттеуде де рөл атқара алатыны көрсетілген [88]. Мысалы, хлорелла сазанның сарысуындағы IgD және IgM деңгейлерін айтарлықтай арттырады, сондай-ақ хлорелла балықтың қорғанысындағы маңызды иммуноглобулин - IgD деңгейін жоғарылату арқылы шырышты қабықтың иммунитетінде шешуші рөл атқарады [56].

Хлорелла әртүрлі балық түрлерінде иммуностимуляциялық әсерге ие екендігі дәлелденген. Ол шырыштың фагоцитозын, лизосомалық және антимикробтық белсенділігін жоғарылату арқылы әртүрлі балық түрлерінің иммундық жүйесін күшейте алады. Сонымен қатар, ол тилипиядағы цитокин генінің экспрессиясын жақсарты алады және иммундық жауаптың қызметінде маңызды рөл атқаратыны зерттелген [86, 87].

Қорыта келгенде микробалдырлар негізіндегі азықтық биологиялық қоспаларды балық шаруашылығында қолдану үлкен әлеуетке ие, себебі олар балықтардың өсуін, дамуын жақсартады және иммундық жүйесін күшейту үшін маңызды болып саналады. Микробалдырлар негізіндегі азықтық биологиялық



қоспалар табиғи аминқышқылдарға, май қышқылдарына, дәрумендерге және антиоксиданттарға өте бай болып табылады. Сондай-ақ, биологиялық бұл қоспалар жасушалардың регенерациясын тездетіп, балықтардың өсу қарқынын арттыруға, қорек тиімділігін жоғарылатуға және ауруларға төзімділікті нығайтуға көмектеседі.

### **1.3 Тиляпия – балық шаруашылығы объектісі ретінде**

Тиляпия көптеген елдерде балық шаруашылығында маңызды рөл атқарады. Бұл балық басқа балық түрлеріне қарағанда балық шаруашылығы үшін қолайлы биологиялық сипаттамаларға ие, сондықтан бұл өндірістік шығындарды да, тәуекелдерді де азайтады [89].

Тиляпия өздігінен табиғи көбейетіндіктен, балық тұқымын төмен немесе тіпті нөлдік бағамен алуға болады. Сонымен қатар, тиляпия басқа балықтармен салыстырғанда, экологиялық тұрғыдан тұрақты және ауруға төзімді болып саналады. Тиляпия салыстырмалы түрде кішігірім өлшемге дейін өсетініне қарамастан әртүрлі секторларда кеңінен сатылуы мүмкін [90]. Тиляпия балықтары экстенсивті және жартылай интенсивті поликультурада тұқы балықтарымен, сирек анабантидтер мен сом балықтарымен бірге өсіріледі. Тиляпияны егістік қалдықтарымен, кебек, күнжар және жұмсақ өсімдік заттары сияқты жанама өнімдермен, сондай-ақ көңмен тыңайту барысында алынатын табиғи қорекпен қоректендіру үшін ауылшаруашылық және мал шаруашылығымен азды-көпті интеграциялауға болады. Кейбір елдерде тиляпия қала маңындағы ластанған қалдық сулармен толысып отыратын табиғи тоғандарда санитарлы жағдаймен интеграцияланған [91].

Тиляпия биологиялық ерекшеліктеріне байланысты кең таралған балық түрі болып табылады. Тиляпия алғаш рет маңызды балық түрі ретінде Тайвань мен Қытайда өсірілген [89]. Ол 20 жыл бұрын дәстүрлі қытай тұқы поликультурасында басымдылыққа ие болған. Кейіннен тиляпия өндірісі негізінен қытай тұқысымен поликультурада жылдам өсе бастады. Оңтүстік-Шығыс Азияда тиляпияның аймақтық өнімі тұқы балығына қарағанда жоғары болып саналады. Бастапқыда ол негізінен қытай тұқысымен біріктіріліп өсірілді, бірақ қазір оны жергілікті күміс барбустарымен және үнді ірі тұқы балығымен біріктіріп өсіреді [92,93].

Бангладештің солтүстік-шығысындағы балық фермаларында балық өсірумен айналысатын шаруашылықтардың 50%-дан астамы өз тоғандарында тиляпия өсіреді [92]. Балық өсіруге қолайлы емес аймақтарда фермерлер арасында тиляпия сазанға қарағанда танымал болып есептеледі. Тиляпияның кішігірім мөлшері мен оның тоғандарда көбею қабілетін шаруашылықтар оң бағалайды [89].

Мысыр шөлдері де балық шаруашылығының дамуымен мақтана алады. Бүгінгі таңда Египетте балық шаруашылығы 7 түрлі провинцияға таралған 100-ден астам қарқынды ауылдық тиляпия фермаларын және 20 коммерциялық балық фермаларын қамтиды. Шөлдегі коммерциялық балық шаруашылықтарының жалпы ауданы шамамен 893 га құрайды, жылдық өнімі

шамамен 13 000 тонна. Бұл 20 коммерциялық шаруашылық жылына 6 000 тоннаға дейін өнім алуға қабілетті, қалған 7 000 тоннаны ~100 ауыл шаруашылықтары жыл сайын өндіреді. Әртүрлі балық түрлері өсіріледі, әсіресе Ніл тилипиясы (*Oreochromis niloticus*), қызыл тилипия (*Oreochromis mossambicus*). Балық шаруашылығының су көзі жер асты сулары, ауылшаруашылық дренаждары болып табылады [94].

Америкадағы тилипия балық шаруашылығы 1960-шы және 1970-ші жылдардың аяғында шағын көлемді күнкөріс түрі ретінде басталған. Тилипия өнімдерінің кең ауқымды өндірісі және халықаралық саудасы 1980 және 1990 жылдары дамыған [95]. Өндірістің қарқынды дамуы негізгі өндірушілер болып табылатын Америка елдеріндегі балық шаруашылығы технологиясы мен инфрақұрылымын жетілдіру, сондай-ақ мамандар санының артуы арқылы қол жеткізіліп отыр. Тилипияға сұраныс тұтынушылардың артуы, сапаны жақсарту, өнімнің әртүрлілігі, жақсы маркетинг және балық өнімдеріне сұраныстың өсуінің нәтижесі болып табылады [96].

Технологиялар, жабдықтар мен тәжірибе АҚШ, Еуропа және Израильден Латын Америкасы мен Кариб бассейніне жылдам таралуда. Америка Құрама Штаттары мен Канададан тыс ішкі нарықтар да тилипияның құнды түрлерін алып жатыр. Филеленген және оралған өнімдерге сұраныстың артуы тасымалдау шығындарын азайту арқылы АҚШ-тан да тыс өндірушілерге пайда әкелуде [97, 98].

Тилипия – цихлидтер тұқымдасының балығы (*Cichlidae*). Дене ұзындығы 60 см, салмағы 4,3 кг, өмір сүру ұзақтығы 9 жылға дейін барады.

Бүйірінен қысылған денесі циклоидты қабыршақтармен жабылған. Арқа қанаты ұзын, 16-17 қатты және 11-15 жұмсақ тармақталған сәулелері бар. Арқа қанатының қатты және жұмсақ бөліктері бөлінбейді, 3 қатты және 10-11 жұмсақ сәулесі бар анальды қанаты бар. Құйрық сабақшасының биіктігі оның ұзындығына тең. Құйрық қанаты қысқа болып табылады. Тұмсықтың төбесінде дөңес жоқ. Бірінші желбезек доғасында 27-33 талшықтары бар. Бүйір сызық үзік-үзік болып келеді.

Уылдырық шашу кезеңінде неке түсі пайда болады, әсіресе аталықтарда айқын көрінеді. Артқы және бүйір жақтары ашық сарғыш түске ие, ал бауыр жағы қызғылт-қызыл, төменгі жақ сүйегінде қызыл-қызғылт сары дақ болады. Вентральды, дорсальды және анальды қанаттар қызыл түске боялады, құйрық қанатында көптеген қара жолақтар пайда болады. Балықтардың өсуіне оңтайлы температура 22-30 °C болып саналады. Тилипия 3-6 апта сайын уылдырық шашады. Салмағы 200 г балық кәсіптік болып саналады, 6 ай өсіргенде – 500 грамға дейін жетеді [99].

Тилипия негізінен өсімдік қоректі балық, олардың рациондағы үлесі 95%-дан асады. Негізгі қоректік зат – макрофиттер. Сонымен қатар рационда фитопланктон, жасыл және көк-жасыл балдырлар, диатомдылар, жәндіктердің дернәсілдері, су жәндіктері және балық уылдырығы кіреді. Қоректену спектрінде маусымдық өзгерістер бар, қыста макрофиттер болмаған кезде тилипия негізінен балдырлармен қоректенуге ауысады. Табиғи су қоймаларда тилипияның

қоректенуі туралы деректер өте қарама-қайшы [100]. Бұл бірқатар себептерге байланысты, соның ішінде тияпияның түрі, зерттеулер жүргізілген су қоймаларының қорекпен қамтамасыз ету ерекшеліктері, зерттелетін балықтардың жасы және олардың физиологиялық жағдайы болып табылады [101].

Тияпияның қоректену сипаты, басқа да көптеген балық түрлері сияқты, негізінен су қойманың қорекпен қамтамасыз етілуімен анықталады, бұл өз кезегінде бірқатар факторларға, атап айтқанда, балық қорының тығыздығына, ихтиофаунаның құрамына байланысты. Белсенді қоректенуге ауысатын көптеген тияпия түрлерінің дернәсілдері негізінен фитопланктон мен зоопланктонның ұсақ формаларын, сонымен қатар детритті жақсы көреді [100].

Табиғи су қоймаларында тияпияның қоректенуін зерттеген зерттеушілердің көпшілігі қоректену сипаты бойынша оларды эврифагтарға жатқызуға болады деп санайды [91]. Сонымен, тияпия фито және зоопланктонды, жоғары су өсімдіктерін, су түбіндегі организмдерді, детриттерді және ұсақ балықтарды тұтынады. Г.Чапман және К.Фернандо тияпияның негізгі қоректік көзі перифитон қалдықтарынан (75%), су өсімдіктерінен (17%) және балықтардан (5%) тұратын детрит кешені екенін атап өткен. Тияпияның қоректенуінде детрит маңызды рөл атқарады. Тияпияның детриттің аминқышқылдарын тиімді пайдалану қабілеті жоғары өнімділікті қамтамасыз етеді.

Жоғарыда айтылғандай, тияпияның бір немесе басқа тұқымға жататындығын анықтайтын сипаттамалық белгілердің бірі олардың көбеюі мен ұрпақтарына күтім жасау ерекшеліктері болып табылады. Тияпия (*O. niloticus*) басқа тұқымдастардан өзінің көбею ерекшеліктерімен айтарлықтай ерекшеленеді [102].

Тияпияның жергілікті таралу аймағы солтүстік-шығыс, орталық және батыс Африка мен Таяу Шығыстың тропиктік және субтропикалық аймақтарын қамтиды. Ніл және Нигер өзендерінің бассейндерінде, Танганьика, Баринго, Кратер, Киву, Рудольф, Тана көлдерінде кеңінен таралған, Яркон өзенінде (Израиль) кездеседі. Ол әлемнің көптеген елдерінің, соның ішінде Оңтүстік Африка, Азия, Оңтүстік-Шығыс Азия, Латын Америкасы, АҚШ сияқты елдер мен аймақтардың су айдындарына таралған.

Тияпия 5-6 айда жыныстық жетілуге жетеді. 24 °C жоғары температурада уылдырық шашады. Коммерциялық балық шаруашылықтарында өсіру бойынша тияпия әлемде сегізінші орынға ие. Шабақтар мен уылдырық шашатын балықтарды тоғандарда ұстаған кезде шабақтардың отырғызу тығыздығы 5 - 10 мың дана/га, уылдырық шашатындар - 1 - 2 мың дана/га аспайды. Бассейндегі уылдырық шашатындардың жиналу тығыздығы 20 - 30 дана/м<sup>2</sup> болады. Акуыз мөлшері 30 - 35% құрайтын толыққанды жеммен қоректенеді. Уылдырық шашу науқаны кезінде рационға дәруменге бай компоненттерді (ашытқы, балдырлар) енгізеді.

Біздің елімізде тияпия өсіру кезінде негізінен өнеркәсіптік әдістер қолданылады. Тияпия өсірудің маңызды бағыттары - өсуді жеделдету, жемді

жақсы пайдалану, төмен температураға төзімділікті арттыру, жыныстық жетілуді кешіктіру және коммерциялық қасиеттерді жақсарту.

Тиялияның құнды биологиялық және экономикалық қасиеттері бар. Қарқынды өсу, қоршаған ортаның қолайсыз факторларына жоғары төзімділік, көптеген ауруларға төзімділік бұл балықты өнеркәсіптік балық шаруашылығының перспективалы объектілерінің біріне айналдырады [103]. Сонымен қатар, тиялия етінің жоғары гастрономиялық қасиеттері бар. Оның құрамында май аз - 1-3% ақуыз мөлшері жоғары, бұлшықет аралық ұсақ сүйектері жоқ. Бүгінгі таңда тиялия өте кең түрде өсіріледі, Африка, Оңтүстік-Шығыс және Орталық Азияның барлық дерлік елдері, сондай-ақ Латын Американың көптеген елдері, АҚШ және тіпті кейбір Еуропа елдері жасанды су қоймаларында өсіреді. Күміс тұқымен (*Cyprinus carpio haematopterus*) бірге тиялия геотермалдық суларда және атом электр станцияларының салқындатқыш бассейндерінде (радиактивті сумен емес) өсіріледі. Бүгінгі таңда тиялия құндылығы жағынан тұщы суда балық өсіру нысаны ретінде әлемде тұқы балықтарынан кейін екінші орында тұр.

Америкада, Израильде және Еуропада тиялия диеталық етіне байланысты өте танымал. Ол сазан етінен жоғары бағаланады. Тиялияның сату көлемі шамамен тұқы балығымен сәйкес келеді [97].

Балық шаруашылығы өнімдерінің тағамдық құндылығын асыра бағалау мүмкін емес. Балық – жоғары сортты жануар, ол ақуыз, майлардың, дәрумендердің, микроэлементтердің көзі. Балықтың ақуыздық құндылығы еттен төмен емес. 100 г балық протеинінің 40 г-ы ағзаға сіңеді, ал сиыр ақуызының 15 г-ы ғана сіңеді.

Бір тонна балық өнімдерін өндіруге кететін шығын бір тонна сиыр етіне қарағанда 5 есе, қой етіне 4 есе, шошқа етіне 3 есе, сары май 8 есе, мал майына 4 есе дерлік төмен.

Балықтардың бұлшықет тінінде ірі дәнекер тіннің аз мөлшері бар, сондықтан ол жылы қанды жануарларға қарағанда әлдеқайда жұмсақ және шырынды. Мұхиттық және әсіресе теңізден алынған балық өнімдерінде жылы қанды ауылшаруашылық жануарларының етінен бірнеше есе көп ақуыз бар. Балық шаруашылығы өнімдерінің құрамында адамға қажетті қосылыстар, мысалы, лизин мен лейцинді қоса алғанда, алмастырылмайтын аминқышқылдары, алмастырылмайтын май қышқылдары (оның ішінде полиқанықпаған май қышқылдарының Омега-3 класына жататын бірегей докозагексаено және эйкозапентаен қышқылдары), дәрумендер, микро - және макронутриенттер адам ағзасына сіңуіне қолайлы қатынаста бар. Липотропты антисклеротикалық заттарға жататын метионин ерекше орын алады, метиониннің мөлшері бойынша балық еті жануарлардан алынатын ақуыз өнімдері арасында жетекші орындардың бірі болып табылады. Аргинин мен гистидиннің болуына байланысты балық өнімдері өсіп келе жатқан ағзаға өте пайдалы, балық ақуызы адам ағзасына өте жақсы сіңеді. Балықтың бұлшықет тінінің құрамына негізінен глобулиндер сияқты қарапайым, толық ақуыздар кіреді. Бұлшықет ұлпасының ақуыздық құрамы негізінен бұлшықет талшығы

ақуыздарының құрамымен анықталатынын ескерсек, олар әдетте миофибриллдердің, саркоплазманың, жасуша ядросының және сарколемманың ақуыздарына бөлінеді. Миофибриллярлық ақуыздарға тұзда еритін глобулинді ақуыздар – миозин, актомозин, актин (G және F) және тропомиозин жатады, олар барлық балық бұлшықеттерінің ақуыздарының жартысынан көбін құрайды. Саркоплазмалық ақуыздарға суда еритін альбумин тектес ақуыздар – миоген, глобулин х, миоальбумин жатады, олардың үлесіне барлық ақуыздық заттардың шамамен 25%-ы келеді [104]. Қарапайым ақуыздардан басқа, балық бұлшықеттерінде сілтілер мен қышқылдардың әлсіз ерітінділерінде еритін күрделі ақуыздар бар: фосфопротеиндер мен нуклеопротеидтер, бұлшықет жасушаларының ядроларындағы ең маңызды ақуыздар, липопротеидтер, сондай-ақ глюкопротеидтер (муциндер мен мукоидтар) кезінде гидролизі нәтижесінде глюкоза ыдырайды [104].

Бұлшық ет талшықтары мен дәнекер тінінің сарколеммасының ақуыздары негізінен қарапайым, еріткіштерге төзімді толық емес ақуыздар, негізінен коллаген және өте аз мөлшерде эластин болып келеді.

Тиляпияның ет сапасы өте жақсы, ол шырынды және майсыз, 15-20% -ға дейін ақуызға бай, қаныққан май қышқылдарының аз пайызы және бұлшықет аралық сүйектері жоқ болып табылады. Құрамында көп мөлшерде микроэлементтер, селен, калий, фосфор, никотин қышқылы және B12 дәрумендері бар. Әртүрлі жас топтарындағы балықтардағы кальций мен фосфордың мөлшері Н.М. Лаврентьев мәліметі бойынша 1,7:1 қатынасымен шамалы ауытқулар болады. Кальций балансы негізінен суда еріген және жем құрамындағы кальцийді қабылдауға байланысты. Балықтың өсуі судағы кальцийдің мөлшеріне және оның магниймен қатынасына байланысты, өсу үшін ең қолайлы қатынас Mg:Ca, 1:4-ке тең.

Тиляпия омега-3 май қышқылдарына бай, сондықтан бұл балықты адамдарға диетологтар жиі ұсынады. Ғалымдар оны балалардың, қарттардың, жүкті және бала емізетін әйелдердің тамақтануы үшін ұсынады. Жасанды жағдайларда жүгеріні балық рационына қосу өте маңызды, өйткені өнеркәсіпте өсірілген балықтарда ең құнды омега-3 май қышқылдары аз, оның құрамында сапасы төмен омега-6 май қышқылдары басым, ал осы жем компонентін енгізу ет өнімдерінің пайдалылығын арттырады.

Тиляпияны балық шаруашылығы өнеркәсібінің перспективалық объектісі ретінде пайдалануға қызығушылықтың артуы қалыпты климаттық белдеуде, сондай-ақ субтропикте орналасқан елдерде байқалады. Бұл аймақтарда оны тиімді өсіру мүмкіндіктері негізінен қосымша жылу көздерінің болуымен анықталады.

### **1.3.1 Тиляпияның көбеюі, өсуі және дамуы**

Тиляпия жыныстық жағынан ерте, 5-6 айында жетіледі. Жыныстық жетілу уақыты түрлер арасында, тіпті температура режимдері мен қоректену орындары әртүрлі суларда тұратын түрлер арасында да өзгереді. Қолайлы температура жағдайында жыныстық жетілуге жеткеннен кейін, балықтар әр 3-6 апта сайын

уылдырық шаша алады. Олар жылына 16 ретке дейін уылдырық шашады [105]. Көбею кезеңінде аталықтар агрессивті болады және әрқайсысы өзінің аумағын қорғайды. Тилипияның түріне байланысты оның аумағы 0,5-тен 6 м<sup>2</sup>-ге дейін болуы мүмкін. Содан кейін ұя салу басталады, субстратта көбейетін түрлерде аумақты аталығы да, аналығы да қорғайды, ұя қазып, ұрпақтарын күтеді [106]. Аналығының ұрпақтарына күтім жасауы дернәсілдердің өмір сүруіне ғана емес, олардың өсуіне де әсер етеді. Аналық дернәсілдерді белгілі бір уақыт аралығында аузында ұстайды, осылайша оларды үздіксіз қоректену мүмкіндігінен айырады.

Эмбриональды даму сперматозоидтың жұмыртқаға енуінен басталады. Бұл процесс ұрықтандыру деп аталады. Сперматозоид микропиле арқылы жұмыртқаға енеді. Шәулет жасушасы ішіне енген бойда сперматозоидтардың одан әрі енуіне жол бермейтін кортикальды реакция пайда болады. Ұрықтану кезінде сперматозоид пен жұмыртқаның пронуклеелері цитоплазманың қосылуымен біріктіріледі. Бұл кезеңде жұмыртқаның ортасында сарыуыз болады, ал цитоплазма шеткі бөлігін алады. Ұрықтанғаннан кейін перифериядағы цитоплазма сперматозоид жұмыртқаға енген аймаққа қарай аға бастайды. Осы кезеңде полярлық орнатылады. Бір жиырылу циклінің аяқталуы шамамен 2 минутты алады. Осындай 20-ға жуық цикл бірінен соң бірі жүреді де бластодерма қақпағын немесе бластодискті құрайды. Дернәсілдердің инкубациялануы судың температурасына байланысты 3-5 күнге созылады. Дернәсілдер аналық ауыз қуысында 10-14 күн болады. Тек сарыуыз қапшығы резорбцияланғанда, еркін жүзуге көшкеннен кейін аналық оларды суға жібереді. Бірақ одан кейін де олар аналығының қорғауында тағы бірнеше күн болады.

Кесте 1 – *Oreochromis niloticus* ніл тилипиясының даму кезеңдері

| Кезең   |             | Кезеңдік | Сипаттамасы                                  |
|---------|-------------|----------|----------------------------------------------|
| Эмбрион | Зигота      | 1        | 1 - ұяшық                                    |
|         | Бөліну      | 2-5      | 2->16 ұяшық                                  |
|         | Бластула    | 6        | бластула басы                                |
|         |             | 7        | бластула ортасы                              |
|         |             | 8        | бластула аяғы                                |
|         | Гастрола    | 9        | гастрола, эпиболия<br>30-50%                 |
|         | Сегменттелу | 10       | нейрула, эпиболия<br>50-90%                  |
|         |             | 11       | сары тығынның<br>жабылуы және<br>сомитогенез |
|         |             | 12       | құйрығының<br>кесілуі                        |
|         |             | 13       | мидың<br>дифференциациясы                    |

|           |                  |       |                            |
|-----------|------------------|-------|----------------------------|
|           | Фарингула        | 14    | жүрек соғуы                |
|           |                  | 15    | қанайналым басталуы        |
|           |                  | 16    | бастың ұлғаюы              |
|           | Жұмыртқадан шығу | 17    | жақтың кеңеюі              |
|           |                  | 18    | желбезек түзілуі           |
| Дернәсіл  |                  | 19-22 | оперкулярлық қозғалыс      |
|           |                  | 23-25 | дене өлшемдері 8,1-9,4 мм  |
| Жас шабақ |                  | 26-32 | дене өлшемдері 9,9-17,3 мм |

Инкубациялық кезеңнен кейін дернәсілдің дамуы және оның шабаққа айналуы басталады. Инкубациялық кезеңнен кейін дернәсілдік кезең басталып, желбезек жұмысы қосылады. Дернәсілдік кезеңнің соңында сарыуыз қапшығы ақырындап еріп, балық денесінің көлемі үлкейеді. Енді дернәсіл жас шабаққа айналады, ересектерге ұқсас сыртқы сипаттамаларға ие болады, мөлшері мен массасы артады. Жас шабақтар жыныстық жетілгенге дейін белсенді түрде қоректенеді және өседі [107].

Бір күндік дернәсіл ұзындығы 4,2 мм-ге дейін өседі. Басы алдыңғы кезеңге қарағанда түзулене бастайды. Көзінің түсі қарайып, жүрегі үлкейіп, ас қорыту жолы сарыуыз қапшығының үстінде дифференциацияланады. Аузы жақтарымен шектелген, бірақ жұқа қабықпен жабылған болып келеді. Әлі оперкулуммен жабылмаған рудиментарлы желбезек талшықтары бар желбезек доғалары дамиды [108]. Екі күннен кейін аузы ашылады, құйрық жүзбе қанаты белсенді қозғала бастайды, ал үш күннен кейін дернәсіл жүзе бастайды. Инкубациялық кезеңнен кейін массасы тез өседі. Үшінші күні салмақ инкубациялық кезеңге қарағанда 0,65 мг артық болды. Сарыуыздың толық сіңуі 4 күнге жуық, 6 мм дернәсілдік кезеңде болады. 10 күнде дернәсіл дөңес дорсальды профилі бар балық пішініне айналады. Жарық, оттегі, температура және қорек эмбриондық даму кезінде маңызды факторлар болып табылады [109].

Зерттеулер көрсеткендей, тилипияның жынысына байланысты өсу мен дамуында айырмашылықтар болады. Жыныстық жетілуге дейін көрінетін онтогенез кезеңіне байланысты зат алмасуында да айырмашылықтар кездеседі. Ұзындығы мен салмағы бойынша дененің айтарлықтай өсуін аталықтар көрсетеді, ал аналықтар жыныстық жетілудің басталуымен бұл параметрдің айтарлықтай төмендеуін көрсетеді. Ерте уылдырық шашатын аналықтар кейінірек уылдырық шашатын аналықтарға қарағанда әлдеқайда жылдам өсуін тоқтатады. Қоректен алынатын барлық энергия жұмыртқаның қалыптасуы мен дамуына бағытталады. Ал уылдырық шашудың соңында аналығы уылдырықтарын аузында ұстағандықтан қоректенуге мүмкіндігі болмайды [109].

Түйіндей келгенде тилипия балығы — балық шаруашылығында жиі өсірілетін, жылдам өсетін және тез көбейетін балық түрі болып табылады. Тилипияның көбеюі мен өсуі температуралық жағдайларға және қоректік ортаға тәуелді болып келеді. Жыныстық жетілуі 5-6 айында басталып, ал қолайлы жағдайларда жыл бойы көбейе алатын балық түрі. Сондай-ақ, тилипияның өсіп-дамуы қорек құрамына да байланысты. Сондықтан да ақуызға бай қоректер және микробалдырлар сияқты қоспалар өсу қарқынын арттырып, өсуін жақсартады. Тилипия балықтары жылдам салмақ қосады және тығыздығы жоғары жағдайларда да жақсы дамиды, сондықтан оларды үлкен көлемде өсіру тиімді болып табылады.

### **1.3.2 Тилипияның өсуіне, дамуына және өнімділігіне әсер ететін факторлар**

Тилипия көптеген тұщы су балықтарына қарағанда жоғары тұздылыққа, жоғары су температурасына, төмен еріген оттегіге және жоғары аммиак концентрациясына төзімді балық болып саналады. Сонымен қатар, оның қоректік рационы өте бай және поликультурада өсіруге жарамды [111].

Ғалымдардың зерттеуі бойынша температура, тұздылық және рН функциясы ретінде уылдырық шашу және инкубациялық кезең регрессиялары да анықталған. Ұрықтану үшін температура/тұздылық/рН 27,6 °C/9,3 ppt/7,5 оңтайлы комбинация, бұл кезде максималды ұрықтандыру 87,7% құрайды; және инкубация үшін 27,1°C/9,2 ppt/7,4, бұл кезде уылдырық шашу максималды жылдамдығы 81,2%-ға жетеді.

Температура (24, 28 және 32 °C) және тұздылық (0; 8; 12 және 16 г/л) тилипияның өсуіне және жемді пайдалануына бірлесіп әсер етеді. Соңғы орташа салмақта балық 12 г/л тұздылық кезінде 24°C-қа қарағанда 32 және 28°C-та айтарлықтай жоғары өседі, мұнда балықтар өз салмағын сәйкесінше 7 және 4 есе арттырды [111].

Азықтың конверсиялық коэффициенті мен ақуыздың тиімділік коэффициенті 32°C және 8 г/л тұздылықта ең жоғары және 28°C және 16 г/л тұздылықта ең төмен. Кез келген тұздылықта өсу температураға байланысты, бірақ барлық температурада тұздылықтың жоғарылауы өсуді тежейді. 32 °C температурада және 16 г/л тұздылықта балық денесінің зақымдалуын тудырды. Зерттеулер көрсеткендей, тилипияның өсу жылдамдығы 0-8 г/л тұздылығы бар суларда 28-32°C салыстырмалы түрде жоғары болуы мүмкін [112].

Мозамбик тилипиясы теңіз суында уылдырық шашады, бірақ оның репродуктивті өнімділігі 10-15 ppt тұздылықтан жоғары аймақта төмендей бастайды. Көк және Ніл тилипиясы 10-15 ppt тұздылықта тіршілік ете алады, бірақ 5 ppt тұздылықтан төмен жақсы өседі. 10 ppt тұздылық кезінде шабақтардың саны айтарлықтай азаяды [113].

Тилипияның суыққа сезімталдығы қалыпты аймақтарда коммерциялық өсіру үшін елеулі шектеу болып табылады. Көптеген түрлер үшін өлімге әкелетін төменгі температура бірнеше күнге 10-12 ° C құрауы мүмкін, бірақ көк тилипия



шамамен 8,2 ° С температураға шыдайды. Кейбір мәліметтерге сәйкес, судың температурасы 17 ° С-тан төмен түссе, тилипия қоректенуін тоқтатады. Көбею 25-27°C жоғары су температурасында жақсы жүреді және 17°C-тан төмен температурада тоқтатады. Салқын маусымы бар субтропикалық аймақтарда судың тәуліктік температурасы орташа есеппен 23°C төмен болса, өндірілетін шабақтардың саны азаяды [114].

Тилипияның иммунитетін зерттеген кезде, ең күшті әсер ететін параметр инкубациялық кезеңдегі температура ауытқуы екені анықталған, ол сарыуыз қапшығының мөлшерінің өзгеруінен, дернәсілдердегі иммундық және стресске байланысты гендердің ұзындығы мен экспрессиясында көрінген, ең жақсы көрсеткіштер инкубациялық маусымның басында байқалған. Жоғары температура (30°C) иммундық және стресстік реакцияны басады, барлық зерттелген гендерді төмендетеді, иммуностимуляторлардың кез келген әсерін бүркемелейді, балық дернәсілдерінің өлуін арттырады, бұл ересек балықтармен салыстырғанда дернәсілдердің термиялық төзімділігінің тар диапазонын көрсетеді.

Басқа зерттеулер 27-32°C аралығындағы су температурасы тилипияның шабақтарын өсіру үшін ең тиімді деген қорытындыға келген, ал жоғары температура (>32°C) өсудің баяулауына, қоректену тиімділігінің төмендеуіне және өлімнің артуына әкелген. Бұл зерттеулер жаһандық жылынудың табиғи балық ресурстарына ықтимал әсерін де көрсетеді.

Тилипия 0,3 мг/л-ден аз еріген оттегі концентрациясында тіршілік етеді, бұл басқа балықтардың көпшілігі үшін рұқсат етілген шектен әлдеқайда төмен болып саналады. Ғылыми зерттеулерде оттегі концентрациясының 0,7-0,8 мг/л-ден төмен түсуіне жол бермеу үшін аэраторларды қолданғанда (аэрациясыз бақылау тоғандарымен салыстырғанда) тилипия жақсы өскен [115]. Қосымша аэрация концентрацияны 2,0-2,5 мг/л-ден жоғары ұстаған кезде өсу жақсармаған. Тилипия оттегінің өте төмен концентрацияларында бірнеше сағат бойы өмір сүре алатынына қарамастан, тилипия тоғандары оттегі концентрациясын 1 мг/л-ден жоғары ұстау үшін қадағаланып отыруы керек. Концентрация ұзақ уақыт бойы осы деңгейден төмен түссе, метаболизм, өсу және ауруға төзімділік төмендейді [116].

Судағы оттегінің концентрациясы балықтың өсуіне, жемді пайдалануына, шикі ақуызға, липидтердің құрамына, туа біткен иммунитетіне айтарлықтай әсер етеді. Сонымен қатар, ұсақ балықтар үлкен балықтарға қарағанда қоректі аз тұтынды және жақсы өсті. Оттегі деңгейі жоғарылаған сайын туа біткен иммунитет жоғарылайды [117].

Тилипия қышқылдықтың 5-тен 10-ға дейінгі рН диапазонында өмір сүре алады, бірақ 6-дан 9-ға дейінгі рН диапазонында жақсы өседі. Ғалымдардың пікірінше, оңтайлы рН 7 мен 8 арасында болып табылады.

Судағы зиянды заттардың әсеріне келсек, тилипияның жаппай өлуі балық кенеттен 2 мг/л-ден жоғары ионданбаған аммиак концентрациясы бар суға ауысқанда бірнеше күн ішінде орын алуы мүмкін болып саналады. Дегенмен, сублетальды деңгейге біртіндеп бейімделу кезінде балықтың жартысына жуығы

иондалмаған аммиактың 3 мг/л-ге дейінгі концентрациясында 3-4 күн өмір сүреді.

Иондалмаған аммиак концентрациясы 1 мг/л-ден жоғары ұзақ уақыт әсер ету (бірнеше апта) оттегінің төмен концентрациясы бар суда балықтардың, әсіресе шабақтардың өлуіне әкеледі. Ұзақ әсер еткен алғашқы өлім жағдайлары 0,2 мг/л концентрацияда басталуы мүмкін. Иондалмаған аммиак 0,08 мг/л концентрацияда қорек қабылдауды азайта бастайды [118].

Нитрит көптеген балықтар үшін улы болып табылады, себебі ол гемоглобиннің оттегін тасымалдау қабілетін төмендетеді; хлор иондары уыттылықты төмендетеді. Тиляпия көптеген өсірілетін тұщы су балықтарына қарағанда нитриттерге төзімді болып саналады. Зерттеулерде ерітілген оттегінің жоғары концентрациясы (6 мг/л) және хлоридтердің төмен концентрациясы (22 мг/л) болғанда 4 тәулікте балықтың 50% өлген, сондағы нитрит концентрациясы 89 мг/л болған. Жалпы, тұщы су дақылдары үшін нитрит концентрациясы 27 мг/л төмен болуы керек. Рециркуляциялық жүйелерде нитриттердің уыттылығынан қорғау үшін хлорид концентрациясы жиі 100–150 мг/л хлорид деңгейінде сақталады [119]. Тиляпияның, сондай-ақ басқа да көптеген балық түрлерінің қоректену сипаты негізінен су қоймасының қорекпен қамтамасыз етілуімен анықталады, бұл өз кезегінде бірқатар факторларға, атап айтқанда, балықтардың балық тығыздығына, ихтиофауна құрамына байланысты болып келеді. Тиляпия түрлерінің көпшілігінің дернәсілдері белсенді қоректенуге ауыса отырып, негізінен фито- және зоопланктонның ұсақ формаларын, сонымен қатар детритті жақсы көреді [120].

Тиляпия өсіруде қолданылатын азықтар қолданылатын технологияға, шаруашылықтың аймақтық ерекшеліктеріне, өнім көлеміне және басқа да көптеген факторларға байланысты алуан түрлілігімен сипатталады [121]. Тиляпияның рационындағы азықтың 24 және 10%-ын қарағайлы орманның жапырақтарымен ішінара алмастырған кезде тәжірибелік балықтардың өсуі сәйкесінше 82,7 және 92,1%-ды құраған [122].

Қазақстанда балық ұнын қолдану кеңінен таралған, өйткені ол ақуызға және май қышқылдарына бай, бірақ жоғары бағамен сипатталады. Бұл қоректі алмастыру ретінде РМАУ-МАН атындағы К.А. Тимирязев ғалымдары *Stratiomyidae* тұқымдасына жататын ірі жәндіктің *Hermetia illucens* дернәсілдерін ұсынған [123].

Сондықтан тиляпия рационындағы балық ұнын немесе соя ұнын ішінара немесе толық микробалдырмен алмастыру мүмкіншіліктерін зерттеу балық шаруашылығының өзекті мәселелерінің бірі болып саналады.

## 2. ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕР

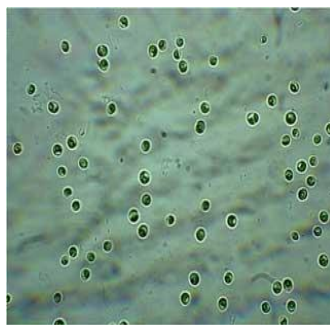
### 2.1 Зерттеу объектілері

Зерттеу Алматы облысы, Еңбекшіқазақ ауданы, Саймасай ауылында орналасқан Саймасай балық шаруашылығы базасында (43.435398° 77.350562°) жүргізілді.

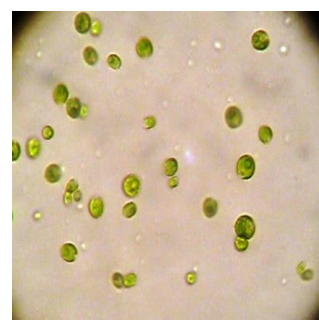
Зерттеу объектілері *Chlorella vulgaris* BB-2, *Parachlorella kessleri* Bh-2 және *Chlamydomonas reinhardtii* CC-124 (сурет 0001) микробалдыр штаммдары әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биотехнология зертханасының коллекциясынан алынды.



а



б



в

Сурет 1 – Зерттеу алынған микробалдырлардың микросуреттері,  
а-*Chlorella vulgaris* BB-2, б - *Parachlorella kessleri* Bh-2,  
в - *Chlamydomonas reinhardtii* CC-124

### 2.2 Зерттеу әдістері

#### 2.2.1 Микробалдырларды дақылдау әдістері

*Дақылды дайындау.* Тәжірибе алдында микробалдыр жасушалары дақылдар сақталған қиғаш агардан немесе сұйық ортадан сол құрамдағы жаңа дайындалған қоректік ортасы бар колбаларға қайта егілді. Микробалдыр штамдары Тамия, L тіпін сұйық және агар қоректік орталарында өсірілді. Микробалдырлар көлемі 250 - 1000 мл конустық колбаларда күндізгі жарық беретін лампаның жарығымен (4000 люкс), 25 - 28°C температурада өсірілді. Қатты қоректік ортаны дайындау үшін 1,5-2% агар-агар пайдаланылды. 1 атм. температурада 30 минут зарарсыздандырылды [124].

#### 2.2.2 Микробалдырлардың жасушаларын сандық санау әдістері

Біржасушалы микробалдырлардың жасушаларының саны Горяев камерасында қарапайым санау әдісімен анықталды.

Камера - көлденең ойықтармен бөлінген ортаңғы бөлігі бар шыны пластина. Ортаңғы бөліктің биіктігі бүкіл пластинаға қарағанда 0,1 мм төмен, соның арқасында жабынмен жабылған кезде пластинаның ортасында камера пайда

болады. Пластинаның ортаңғы бөлігінің бетінде шаршылары бар тор қолданылған. Торға бір тамшы дақыл тамызып жабынмен жабылады. Жабынды шыны мұқият жанасуы қажет (жақсы жанасу үшін шыны пластинаның бүйір беттеріне кішкене суспензия тамшылары жағылады). Жанасқаннан кейін жабынды шыны айналасындағы және ойықтардағы барлық артық сұйықтық сүзгі қағазымен немесе дәкемен мұқият сүртіледі. Микроскоптың астында белгілі бір шаршыдағы микробалдыр жасушаларының санын санайды, содан кейін камераның бетінің ауданы мен биіктігін біле отырып, 1 мл суспензияға келетін жасушалардың санын есептейді (есептеу мысалы төменде берілген).

Жасушалардың санын санау кезінде камерада жасуша тығыздығы  $1,0\text{--}2,0 \cdot 10^6/\text{см}^3$  болу үшін көп жағдайда суспензияны 50, 100, 250 рет және т.б. сұйылту қажет болады. Тығыз суспензиялардағы жасушалардың санын тікелей санау дәлдігі азырақ және көп еңбекті қажет етеді.

Камерамен жұмыс істегенде 25 үлкен шаршыдағы жасушалардың санын санау ыңғайлы. Бұл үлкен шаршылардың әрқайсысы 16 кішкентай шаршыдан тұрады. Демек, егер 25 үлкен шаршыдағы жасушалардың жалпы саны  $m$  болса, онда бір кішкентай шаршыдағы жасушалардың саны:

$$n = m / 16 \cdot 25 \text{ сәйкес,}$$

ал  $1 \text{ см}^3$  суспензияда жасуша саны:

$$x = n \cdot 4 \cdot 10^6 = 4m \cdot 10^6 / 16 \cdot 25 = m \cdot 10^6 / 100 \text{ сәйкес болады.}$$

Осылайша, 25 шаршыны есептегенде,  $1 \text{ см}^3$  суспензиядағы жасушалар санын бірден білу үшін  $m$  жасушалардың жалпы санын 100-ге бөліп,  $10^6$ -не көбейту жеткілікті.

Құрғақ салмақты анықтау процесі екі кезеңде жүргізілді. Бірінші кезеңде жалпы құрғақ салмақ (балдырлар + тұздар) анықталды, ол үшін балдыр суспензиясының белгілі көлемі мұқият араластырылғаннан кейін  $105^\circ\text{C}$  температурада кептіру шкафына орналастырылды. Ыдыс ретінде бұрын дәл сол температурада кептірілген және аналитикалық таразыда өлшенген фарфор шыныаяқтар пайдаланылды. Материалды булану және кептіруден кейін ыдыстарды аналитикалық таразыда қайтадан өлшеп, салмақ айырмашылығынан жалпы құрғақ салмақ (г/л) анықталды. Екінші кезеңде құрғақ қалдыққа белгілі бір мөлшерде дистилденген су құйылды. Тұз толық ерігеннен кейін ерітінді араластырылып, ерімейтін бөлігімен бірге өлшеу түтігіне орналастырылды, онда дистилденген суды бірінші кезеңдегі үлгінің көлеміне тең көлемде жеткізіп, содан кейін центрифугалау жүргізілді. Центрифугалаудан кейін тұнбаның үстіндегі ерітіндінің бір бөлігі алынып, жалпы құрғақ салмақты анықтауға арналған әдіспен зерттелетін үлгідегі тұздың құрғақ салмағы (г/л) анықталды. Үлгінің жалпы құрғақ салмағы мен тұздың құрғақ салмағы арасындағы айырмашылық балдырлардың құрғақ салмағын анықтау үшін пайдаланылды [125].

### 2.2.3 Микробалдырлардың флуоресценциясын зерттеу әдістері

Хлорофилл флуоресценциясының параметрлерінің жарық қисықтары Water-РАМ флюорометрінде (Вальц, Эффелрих, Германия) анықталды. Жарық

тәуелділіктері жарық интенсивтілігінің 0-ден 1400 мкмоль фотондар  $m^{-2} c^{-1}$  дейін дәйекті ұлғаюымен өлшенді. Флуоресценция параметрлері ФО және FM қараңғыда және жарықта есептелді. Фотожүйе II (PSII) кванттық шығымы және циклдік емес электрон тасымалдау жылдамдығы есептелді. Фотосинтетикалық параметрлердің белгіленуі мен анықтамалары жалпы қабылданған номенклатураға сәйкес берілген [126].

Хлорофилл флуоресценциясының индукциялық қисықтарының параметрлері портативті Aquapen-C 100 флюориметрінде (Photon System Instruments, Чехия) анықталды. Өлшеу алдында үлгілер қараңғы жерде 10 минут ұсталды. Флуоресценция индукциясы 3000 мкмоль фотондар  $m^{-2} c^{-1}$  интенсивтілігімен жарықпен ( $\lambda = 455$  нм) жарықтандыру кезінде жоғары уақыт рұқсатымен (0,05 мс-тен бастап) анықталды.

ІІР сынағы индукция қисығының параметрлеріне негізделген бастапқы фотосинтез процестерінің сипаттамаларын сандық талдау үшін пайдаланылды [127,128]. Келесі параметрлер сәйкес формулалар арқылы есептелді [127,129]: FV/FM - ашық PSII реакция орталықтарындағы бастапқы фотохимиялық реакцияның максималды кванттық шығымы; VJ – O–J фазасының салыстырмалы амплитудасы (жарықтандырудан 2 мс кейін), PSII PC жалпы санына қатысты тұйық реакция орталықтарының (ТК) санын көрсетеді; фЕо – электрон тасымалдаудың кванттық шығымы ( $t = 0$  кезінде); ABS/RC - бір белсенді реакция орталығы (RC) жұтқан энергия ағыны, PIABS - өнімділік индексі, жұтылған энергияға қатысты PSII функционалдық белсенділігінің көрсеткіші.

Барлық өлшеулер кем дегенде бес рет қайталауда орындалды. Суреттер орташа деректерді және стандартты ауытқуларды көрсетеді. Алынған деректерді статистикалық өңдеу 95% сенімділік деңгейімен бір жақты дисперсияны талдау (ANOVA) көмегімен орындалды.

#### 2.2.4 Микробалдырлар биомассасының биохимиялық құрамын талдау

Микробалдырлардың биомассасы ақуыздың, көмірсулардың және липидтердің құрамы бойынша талданды. Жалпы ақуыз мөлшері Лоури әдісімен анықталды [130]. 50 мл бастапқы ерітіндіге 1 г кептірілген биомасса қосылды. Қоспа 1 сағат бойы араластырыла отырып, 40 ° C дейін қыздырылды, содан кейін 10 минут бойы  $5,000 \times g$  центрифугалау жүргізілді. Кейіннен шикі ақуыз сығындысы бар 0,2 мл қоспа үлгілеріне 1 мл модификацияланған Лоури реагенті қосылды, содан кейін ол 10 минут бойы инкубацияланды. Инкубациядан кейін 100 мкл Фолин-Чокалтеу реактиві (1 Н) қосылды, кейін бөлме температурасында 30 минутқа қалдырылды. Оптикалық тығыздығы 750 нм-де өлшенді. Зерттеу нәтижелері сиыр сарысуы альбуминіне негізделген стандартты қисық сызықпен салыстырылды.

Көмірсулар Dubois және т.б. әдісімен анықталды [126]. Талдау үлгідегі көмірсулардың мөлшерін стандартты ерітіндімен салыстыру арқылы бағаланды. 5 мг құрғақ биомасса аликвоттармен көлемі 1 мл болғанша қосылды, содан кейін 0,5 мл 5% фенол және 2 мл концентрлі  $H_2SO_4$  қосылды. Ерітінді біртекті

болғанша 1 минут бойы шайқалып және қараңғы жерде 30 минут бойы инкубацияланды. Оптикалық тығыздығы 490 нм толқын ұзындығында өлшенді. Зерттеу нәтижелері глюкозаға негізделген стандартты қисықпен салыстырылды.

Амин қышқылдарының сандық мөлшері HPLC жүйесі (S433, Sykam, Германия) арқылы жүргізілді. Протеин концентратының үлгісі қышқылдық гидролизде болды. 100 мг мұздатылған кептірілген биомасса 1% (салм/көлем) фенолмен 5 мл 1 н HCl ішінде қайта суспензияланып, 1 минут бойы азот газымен жуылды. Ерітінділер 110°C температурада 24 сағат бойы кептірілді және сүзіледі. Зондтар буландырылды, үлгі ерітіндісі бар буферде ерітілді және катионды бөлу колоннасына енгізілді (4,6 × 150 мм, LCA K06/Na; Sykam, Германия) және 440 нм және 570 нм толқын ұзындығында анықталды. Талдаулар келесі шарттарда жүргізілді: талдау циклінің уақыты 60 мин; ағын жылдамдығы буфер үшін 0,45 мл min<sup>-1</sup> және нинидрин үшін 0,25 мл min<sup>-1</sup>.

Жалпы липидтер Bligh және Dyer (1959) сипаттаған әдіске сәйкес экстракцияланды. Липидтер гравиметриялық жолмен өлшеніп, шығымдылық есептелді. Алынған липидтер еріткіш қалдықтарын кетіру үшін айналмалы буландырғышта шоғырландырылды, содан кейін тұрақты салмаққа дейін 60 °C температурада кептірілді. Микробалдыр липидтерінің үлгілері хлороформда дайындалып, оған 2 мл бихромат ерітіндісімен (1 л концентрлі H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-те 2,5 г K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) қосылып, қайнаған су моншасына 45 минутқа қойылды. Қоспа салқындатылған және тазартылған сумен 100 есе сұйылтылған. Сіңіру 350 нм-де УК-VIS спектрофотометрінің көмегімен өлшенді. Содан кейін сіңіру өлшемдері коммерциялық канола майына негізделген стандартты қисық сызықпен салыстырылды.

Май қышқылын талдау үшін 20 мг мұздатылған кептірілген микробалдыр биомассасын 2 мл 6% КОН метанол-су ерітіндісіне (4:1) және 0,2 мл хлороформға қосылды, 20 минут бойы ультрадыбыспен өңделді, кейін 80 °C су моншасында 2 сағат гидролизденді. Гидролизденген микробалдыр үлгісіне 1 мл қаныққан NaCl ерітіндісімен қосылды және рН HCl арқылы 1-ден төменге дейін реттелді, содан кейін үлгіге 2 мл экстракция ерітіндісімен (хлороформ: гексан = 1:4) қосылды және азот ағынымен кептіруге дейін экстракцияланды. Содан кейін 0,5 мл HCl метанол ерітіндісі (2 моль L<sup>-1</sup>) қосылды және үлгі азот ағыны астында 70 °C су моншасында 20 минут бойы эфирден өтті. Осыдан кейін 1 мл қаныққан NaCl ерітіндісі қосылды және үлгі 2 мл мұнай эфирімен экстракцияланды [131]. Май қышқылдарының құрамын талдау капиллярлық газ хроматографиясы (Agilent 6850 Series GC CGC жүйесі, АҚШ) көмегімен анықталды.

### **2.2.5 Балық шаруашылығының қалдық суының бактериологиялық және гидрохимиялық талдау әдістері**

Бактериологиялық зерттеу үшін балық шаруашылығының ластанған қалдық суларының су сынамалары асептика ережелерін сақтай отырып, зарарсыздандырылған ыдыста алынды. Ағынды су үлгілерінің жалпы

бактериялық санын анықтау үшін ет пептонды агарында (ЕПА) бастапқы бактериологиялық егу жүргізілді. Әртүрлі физиологиялық топтағы бактериялардың сандық талдауы үшін келесі қоректік орталар қолданылды: аммонификаторлар үшін 1% пептонды су, нитрификаторлар үшін Виноградский ортасы, денитрификаторлар үшін Гилтай ортасы, протеолитикалық бактерияларды анықтау үшін казеинді агар, амилаолитикалық бактериялар үшін крахмалды агар ортасы, ал липолитикалық бактериялар үшін Селибер бром-тимол-блау қоректік ортасы. Enterobacteriaceae тұқымдасының өкілдері ашыту әдісімен және 37°C температурада Эндо қоректік ортасында инкубациялау арқылы анықталды [132]. Бактериялардың биохимиялық, дақылдық және морфологиялық қасиеттерін зерттеу «Микробиологиялық зерттеулерге арналған жалпы талаптар мен ұсыныстарға» (ISO 7218:2007) сәйкес жүргізілді. Микроорганизмдердің ферментативті белсенділігін анықтау Мемлекеттік стандарт (ГОСТ 18,963–73) негізінде жүргізілді. Аммиак пен аммоний иондарының құрамы Несслер реагентімен, нитриттер Грисс реагентімен және нитраттар натрий салицилатымен анықталды [133]. Фосфат мөлшері Морфи-Райли әдісімен анықталды [134]. ОБП<sub>5</sub> анықтау үшін су үлгілері қараңғы жерде 20 °C тұрақты температурада 6 күн бойы инкубацияланды, содан кейін инкубацияға дейін және одан кейін судағы еріген оттегінің концентрациясы анықталды [135].

#### **2.2.6 Балық шаруашылығының қалдық суларында микробалдырларды өсіру**

Микробалдырларды балық шаруашылығының қалдық суларында өсу қабілетін анықтау үшін микробалдырлардың штаммдары әртүрлі концентрациядағы балық шаруашылығының қалдық суларын пайдалана отырып, зертханалық жағдайда өсірілді (1-нұсқа – 100% қоректік орта – *C. vulgaris* sp. BV-2 және *P. kessleri* Bh-2 үшін Тамия ортасы, *C. reinhardtii* CC-124 үшін L2-min қоректік ортасы; 2-нұсқа – 50% қоректік орта + 50% балық шаруашылығының қалдық сулары; 3-нұсқа – 100% балық шаруашылығының қалдық сулары).

Микробалдырларды өсіру үшін көлемі 10 л (350 × 120 × 250 мм) зертханалық қондырғы қолданылды. Микробалдырларды дақылдау 12 тәулік жүргізілді. Дақылдау 1,5% CO<sub>2</sub> ағында жүргізілді. Жарықтандыру зертханалық қондырғының үш жағынан 80 мкмоль фотонды m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> флуоресцентті лампаларымен қамтамасыз етілді (Mastech MS6612 цифрлық, Mastech, АҚШ). Температура (26 °C) автоматты термостат көмегімен сақталды. Тәжірибелердің басында микробалдыр жасушаларының бастапқы саны барлық эксперименттік нұсқаларда 0,2 × 10<sup>6</sup> жасуша мл<sup>-1</sup> болды.

##### *Микробалдырлардың биомассасын алу*

*C. vulgaris* BV-2 дақылының биомассасын алу үшін балық шаруашылығының қалдық суларында жартылай үздіксіз өсіру режимінде көлемі 40 л (40×25×40 см) фотобиореакторда жүзеге асырылды. Тәжірибелердің барысында максималды жарық қарқындылығы 80 мкмоль фотон m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>

деңгейінде, ал температура 25-26 °C және pH 6,8-7,2 диапазонында сақталды. Фотобиореакторға ауа 0,5 л min<sup>-1</sup> тұрақты жылдамдықпен жеткізілді. Алынған микробалдырлардың биомассасы құрғақ күйде герметикалық контейнерлерде сақталды.

### 2.2.7 Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тияпия (*Oreochromis niloticus*) балықтарына жем ретінде қосу сынағы

Орташа салмағы 50–53 г болатын тияпия шабақтары Алматы облысының балық шарушылығы тоғандарынан алынды. Әрқайсысы 10 дана тияпия шабақтарынан тұратын бақылау және 3 тәжірибелік топ қалыптастырылды. Әр тәжірибелік топ балықтары сыйымдылығы 250 л аквариумда өсірілді. Судың физикалық және химиялық көрсеткіштері жүйелі түрде өлшеніп отырды. Тәжірибе барысында судың орташа температурасы – 28–30 °C, сілтілік –  $35,80 \pm 0,05$  мг/л<sup>-1</sup>, тығыздығы –  $69,03 \pm 0,52$ , NO<sub>3</sub>-N –  $0,15 \pm 0,01$  мг/л<sup>-1</sup>, NH<sub>3</sub>-N –  $0,01 \pm 0,004$  мг/л<sup>-1</sup> болды.

Тәжірибе ұзақтығы 10 апта және үш ретті қайталауда орындалды. Бақылау тобының шабақтары отандық AQUA ALLIANCE (Қазақстан) құрама жемімен қоректендірілді. AQUA ALLIANCE жемінің тағамдық құндылығы: шикі ақуыз – 45%, май – 22%, көмірсулар – 20%, клетчатка – 2%, фосфор 1%, энергетикалық құндылығы 22,3 МДж болды. Эксперименттік топ үшін *C.vulgaris* sp. BB-2 құрғақ биомассасы AQUA ALLIANCE (Қазақстан) отандық брендінің аралас жеміне 3 түрлі концентрацияда қосылды: 10, 25 және 50%.

Бақылау: 15 г AQUA ALLIANCE;

1-нұсқа: 13,5 г AQUA ALLIANCE + 1,5 г микробалдырлардың биомассасы (10%);

2-нұсқа: 11,25 г AQUA ALLIANCE + 3,75 г микробалдырлар биомассасы (25%);

3-нұсқа: 7,5 г AQUA ALLIANCE + 7,5 г микробалдырлар биомассасы (50%).

Ингредиенттер өлшеніп, электр араластырғышпен араластырылды және 100 мл су қосылды. Микробалдырлар қосылған жемді 120 °C температурада кептіріліп, түйіршіктелді. Түйіршіктер 8% тұрақты су белсенділігіне дейін 40 °C температурада кептірілді. Дайын болған жем - 20°C температурада сақталды. Балықтар күніне 3 рет қолмен қоректендірілді.

### 2.2.8 Тияпия балығының морфологиялық, биохимиялық және гистологиялық талдау әдістері

Апта сайын бақылаудағы аулау нәтижелері негізінде тияпияның өсу және даму қарқынына зерттеу жүргізілді (сурет 2).





Сурет 2 – Тиляпия балығының өсу және даму қарқынын зерттеу барысы

Өлшеудің нәтижесі бойынша шабақтың абсолюттік өсімінің мөлшері есептелді. Абсолюттік өсім кезең ішінде балықтың бастапқы және соңғы салмағы арасындағы айырмашылық бойынша есептелді. Балық үлгісінің салмағының өсуі келесі теңдеу арқылы есептелді:

$$A = M_k - M_0,$$

мұндағы  $A$  - массаның өсуі, г;  $M_0$  және  $M_k$ -балықтың бастапқы және соңғы салмағы, г.

Орташа тәуліктік өсім келесі теңдеуді қолдана отырып есептелді:

$$C = (M_k - M_0) / T,$$

мұндағы  $C$ -орташа тәуліктік өсім (г/тәулік), ал  $T$  - өсу кезеңі (күндер).

Салыстырмалы өсу мына формула бойынша есептелді:

$$C_w = \frac{M_k - M_o}{T \times 0.5 \times (M_k - M_o)} \times 100$$

мұндағы,  $M_o$ ,  $M_k$  – сәйкесінше кезең басындағы және аяғындағы балықтың орташа массасы [136].

Жем шығыны, г/г:

$$\text{ЖШ} = \frac{\text{БЖМ}}{\text{БСЖӨ}}$$

мұндағы БЖМ - берілетін жем мөлшері, БСЖӨ – балық салмағының жалпы өсімі.

Тияпияның сыртқы сипаттамалары және олардың ішкі көрсеткіштері ихтиологияда жалпы қабылданған әдіске сәйкес индекстер негізінде келесі формулалар арқылы белгіленді:

Дене ұзындығының индексі

$$\frac{L_{\text{кіші}}}{L} \times 100\%$$

мұндағы  $L_{\text{кіші}}$  – дененің кіші ұзындығы,  $L$  – дененің жалпы ұзындығы, см.

Басының ұзындығының индексі

$$\frac{L_{\text{бас}}}{L} \times 100\%$$

мұндағы  $L_{\text{бас}}$  – басының ұзындығы, см.

Қоңдылық коэффициенті, %

$$K_y = \frac{m}{L_{\text{кіші}}} \times 100\%$$

мұндағы  $m$  – балық массасы, г;  $L_{\text{кіші}}$  - дененің кіші ұзындығы.

Морфометриялық көрсеткіштер балықтың әртүрлі дене құрылыстарын өлшеу арқылы анықталды [137].

Балықтардың қан сарысуының биохимиялық құрамы, оның ішінде жалпы ақуыз, альбумин және глобулин тәжірибе соңында анықталды. Қан сарысуының жалпы ақуызы Лоури әдісімен бағаланды [130]. Альбумин мен глобулиннің құрамы Doumas әдісімен анықталды [138].

Гистологиялық зерттеу үшін балық үлгілері алынып, иммобилизацияланды. Балық ішек үлгілері формалиннің 10% бейтарап буферлік ерітіндісінде 24 сағат бойы бекітілді. Қалыңдығы 7 мкм болатын гистологиялық кесінділерді алу үшін айналмалы микротом (Kalstein, France) қолданылды. Бұл кесінділер гематоксилин және эозинмен боялды (H&E бояуы) [139]. Талдау микроскоппен жүргізілді (Leica DM 600, Leica s-Reichert, Германия) және балық ішектерінің микросуреттері IS Capture бағдарламалық құралының көмегімен түсірілді (Ambala cantt, Үндістан).

### **2.2.9 Тиляпия балығын микробиологиялық талдау әдістері**

Балықтардың бақылау және тәжірибе топтарының ішектеріне микробиологиялық зерттеулер жүргізілді. Балықтарды бактериологиялық зерттеу үшін ішек фрагменттері алынды. Барлық үлгілер залалсызданған жағдайда жасалды. Үлгілер тұзды ерітіндісі бар алдын ала дайындалған стерильді пробиркаларға орналастырылды. Үлгілерді егу үшін сұйылту әдісі қолданылды. Ерітінділер 0,85% NaCl ерітіндісінде дайындалды. Тандалған үлгілерден мезофильді бактерияларды анықтау үшін жалпы мақсаттағы қоректік ортаға және селективті қоректік ортаға егу жүргізілді. Ішектегі жалпы бактериялардың санын анықтау үшін балық-пептонды және ет-пептонды агар қолданылды және 28-30°C температурада 24 сағат бойы инкубацияланды. Enterobacteriaceae тұқымдасының бактерияларын анықтау глюкоза-пептонды жинақы дақылдау ортасында ашыту әдісімен және Эндо қоректік ортасында 37°C температурада инкубациялау арқылы анықталды. Саңырауқұлақтар мен ашытқыларды анықтау үшін Сабуро қоректік ортасы пайдаланылды. Бөлінген микроорганизмдердің морфологиялық, дақылдық және биохимиялық қасиеттерін зерттеу ГОСТ ISO 7218–2015 микробиологиялық зерттеулерге арналған жалпы талаптар мен ұсыныстарға сәйкес жүргізілді [140]. Оқшауланған колониялар жалпы бактериологиялық әдісте берілген ережелерге сәйкес сипатталды [141].

### **2.2.10 Статистикалық талдау**

Тәжірибенің барлық нұсқалары үш реттік қайталымда жүргізілді. Статистикалық деректерді өңдеу RStudio бағдарламалық құралын қолдану арқылы жүргізілді (1.3.959 нұсқасы, R Studio PBC, 2020). Тәжірибе нұсқалары арасындағы статистикалық маңызды айырмашылықты анықтау үшін бір жақты дисперсияны талдау (One-Way ANOVA) жүргізілді. Содан кейін, ANOVA айтарлықтай айырмашылықты дәлелдегенде ( $p < 0,05$ ), көрсеткіштерді салыстыру үшін Tukey HSD критеріі қолданылды.

### **3. ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛДАУ**

#### **3.1 Балық шаруашылығының қалдық суларын микробалдырлардың көмегімен биоремедиациялау мүмкіндіктерін зерттеу**

Су ресурстарын сарқылудан және ластанудан қорғау және оларды халық шаруашылығының қажеттіліктері үшін ұтымды пайдалану шұғыл шешімді қажет ететін маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Қазір көптеген елдерде қоршаған ортаны қорғау, атап айтқанда су ресурстарын ұтымды пайдалану жөніндегі іс-шаралар кеңінен жүзеге асырылуда. Ауыл шаруашылық саласы су ресурстарын пайдаланумен тікелей байланысты және суды пайдалану режиміне, оның сандық және сапалық жағдайына өте жоғары талаптар қояды. Басқа ауыл шаруашылық салаларымен салыстырғанда балық шаруашылығы қарқынды дамып келе жатқан, сонымен қатар ластанған қалдық сулардың көп мөлшерін шығаратын сала болғандықтан қоршаған орта мен экономика үшін бірқатар жағымсыз салдарға әкеледі. Ауыл шаруашылығының қалдық сулары, соның ішінде мал шаруашылығының қалдық сулары аммиак, нитрит, нитрат, фосфор және органикалық көміртек сияқты компоненттерден тұрады [142]. Ауыл шаруашылығының ластанған қалдық суларын тікелей су тоғандарына құю табиғи экожүйелердің ластануына алып келеді. Ауыл шаруашылығы саласының экономикалық перспективалары мен тұрақтылығын сақтау үшін қалдық суларды тазартуға және оларды өндірісте қайта пайдалануға назар аудару маңызды. Ауыл шаруашылығының қалдық суларын тазалау үшін көптеген әдістер, оның ішінде азотты қосылыстарды бөліп алу үшін денитрификациялау үдерісі, темір хлориді көмегімен фосфордан тазалау үшін химиялық тұнбаландыру сияқты әдістер қолданылады [143]. Қазіргі таңда қолданылатын көптеген әдістер қымбат, сонымен қатар қосымша улы қосылыстар бөліп шығарады.

Ауыл шаруашылығының қалдық суларын микробалдырларды дақылдау жолымен биоремедиациялау болашағы мол әдістердің бірі болып саналады. Бұл әдіс экономикалық тиімді, экологиялық таза және микробалдырлардың бағалы биомассасын өндіруге мүмкіндік береді. Яғни микробалдырларды қалдық суларда дақылдау ластанған суларды тазалап қана қоймай, липид, ақуыз, көмірсу және басқада көптеген өнімдерге бай клетка биомассасын алуды қамтамасыз етеді [144]. Сонымен қатар, микробалдырлар фотосинтез нәтижесінде су ортасын оттегімен қанықтырып, органикалық қоспалардың минерализациялануы мен тотығу үдерісін тездетеді. Көптеген микробалдырлар ластанған қалдық су құрамындағы минеральды заттарды ғана емес, сонымен қатар қарапайым органикалық қосылыстарды да қорек ретінде пайдалана алады. Микробалдырлардың белсенді штамдарын ластанған қалдық суларда дақылдау жануарлар үшін жоғары қоректік құндылығы бар арзан биомасса алуға мүмкіндік береді [145]. Микробалдырлар аквадақылдар экожүйесінің, оның ішінде личинкалар, шаян тәрізділер және ұлулар үшін табиғи қорек көзі ретінде кеңінен қолданылады. Жоғары сапалы мал шаруашылығы өнімдері үшін микробалдырлар негізіндегі жем қажетті ақуыздармен, алмаспайтын аминқышқылдарымен, май қышқылдарымен,

пигменттермен қамтамасыз етеді. Бейорганикалық қосылыстарға бай ластанған қалдық суларды микробалдырларды дақылдау үшін қоректік орта ретінде қолданудың перспективасы жоғары, себебі әртүрлі өндірістік өнімдерді алу үшін бағалы шикізат болып табылатын микробалдырлардың биомассасын алу және су ресурстарын биологиялық тазалау технологиясын біріктіруге мүмкіндік береді.

Сондықтан ластанған қалдық суларды тазалау мен қатар ауыл шаруашылығында қолдануға бағалы биомасса алу арқылы микробалдырларды қалдықсыз пайдалану мүмкіндігін зерттеудің өзектілігі айқын болып саналады. Зерттеу жұмысымыздың бірініші кезеңі ауыл шаурашылық қалдық суларды тазалау және оларды микробалдырлардың биомассасын жинау үшін қоректік орта ретінде қолдану мүмкіншілігін зерттеу.

### **3.1.1 Балық шаруашылығының қалдық суларын биоремедиациялау үшін перспективті микробалдырлар штаммын таңдау**

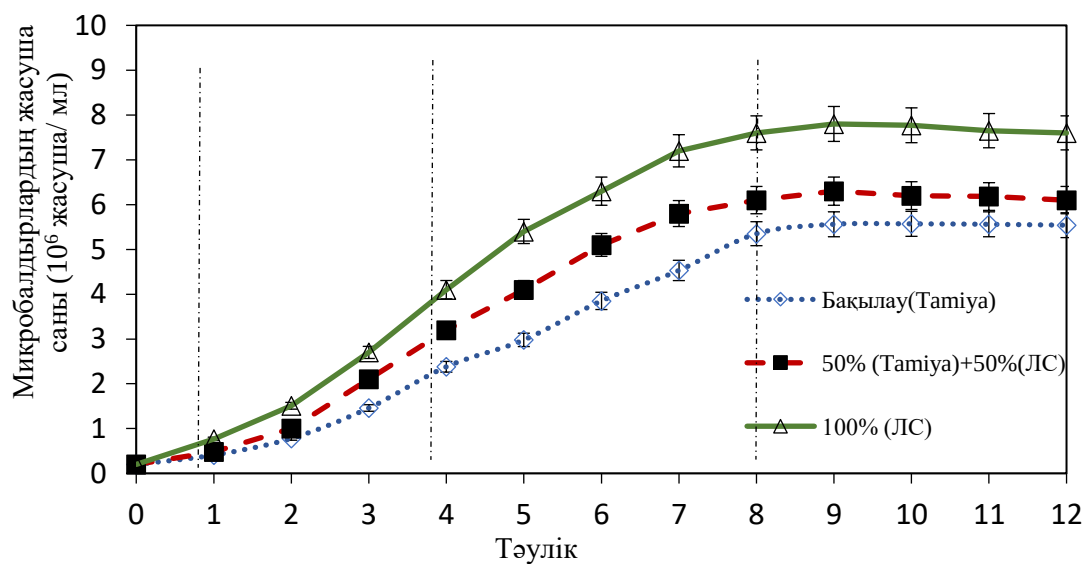
Балық шаруашылығының қалдық суларында микробалдырларды өсіру биоремедиацияның өте перспективті тәсілі болып табылады, бірақ микробалдырлардың барлық түрлері ластанған қалдық суларда өсе алмайды. Бірінші кезеңде қалдық суларда өсу қарқыны жоғары микробалдыр дақылдарына іріктеу жүргізілді. Зерттеу объектілер ретінде ластанған сулардан бөлініп алынған және әртүрлі ластанған орталарда автоселекцияға ұшыраған *Chlorella vulgaris* SP BB-2, *Parachlorella kessleri* Bh2 және *Chlamydomonas reinhardtii* Dangeard CC-124 дақылдары қолданылды. Ластанған қалдық сулардың микробалдырлардың өсу көрсеткіштеріне әсерін зерттеу үшін балық шаруашылығының қалдық суларының және қоректік ортаның әртүрлі қатынасында тәжірибе үлгілерінің 3 нұсқасы жасалды.

1 нұсқа - бақылау Тамия қоректік ортасы *Chlorella vulgaris* SP BB-2, *Parachlorella kessleri* Bh2 үшін және *L2-min* қоректік ортасы *Chlamydomonas reinhardtii* Dangeard CC-124 дақылы үшін;

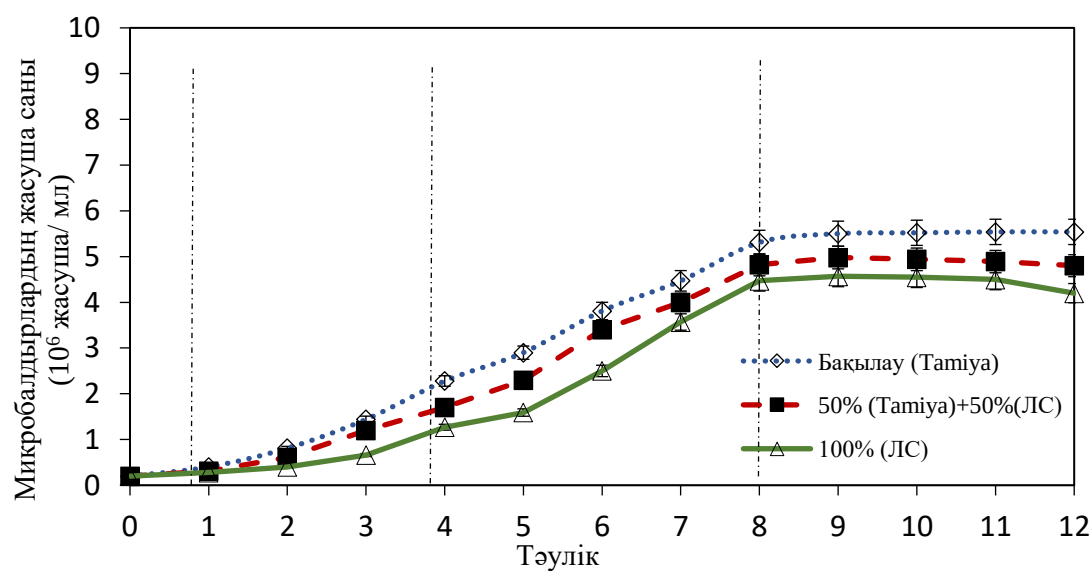
2 нұсқа - 50% қоректік орта + 50% балық шаруашылығының қалдық суы;

3 нұсқа - 100% балық шаруашылығының қалдық суы. Тәжірибенің алғашқы күні микробалдырлардың бастапқы клетка саны барлық тәжірибе үлгілерінде  $0,2 \times 10^6$  жасуша /мл болды. Дақылдау 12 тәулік жүргізілді.

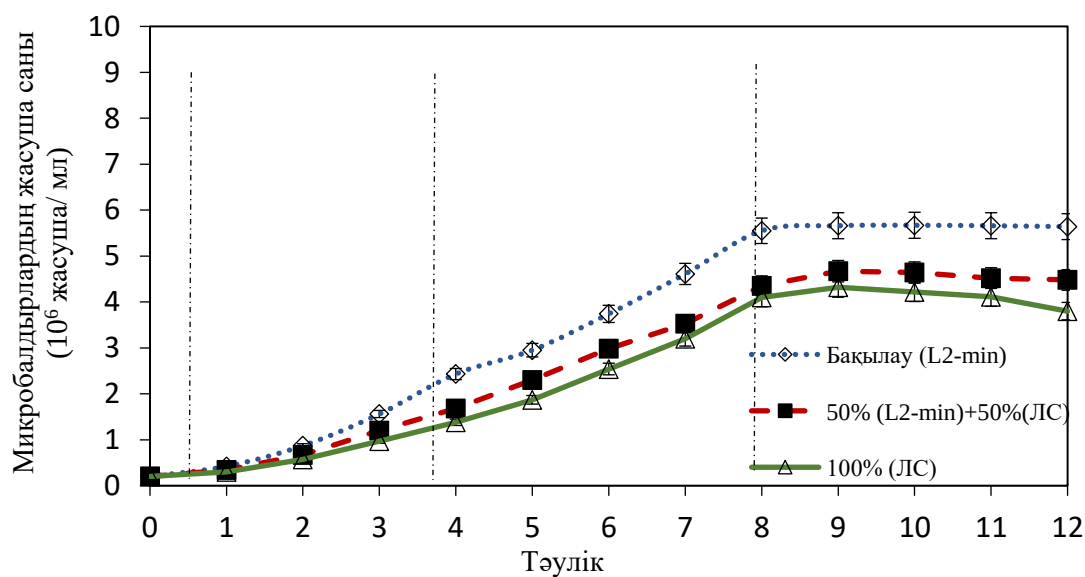
Зерттеу нәтижесінде 1 үлгіде, яғни әр дақылға тән қоректік ортада микробалдырлардың өсу динамикасы салыстырмалы бірдей жылдамдықта өсті, микробалдырлардың жасуша саны шамамен  $5,3-5,5 \times 10^6$  жасуша/мл (сурет 1а, б, с). Сыртқы абиотикалық стрессіз жағдайда микробалдырлардың жасуша саны 3 дақылда бірдей көрсеткіштерді көрсетті. Алайда, балық шаруашылығының қалдық сулары мен қоректік ортаның қоспасын 1:1 қатынасындағы тәжірибе үлгілерінде *P. kessleri* Bh-2 және *C. reinhardtii* CC-124 дақылдарының өсімі бақылаумен салыстырғанда төмен болды. Ал 100% балық шаруашылығының қалдық суларын пайдаланған кезде *P. kessleri* Bh-2 және *C. reinhardtii* CC-124 дақылдарының өсу қарқыны төмен болды (сурет 3).



a



b



c

Сурет 3 – Балық шаруашылығының қалдық суларында микробалдырлардың өсу динамикасы, а – *Chlorella vulgaris* BB-2, б – *Parachlorella kessleri* Bh-2, с – *Chlamydomonas reinhardtii* CC-124

Ал балық шаруашылығының қалдық сулары қосылған үлгілерде *C. vulgaris* BB-2 штамының өсуі керісінше бақылаумен салыстырғанда жоғары өсу қарқынын көрсетті (1а-сурет). *C. vulgaris* BB-2 жасушаларының саны 50 және 100% балық шаруашылығының қалдық сулары қосылған тәжірибе нұсқаларында стационарлық фазада  $6,1$  және  $7,6 \times 10^6$  жасуша/мл болды. Бұл *C. vulgaris* BB-2 штаммның өсуіне балық шаруашылығының қалдық сулары қолайлы орта болып табылатынын көрсетеді. Тәжірибе барысында балық шаруашылығының қалдық суларының үлгілерінен *Ankistrodesmus minutissimus*, *Oocystis crassa*, *Oocystis marssonii*, *Scenedesmus granulatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Pediastrum boryanum* сияқты жергілікті микробалдырлардың түрлері анықталды. Алайда, зерттеуге алынған микробалдырлар дақылын өсіру барысында жергілікті микробалдырлардың кездесу жиілігі төмендеді.

### 3.1.2 Фотосинтетикалық белсенділігі жоғары микробалдырлардың штамдарын іріктеу

Фотосинтетикалық организмдердің жағдайын зерттеу үшін хлорофилл флуоресценциясы белсенді қолданылады [146, 147]. Бұл әдіс балдырлардың тилакоидты мембраналарында орналасқан хлорофилл флуоресценция кванттарын шығару арқылы жасушалардың фотосинтетикалық белсенділігінің табиғи көрсеткіші болып табылатындығына негізделген [126,129]. Фотосинтетикалық аппараттың белсенділігін бағалаудың флуоресцентті әдістері мембрана деңгейіндегі жасушалық метаболизмнің бастапқы өзгерістері туралы толық ақпарат бере алады [147]. Мұндай әдістер микробалдырлардың жағдайы туралы нақты уақыт режимінде ақпарат алуға мүмкіндік береді. Фотосинтетикалық белсенділігін зерттеу үшін микробалдырлардың штамдарын үш түрлі ортада зертханалық жағдайда дақылдау жүргізілді:

а) Зертханалық орта (бақылау): Тамия қоректік ортасы *C. vulgaris* SP BB-2 және *P. Kessleri* Bh-2, L2min қоректік ортасы *C. reinhardtii* C-124 штамы үшін [148];

б) Алматы облысының Саймасай ауылында орналасқан жылы су балықтарының (тиляпия) балық шаруашылығы су қоймасынан алынған су сынамалары ( $42^{\circ}44'72''$  с. е.,  $77^{\circ}33'06''$  ш. б.)

в) балық шаруашылығы су қоймасына берілетін ұңғыма суы ( $42^{\circ}44'73''$  с. е.,  $77^{\circ}33'06''$  ш. б.).

Тамия қоректік ортасында микробалдырлардың  $F_0$  (фотосинтетикалық белсенділік) көрсеткіштері бойынша органикалық заттар бар балық шаруашылығының қалдық суларымен салыстырғанда біршама төмен болды. Микробалдырлардың көптігін көрсететін  $F_0$  көрсеткіштері бойынша балық шаруашылығының қалдық суларында *C. vulgaris* SP BB-2 штамының өсу динамикасы жоғары көрсеткіштерді көрсетті. Ұңғыма суында  $F_0$  көрсеткіштері микробалдырлардың барлық штамдары үшін айтарлықтай төмен болды.

Микробалдырлар жасушаларындағы фотосинтетикалық белсенділіктің өзгеруін бағалау үшін хлорофилл флуоресценциясының индукция және жарық қисықтарының параметрлері өлшенді.  $F_V/F_M$  флуоресценция параметрі судың ыдырауымен және оттегінің бөлінуімен байланысты PSII процестерінің максималды тиімділігін анықтауға мүмкіндік береді [126]. Біздің зерттеулеріміз зертханалық қоректік орталарда өсірілген микробалдырлардың барлық штамдарында бастапқы фотохимиялық реакциялардың  $F_V/F_M$  ( $\phi P_o$ ) максималды кванттық шығымы жеткілікті жоғары деңгейде екенін көрсетті (0,58–0,62) (кесте 2). *C. vulgaris* SP BB-2 штаммында басқа дақылдармен салыстырғанда бұл параметрдің шамалы жоғарылауы байқалады.

Кесте 2 – Әртүрлі ортада өскен микробалдырлар штамдарының 3-ші күнгі индукциялық және жарық флуоресценция қисықтарының параметрлері

| Флуоресценция параметрлері | <i>C. vulgaris</i> SP BB-2      | <i>P. kessleri</i> Bh-2 | <i>C. reinhardtii</i> CC-124 |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------------|
|                            | Балық шаруашылығының қалдық суы |                         |                              |
| $F_V/F_M$                  | 0.64±0.01                       | 0.62±0.01               | 0.59±0.02                    |
| $V_J$                      | 0.55±0.01                       | 0.56±0.01               | 0.6±0.01                     |
| $\phi_{E_o}$               | 0.27±0.01                       | 0.26±0.01               | 0.25±0.01                    |
| $ABS/RC$                   | 4.51±0.09                       | 4.76±0.12               | 5.19±0.11                    |
| $PI_{ABS}$                 | 0.29±0.03                       | 0.23±0.02               | 0.21±0.03                    |
| $ETR_{max,}$               | 142±2.1                         | 138±1.6                 | 134±2.1                      |
| $\alpha$                   | 0.23±0.01                       | 0.21±0.01               | 0.2±0.01                     |
|                            | Тамия қоректік ортасы           | Тамия қоректік ортасы   | L2-min қоректік ортасы       |
| $F_V/F_M$                  | 0.62±0.01                       | 0.58±0.02               | 0.58±0.01                    |
| $V_J$                      | 0.56±0.02                       | 0.62±0.01               | 0.65±0.03                    |
| $\phi_{E_o}$               | 0.23±0.02                       | 0.26±0.02               | 0.2±0.03                     |
| $ABS/RC$                   | 5.1±0.11                        | 5.14±0.09               | 5.95±0.2                     |
| $PI_{ABS}$                 | 0.21±0.05                       | 0.19±0.03               | 0.17±0.04                    |
| $ETR_{max,}$               | 124±1.9                         | 120±1.6                 | 119±1.6                      |
| $\alpha$                   | 0.22±0.01                       | 0.2±0.01                | 0.17±0.02                    |
|                            | Ұңғыма суы                      |                         |                              |
| $F_V/F_M$                  | 0.49±0.02                       | 0.42±0.03               | 0.43±0.02                    |
| $V_J$                      | 0.71±0.03                       | 0.66±0.02               | 0.68±0.01                    |
| $\phi_{E_o}$               | 0.14±0.01                       | 0.14±0.02               | 0.14±0.01                    |
| $ABS/RC$                   | 7.21±0.51                       | 8.28±0.32               | 7.81±0.44                    |
| $PI_{ABS}$                 | 0.05±0.01                       | 0.05±0.01               | 0.05±0.01                    |
| $ETR_{max,}$               | 94±1.7                          | 84±1.6                  | 83±1.5                       |
| $\alpha$                   | 0.17±0.01                       | 0.14±0.01               | 0.14±0.02                    |

Қалдық суларда бұл параметр дақылдаудың үшінші тәулігінде *C. vulgaris* SP BB-2 штамының Тамия қоректік ортасымен салыстырғанда айтарлықтай жоғарылағанын көрсетеді. Сонымен қатар, балдырлардың әр түрлі



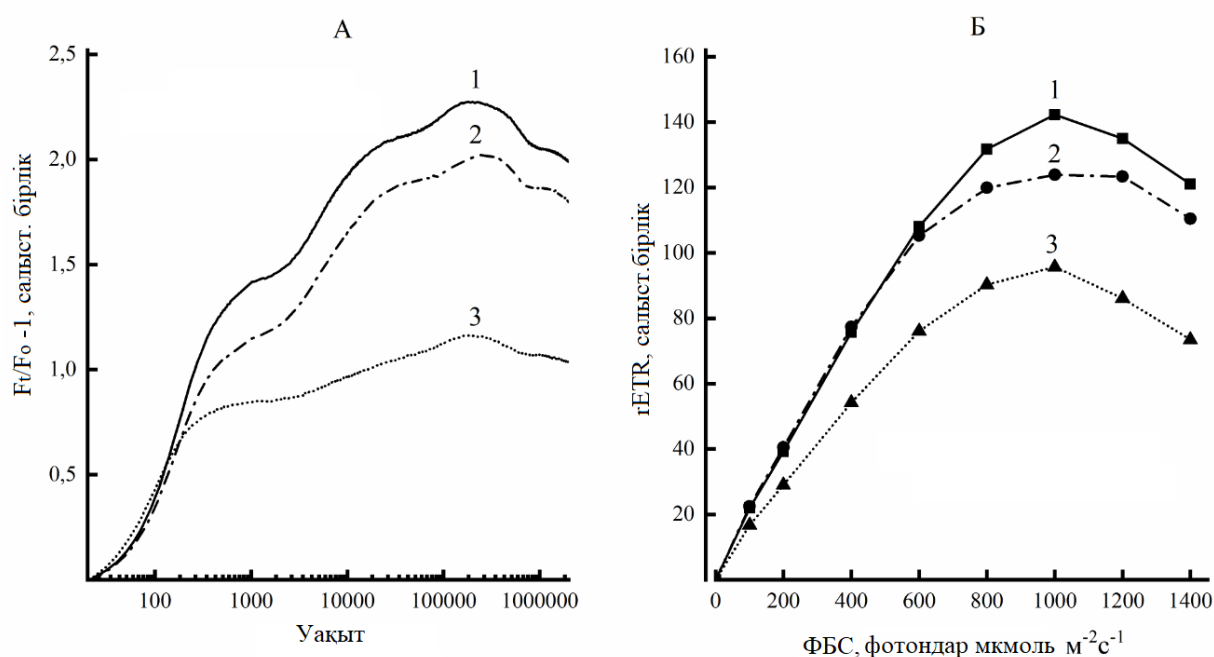
штамдарының суспензияларының сіңіру спектрлерінде айтарлықтай ерекшелік байқалмады (деректер ұсынылмаған), бұл ағынды сулардың пигментті аппаратқа әсерінің жоқтығын көрсетеді. Өте ұзақ өсіру кезінде (10–20 тәулік) FV/FM мәнінің төмендеуі байқалды, бұл қалдық сулардағы биогендік элементтердің микробалдырлардың тұтынуымен сарқылуына байланысты. Микробалдырларды құрамында биогендік элементтері төмен ұңғымадан алынған су үлгілерінде өсіргенде, микробалдырлардың барлық штамдарында FV/FM параметрі айтарлықтай төмендеді (кесте 2).

Зертханалық ортада және балық шаруашылығының қалдық суларында өсірілген микробалдырлардың штамдарында флуоресценцияның индукциялық қисығы әдебиетте сипатталған қисыққа сәйкес келді [127, 128, 129]. 3-суретте *C. vulgaris* SP BB-2 микробалдырларының қалдық су мен Тамия қоректік ортасына, сондай-ақ ұңғыма суларындағы флуоресценция индукциясының кинетикасы көрсетілген. Жоғары қарқынды жарыққа жауап ретінде флуоресценция индукциясы кинетикасында O-J-I-P ауысулары деп аталатын бірнеше кезең байқалады [127]. Бастапқы O деңгейі ФСII (QA) барлық бастапқы акцепторлары тотыққанда «ашық» ФСII RCs ( $F_0$ ) кезіндегі хлорофилл флуоресценциясының қарқындылығына сәйкес келеді. O-J фазасы жарықпен индукцияланған QA азаюына байланысты, ал келесі фазалар негізінен QB акцепторлары мен хинон пулының азаюы нәтижесінде оның қайта тотығуының төмендеуіне байланысты төмендеген QA-ның одан әрі жинақталуын көрсетеді [128,129]. Біздің нәтижелеріміз бойынша балық шаруашылығының қалдық суларында өсірілген *C.vulgaris* SP BB-2 микробалдырлар штаммында фотосинтез кезінде жарық энергиясын пайдаланумен байланысты фотохимиялық сөндіру фазасы (J-I-P) жоғарылаған. Микробалдырларды ұңғыма суында өсіргенде бұл фаза айтарлықтай азаяды, бірақ O-J фазасы жоғарылайды, бұл QA акцепторынан электрондардың шығуының азайғанын көрсетеді. JP сынағы арқылы есептелген O-J-I-P кинетикалық қисығының параметрлері 2-кестеде берілген. Қалдық суда және зертханалық ортада өсетін микробалдырлардың штамдары үшін барлық параметрлер ұқсас екені анықталды. Балық шаруашылығының қалдық суларында өсіргенде ФСII ( $\phi_{E_0}$ ) және *C. vulgaris* SP BB-2 өнімділік индексі ( $PI_{ABS}$ ) электронды тасымалдаудың кванттық шығымдылығының жоғарылауы байқалды.

$PI_{ABS}$  көрсеткіштері сіңірілген энергияға (ABS) қарайтын ФСII функционалдық белсенділігі болып табылады және қоршаған ортаның әртүрлі факторларына жоғары сезімталдықпен сипатталады [129]. Қалдық сулардағы *C. vulgaris* SP BB-2 штаммындағы бұл көрсеткіштердің жоғарылауы VJ көрсеткіштері мәнінің төмендеуімен (O-J фазасының салыстырмалы амплитудасы) қатар жүреді, бұл мүмкін, жұтылған жарыққа қатысты ФСII реакция орталықтарының белсенді үлес салмағының ұлғаюымен байланысты болуы мүмкін [128]. Микробалдырлардың барлық штамдарын ұңғыма суында өсіргенде,  $\phi_{E_0}$  параметрлері және  $PI_{ABS}$  өнімділік индексі төмендеді, әсіресе  $PI_{ABS}$  және сәйкесінше ABS/RC және VJ параметрлері жоғарылады. Бұл ұңғыма

суында өсетін микробалдырлардың фотосинтез реакцияларының нашарлағанын растайды.

Микробалдырлардың жарық жүктемесіне реакциясын зерттеу үшін флуоресценция көрсеткіштерінің жарық қисықтары тіркелді. Флуоресценция көрсеткіштерінің жарық қисықтарын өлшеу әдістемесі қазіргі уақытта фотосинтездің экологиялық-физиологиялық зерттеулерінде белсенді қолданылады [126,147]. 4-суретте қалдық суларда, Тамия қоректік ортада және ұңғыма суында өсірілген *C. vulgaris* SP BB-2 микробалдырларының штаммының циклдік емес электрон тасымалдауының (rETR) салыстырмалы жылдамдығының кинетикасы көрсетілген. Суреттен көрініп тұрғандай, бұл штамм аквакультура қалдық суларында өсіргенде, циклдік емес электрондардың тасымалдану жылдамдығы артады, ал ұңғыма суында өсіргенде ол төмендейді.



Сурет 4 – Балық шаруашылығының қалдық суларында (1), Тамия ортасында (2) және ұңғыма суларында (3) өскен *C. vulgaris* SP BB-2 микробалдыр штаммының флуоресценция индукциясы (а) және салыстырмалы жылдамдығы (rETR) (б) ФБС- фотосинтетикалық белсенді сәулеленуді білдіреді.

rETR жарық қисықтарынан салыстырмалы максималды электрон тасымалдау жылдамдығы (ETRmax) және жарық энергиясын максималды пайдалану коэффициенті ( $\alpha$ ) есептелді (кесте 2). *C. vulgaris* SP BB-2 штаммында қалдық суда өсірілгенде Тамия ортасымен салыстырғанда, бұл көрсеткіштердің жоғарылауы байқалды, бұл флуоресценция индукциясы қисықтарынан жазылған электрон тасымалдау тізбегіндегі өзгерістерге сәйкес келеді. Микробалдырлардың барлық штаммдарында ұңғыма суда өсіргенде бұл көрсеткіштердің барлығы төмендеді.

Қалдық суларда *C. vulgaris* SP BB-2 штаммының жоғары өсу қарқыны биомасса өсімінің талдауымен расталды (кесте 3). Ұңғыма суында тиісінше, *C.*

*vulgaris* SP BB-2, *P. kessleri* Bh-2 және *C. reinhardtii* CC-124 штамдарын өсіргенде 1,51, 1,49 және 1,25 г/л мәндерімен биомассаның төмен өсуі байқалды.

Кесте 3 – Микробалдырлар штамдарының биомассасының әртүрлі ортада дақылдау барысында биомасса жинау көрсеткіші, 14 тәуліктен кейін

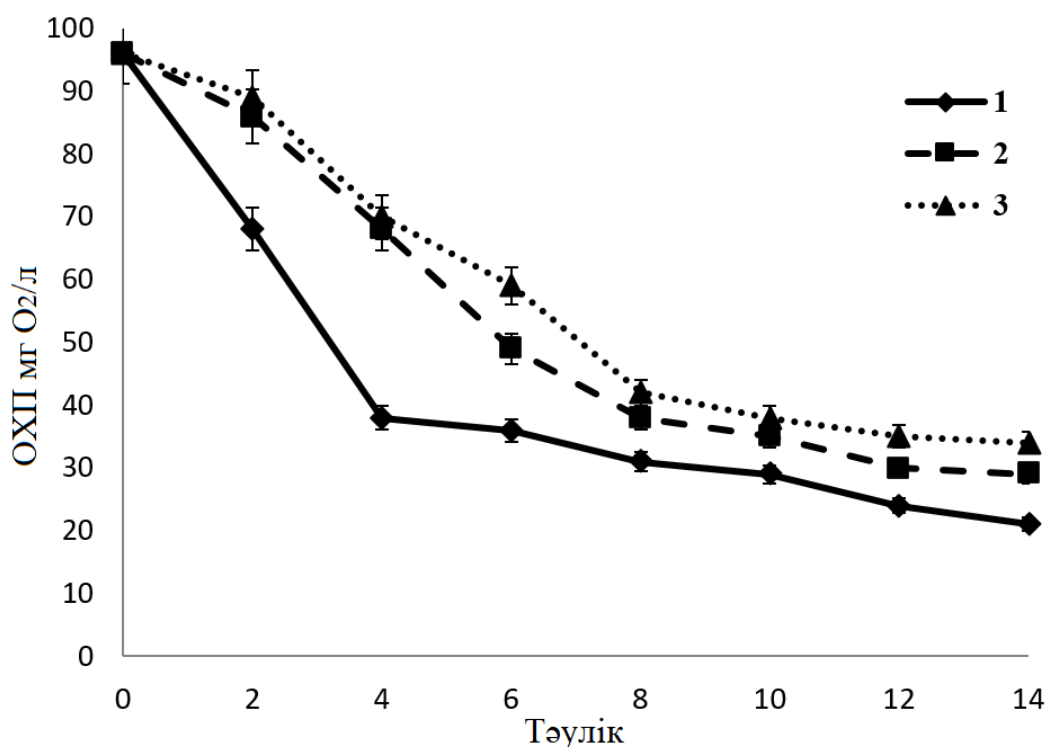
| Микробалдырларды дақылдау ортасы | Микробалдырлар биомассасы, г/л |                         |                              |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|
|                                  | <i>C. vulgaris</i> SP BB-2     | <i>P. kessleri</i> Bh-2 | <i>C. reinhardtii</i> CC-124 |
| Балық шаруашылығың қалдық суы    | 2.89±0.01                      | 2.38 ±0.01              | 2.25±0.01                    |
| Зертханалық орта                 | 2.47±0.01                      | 2.45±0.01               | 2.42 ±0.01                   |
| Ұңғыма суы                       | 1.51±0.03                      | 1.49±0.01               | 1.25±0.01                    |

Зертханалық орталарда биомассаның жоғарылауы *C. vulgaris* SP BB-2 үшін 2,47 г/л, *P. kessleri* Bh-2 үшін 2,45 г/л және *C. reinhardtii* SS-124 үшін 2,42 г/л болды. Зерттеуге алынған микробалдырлар дақылдарының арасынан *C. vulgaris* SP BB-2 штаммы балық шаруашылығының қалдық суларында өскен кезде биомасса бойынша ең жоғары өнімділікті көрсетті. Алынған нәтижелер балық шаруашылығының қалдық суларын *C. vulgaris* SP BB-2 микробалдырларының биомассасының жинақталуы үшін қоректік орта ретінде тиімді пайдалануға болатынын көрсетеді.

### 3.1.3 Балық шаруашылығының қалдық суларын микробалдырлардың көмегімен тазалау мүмкіндігі

Ластанған қалдық суларды тазалау үшін микробалдырлардың штамдарын таңдауда маңызды критеридің бірі ластаушы заттардан тазалау тиімділігі болып саналады. Бұл үдеріс негізінен ортадағы органикалық көміртекті, азотты және фосфорды жасушаның тұтынумен байланысты [149]. Балық шаруашылығының қалдық суларын тазалаудағы микробалдырлар штамдарының тиімділігін бағалау үшін ОХП (оттегіні химиялық пайдалану), аммоний азоты және фосфор концентрациясы сияқты көрсеткіштер өлшенді. Зерттеу нәтижелері бойынша микробалдырлардың барлық дақылдары өсіру кезінде балық шаруашылығы қалдық суларын органикалық және биогенді заттардан тазарту мүмкіндігін көрсетті.

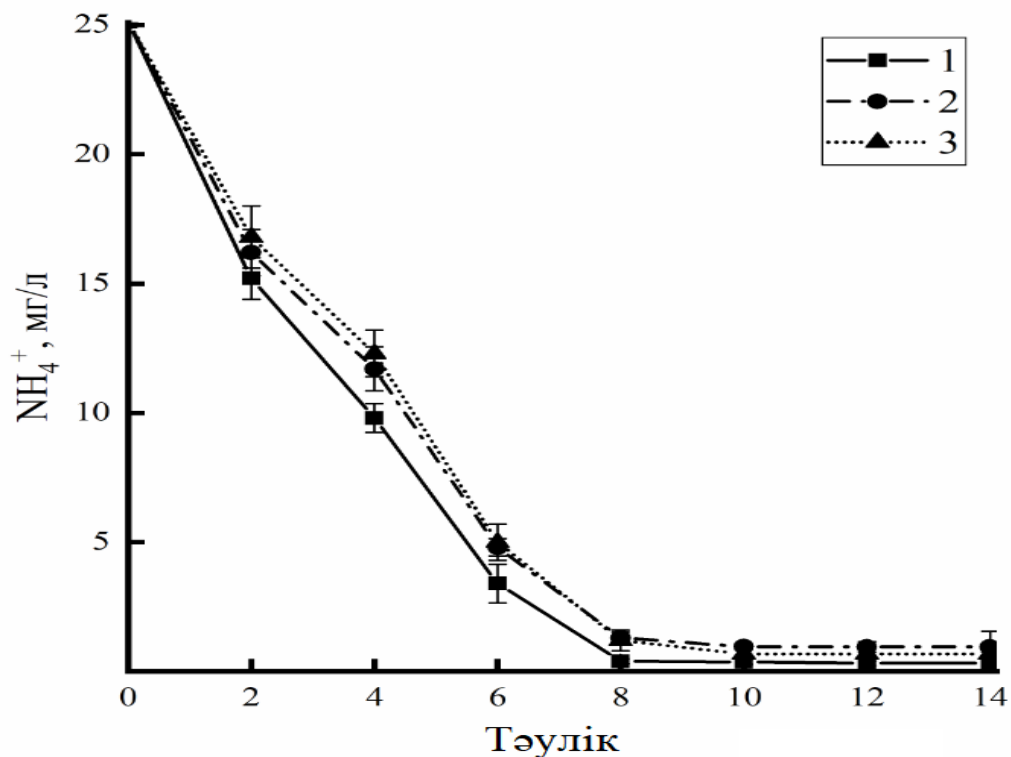
ОХП қалдық су құрамындағы органикалық заттардың болуының жанама көрсеткіші болып саналады. 5-суреттегі мәліметтерден микробалдырлардың зерттелген барлық штамдары болған жағдайда ОХП көрсеткіші төмендегені анықталды. Бірақ ең жоғары тиімділікті *C. vulgaris* SP BB-2 штаммы көрсетті.



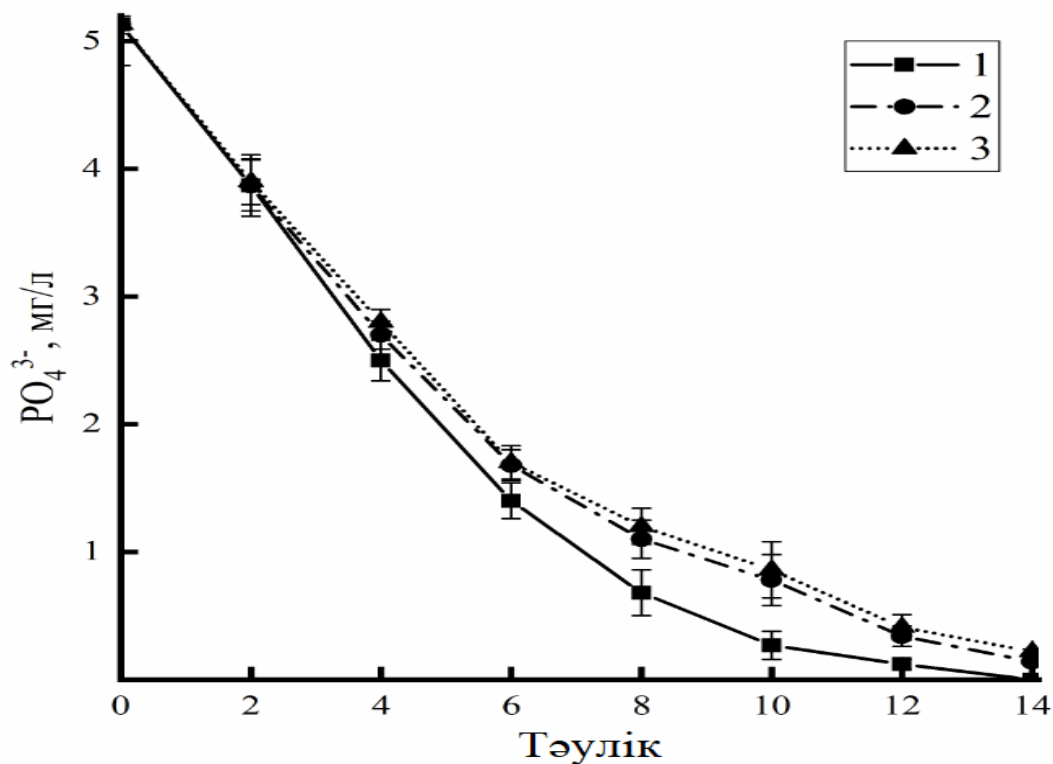
Сурет 5 – Микробалдырлар штаммдарының балық шаруашылығының қалдық суларында өсіру кезіндегі ОХП көрсеткішінің динамикасы, *C. vulgaris* SP BB-2 (1), *C. reinhardtii* CC-124 (2) және *P. kessleri* Bh-2 (3)

Микробалдырлар азотты аммиак, нитрит, нитрат және мочеви́на түрінде сіңіруге қабілетті, бірақ микробалдырлар үшін азот көзі ретінде аммоний азоты оңтайлы болып саналады [150,151]. Зерттеулеріміздің келесі кезеңінде микробалдырлардың ластанған қалдық су құрамындағы аммоний азотын сіңіру мүмкіндігі зерттелді (сурет 6). Барлық зерттеуге алынған микробалдырлар аммоний азотын сіңіруде жоғары белсенділік көрсетті. Аммоний азотының дақылдау ортасынан толық сіңірілуі барлық зерттеуге алынған микробалдырларды дақылдаудың 8 тәулігінде тіркелді.

Фосфор микробалдырлардың өсуіне әсер ететін тағы бір маңызды микроэлементтердің бірі болып табылады [152]. Ортофосфат түріндегі фосфор концентрацияларының өзгеруі 6-суретте көрсетілген.



Сурет 6 – Балық шаруашылығының қалдық суларында микробалдырлар штаммдарын өсіру кезінде  $\text{NH}_4^+$  концентрациясының өзгеруі *C.vulgaris* SP BB-2 (1), *C. reinhardtii* CC-124 (2) және *P. kessleri* Bh-2 (3)



Сурет 7 – Балық шаруашылығының қалдық суларында микробалдырлар штаммдарын өсіру кезінде  $\text{PO}_4^{3-}$  концентрациясының өзгеруі *C.vulgaris* SP BB-2 (1), *C. reinhardtii* CC-124 (2) және *P. kessleri* Bh-2 (3)

Барлық штаммдарда өсірудің алғашқы 6 тәулігінде ортофосфат түріндегі фосфордың сіңірілуі салыстырмалы болды және бастапқы мәннен >75% құрады. Ал дақылдаудың 14-ші тәулігіне қарай *C. vulgaris* SP BB-2 үшін бұл көрсеткіш 100% құрады. Алынған нәтижелер бойынша зерттеуге алынған микробалдырлардың барлық штаммдары балық шаруашылығының қалдық су құрамындағы фосфат және аммиакты тазалауда жоғары жылдамдықты көрсетті, алайда зерттеуге алынған микробалдырлар арасынан *C. vulgaris* SP BB-2 штамы ең жоғары тиімділікті көрсетті.

### **3.1.4 Балық шаруашылығы қалдық суларының микробтық құрамына микробалдырлардың әсері**

Балық шаруашылығын дамытудың барлық бағыттарында су маңызды орын алады. Су балықтың тіршілік ету ортасы ғана емес, сонымен қатар балық үшін азық-түлік базасы құрылатын су объектілерінің биоөнімдік үдерістерінің негізі болып саналады. Су объектілерінің экологиялық жағдайын бағалау кезінде су сапасының негізгі және интегралдық көрсеткіштерін пайдалану қажет. Микроорганизмдер су объектілерінің экологиялық жағдайының өзгерістеріне тез жауап бере алатын экожүйенің ақпараттық компоненттерінің бірі, сондықтан су ортасының санитарлық жағдайын, судың сапасын сипаттайтын объект ретінде қолданылады. Сутоғандарының ластану дәрежесін анықтау, сондай-ақ балық шаруашылығында суды мақсатты қолдану үшін судың сапасын бағалау кезінде химиялық және биологиялық әдістермен қатар бактериологиялық бақылау әдістері де қолданылады. Балық шаруашылығы тоғандарында бактериялардың саны жоғары болады, себебі, балықты жасанды қоректендіру кезінде қалдық жемнің көп мөлшері тоғанда жиналады, ол өз кезегінде ыдырамаған органикалық заттардың сутоғанында жиналып, экологиялық жағдайдың нашарлауына әкеледі де, патогенді бактериялардың жинақталуы мен дамуына жағдай жасалады. Балық шаруашылығының қалдық суларындағы бактериялардың жалпы санын анықтау органикалық заттардың концентрациясын, өнімділігін, су объектілерінің санитарлық жағдайын және органикалық заттардың минералдану дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді. Сондықтан сутоғандарының бактериялық ластануы туралы ақпарат практикалық қызығушылық тудырады.

Микробалдырлар табиғи су жүйелерінде әр түрлі формада және концентрацияда кездеседі. Бірақ ластанған суларды тазалау мақсатында микробалдырларды жаппай дақылдау қажет. Ластанған қалдық суларда микробалдырларды жаппай дақылдау арқылы дәстүрлі қолданылатын су тазарту жүйелерін толықтыруға немесе алмастыруға мүмкіндік беретін арзан және экологиялық қолайлы технологияны ұсынуға болады. Сондықтан микробалдырлардың балық шаруашылығының қалдық суларының микробиологиялық сипаттамасына әсерін зерттеу өзекті мәселелердің бірі болып саналады. Зерттеу жұмысымыздың келесі кезеңінде *C. vulgaris* SP BB-2 микробалдыр штаммының балық шаруашылығының су тоғандарының қалдық суларының санитарлық-микробиологиялық жағдайына әсерін зерттеу жүргізілді.

*Микробалдырларды өсіруге дейінгі балық шаруашылығы тоғандарының микробиологиялық сипаттамасы*

Микробалдырларды өсіруге дейін және одан кейін Саймасай балық шаруашылығының тилипия (*Oreochromis niloticus*) және бекіре (*Acipenser gueldenstaedtii*) балықтары өсірілетін тоғандарынан алынған су үлгілеріне микробиологиялық зерттеулер жүргізілді. Іріктелген сынамалардан ЖМС мен шартты патогенді микроорганизмдерді анықтау үшін үш реттік қайталамада элективті және жалпы мақсатта қолданылатын қоректік орталарға егу жүргізілді.

Бекіре (*Acipenser gueldenstaedtii*) балығы өсірілген су тоғанынан алынған су үлгілері ортаның әлсіз сілтілі реакциясына ие болды, рН мәні 7,6 құрайды. Су сынамалары балық шаруашылығына тән иістерге ие және бес балдық жүйе бойынша беске бағаланды. Бекіре балығының сутоғандары химиялық құрамы бойынша келесі сипаттамаға ие, тотығуы 28,8 мг/ O<sub>2</sub>, аммиак -3,7 мг/л, нитрит – 5,3 мг/л, нитрат – 5,7 мг/л және фосфат – 4,52 мг/л, оттегіні биохимиялық пайдалану көрсеткіші (ОБП<sub>5</sub>) – 10,2 мг/O<sub>2</sub>/л.

Тилипия балығы өсірілген сутоғанынан алынған су үлгілері әлсіз сілтілі, орта рН 7,6 тең болды. Исі бойынша бес балдық жүйемен иісін бағалау бойынша төртке бағаланды. Тилипия балығының сутоғандары химиялық құрамы бойынша келесі сипаттамаға ие, тотығуы 15,2 мг/ O<sub>2</sub>, аммиак -2,3 мг/л, нитрит – 3,6 мг/л, нитрат – 3,8 мг/л және фосфат – 4,24 мг/л, оттегіні биохимиялық пайдалану көрсеткіші (ОБП<sub>5</sub>) – 8,5 мг/O<sub>2</sub>/л.

Зерттеуге алынған балық шаруашылық тоғандарының қалдық сулары тилипия мен бекіре шаруашылығына келіп құйылатын судың жалпы талаптарымен салыстырғанда құрамындағы орғано-минералды заттардың жоғары болуымен сипатталады.

Суды санитарлық-бактериологиялық зерттеу нәтижелері бойынша бекіре балығының су тоғанынан алынған су ластануының екінші дәрежесіне жатқызылды (кесте 4). Зерттеу барысында коли индексі – 10 тең болды, судан аэромонада мен псевдомонадалар анықтады. ЖМС -  $6,4 \times 10^5$  КТБ/см<sup>3</sup> тең болды.

Ұқсас нәтиже тилипия балығының сутоғанынан алынған су сынамаларында да байқалды, мұнда ластану дәрежесі бойынша су ластанудың екінші дәрежесіне жатқызылды, коли - индексі – 10-ға тең болды, ЖМС  $5,6 \times 10^5$  КТБ/см<sup>3</sup>, сынамаларда аэромонадалар мен псевдомонадалар да анықталды (кесте 4).

Кесте 4 – Саймасай балық шаруашылығы тоғандар суының санитарлық-бактериологиялық талдауы

| Зерттеу объектісі | ЖМС КТБ/см <sup>3</sup> | Коли - индекс | Аэромонадтар | Псевдомонадтар | Судың тазалық санаты |
|-------------------|-------------------------|---------------|--------------|----------------|----------------------|
| Бекіре тоғаны     | $6,4 \times 10^5$       | 10            | +            | +              | 2                    |
| Тилипия тоғаны    | $5,6 \times 10^5$       | 10            | +            | +              | 2                    |

Екі тоғанның микрофлорасының морфологиялық құрамында таяқшалар тобы басым болды, олардың орташа мөлшері бактериялардың жалпы санының 96%, кокка тәрізділердің мөлшері 3% құрады.

Микробиологиялық егу жүргізу нәтижесінде колониялардың әртүрлі морфотиптерімен бактериялардың 14 изоляты таза дақыл ретінде оқшауланды. Дақылды-морфологиялық қасиеттерді зерттеу кезінде 14 дақылдың 10 дақылы грам-теріс бактериялар және 4 -грам оң бактериялар екені анықталды. Бөлініп алынған изоляттардың көпшілік бөлігі (11 изолят) каталазды белсенділікке ие болды. Жылжуына микробиологиялық зерттеулер жүргізу барысында 9 микроб дақылдары жылжуға қабілетті екені анықталды. Микроорганизмдердің оқшауланған дақылдарының дақылдық – морфологиялық және кейбір биохимиялық қасиеттерінің толық сипаттамасы 5-кестеде келтірілген. Биохимиялық сынақтардың нәтижелері бойынша бөлініп алынған микроорганизмдердің ферментативті қасиеттеріне талдау жүргізілді. Глюкозадан қышқылды 9 дақыл, мальтозадан -7, арабинозадан -5, сахарозадан-5 дақыл түзетіні анықталды.

Кесте 5 – Оқшауланған микроорганизмдердің дақылдық-морфологиялық және биохимиялық қасиеттері

| Көрсеткіштері |                   | Бөлініп алынған таза изоляттар |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
|---------------|-------------------|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
|               |                   | 1                              | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1.            | Жасуша формасы    | т                              | т | к | т | к | т | т | т | к | т  | т  | т  | т  | т  |
| 2.            | Грам бойынша бояу | -                              | - | + | - | + | - | - | - | + | +  | -  | -  | -  | -  |
| 3.            | Жылжу             | +                              | + | - | + | - | + | - | + | - | +  | +  | +  | +  | -  |
| 4.            | Спора түзу        |                                | - | - |   | - |   | - |   | - | +  | -  |    |    | -  |
| 5.            | Оксидазаға тест   | +                              | + | - |   |   | - | - | - | - |    | -  | -  |    | +  |
| 6.            | Каталазаға тест   | +                              | + | + |   | - | + | + | + | + | +  | +  | +  |    | +  |
| 7.            | Желатин гидролизі | +                              | - |   | + |   | + |   |   | + |    |    | -  | +  | -  |
| Қышқыл түзу:  |                   |                                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 8.            | Глюкоза           | +                              |   | + | + |   | + | + | + | + |    |    |    | +  | +  |
| 9.            | Лактоза           | -                              |   | - |   |   |   |   | + | + |    |    |    |    | +  |
| 10.           | Сахароза          | +                              |   | + |   |   |   |   | + |   |    |    | -  | +  | +  |
| 11.           | Мальтоза          | +                              |   | + |   |   |   |   | + |   |    | +  | +  | +  | +  |
| 12.           | Манноза           | +                              |   |   |   |   |   |   |   | + |    | +  |    |    |    |
| 13.           | Арабиноза         | -                              |   | + | + |   |   | + |   |   |    | +  | +  |    | -  |

Ескерту: т-таяқша, к-кокка, +-оң, - теріс

Дақылдық-морфологиялық және биохимиялық идентификациялау мәліметтері бойынша бөлініп алынған изоляттар келесі бактерия туыстарына жатқызылды: *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Staphylococcus*, *Enterobacter*, *Sarcina*,



*Pseudomonas, Acinetobacter, Proteus, Micrococcus, Bacillus, Escherichia, Citrobacter, Serratia, Flavobacterium.*

Балық шаруашылық сутоғандарындағы бактериялық белсенділік балықтарды өсіру технологиясымен байланысты органикалық заттардың санына тәуелді. Әсіресе балықтарды жасанды қоректену кезінде сутоғандарында толық пайдаланбаған жем қалдықтары жиналып, бактериялардың саны өте жоғары көрсеткіштерге ие болады да, экологиялық жағдайдың нашарлауына алып келеді. Сондықтан органикалық қосылыстардың минералдануының бастапқы кезеңінің көрсеткіші ретінде микроорганизмдердің әртүрлі физиологиялық топтарының сандық сипаттамалары қызмет ете алады. Микроорганизмдердің физиологиялық топтарының сандық көрсеткіштері сутоған түріне және антропогендік жүктемеге тәуелді болады.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесі бойынша азот айналымына қатысатын микроорганизмдердің арасынан зерттелген сутоғандарында аммонификациялаушы бактерия топтары басым болды және тилипия балығының сутоғанында 220 мың кл/мл, бекіре балығының су тоғанынан су үлгілерінде -180 мың кл/мл болды. Денитрификациялаушы бактериялардың саны тилипия балығының су үлгісінде 18 мың кл/мл, ал бекіре балығының су үлгісінде 17,5 мың кл/мл болды (кесте 6). Нитрификациялаушы бактериялардың саны аммонификациялаушы және динитрификациялаушы микроорганизмдермен салыстырғанда аз болды.

Зерттеуге алынған екі балық сутоғандарындағы органикалық заттардың трансформациясына қатысатын бактериялардың саны бойынша алынған деректер бойынша амилолитикалық бактериялар тобы басым болды, ең азы бактериялар тобы липолитикалық бактерия топтары болды.

Протеолитикалық бактериялардың зерттелген сутоғандарында басым болуын балыққа берілген жемдегі көмірсулардың көп мөлшерімен түсіндіруге болады. Зерттеу нәтижелері бекіре және тилипия балықтарының сутоғандарындағы органикалық заттардың жоғарғы концентрациясын және шірік микрофлораның жоғары белсенділігін көрсетеді.

Кесте 6 – Балық шаруашылығы сутоғандарындағы бактериялардың әртүрлі физиологиялық топтарының сандық қатынасы

| №  | Көрсеткіштер                | Бактерия саны (мың. кл/мл) |                           |
|----|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|    |                             | Тилипия балығының сутоғаны | Бекіре балығының сутоғаны |
| 1. | Аммонификаторлар            | 220±0,002                  | 180±0,001                 |
| 2. | Денитрификаторлар           | 18±0,002                   | 17,5±0,001                |
| 3. | Нитрификаторлар             | 0,7±0,001                  | 0,76±0,001                |
| 4. | Протеолитикалық бактериялар | 32±0,003                   | 35±0,003                  |
| 5. | Амилолитикалық бактериялар  | 170±0,002                  | 158±0,002                 |

|    |                           |           |           |
|----|---------------------------|-----------|-----------|
| 6. | Липолитикалық бактериялар | 7,5±0,002 | 7,2±0,002 |
|----|---------------------------|-----------|-----------|

Бекіре және тияпия балықтарының сутоғандарынан алынған суларда аммонификациялаушы, денитрификациялаушы және амилолитикалық бактериялардың топтары басым, ал бірінші фазалық нитрификаторлар саны төмен көрсеткіштерді көрсетті. Бұл зерттелген сутоғандарында микробиологиялық режимнің нашарлығын және шіру үдерістерінің жоғары қарқындылығын және сутоғандардың құрамында азоты бар органикалық қосылыстармен ластанғандығын дәлелдейді.

*Микробалдырларды дақылдаудан кейінгі балық шаруашылығы тоғандарының микробиологиялық сипаттамасы*

Микробалдырларды дақылдаудан кейінгі зерттеуге алынған балық шаруашылық тоғандарының суын санитарлы-бактериологиялық талдау жасау нәтижелері бойынша коли-индекс көрсеткіші 5 -ке дейін төмендегені және аэромонадтар мен псевдомонадалардың толық жойылғаны анықталды. ЖМС көрсеткіштері тияпия балығының сутоғаны үшін  $1,2 \times 10^3$  КТБ/см<sup>3</sup>, және бекіре балығының сутоғаны үшін  $1,8 \times 10^3$  КТБ/см<sup>3</sup>, болды (кесте 7).

Кесте 7 – *Chlorella vulgaris* SP BB-2 дақылдаудан кейінгі Саймасай балық шаруашылығының сутоғандарының суын санитарлық-бактериологиялық талдау

| Зерттеу объектісі | ЖМС КТБ/см <sup>3</sup> | Коли - индекс | Аэромонадтар | Псевдомонадтар | Судың тазалық санаты |
|-------------------|-------------------------|---------------|--------------|----------------|----------------------|
| Тияпия тоғаны     | $1,8 \times 10^3$       | 5             | -            | -              | 1                    |
| Бекіре тоғаны     | $1,2 \times 10^3$       | 5             | -            | -              | 1                    |

Зерттелген екі сутоғанының микрофлорасының морфологиялық құрамында таяқша тәрізді микроорганизмдердің саны азайып, кокка тәрізді бактериялардың топтарының саны жоғарлады. Микробиологиялық егулер нәтижесінде таза дақыл ретінде келесі бактериялардың топтары бөлініп алынды: *Sarcina*, *Acinetobacter*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Flavobacterium*.

Микробалдырларды өсіргеннен кейін балық шаруашылығының сутоғандарындағы микроорганизмдердің физиологиялық топтарының да арақатынасының өзгеруі анықталды. Нитрификациялаушы микроорганизмдермен салыстырғанда аммонификациялаушы және денитрификациялаушы бактериялардың саны айтарлықтай төмендеді (кесте 8).

Кесте 8 – *Chlorella vulgaris* SP BB-2 дақылдаудан кейінгі балық шаруашылығы сутоғандарындағы бактериялардың әртүрлі физиологиялық топтарының сандық қатынасы

| № | Көрсеткіштер                   | Бактерия саны (мың. кл/мл)    |                              |
|---|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|   |                                | Тиляпия балығының<br>сутоғаны | Бекіре балығының<br>сутоғаны |
| 1 | Аммонификаторлар               | 96±0,002                      | 98±0,002                     |
| 2 | Денитрификаторлар              | 2,5±0,001                     | 3,1±0,001                    |
| 3 | Нитрификаторлар                | 155,5±0,002                   | 157±0,002                    |
| 4 | Протеолитикалық<br>бактериялар | 1,2±0,001                     | 1,5±0,001                    |
| 5 | Амилолитикалық<br>бактериялар  | 0,8±0,001                     | 0,8±0,001                    |
| 6 | Липолитикалық<br>бактериялар   | -                             | -                            |

Микробалдырларды балық шаруашылығының сутоғандарына өсіргеннен кейін нитрификациялаушы микроорганизмдердің санының едеуір өскені су құрамындағы аммонификация үдерісінен кейінгі жартылай ыдыраған органикалық қалдықтардың құрамының жоғарлағанын көрсетеді. Нитрификация үдерісі органикалық ластануға жауап ретінде сутоғандарда қарқынды өзіндік тазалау механизмі жүзеге асыратыны белгілі. Нитрификация үдерісінің жүзеге асуы үшін ортада оттегінің болуы міндетті талап болып саналады. Фототрофты микроорганизмдер өзінің тіршілік етуі барысында ортаны оттегімен қанықтырып нитрификация үдерісінің жүзеге асуы үшін қолайлы жағдай жасайды. Органикалық заттардың трансформациясына қатысатын бактериялардың саны зерттелген екі су тоғанында да айтарлықтай азайғаны анықталды. Майдың ыдырауына қатысатын липолитикалық микроорганизмдер микробалдырларды дақылдаудан кейін өсуі байқалмады.

Сонымен, балық шаруашылығы су ресурстарын пайдаланумен тікелей байланысты және су объектілерінің санитарлық-бактериологиялық жағдайына өте жоғары талаптар қояды. Балық шаруашылығының маңызды мәселелерінің бірі органикалық заттар және олардан алынған нитраттар мен фосфаттар түрінде су жануарларының тіршілік ету өнімдерінің суда біртіндеп жиналуы себебінен су объектілерінің санитарлық-бактериологиялық сипаттамаларының нашарлауы байқалады.

Зерттеу нәтижелері бойынша *C. vulgaris* BB-2 микробалдырларын тиляпия және бекіре балық шаруашылығының қалдық суларында дақылдаудан кейін ортаның микробиологиялық сипаттамасының жақсарғанын байқауға болады, атап айтқанда ЖМС - 70-75% - ға, коли индекс – 5-ке төмендеді. Сонымен қатар азот айналымына және органикалық заттардың трансформациясына қатысатын микроорганизмдердің физиологиялық топтарының саны да өзгерді.

Зерттелген балық шаруашылығының сутоғандарындағы бактериялық фонының өзгерістері су ортасында фототрофты компонентті өсірумен тікелей байланысты, алдымен ортаның оттегімен қанығуы нәтижесінде нитрификация

үдерісіне, сонымен қатар гетеротрофты компонентке қарсы антимикробты әсер етіп ортадағы бактериялардың санының төмендеуіне ықпал етеді.

Ластанған қалдық суларды тазалауда маңызды көрсеткіштің бірі азот пен фосфор болып саналады. Балық шаруашылығының қалдық суларының құрамындағы фосфор микробалдырлар өсіргеннен кейін 87% төмендегені анықталды. Ал аммиак пен нитриттердің концентрациясы 95% және 94,5% төмендеді. Ал нитрат микробалдырларды дақылдаудан кейін толық жойылды (кесте 9).

Кесте 9 – *Chlorella vulgaris* SP BB-2 дақылдаудан кейінгі балық шаруашылығының қалдық суының физика-химиялық және бактериологиялық көрсеткіштері (өсіру кезеңі 12 күн)

| Су сапасының көрсеткіштері    | Бастапқы көрсеткіштер      | Дақылдаудан кейінгі көрсеткіштер | Тазалау пайызы (%) |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------|
| pH                            | 7,0                        | 7,6                              | -                  |
| Аммиак, мг/дм <sup>3</sup>    | 2,3±0,01                   | 0,1±0,01                         | 95                 |
| Нитриттер, мг/дм <sup>3</sup> | 3,6±0,01                   | 0,2±0,01                         | 94,5               |
| Нитраттар, мг/дм <sup>3</sup> | 3,8±0,02                   | 0,1±0,001                        | 95                 |
| Фосфаттар, мг/дм <sup>3</sup> | 4,24±0,01                  | 0,57±0,001                       | 87                 |
| ОБП, мг/дм <sup>3</sup>       | 8,5±0,1                    | 1,5±0,01                         | 82                 |
| ЖМС, КТБ / см <sup>3</sup>    | 6,4x10 <sup>5</sup> ±0,001 | 1,8x10 <sup>3</sup> ±0,001       | 72                 |
| коли индексі                  | 10±0,1                     | 5±0,1                            | 50                 |

Зертханалық дақылдар мен табиғи алгобактериялық бірлестіктердегі микробалдырлар мен бактериялардың өзара әрекеттесуі симбиоздың да, антагонизмнің де элементтерін қамтиды. Әдебиеттерде микробалдырлардың ілеспе микрофлораға кері (теріс) әсері туралы көптеген мәліметтер бойынша микробалдырдың сығындылары шектеуші фактор ретінде әрекет етіп, "қажетсіз" микроорганизмдердің өсуін тежейтін бактериостатикалық немесе бактерицидтік белсенділікті көрсетеді. *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk., *Platymonas viridis* Rouch. и *Nephrochloris salina* микробалдырларының метаболиттерінің антибактериалды әсері бірқатар бактерия *Staphylococcus aureus*, *S. saprophyticus*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Vibrio paracholerae* дақылдарының қатынасында анықталған. Сонымен қатар *Scenedesmus obliquus*, *S. quadricauda* и *Chlorella vulgaris* микробалдырларының дақылдық сұйықтықтарының шартты патогенді бактериялар *Staphylococcus aureus*, *Citrobacter* SP., *Pseudomonas* SP., *Klebsiella* SP. өсуіне кері әсері анықталған.

Микробалдырлар балық шаруашылығы су айдындарының санитарлық жағдайын реттеу үдерісінде айтарлықтай үлес қоса отырып, арзан және экологиялық тұрғыдан қолайлы технологияны ұсына алады. Нәтижесінде

ластанған суды тазалау үдерісіне үлес қосып, әртүрлі қажеттіліктерге, соның ішінде ауыл шаруашылығында жемшөп қоспасы ретінде пайдалануға болатын микробалдырлардың биомассасын алуға мүмкіндік береді.

### **3.2 Балық шаруашылығының қалдық суларында микробалдыр *Chlorella vulgaris* BB-2 өсіру және алынған биомассаның биохимиялық құрамын талдау**

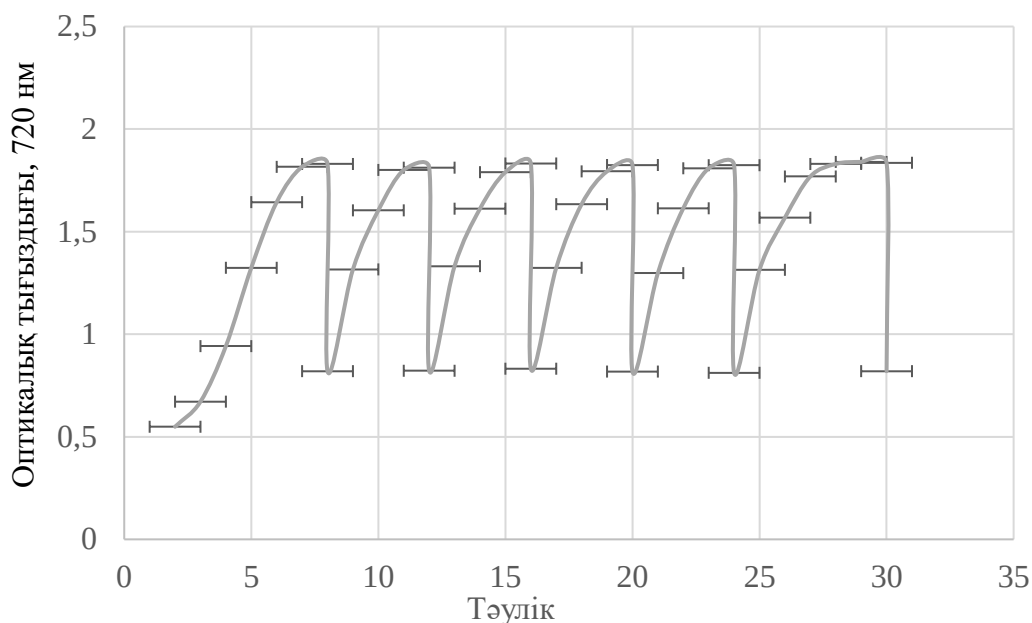
Микробалдырлардың биомассасының химиялық құрамы ақуыздар, көмірсулар, липидтер, дәрумендер, антиоксиданттар, аминқышқылдары, макро- және микроэлементтер, биогаз, сутегі, биоэтанол, биобутанол, биодизель, полиқанықпаған май қышқылдары сияқты құнды коммерциялық маңызды өнімдердің тұтас спектрін алу үшін бағалы өнім болып табылады. Микробалдырларды дақылдау жағдайларын бақылау арқылы құндылығы жоғары биомасса алуға болатындығы анықталды. Бұл жағдайда микробалдыр жасушаларының биомассасының жинақталу деңгейіне және оның биоорганикалық компоненттік құрамына әсер ететін көптеген факторлардың жиынтығын қамтамасыз ету қажет, бірінші таңдалған микробалдыр штаммы, екінші ортадағы жасушалардың бастапқы концентрациясы және өсіру ортасының құрамы, жарық қарқындылығы, үдерістің температурасы сияқты факторлар. Мысалы, дақылдау температурасын 30 дан 25°C төмендету және қоректік орта құрамына 0,75 г/л<sup>1</sup> NaNO<sup>3</sup> қосу микробалдыр жасушаларының өсу жылдамдығына әсер етпейді, бірақ жасуша құрамындағы липидтердің құрамының жоғарлауына алып келеді. Яғни микробалдырларды дақылдауда қажетті биохимиялық құрамды биомассаны арнайы ортада мақсатты түрде дақылдауға болады.

Зерттеу жұмысымыздың келесі бөлімінде балық шаруашылығының қалдық суларында микробалдырларды дақылдау және олардың биохимиялық құрамын зерттеу.

*Chlorella vulgaris* SP BB-2 штаммын дақылдау зертханалық жағдайда балық шаруашылығы сутоғанының сүзгіден өткізілген суында 30 тәулік жүргізілді. Микробалдырлардың биомассасының жоғары өнімділігін сақтау мақсатында дақылдау үдерісін үлкен көлемді (100 л) фотобиореакторда жартылай үздіксіз өсіру әдісімен жүргізілді. Микробалдыр жасушасының бастапқы оптикалық тығыздығы OD<sub>680</sub>-0,5 болатын егу инокулянттары алдын ала дайындалды. Бұл масштабтаудың негізгі міндеті микробалдырлардың пайдалы биомассасының жоғары шығымдылығын сақтау ғана емес, сонымен қатар бейімделу кезеңінің қысқаруымен микробалдырлардың өсіру ұзақтығына байланысты биомасса көлемін ұлғайту болып табылады.

Микробалдырлардың биомассасы өскеннен кейін экзометаболиттермен және қоректік заттардың жетіспеушілігімен жасушалардың өсуін тежеу әсерін азайту үшін биореактордың 2/3 бөлігінің көлемінде өсірілген биомассаны әр 8 тәулік алып, қосымша сүзгіден өткізілген балық шаруашылығының қалдық сулары қосылып отырды. Микробалдырдың оптикалық тығыздығы 8 тәулікте

OD<sub>680</sub>-0,5 -тен OD<sub>680</sub>-1,83±0,08-ге дейін өсті. Микробалдырдың дақылдау ортасынан биомассаны алу және қайтадан сұйылту кезінде оптикалық тығыздық OD<sub>680</sub>-0,82±0,05-ке дейін төмендеді, содан кейін биомасса келесі 96 сағат ішінде оптикалық тығыздығы OD<sub>680</sub>-1,82±0,05 дейін көтерілді (сурет 8). Сұйылту рәсімін тәжірибе барысында 5 рет жүргізілді. Алынған мәліметтерге сәйкес, сұйылтудан кейінгі микробалдыр дақылының өсу динамикасы бұрынғы өсу динамикасын қайталады және микроорганизмдер концентрациясының популяциясының орташа меншікті жылдамдығының тұрақтылығымен бірдей тұрақты шамаға жуық ауытқуымен сипатталды.



Сурет 8 – *Chlorella vulgaris* BB-2 микробалдырларының фотобиореакторда жартылай үздіксіз өсіру арқылы өсу динамикасы

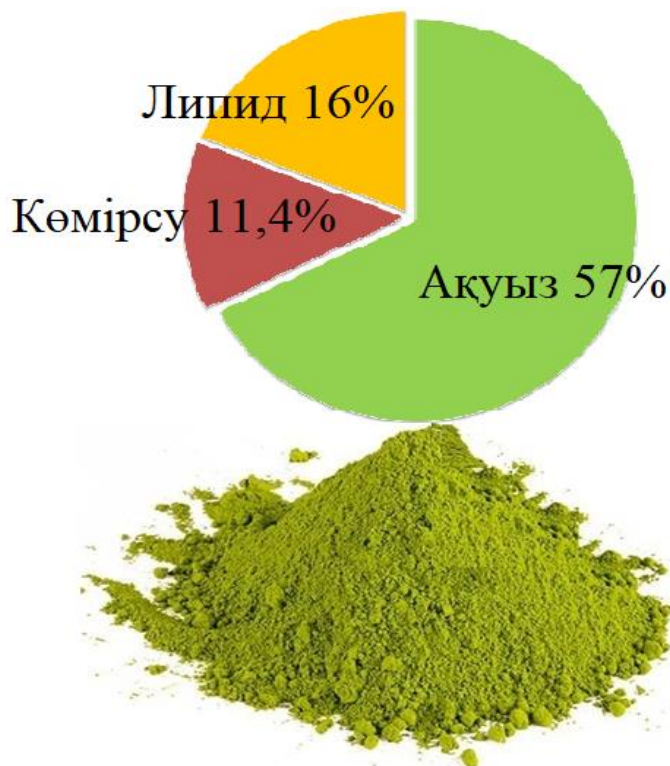
Зерттеу нәтижесінде фотобиореакторда *Chlorella vulgaris* SP BB-2 штамының үздіксіз өсуі байқалды, стационарлық өсу фазасына өтпей, экспоненциалды фаза мен жасуша циклінің сызықтық өсу фазасы ұзартылды. Микробалдыр жасушаларының биомассасы логарифмдік фазада алынып, кептірілді. Өсірудің 30 тәулігінде кейін микробалдыр *Chlorella vulgaris* SP BB-2 штамының құрғақ салмақтың шығымы 43,5 мг L<sup>-1</sup>/ күн<sup>-1</sup> тең болды. Бұл биомасса өнімділігі бойынша алынған көрсеткіш әдеби мәліметтердегі қалалық, өнеркәсіптік ағынды суларды немесе құс шаруашылығының ағынды суларын пайдалып мерзімді өсіру кезінде қол жеткізілген мәліметтерден жоғары немесе оған ұқсас болды [153, 154].

*Chlorella vulgaris* SP BB-2 штамының алынған биомассаның биохимиялық құрамын талдау

Тағам және жемшөпке биологиялық қоспа ретінде қолдану мақсатында микробалдырлар құнды биохимиялық компоненттердің – дәрумендердің, ақуыздардың әлеуетті шикізат көзі ретінде назар аударады. Микробалдырлар

негізіндегі биологиялық қоспалар жоғары сапалы балық шаруашылығының өнімдерін алу үшін қажетті ақуыздарды, маңызды аминқышқылдарын, май қышқылдарын, пигменттерді және т.б. қамтамасыз ете алады [5].

Осыған байланысты келесі кезеңде *Chlorella vulgaris* SP B-2 биомассасының негізгі биоорганикалық компоненттерінің құрамына талдау жүргізілді. Зерттеу нәтижелері бойынша *Chlorella vulgaris* SP B-2 биомассасындағы ақуыз мөлшері 57,0%, көмірсулар 11,4 %, липидтер 16 % құрады (сурет 9, кесте 10).



Сурет 9 – *Chlorella vulgaris* BB-2 микробалдырларының құрғақ биомассасының биохимиялық құрамы (%)

*Chlorella vulgaris* BB-2 микробалдырларының құрғақ биомассаның ақуыз мөлшері әдебиетте азықтық жемге қоспа ретінде ұсынылған микробалдырлардың құрамына ұқсас болды Alberto (2019) және Tartiel (2005) авторластарымен ұсынылған жұмыста *Chlorella* sp. штаммынан анықталған ақуыз мөлшерімен 46,7% салыстырғанда *Chlorella vulgaris* BB-2 микробалдырларының құрамындағы ақуыз мөлшері жоғары болды (кесте 10).

Кесте 10 – *Chlorella vulgaris* SP BB-2 биомассасының биохимиялық құрамын әдебиет көздерімен салыстыру. Деректер орташа  $n \pm SE$  ( $n=4$ ) ретінде ұсынылған

| Биохимиялық құрамы | Микробалдыр дақылдары             |                                                  |                                     |
|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------|
|                    | <i>Chlorella vulgaris</i> SP BB-2 | <i>C. vulgaris</i> Allma (Alberto N et.al. 2019) | <i>Chlorella</i> sp. (Tartiel 2005) |

|         |        |        |       |
|---------|--------|--------|-------|
| Ақуыз   | 57,0%  | 56,8 % | 46,7% |
| Көмірсу | 11,4 % | 5,9 %  | 11,6% |
| Липид   | 16 %   | 16,9 % | 14,8% |

*Chlorella vulgaris* SP BB2 штаммындағы көмірсулардың мөлшері  $11,4 \pm 1,4\%$  құрады, бұл *C. vulgaris* Alma штаммымен салыстырғанда жоғары көрсеткіш, бірақ *Chlorella* sp. штамы құрамындағы көмірсу құрамына жақын мәнді көрсетті.

Ақуыздардың қоректік қасиеті құрамындағы амин қышқылдарының құрамына байланысты. Амин қышқылдары балық сапасының анықтаушы факторы болып табылады. Глутамин қышқылы, аспарагин қышқылы, аланин, глицин маңызды амин қышқылдар қатарына жатады. Себебі олар балықтың дәмі мен пайдасына жауап береді және балықтың өсуі мен ұлпаларының тез жазылуын қамтамасыз етеді [155]. *Chlorella vulgaris* SP BB2 штаммының биомассасының құрамындағы амин қышқылдарының негізгі фракциясы аланин, аргинин, аспарагин қышқылы мен глутамин қышқылы, лизин және лейциннен тұрды. 11-кестеде *Chlorella vulgaris* SP BB2 биомассасының амин қышқылының құрамы көрсетілген.

Кесте 11 – *Chlorella vulgaris* SP BB-2 биомассасының аминқышқылдық құрамы. Деректер орташа  $\pm$  SE (n=4) ретінде берілген

| Амин қышқылдарының құрамы | Құрамы, г (100 г) <sup>-1</sup> / ақуыз | Амин қышқылдарының құрамы | Құрамы, г (100 г) <sup>-1</sup> / ақуыз |
|---------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| аланин                    | $3,71 \pm 0,42$                         | лейцин                    | $4,14 \pm 0,29$                         |
| аргинин                   | $2,12 \pm 0,20$                         | лизин                     | $4,87 \pm 0,44$                         |
| Аспарагин қышқылы         | $4,41 \pm 0,56$                         | метионин                  | $0,45 \pm 0,04$                         |
| цистин                    | $0,12 \pm 0,01$                         | фенилаланин               | $2,04 \pm 0,15$                         |
| глутамин қышқылы          | $5,01 \pm 0,40$                         | пролин                    | $2,37 \pm 0,19$                         |
| глицин                    | $2,71 \pm 0,22$                         | серин                     | $0,45 \pm 0,04$                         |
| гистидин                  | $0,72 \pm 0,07$                         | треонин                   | $2,58 \pm 0,24$                         |
| изолейцин                 | $1,74 \pm 0,11$                         | валин                     | $1,89 \pm 0,16$                         |

Липидтер балықтардың өсуі мен көбеюі үшін метаболитикалық энергияның маңызды көзі болып табылады. Сондықтан липидтердің құрамы тағам өнімдерінің сапасының көрсеткіші ретінде қарастырылады. Балықтар, барлық басқа омыртқалылар сияқты, қалыпты өсуі мен дамуы үшін қанықпаған май қышқылдарын қажет етеді. Қоректік орта құрамындағы қанықпаған май қышқылдарының жетіспеушілігі балық ағзаларында бір қатар аурулар тудыруы мүмкін, мысалы, гипоксияға төзімділік төмендейді, көру қабілеті нашарлайды, аз жарық қарқындылығында азықтандыру табысы төмендейді де, нәтижесінде өсу, көбею және өмір сүру деңгейі төмендейді [156]. Әдеби мәліметтер бойынша балық шаруашылығының көптеген түрлері ағзадағы май қышқылдарының қалыпты құрамын және физиологиялық функцияларын сақтау үшін тағамдық



липидтердің ішінен полиқанықпаған май қышқылдарын қажет етеді [157]. Сондықтан тағамдық липидтердің сапасы да, саны да балықтардың өсуі мен дамуы үшін маңызды [158]. Зерттеу нәтижелері бойынша липидтердің мөлшері *C. vulgaris* Alma (Niccolai et al., 2019), штаммы құрамындағы липид мөлшерінің мәніне жақын, ал *Chlorella* sp. штаммымен салыстырғанда (Tartiel 2005) жоғары болды (кесте 14). Алынған мәліметтер бойынша *C. vulgaris* SP BB-2 штаммының липидті экстрактысы 30,7% қаныққан және 69,3% полиқанықпаған май қышқылдарынан тұрды, олардың ең үлкен массалық үлесі C16: 0, 16: 4, 18: 3 Δ9 және C18: 2, C18: 3 Δ6. Жалпы липидтің құрамындағы май қышқылдарының құрамы 90,2 мг г<sup>-1</sup> (кесте 12).

Кесте 12 – *Chlorella vulgaris* SP BB-2 май қышқылының құрамы

| Май қышқылдары                                    | Май қышқылдарының массалық үлесі, % |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Лаурин қышқылы (12:0)                             | 0,1±0,01                            |
| миристин қышқылы (14:0)                           | 0,6±0,02                            |
| пальмитин қышқылы (16:0)                          | 26,9±0,1                            |
| стеарин қышқылы (18:0)                            | 3±0,02                              |
| Арахидон қышқылы (20:0)                           | 0,1±0,01                            |
| пальмитол қышқылы (16:1Δ7)                        | 3±0,02                              |
| Пальмитолеин қышқылы(16:1Δ9)                      | 1±0,01                              |
| гексадекадиен қышқылы 16:2Δ7,10                   | 2,8±0,02                            |
| гексадекатриен қышқылы 16:3Δ7,10,13               | 6,9±0,01                            |
| тетраен қышқылы 16:4Δ4,7,10,13                    | 10,9±0,1                            |
| олеин қышқылы (18:1Δ9)                            | 5,6±0,01                            |
| вакцен қышқылы (18:1Δ11)                          | 2,3±0,01                            |
| линол қышқылы (18:2Δ6,12)                         | 10±0,1                              |
| γ- линолен қышқылы (18:3Δ 6,9,12)                 | 11±0,1                              |
| α--линолен қышқылы (18:3Δ9,12,15)                 | 14,4±0,2                            |
| стеарин қышқылы 18:4 Δ6,9,12,15                   | 1,4±0,01                            |
| Қаныққан май қышқылдарының жалпы мөлшері,%        | 30,7±0,2                            |
| Полиқанықпаған май қышқылдарының жалпы мөлшері, % | 69,3±0,2                            |
| Май қышқылдарының құрамы, мг/г құрғақ салмақ      | 90,2±0,2                            |

Полиқанықпаған май қышқылдарының арасында α-линолен (C18: 3n-3) және линол (C18:2) қышқылдары басым. Көптеген балықтар және омыртқалылардың түрлері полиқанықпаған май қышқылдарын C18 (ПҚМК), оның ішінде линол қышқылын (18:2n-6) немесе линолен қышқылдарын (18: 3n-3) биосинтездей алмайды. Май қышқылдарына деген қажеттілікті зерттеу

барысында линол тобының май қышқылдары балықтардың тағамдық рационында қажетті май қышқылдарының қатарына жатады [159]. Балықтардың жемінің тағамдық құндылығын бағалайтын басқа зерттеулер бойынша липидтер көздерінен линолен қышқылы балықтар рационының негізі болып табылады деп болжайды, өйткені құрамында n-3 май қышқылдарына бай майлармен толықтырылған балық жемі балықтардың жақсы өсу мен репродуктивті қызметін қамтамасыз етеді [160]. Жоғары қоректік құндылығы мен полиқанықпаған май қышқылдарының көп мөлшерін синтездеу қабілетінің арқасында микробалдырларды балық шаруашылығының жемінің ең құнды компоненттерінің бірі ретінде пайдалануға болады [161].

Зерттеу нәтижесі бойынша *Chlorella vulgaris* SP BB2 штаммының биомассасы құрамында ақуыз, көмірсу және липидтің мөлшері жоғары екендігі және оларды әрі қарай зерттеуде балық шаруашылығында биологиялық қоспа ретінде қолдануға болатындығы көрсетілді. Микробалдырлардың биомассасы ағзаға оң әсер етуіне байланысты дәстүрлі балық ұнын ауыстыру үшін кеңінен қолданылады. Сондай-ақ, балық ұны өте қымбат жем, сондықтан балық ұнын микробалдырларды қолдана отырып, балама ақуыз көздерімен алмастыру балық шаруашылығының маңызды мәселелерінің шешуіне мүмкіндік береді [65].

### **3.3 *Chlorella vulgaris* SP BB-2-нің балық шаруашылығында жемдік қоспа ретіндегі потенциалын зерттеу**

Қоректену - барлық организмнің тіршілігінің негізі. Әр түрлілігімен ерекшеленетін балық жемдері биологиялық және физиологиялық тұрғыдан қол жетімді болуы керек екені белгілі. Биологиялық тұрғыдан алғанда, балық оны артық энергия шығынынсыз тұтынуы үшін жем құрылымдық және кеңістіктік түрде қол жетімді болуы керек. Физиологиялық тұрғыдан алғанда, жемнің дәмі мен иісі жақсы болуы керек, оңай қорытылып, дененің барлық энергетикалық және пластикалық қажеттіліктерін қамтамасыз етуі керек.

Жоғары өнімділік пен жемшөпті ұтымды пайдалану балық шаруашылығы объектілері ақуыздың, майдың, көмірсулардың, минералдар мен дәрумендердің қажетті мөлшерімен толық қамтамасыз етілген және олардың өмірлік қызметтерін жүзеге асыру үшін жеткілікті энергия алған жағдайда ғана мүмкін болады. Мол және толыққанды қоректену, әсіресе балықтардың шабақ кезінде, массаның өсуіне, жыныстық тез жетілуге, сыртқы белгілердің айқын көрінуіне ықпал етеді. Көптеген әдеби мәліметтер бойынша, балық ағзасындағы метаболитикалық үдерістердің оңтайлы жағдайларын қамтамасыз ете отырып, жем шығынын 2-3 есе азайта отырып, олардың өсу қарқынын арттыруға болады.

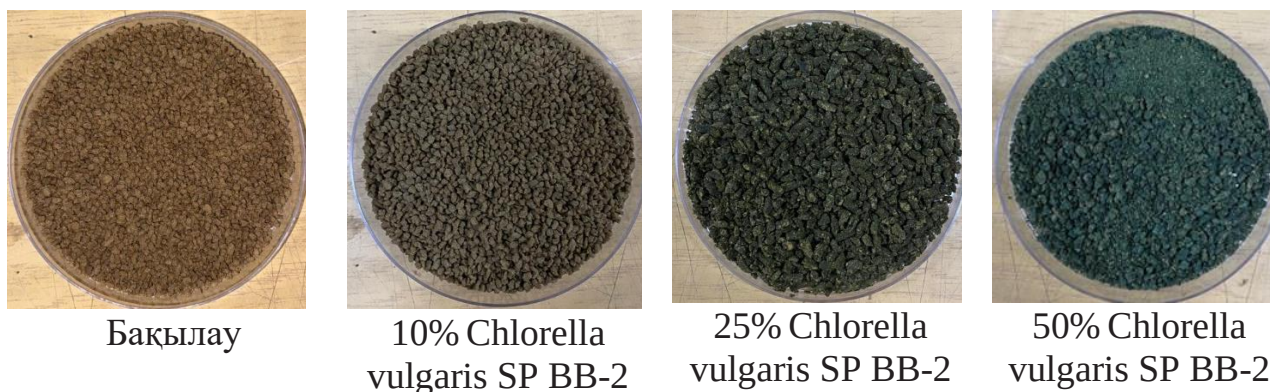
Қазіргі уақытта отандық құрама жем өнеркәсібі сапалы жем шикізатына өткір тапшылыққа ұшырауда. Отандық жемшөп өндірісіндегі дағдарысты еңсеру үшін бірқатар мәселелер қарастырылады, олардың негізгілері: әртүрлі табиғи биологиялық белсенді заттардың қоспаларын ескере отырып, құрама жем рецептураларын жетілдіру. Бұл ретте, стандартты жемшөп рационын және алынатын өнімдердің құрамын түзетуді жетіспейтін қоректік заттар бойынша

балық өсіруді қамтамасыз ету үшін табиғи биологиялық белсенді субстанцияларды пайдалану өзекті болып табылады. Қазіргі таңда азықтық қоспалар ретінде әртүрлі микробалдырларды ауыл шаруашылығында қолдану үлкен қызығушылық тудырады. Микробалдырлар құрамында биологиялық белсенді заттардың – дәрумендердің, макро - және микроэлементтердің, аминқышқылдарының және пигменттердің кең жиынтығының болуымен ерекшеленеді.

### **3.3.1 Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тилипия (*Oreochromis niloticus*) балықтарына жем ретінде қосу мөлшерін таңдау**

Балықтың тез өсуі үшін балықтар қажетті мөлшерде қоректік заттармен – ақуызбен, маймен, көмірсулармен, минералдармен, дәрумендермен қамтамасыз етіліп, өмірлік функцияларды жүзеге асыру үшін жеткілікті энергия алған жағдайда ғана қол жеткізіледі. Балықтардың өсу процестері сыртқы және ішкі факторлардың тұтас кешеніне байланысты, олардың ішіндегі ең маңыздыларының бірі трофикалық болып табылады, өйткені тағамның құрамы мен оның қол жетімділік дәрежесі көбінесе балықтардың сызықтық-салмақтық сипаттамасын анықтайды. Балықтарды өсіру жағдайында тилипия жасанды құрама жемде өсіріледі, оны өндіруге арналған бастапқы шикізат балықтың табиғи тағамына мүмкіндігінше сәйкес келуі керек. Тилипияның табиғи қоректенуіне тән емес компоненттерді жем құрамына енгізу балықтың метаболизміне айтарлықтай әсер етуі мүмкін және нәтижесінде олардың физиологиялық жағдайы мен өсу процестерінің өзгеруіне әкелуі мүмкін.

Біздің тәжірибеміздегі тилипия шабақтарының массасының бастапқы салмағы 18,2 – 20,3 г. Балықтардың жеміне микробалдырларды қосымша биологиялық қоспа ретінде қосу мөлшерін анықтау үшін *Chlorella vulgaris* SP BB-2 микробалдырларын 10%, 25% және 50% үш түрлі көлемде зерттеу жүргізілді. Әр тәжірибе тобы жеке 250 литр көлемдегі аквариумда өсірілді. Тәжірибе алдында балықтар өсірілетін су екі рет сүзгіден өткізілді. Судың физикалық және химиялық көрсеткіштері үнемі бақыланып отырылды. Тәжірибе барысында судың орташа температурасы 28-30°C, сілтілік –  $35,80 \pm 0,05$  мг/л<sup>-1</sup>, тұтқырлығы –  $69,03 \pm 0,52$ , NO<sub>3</sub>-N –  $0,15 \pm 0,01$  мг/л<sup>-1</sup>, NH<sub>3</sub>-N –  $0,01 \pm 0,004$  мг/л<sup>-1</sup>. Эксперименттің ұзақтығы 10 апта болды. Бақылау тобының шабақтарына 15 г отандық Aqua ALLIANCE (Қазақстан) маркалы құрама жемі берілді. Жемнің тағамдық құндылығы бойынша құрамы: ақуыз-45%, май-22%, көмірсулар – 20%, талшық-2%, фосфор-1%, энергетикалық құндылығы 22,3 МДж құрады. Тәжірибелік топтарға қосымша *Chlorella vulgaris* SP BB-2 микробалдырларын құрғақ биомассасы 3 түрлі концентрацияда 10, 25 және 50% қосылды (сурет 10).



Сурет 10 – Балықтардың жеміне микробалдырларды қосымша биологиялық қоспа ретінде қосып дайындалған балық жемі

Балықтар күніне 3 рет қоректендірілді. Өлшеу нәтижелері бойынша өсу мен даму қарқыны бойынша апта сайынғы зерттеулер жүргізілді.

Зерттеу барысында бақылау және 1,2 тәжірибе топтарының балықтарының сыртқы белгілер бойынша нормадан ауытқулар табылған жоқ. Балықтарға тән түс тән болды. Балық қабыршақтары тегіс, жылтыр, зақымданулар жоқ. Көздері жылтыр, орбитаға батпайды. Қанаттары бүтін. Денелері тығыз, серпімді. 13-кестеде көрсетілгендей, өсірудің 10 аптасынан кейін 2 тәжірибелік топтағы балықтың орташа салмағы бақылау тобына қарағанда 10,2 % жоғары болды. Оңтайлы өсу жағдайларының арқасында бақылау және 2 тәжірибелік топтарында өмір сүру деңгейі 100% болды.

Кесте 13 – Тиляпия балығының өсу көрсеткіштері, 10 аптадан кейін

| Көрсеткіштер                 | Тәжірибе топтары |                   |                   |                   |
|------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                              | Бақылау          | 1 тәжірибелік топ | 2 тәжірибелік топ | 3 тәжірибелік топ |
| Балықтың бастапқы массасы, г | 18,2±0,2         | 20,3±0,1          | 18,3±0,2          | 19,1±0,01         |
| Балықтың соңғы массасы, г    | 88,2±1,2         | 85,7±1,2          | 98,2±1,2          | -                 |
| Өміршеңдігі,%                | 100              | 95                | 100               | 0                 |

Балықтың жеміне 10% микробалдырлар биомассасын қосу тәжірибесінде бақылаудан айырмашылық болмады, балықтың 2 данасының өлуі сыртқы факторлардан немесе балық шабағының жай күйіне байланысты болуы мүмкін. Ал микробалдырлардың биомассасын 50% қосылған үлгіде су ортасының микробалдырлардың артың биомассасынан ластанғаны (сурет 11) және тәжірибеміздің 4-5 аптасында балықтардың толық өлгені бақыланды. Бұл

деректер микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тиялия балығының өсуіне оң әсерін көрсетеді.



Сурет 11 – Тиялия балығының жеміне микробалдырлар негізіндегі қоспа қосу кезіндегі өсуі (а- бақылау, б - 10%, в - 25%, г- 50% микробалдырларды қосымша биологиялық қоспа ретінде қосу, зерттеудің 6 аптасы)

Микробалдырлардың биомассасын 50% қосылған үлгіде микробалдыр биомассасының тіршілік ету ортасына шамадан тыс түсуі жағдайында және оны балықтар толық сіңірмеген кезде сулы ортада микробалдырлардың көбеюі байқалады. Олардың аквариумда шамадан тыс көбеюі балық өсіру жағдайларының нашарлауына, яғни су ортасының лайлануына және олардың өмір сүруіне теріс әсер етті. Сонымен, зерттеу нәтижелері бойынша 25% *Chlorella vulgaris* SP BB-2 микробалдыр негізіндегі жемдік қоспаның тиялияның өсуі мен дамуының морфо-физиологиялық көрсеткіштеріне оң әсері анықталды (сурет 12).



Сурет 12 – Тиялия балығының жеміне микробалдырлар негізіндегі қоспа қосу кезіндегі өсуі (а- бақылау, б - 10%, в - 25% микробалдырларды қосымша биологиялық қоспа ретінде қосу, зерттеудің 10 аптасы)

Бақылау тобы мен 10% және 25% *Chlorella vulgaris* SP BB-2 қосылған тәжірибе тобындағы балықтардың жемді жеуі жем бергеннен кейін 20-30 мин аралығында толық пайдаланылды. Артық жем қалдықтары аквариумда қалған жоқ. Диссертациялық жұмысымыздың нәтижесінде микробалдыр негізіндегі



биологиялық қоспаны 25% негізгі жемге қосу оңтайлы қатынас ретінде таңдалып алынды.

### 3.3.2 Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тияпия (*Oreochromis niloticus*) балығының өсу параметрлеріне әсері

Балықтарды тиімді өсіруде судың физика-химиялық қасиеті маңызды факторлардың бірі болып саналады. Сондықтан тәжірибелік тоған суы негізгі талаптарға сәйкес болуы қажет.



Сурет 12 – Саймасай балық шаруашылығы тоғандары

Зерттеу барысында судың температурасы 28-30°C, рН 7,1-7,5 болды. Әр тоғандағы су алмасу 20 л/сағ болды. Судың физика-химиялық қасиеттері тәжірибенің басында және соңында зерттелді, судың температурасы, рН, еріген оттегінің мөлшері күн сайын анықталды, алынған мәліметтер 14-кестеде келтірілген.

Кесте 14 – Тоған суының физика-химиялық қасиеті

| Көрсеткіштер         | Балық өсіру нормативтері бойынша | Нақты деректер |
|----------------------|----------------------------------|----------------|
| Температура          | 28-30                            | 28-30          |
| рН                   | 7-8                              | 7,1-7,5        |
| Еріген оттегі, мг/л  | 7-8                              | 7-8            |
| Аммоний азоты, мг/ л | 0,75 дейін                       | 0,5            |

|                       |              |     |
|-----------------------|--------------|-----|
| Темір, мг/л           | 0,1 дейін    | 0,1 |
| Қаттылық, моль / литр | 3-10 (1,5-5) | 5,0 |

Біздің тәжірибеміздегі тияпия балығының шабақтарының массасының бастапқы салмағы шамамен 50,3 – 52,3 г болды (кесте 15). Зерттеу нәтижелері бойынша бақылаумен салыстырғанда тәжірибеміздің 4 аптасынан бастап қарқынды өсе бастады, 10 аптасында тәжірибелік топ балықтарының салмағы бақылау тобының тияпия балығының салмағымен салыстырғанда 20,8% - ға жоғары болды. Оңтайлы өсу жағдайларының нәтижесінде балықтардың өміршеңдігі 100% сақталды. Өсу-бұл өсіру жағдайлары мен балықты коректендірудің толықтығын көрсететін жалпыланған көрсеткіш (кесте 15).

Кесте 15 – Тияпия балығының өсу динамикасы. Деректер орташа + / - SE (n = 3) ретінде ұсынылған

| Апта | Тәжірибе<br>варианттары                      | Балық<br>массасы, г | Балық<br>ұзындығы,<br>см | Балық<br>массасының<br>өсімі, г | Балық<br>ұзындығының<br>өсімі, см |
|------|----------------------------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1    | Бақылау                                      | 52,3±1,5            | 9,2±1,2                  | -                               | -                                 |
|      | 25% <i>Ch. vulgaris</i> SP BB-2 қосылған жем | 50,3±1,2            | 9,2±1,2                  | -                               | -                                 |
| 2    | Бақылау                                      | 61,4±1,3            | 10,8±1,3                 | 9,1±1,2                         | 15,6±1,3                          |
|      | 25% <i>Ch. vulgaris</i> SP BB-2 қосылған жем | 62,5±1,4            | 10,6±1,2                 | 10,2±1,2                        | 13,7±1,3                          |
| 4    | Бақылау                                      | 79,6±1,2            | 11,5±1,1                 | 27,3±1,3                        | 22,5±1,2                          |
|      | 25% <i>Ch. vulgaris</i> SP BB-2 қосылған жем | 80,9±1,2            | 11,6±1,2                 | 30,6±1,5                        | 23,5±1,2                          |
| 6    | Бақылау                                      | 97,8±1,3            | 12±1,1                   | 45,5±1,3                        | 27,4±1,2                          |
|      | 25% <i>Ch. vulgaris</i> SP BB-2 қосылған жем | 101,4±1,3           | 12,2±1,2                 | 51,1±1,5                        | 29,4±1,2                          |
| 8    | Бақылау                                      | 116,7±1,3           | 13,1±1,2                 | 64,4±1,3                        | 38,2±1,2                          |

|    |                                              |           |          |           |          |
|----|----------------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|
|    | 25% <i>Ch. vulgaris</i> SP BB-2 қосылған жем | 124,8±1,5 | 13,2±1,2 | 74,5±1,5  | 39,2±1,2 |
| 10 | Бақылау                                      | 143,7±4,6 | 14,2±1,2 | 91,4±1,5  | 48±1,2   |
|    | 25% <i>Ch. vulgaris</i> SP BB-2 қосылған жем | 153±3,2   | 14,1±1,2 | 102,7±1,5 | 49±1,3   |

Балықтың өсу қарқыны жемдегі хлорелла суспензиясының мөлшеріне тікелей байланысты екендігі анықталды. Тиляпия балығының ұзындығы мен массасының өсуі бақылаумен салыстырғанда жоғары болды. Тәжірибенің соңында хлорелла суспензиясын қосылған нұсқада тиляпия балығының массасының өсуі 102,7 құрады, ал бақылауда бұл көрсеткіштер тиісінше 91,4 құрады. 25% *Ch. vulgaris* SP BB-2 биомассасы қосылған жеммен коректендірілген нұсқада массаның өсуі 12% - ға көп екендігі көрсетілген.

Сонымен, зерттеу нәтижелері бойынша *Ch. vulgaris* SP BB-2 микробалдыр биомассасымен байытылған балық жемі тиляпия балығының өсуі мен дамуының морфо-физиологиялық көрсеткіштеріне сенімді оң әсері атап өтілді.

Микробалдырлар қосылған жем балықтармен оңай қорытылды. 16-кестеде көрсетілгендей, азықтық қоспа ретінде 25% *Chlorella vulgaris* SP BB-2 биомассасын қосу ең жоғары салмақ өсімін 102 г және орташа тәуліктік өсім 1,46 г болды, бақылау тобымен салыстырғанда ~ 13% жоғары.

Кесте 16 – Тиляпия балығының жеміне микробалдырлар негізіндегі қоспа қосу кезіндегі өсуі параметрлері. Деректер орташа + / - SE (n = 3) ретінде ұсынылған. Жолақтағы әр түрлі әріптер  $p < 0,05$  мәніндегі айтарлықтай айырмашылықты көрсетеді

| Көрсеткіштер                                    | Бақылау           | Жем+ 25% <i>Ch. vulgaris</i> SP BB-2 | p-құндылығы  |
|-------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------|
| Балықтың бастапқы салмағы, г                    | 52.3±1.5          | 50.3±1.5                             | <b>0.402</b> |
| Балықтың соңғы салмағы, г                       | 143±4.6 <b>b</b>  | 153±3.2 <b>a</b>                     | <0.05        |
| Салмақ қосу, г                                  | 90.7±2.5 <b>b</b> | 102.4±3.3 <b>a</b>                   | <0.01        |
| Орташа тәуліктік өсім, г / тәулік <sup>-1</sup> | 1.29±0.2          | 1.46±0.2                             | <b>0.813</b> |
| Жемнің конверсиялау коэффициенті                | 1.79              | 1.25                                 |              |



|                           |    |     |  |
|---------------------------|----|-----|--|
| Өмір сүру коэффициенті, % | 99 | 100 |  |
|---------------------------|----|-----|--|

Балық жемінің қымбаттығына байланысты жемнің конверсиялау коэффициенті маңызды көрсеткіш болып табылады. Жем конверсиясы жемді барынша тиімді пайдалану көрсеткіші. Сандық тұрғыдан төмен конверсиялау коэффициенті жемді пайдаланудың жоғары деңгейін және судың жем қалдықтарымен қатты ластанудың төмен деңгейін көрсетеді. Біздің зерттеулеріміздің нәтижесі бойынша жемге биологиялық қоспа ретінде 25% *Chlorella vulgaris* SP BB-2 биомассасын қосу жемнің конверсиялау коэффициенті 1,25 тең болса, балықтың қалыпты жемінің конверсиялау коэффициенті 1,79 тең болды.

### 3.3.3 Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тилипия (*Oreochromis niloticus*) балығының экстерьерлі және интерьерлі көрсеткіштеріне әсері

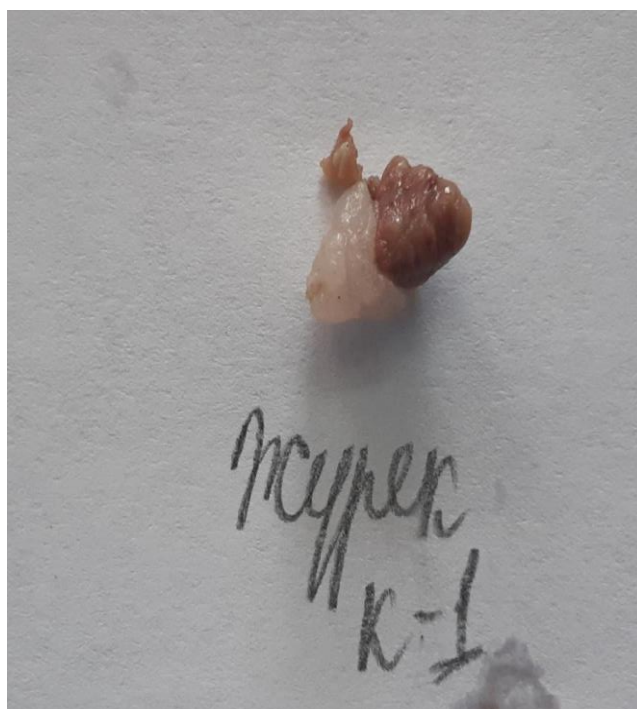
Балық жемінің сапасына байланысты балықтардың кейбір морфометриялық көрсеткіштерінің өзгеруі туралы мәліметтер маңызды көрсеткіштердің қатарына жатады. Балықтардың морфометриялық материалын өңдеу ерекшелігі абсолютті көрсеткіштерге негізделген дене индекстерін есептеу болып саналады. Алынған индекстер балықтардың экстерьерлі және интерьерлі көрсеткіштерінің өзгерістеріне талдау жасауға мүмкіндік береді. *Ch. vulgaris* SP BB-2 микробалдыр биомассасымен байытылған балық жемінің экстерьерлі және интерьерлі көрсеткіштерін анықтау нәтижелері 17-кестеде келтірілген.

Балықтардың физиологиялық жағдайын сипаттауға мүмкіндік беретін бірқатар көрсеткіштер бар. Олардың ішінде ең көп тарағандары: Фультон бойынша қондылық коэффициенті. Бұл көрсеткіш пайдаланылған жемнің метаболизмге әсерін анықтауға және оның оң немесе теріс әсерінің себептерін анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеу кезеңінде балықтың массасы мен ұзындығы арасындағы байланысты көрсететін фультон бойынша қондылық коэффициентін анықтау тилипия балығының физиологиялық күйін талдауға мүмкіндік берді (кесте 17).

Алынған нәтижелерді талдау қоректендіру кезінде қолданылатын *Ch. vulgaris* SP BB-2 микробалдырымен байытылған жем тилипия балығының физиологиялық жағдайына оң әсер еткенін көрсетеді, бұл басқа әдеби мәліметтерде келтіріліген деректеріге қайшы келмейді. Сонымен қатар, тилипия балығының қондылық коэффициенті бақылаумен салыстырғанда жоғарлағанын атап өткен жөн.

Кесте 17 – Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тилипия (*Oreochromis niloticus*) балығының экстерьерлі және интерьерлі көрсеткіштері, Деректер орташа  $\pm$  SE (n=4) ретінде берілген

| Көрсеткіштер                   | Бақылау (жем)    | Жем+ 25% <i>Ch. vulgaris</i><br><i>SP BB-2</i> |
|--------------------------------|------------------|------------------------------------------------|
| Қоңдылық<br>коэффициенті       | $5,0 \pm 0,52$   | $5,4 \pm 0,5$                                  |
| Дене ұзындығының<br>индексі, % | $27,4 \pm 0,24$  | $32,3 \pm 0,47$                                |
| Бас ұзындығының<br>индексі, %  | $18,9 \pm 0,25$  | $15,7 \pm 0,18$                                |
| Ішек ұзындығының<br>индексі    | $5,2 \pm 0,4$    | $7,2 \pm 0,38$                                 |
| Ішек, %                        | $3,14 \pm 0,10$  | $3,22 \pm 0,43$                                |
| Асқазан, %                     | $0,49 \pm 0,06$  | $0,52 \pm 0,18$                                |
| Жүрек, %                       | $0,11 \pm 0,01$  | $0,11 \pm 0,003$                               |
| Көкбауыр, %                    | $0,56 \pm 0,11$  | $0,56 \pm 0,12$                                |
| Бауыр, %                       | $0,65 \pm 0,29$  | $0,58 \pm 0,16$                                |
| Бұлшықеттер, %                 | $34,14 \pm 1,03$ | $45,1 \pm 1,09$                                |
| Жыныс бездері, %               | $1,32 \pm 0,78$  | $1,24 \pm 0,10$                                |
| Ішкі май, %                    | $1,36 \pm 0,25$  | $1,12 \pm 0,11$                                |



Сурет 13 – Тиляпия балығының ішкі органдары (жүрегі, ішегі)

Дене ұзындығының индексі жақсы нәтижелерге ие болды, бұл тиляпияның сыртқы түрінің жақсы дамуын көрсетеді, сондықтан жеуге жарамды бөліктердің көбеюін анықтайды. Бас ұзындығының индексі бақылаумен салыстырғанда төмен, балықтың бас мөлшері кішірейгенде балықтың жалпы дене салмағы артады. Ішек ұзындығы, асқазан, жүрек, көкбауыр және бауыр сияқты

интерьерлі көрсеткіштері бойынша да тәжірибелік топ балықтарының жоғары тауарлық сапаға ие екенін көрсетеді.

Балықтардың ең маңызды интерьерлі көрсеткіштері бұлшықет, жыныс бездері және ішкі май салмағы болып табылады. Белгілі факт, уылдырықтану кезеңінде барлық ішкі энергия уылдырықты дамытуға немесе өмірді сақтауға бағытталады. Біздің зерттеу нәтижелеріміз бойынша тәжірибелік топ балықтарының жыныс бездеріне қарағанда бақылау топтарының балықтарының жыныс бездері жақсы дамыған. Сонымен қатар ішкі майда бақылау тобында жоғары. Микробалдырлар негізіндегі қоспаны қабылдамаған балықтарда майдың көп жиналуы дұрыс теңдестірілген диетамен байланысты деп болжауға болады. Негізінен тилипия балығы төмен калориялы балық сорттарына жатқызылады. Майдың аз болуы және қоректік ақуыз қосылыстарының болуы тилипия балығының диеталық мәзірде жиі қолданылуының себебі болып табылады.

### 3.3.4 Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тилипия (*Oreochromis niloticus*) балығының қанының биохимиялық көрсеткіштеріне, бұлшық ет құрамына және ішектерінің морфологиялық қасиетіне әсері

Қанның биохимиялық көрсеткіштері балықтардың физиологиялық жағдайын бағалауға және мониторинг жүргізуде маңызды көрсеткіштер болып табылады. Қан сарысуындағы ақуыздың жалпы мөлшері балықтың иммундық жүйесінің жалпы жағдайы туралы түсінік береді. Жалпы ақуыз деңгейі және жеке ақуыз фракцияларының қатынасы қоректенетін жемнің құрамына байланысты және қоректің қолжетімділігіне, маусымдық өзгерістерге, жыныстық жетілу дәрежесіне және қоршаған орта жағдайларына байланысты өзгереді [162].

Қанның морфологиялық көрсеткіштерін анықтауда тәжірибе топтарының эритроциттерін, лейкоциттеріне анықтау жүргізілді. Ал биохимиялық көрсеткіштерден – жалпы ақуыз, гемоглобин, кальций, фосфор құрамы зерттелді.

Зерттеу нәтижесі бойынша тилипия балығы қанының морфологиялық көрсеткіштері тәжірибе соңында эритроциттер жоғарлады (кесте 18).

Кесте 18 – Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тилипия (*Oreochromis niloticus*) балығының қанының биохимиялық көрсеткіштеріне әсері, Деректер орташа  $\pm$  SE (n=4) ретінде берілген

| Көрсеткіштер              | Бақылау (жем)    |                  | Жем+ 25% <i>Ch. vulgaris</i> SP BB-2 |                  |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|
|                           | Тәжірибе басында | Тәжірибе соңында | Тәжірибе басында                     | Тәжірибе соңында |
| Эритроциттер, $10^{12}/л$ | $1,22 \pm 0,02$  | $1,58 \pm 0,02$  | $1,20 \pm 0,01$                      | $1,65 \pm 0,02$  |

|                                 |            |           |            |            |
|---------------------------------|------------|-----------|------------|------------|
| Лейкоциттер, 10 <sup>9</sup> /л | 34,5±2,1   | 24,2±1,2  | 36,1±1,0   | 24,5±1,0   |
| Жалпы ақуыз, г/л                | 24,0±1,4   | 30,0±1,2  | 24,3±1,2   | 31,4±2,1   |
| Гемоглобин, г/л                 | 70,0±1,5   | 72,1±2,1  | 70,1±1,2   | 74,2±1,6   |
| Кальций ммоль/л                 | 2,1± 0,14  | 2,5± 0,16 | 1,9± 0,12  | 3,0± 0,18  |
| Фосфор ммоль/л                  | 1,22± 0,14 | 1,4± 0,14 | 1,88± 0,12 | 2,5± 0,16* |
| Альбумин, г/дл <sup>-1</sup>    | 1,0±0,02   | 1,10±0,03 | 1,0±0,02   | 1,46±0,02  |
| Глобулин, г/дл <sup>-1</sup>    | 2,1±0,02   | 2,11±0,04 | 2,1±0,02   | 2,32±0,02  |

Балық қанының сарысу құрамындағы жалпы ақуыз концентрациясы тәжірибе соңында жоғарлады. Бақылау тобында қан сарысуындағы ақуыз мөлшері 25% өссе, тәжірибе тобында 29,2% өсті. Гемоглобин мөлшері бақылауда 3% жоғарласа, микробалдыр биомассасы қосылған жеммен қоректендірілген балықтардың қан құрамындағы гемоглобин 5,8% жоғарлады. Бұл микробалдырлар биомассасы қосылған жемнің қосымша ақуыз және басқа да компоненттердің көзі болатындығын растайды. Сонымен қатар балықтың қан құрамындағы кальций және фосфордың құрамы жақсарғанын аңғаруға болады.

Микробалдыр биомассасының 25% құрайтын жем берілген балық нұсқалардағы альбумин концентрациясы айтарлықтай жоғары екені байқалды. Бұл балықтың қолайлы физиологиялық күйін көрсетеді, өйткені альбуминнің төмендеуі аштық немесе ауру кезеңдерінде байқалады [163]. Глобулиннің құрамы жалпы ақуыз және альбумин құрамы сияқты өзгерістерге ұшырады.

Алынған мәліметтер әдеби мәліметтерге сәйкес келеді. Мысалы, Simanjuntak et al. (2018); Khani et al. (2017); Xu et al. (2014); Takeuchi et al. (2002); Ямагучи (1996) мәліметтері бойынша әртүрлі иммуностимуляторларды балық жеміне қосу барысында қанның биохимиялық құрамы жақсарған. Антиоксидантты, иммуностимуляторлық, детоксикациялық қасиеттері бар микробалдырлардың биомассасы балық ағзасына айқын гепатопротекторлық әсер етуі мүмкін [164,165,166].

Сонымен қатар зерттеу барысында тилипия балығының бұлшық ет құрамының химиялық құрамына талдау жүргізілді. Бұлшық құрамындағы ылғалдың массалық үлесін және органикалық заттардың құрамын анықтау маңызды салыстырмалы биохимиялық көрсеткіштер болып табылады. Балықтардың бұлшық ет құрамындағы органикалық заттардың құрамы тәжірибе топтарындағы балықтарда салыстырмалы түрде жоғары болды. Орташа мөлшері бақылауда 21,5%, тәжірибе тобында 22,4% болды.

Кесте 19 – Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тилипия (*Oreochromis niloticus*) балығының бұлшықетінің химиялық құрамы, деректер орташа  $\pm$  SE (n=4) ретінде берілген

| Көрсеткіштер                           | Бақылау (жем) | Жем+ 25% <i>Ch. vulgaris</i><br><i>SP BB-2</i> |
|----------------------------------------|---------------|------------------------------------------------|
| Құрғақ заттардың<br>массалық құрамы, % | 21,5          | 22,4                                           |



|                                         |          |          |
|-----------------------------------------|----------|----------|
| Күл заттарының массалық үлесі, %        | 1,32     | 1,31     |
| Органикалық заттардың массалық үлесі, % | 20,1     | 21,8     |
| Ақуыз мөлшері, г/100 г шикі масса       | 16,5±0,4 | 31,8±0,3 |
| Липидтердің құрамы, г/100 г шикі масса  | 3,2±0,2  | 2,0±0,1  |
| Гликоген құрамы, г/100 г шикі масса     | 1,62±0,2 | 1,95±0,2 |

Тиляпия балығының негізгі жеуге жарамды бөлігі балық бұлшықеті болып саналады. Сондықтан бұлшықеттің химиялық құрамы маңызды көрсеткіш болып саналады. Тиляпия балығының бұлшықет ұлпаларының сапалық құрамын зерттеу барысында жемге қосымша микробалдырлардың биомассасы қосылған тәжірибе нұсқаларында майдың азаюы және ақуыздың жоғарылауы анықталды.

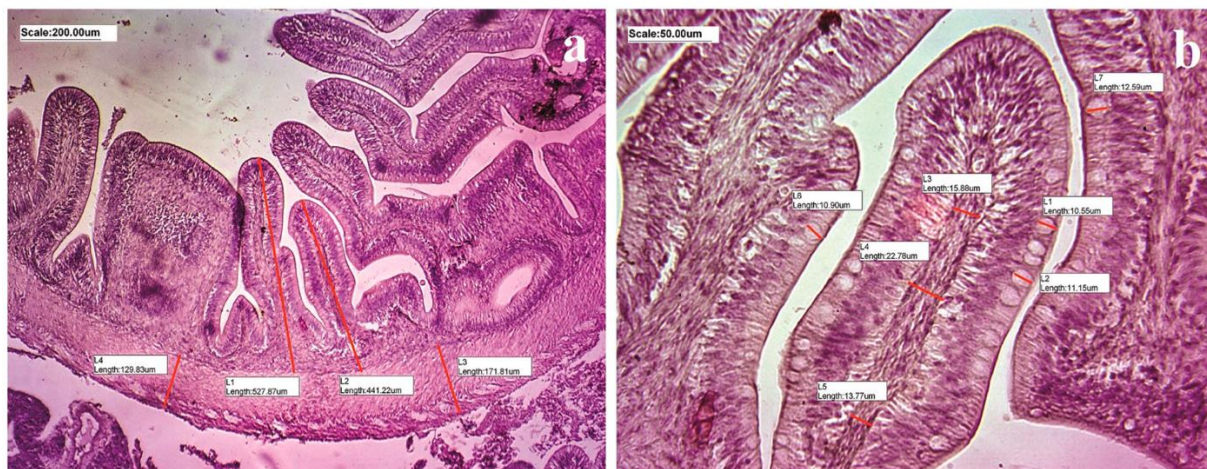
Өсіру кезінде балықтың ішегін гистологиялық зерттеу жемге және қоршаған орта жағдайларына байланысты ішекте пайда болатын өзгерістердің деңгейін анықтауға мүмкіндік береді [167].

Тиляпия балығының ішектерін зерттеу барысында бақылау тобы мен тәжірибе топтарының арасында асқазан-ішек жолдарының бөлімдері мен ішек сегменттерінде ешқандай айырмашылық анықталмады. Дегенмен, бақылау тобының үлгілерін гистологиялық зерттеуде стромальды ісінуді, эпителий десквамациясын және бокал жасушаларының мөлшерінің 11,37 мкм-ден 24,56 мкм-ге дейін өзгергенін байқауға болады (сурет 14).

Ал тиляпия балығының жемге қосымша микробалдырлар биомассасы енгізілген топ балықтарында ісіну байқалмады, шырыш асты қабатының жасуша құрамының жоғарылауына ықпал етті және крипттер мен ішек эпителиоциттерінің тұтастығы сақталды. Сонымен қатар бокал тәрізді жасушалардың өлшемдерінің пропорционалдылығы 10,15–10,55 мкм аралығында болды (сурет 15).



Сурет 14 – Тиляпия балығының бақылау тобының ішегі, а – ішек бүршіктерінің қисаюы, ішек бүршіктері стромасының ісінуі, b – бокал тәрізді жасушалары және ісінуі, микроскоп үлкейткіші  $\times 40$



Сурет 15 – Тиляпия балығының бақылау тобының ішегі, а – шырышты қабаттың ұлғаюы, микроскоп үлкейткіші  $\times 10$ , b – бокал тәрізді жасушалары, микроскоп үлкейткіші  $\times 40$ .

Ішек эпителий жасушалары созылмалы түрде әсер ететін зиянды агенттерден қорғаудың бірінші желісі ретінде асқазан-ішек жолдары сонымен қатар, олар қоректік заттардың жеткілікті қолданылуын, иммундық қорғанысты және балықтың өсуін қамтамасыз етеді [168]. Демек, ішек эпителийінің тұрақтылығы мен тұтастығын сақтау өсірілген балықтың дұрыс тамақтануы мен өсуі үшін өте маңызды.

Біздің зерттеу нәтижелеріміз өсірілген балықтың ішек эпителийіне микробалдырлардың пайдалы әсері туралы ақпаратты қамтитын әдеби дәлелдермен расталады [169, 170].

Мысалы, Bravo-Tello және басқалар (2017) бес микробалдырларының *Tetraselmis sp.*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Chlorella sp.*, *N. oculata* и *Nannochloropsis* балықтарында шырыш қабатының ұлғаюына және жасушааралық қосылысқа төзімділіктің жоғарылауына байланысты ішектің қабынуы кезінде оң әсерін көрсетті. Сондай-ақ, *C. vulgaris* микробалдырының Атлантикалық албырт балығының ішегінің қабынуын азайтатынын атап өткен [68].

Тиляпия балығының ішектерін гистологиялық зерттеу нәтижесі бойынша *Chlorella vulgaris* SP BB-2 биомассасы қосылған жемнің жақсы сіңірілетінін және ішектің жұмысын ынталандырып, әртүрлі стресстерден туындаған ішектің бұзылуын туындауына жол бермейтінін байқауға болады.

### 3.3.5 Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тиляпия (*Oreochromis niloticus*) балығының ішек микрофлорасына әсері

Бактериялар популяциясының жалпы тығыздығы - бұл әртүрлі факторлардың әсерінен (балықтың жасы мен тамақтану түрі, аштық немесе диетаны шектеу, ас қорыту жолдары бөлімі, жыл мезгілі, тұздылық және басқа да қоршаған орта параметрлері) болатын экологиялық жүйенің бір түрі. Балық ішектерінің микробтық популяциясының тығыздығы судағы микробтық популяцияның тығыздығына байланысты екендігі белгілі. Қоректену қарқындылығы мен ішектегі бактериялардың жалпы саны арасында тікелей байланыс болады. Балықтардың ішек микрофлорасының сапалық және сандық құрамы әртүрлі эндогендік және экзогендік факторлардың әсерінен өзгереді. Эндогендік факторларға ас қорыту жолдарының құрылымы, ішек құрамының рН, анаэробизм, ішекте өндірілетін ферменттер, осмотық қысым, балықтың иммунитеті және басқалар жатады. Тірі организмнің қоршаған ортасы қоректік заттармен бірге экзогендік фактор ретінде қарастырылады. Судың төмен сапасы, температураның өзгеруі, жем тапшылығы, зақымдану, инфекциялар немесе жануарлар популяциясының жоғары тығыздығы сияқты стресстік әсерлер бұрыннан қалыптасқан микрофлораның тепе-теңдігін бұзуы мүмкін.

Балық микрофлорасы негізінен қабыршақтағы шырышта, желбезек бетінде, ас қорыту жолдарында шоғырланған. Бұл жағдайда ферменттік ыдырау кезінде бейтараптандырылмаған улы заттарды детоксикацияланатын бауыр, сондай-ақ ас қорыту жүйесі үлкен қызығушылық тудырады, өйткені ол организмнің ішкі ортасы мен сыртқы орта арасындағы қорғаныс тосқауылының бір түрі болып табылады, оның ішінде қалыпты ішек микрофлорасы ерекше рөл атқарады. Осыған байланысты бұл бөлімде микробалдырлар биомассасы қосылған жеммен қоректену кезіндегі тилипия балығының микрофлорасының жағдайы зерттелді.

Бақылау және тәжірибелік топтардағы тилипия балығының желбезектеріне, бауырына және ішектеріне микробиологиялық зерттеулер жүргізілді.

Зерттеу нәтижесі бойынша тилипия балығының бақылау тобының ішектеріндегі бактериялардың жалпы саны  $3,6 \times 10^5$  КТБ/г<sup>-1</sup>, ал тәжірибелік топ балықтарының жалпы микроб саны  $3,8 \times 10^5$  дейін КТБ/г<sup>-1</sup> диапазонында болғанын көрсетті.

Кейбір авторлардың пікірінше, балық ішектеріндегі ЖМС әр түрлі балық түрлерінде 1 г ылғал салмақта  $10^2$ -ден  $10^{12}$  клеткаға дейін өзгереді. Алайда, авторлардың көпшілігі шамамен  $10^5$ – $10^8$  кл/г көрсеткіштерді көрсетеді. Балықтардың ішектеріндегі жалпы микроб саны зерттелген балықтардың түрлерімен, олардың тіршілік ету ортасымен және физиологияның ерекшеліктерімен ғана емес, сонымен қатар әртүрлі зерттеушілер қолданатын бактерияларды санау әдістерімен де байланысты болуы мүмкін. Сонымен қатар ішектерде дақылдауға келмейтін бактерия топтары, анаэробты бактериялар болады. Осыған байланысты ішектегі жалпы бактериялардың популяциясының саны шамалы дұрыс бағаланбауы мүмкін.

Балықтардың бауырындағы бактерия саны айтарлықтай көп болмады, ЖМС көрсеткіші екі топта да ылғал салмақта  $1 \times 10^2$  КТБ/г<sup>-1</sup>. Желбезектеріндегі микроб саны бақылау тобында  $2,7 \times 10^4$  ал тәжірибе тобының балықтарында  $2,2 \times 10^5$  КТБ/г<sup>-1</sup>.



Әдеби мәліметтерге сәйкес (Trust, 1975a) желбезектердегі микробтардың саны  $6 \times 10^2$ -ден  $2,2 \times 10^6$  КТБ/г аралығында өзгеруі мүмкін. Балықтардың сыртқы жабындылар микрофлорасының құрамы балықтың су ортасымен тығыз байланысты. Судың қанағаттанарлықсыз жағдайында өндірісті қарқындалу үшін қолданылатын шаралар немесе балықтардың сыртқы жабындыларының зақымдануынан балықтардың бактериялы ластану деңгейі жоғарлайды. Біздің зерттеу нәтижелеріміз бойынша бақылау тобы мен тәжірибе топтарының арасында айтарлықтай айырмашылық байқалмады.

Жасанды қоректенетін балықтардың микрофлорасына тән микроорганизмдердің физиологиялық топтары: ақуызды минерализациялайтын бактериялар (70-80 %), сүтқышқылды (9-13 %), амиластикалық (8-15 %) және целлюлоза ыдыратушы (0,1 %) бактериялар. Кей жайдайда ішек таяқша бактериялары (1 %) мен зең саңырауқұлақтары, ашытқылар (1,2 %) кездесуі мүмкін, бірақ бұндай мөлшерде балықтың денсаулығына кері әсерін тигізбейді.

Тияпия балығының ішек микрофлорасының сапалық құрамы бойынша бактериялардың 12 туысы анықталды. Бақылау және эксперименттік топтардағы тияпия балығының микробиоценозының сапалық құрамы бойынша 4 туыс *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Lactobacillus* және *Pseudomonas* доминантты болды (кесте 20).

Кесте 20 – Тияпия балығының ішек микрофлорасының микроорганизмдердің әртүрлі туыстарының сандық қатынасы, %

| Таксон<br>(туыс)                                                                                                 | Микроорганизмдердің<br>сандық қатынасы, % |                                                   | <i>p-мәні</i> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------|
|                                                                                                                  | Бақылау                                   | Жем+ 25%<br><i>Ch. vulgaris</i><br><i>SP BB-2</i> |               |
| <i>Acinetobacter</i>                                                                                             | 10 ± 0,5                                  | 10 ± 0,2                                          | <0,05         |
| <i>Aeromonas</i>                                                                                                 | 13 ± 1,0 a                                | 10 ± 1,5 ab                                       | <0,01         |
| <i>Bacillus</i>                                                                                                  | 3,0 ± 0,5                                 | 3,0 ± 0,5                                         | 1             |
| <i>Enterobacter</i>                                                                                              | 6 ± 0,5a                                  | 4 ± 0,5b                                          | <0,05         |
| <i>Escherichia</i>                                                                                               | 7,0 ± 1,0 a                               | 4 ± 0,5b                                          | <0,01         |
| <i>Lactobacillus</i>                                                                                             | 11 ± 2,5 b                                | 22 ± 2,5 a                                        | <0,01         |
| <i>Micrococcus</i>                                                                                               | 5 ± 0,5                                   | 5 ± 0,5                                           | <0,05         |
| <i>Proteus</i>                                                                                                   | 8,0 ± 0,5 a                               | 4,0 ± 0,5c                                        | <0,001        |
| <i>Pseudomonas</i>                                                                                               | 12 ± 1,0 a                                | 9,0 ± 0,5b                                        | <0,05         |
| <i>Sarcina</i>                                                                                                   | 5,6 ± 0,5                                 | 5,1 ± 0,5                                         | <0,0639       |
| <i>Serratia</i>                                                                                                  | 6 ± 1,0 ab                                | 3 ± 0,5 c                                         | <0,0001       |
| <i>Vibrio</i>                                                                                                    | 8 ± 0,5                                   | 7 ± 1,0                                           | <0,24         |
| Деректер орташа мән түрінде ұсынылған +/-SE (n=3). Әр түрлі әріптер айырмашылық<br>p < 0,05 мағыналысы көрсетеді |                                           |                                                   |               |



Алайда микробалдырлар биомассасы қосылған жем берілген балықтардың ішектерінде *Aeromonas* және *Pseudomonas* туысының саны біртіндеп азайды, ал *Bacillus*, *Sarcina* және *Vibrio* пайыздық қатынасында ( $p>0,05$ ) өзгеріс болмады. *Acinetobacter* және *Micrococcus* туыстарының пайыздық қатынасындағы өзгеріс өте аз (кесте 20). Псевдомонадалар, вибриондар және аэромонадалар шартты патогенді микроорганизмдердің қатарына жатқанмен, олар балықтың қалыпты микрофлорасының құрамына кіреді. Тағы бір қызықты тенденция - микробалдырлардың биомассасы қосылған жеммен қоректендірілген балықтардың ішек микрофлорасында *Lactobacillus* туысының пайыздық мөлшері жоғарлады. Әдеби мәліметтерге сәйкес, *Lactobacillus* тұқымдасының бактериялары қоректік көздерге өте қажет және қарапайым ортада өспейтіні белгілі. Сүтқышқылды бактериялардың көпшілігіне аргинин, цистеин, глутамин қышқылы, лейцин, фенилаланин, триптофан, тирозин, валин сияқты аминқышқылдар қажет. Микробалдырлардың биомассасы қосылған жем осы заттарға бай және макроорганизмнің асқазан-ішек жолына ену, ең алдымен, сүт қышқылы бактериялары өсуін ынталандырады.

### 3.4. Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тилипия (*Oreochromis niloticus*) балығына жемдік қоспа ретінде қолданудың экономикалық тиімділігі мен жемдік қоспаны алу технологиясы

Балық шаруашылығы экономикалық өсудің және халықты жұмыспен қамтудың негізі ретінде экономикадағы маңызды салалардың бірі болып табылады. Сарапшылардың пікірінше, балық шаруашылығының одан әрі дамуы үшін үлкен әлеуеті бар ауылшаруашылық саласы болып табылады.

Балықшаруашылық өнімі көлемінің жылдам өсу қарқыны көбінесе құнды экономикалық пайдалы қасиеттері бар және ішкі және сыртқы нарықтарда жоғары сұранысқа ие балықтардың жекелеген түрлерін басымдықпен өсірумен қамтамасыз етіледі. Қазіргі таңда ең жылдам қарқынмен тропиктік балықтар — тилипия өндірісі қарқынды дамуда, бұл олардың өте құнды экономикалық пайдалы қасиеттеріне байланысты.

Тилипияға арналған жемге *Ch. vulgaris* SP BB-2 микробалдыры негізіндегі биологиялық азықтық қоспасын енгізу шабақтардың өнімділігі мен өсу қарқынын арттыруға, олардың тірі қалу көрсеткішін 98%-ға арттыруға және нәтижесінде ұлғайтуға көмектеседі. Саланың рентабельділік деңгейі 25%-ға артты.

Кесте 21 – Тилипия балығын өсірудегі экономикалық тиімділік

| Көрсеткіштер                               | Топ     |          |
|--------------------------------------------|---------|----------|
|                                            | бақылау | тәжірибе |
| Тәжірибе басындағы ихтиомасса, кг          | 15,69   | 15,09    |
| Тәжірибе соңындағы ихтиомасса, кг          | 75,1    | 82,3     |
| Тәжірибе кезеңіндегі жалпы салмақ қосу, кг | 59,41   | 67,21    |

|                                           |         |         |
|-------------------------------------------|---------|---------|
| Балық алуға кеткен шығын, мың.тг          | 45,12   | 45,14   |
| 1 кг өсімге кеткен жем шығыны, кг         | 0,92    | 0,82    |
| Желінген жемнің құны, тг                  | 82082,5 | 91345,0 |
| Қоспа қосылған жемнің құны, мың.тг        | 82,01   | 91,4    |
| Балықты сатудан түскен пайда, мың.тг      | 270,15  | 328,07  |
| Сатылымнан түсетін қосымша табыс, мың.тг. | -       | 47,92   |
| Рентабельділік, %                         | 32,6    | 57,6    |

Зерттеу жұмысымыздың нәтижесі бойынша *Ch. vulgaris* SP BB-2 микробалдыры негізіндегі биологиялық қоспаның тиялия (*Oreochromis niloticus*) балығын өсіруде қолданудың экономикалық тиімділігі есептеліп, келтірілген деректер өнеркәсіптік жағдайларда өсірген кезде тиялия рационына *Ch. vulgaris* SP BB-2 микробалдыры негізіндегі биологиялық азықтық қоспасын енгізу есебінен саланың экономикалық тиімділігінің артқанын көрсетеді. Алынған мәліметтерді талдау тиялия рационында *Ch. vulgaris* SP BB-2 микробалдыры негізіндегі биологиялық азықтық жемдік қоспасын қолдану рацион құнын жоғарылататынын көрсетеді.

Осылайша, балық шаруашылығының қалдық суларын минералды органикалық ластаушы заттардан тазарту мақсатында микробалдырды дақылдау кезінде қосалқы өнім ретінде бағалы микробалдырлардың биомассасын алуға, оны балық шаруашылығында жемдік қоспа ретінде пайдалануға болады. Бұл технология, бір жағынан, су қоймаларды органикалық ластаушы заттардан тиімді биоремедиациялау процесін жүргізуге, екінші жағынан, қалдық суларды нәруыздарға, көмірсуларға бай арзан биомасса алу үшін микробалдырларды жаппай өсіру үшін қоректік орта ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Микробалдырлар негізінде балық шаруашылығының қалдық суларын биологиялық тазалау және балықтарға арналған жемдік қоспаларды алудың технологиялық сызбасы құрастырылды. Технологиялық сызба келесі сатылардан тұрады:

- Балық шаруашылығының қалдық суларында *Chlorella vulgaris* SP BB-2 микробалдырын өсіру;
- Микробалдырларды балық шаруашылығының суында өсіру арқылы су органикалық ластаушы заттардан тазалау;
- Ақуыз, көмірсу және липидке бай микробалдырлардың биомассасын сүзу және кептіру;
- Микробалдырлар биомассасын балықтың жеміне биологиялық қоспа ретінде қосу;
- Микробалдыры негізіндегі биологиялық азықтық қоспасын енгізу арқылы балық шабақтарының өнімділігі мен өсу қарқынын арттыру.



Сурет 16 – Микробалдырлар негізінде балық шаруашылығының қалдық суларын биологиялық тазалау және балықтарға арналған жемдік қоспаларды алудың технологиялық сызбасы

Биологиялық тазалаудың бұл технологиясы органикалық ластаушылардан тазалаудың жоғары тиімділігімен, сондай-ақ экономикалық тиімділігімен, қарапайымдылығымен ерекшеленіп, экологияға зиянын тигізбей қалдық суларды өңдеп қайта пайдалануға және балықтарға бағалы қорек алу мүмкіндігімен ерекшеленеді. Аталмыш технология балық шаруашылығында *Chlorella vulgaris* SP BB-2 микробалдырларын қалдықсыз пайдалану мүмкіндігін береді.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Қазіргі таңда отандық құрама жем өнеркәсібі сапалы жем шикізатына өткір тапшылыққа ұшырауда. Отандық жемшөп өндірісіндегі дағдарысты еңсеру үшін бірқатар мәселелер қарастырылады, олардың негізгілері: әртүрлі табиғи биологиялық белсенді заттардың қоспаларын ескере отырып, құрама жем рецептураларын жетілдіру. Бұл ретте, жетіспейтін қоректік заттар бойынша балық шаруашылығының стандартты азықтық рационын және алынатын өнімдерінің құрамын түзетуді қамтамасыз ететін табиғи биологиялық белсенді субстанцияларды пайдалану өзекті болып табылады. Ғылыми диссертациялық жұмысымыздың нәтижесі бойынша келесі қорытындылар жасалды:

- 1) Зерттеуге алынған микробалдырлар *Chlorella vulgaris* SP BB-2, *Parachlorella kessleri* Bh2 және *Chlamydomonas reinhardtii* Dangeard CC-124 дақылдарының арасынан *Chlorella vulgaris* SP BB-2 дақылы балық шаруашылығының қалдық суында жоғары өсу көрсеткіштерін көрсетті.
- 2) Балық шаруашылығының қалдық суларын тазалаудағы микробалдырлар штаммдарының тиімділігін бағалауда су құрамындағы ОХП, аммоний азоты және фосфор концентрациясы төмендегені және микробиологиялық сипаттамасының жақсарғаны, атап айтқанда ЖМС - 70-75% - ға, коли индекс – 5-ке төмендегені анықталды.
- 3) Балық шаруашылығының қалдық суларында дақылданған *Chlorella vulgaris* SP BB-2 биомассасының құрамы 57,0% ақуыз, 11,4 % көмірсу мен 16 % липидтен және амин қышқылдарының негізгі фракциясы аланин, аргинин, аспарагин қышқылы мен глутамин қышқылы, лизин және лейциннен тұратыны анықталды. *C. vulgaris* SP BB-2 штамының липидті экстрактысы 30,7% қаныққан және 69,3% полиқанықпаған май қышқылдарынан тұрды, жалпы липидтің құрамындағы май қышқылдарының құрамы 90,2 мг г<sup>-1</sup> анықталды.
- 4) Микробалдырлардың биомассасы әртүрлі концентрацияда тиялия балығының жеміне қосылып, оның ішінде 25% *Chlorella vulgaris* SP BB-2 микробалдыр негізіндегі жемдік қоспаның тиялияның өсуі мен дамуының морфо-физиологиялық көрсеткіштеріне оң әсері анықталды.
- 5) Азықтық қоспа ретінде 25% *Chlorella vulgaris* SP BB-2 биомассасын балық рационна қосу ең жоғары салмақ өсімі 102 г және орташа тәуліктік өсім 1,46 г болды, бақылау тобымен салыстырғанда ~ 13% жоғарылағанын анықталды. Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тиялия (*Oreochromis niloticus*) балығының экстерьерлі және интерьерлі көрсеткіштері жақсы нәтижелерге ие болды. Ішек ұзындығы, асқазан, жүрек, көкбауыр және бауыр сияқты интерьерлі көрсеткіштері бойынша да тәжірибелік топ балықтарының жоғары тауарлық сапаға ие екенін дәлелденді.
- 6) Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тиялия (*Oreochromis niloticus*) балығының қанының биохимиялық көрсеткіштеріне, бұлшық ет құрамына бойынша қан сарысуындағы ақуыз мөлшері тәжірибе тобында бақылаумен салыстырғанда 14 % жоғарлағаны анықталды. Бұл

микробалдырлар биомассасы қосылған жемнің қосымша ақуыз және басқа да компоненттердің көзі болатындығын растайды.

- 7) Гистологиялық зерттеулер нәтижесі бойынша бақылау топтарында стромальды ісінуді, эпителий десквамациясын және бокал жасушаларының мөлшерінің 11,37 мкм-ден 24,56 мкм-ге дейін өзгергені, жемге қосымша микробалдырлар биомассасы енгізілген топ балықтарында ісіну байқалмады, шырыш асты қабатының жасуша құрамының жоғарылауына ықпал етті және крипттер мен ішек эпителиоциттерінің тұтастығы сақталды. Сонымен қатар бокал тәрізді жасушалардың өлшемдерінің пропорционалдылығы 10,15–10,55 мкм аралығында болатыны анықталды.
- 8) Микробалдырлар негізіндегі биологиялық қоспаның тияпия (*Oreochromis niloticus*) балығының ішек микрофлорасында бақылау тобымен салыстырғанда *Lactobacillus* туысының пайыздық мөлшері жоғарлағаны және *Aeromonas* және *Pseudomonas* туысының саны азайғаны көрсетілді.
- 9) Өндірістік жағдайда тияпия балығының рационына *Ch. vulgaris* SP BB-2 микробалдыры негізіндегі биологиялық қоспаны қосу өндірістің рентабельділік деңгейін 25%-ға арттырады.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. – 2016.
2. Ansari F., Singh P., Guldhe A., Bux F. Microalgal cultivation using aquaculture wastewater: integrated biomass generation and nutrient remediation //Algal research. – 2017. – Т. 21. – С. 169-177.
3. Gao F., Li C., Yang Z.H., Zeng G.M., Feng L.J., Liu J.Z., Liu M., Cai H.W. Continuous microalgae cultivation in aquaculture wastewater by a membrane photobioreactor for biomass production and nutrients removal //Ecological engineering. – 2016. – Т. 92. – С. 55-61.
4. Guldhe A., Ansari F., Singh P., Bux F. Heterotrophic cultivation of microalgae using aquaculture wastewater: a biorefinery concept for biomass production and nutrient remediation //Ecological Engineering. – 2017. – Т. 99. – С. 47-53.
5. Dickinson K. E., Whitney C. G., McGinn P. J. Nutrient remediation rates in municipal wastewater and their effect on biochemical composition of the microalga *Scenedesmus* sp. AMDD //Algal Research. – 2013. – Т. 2. – №. 2. – С. 127-134.
6. Пономарева Е. Н. и др. Перспективы использования аквапоники для получения экологически чистой продукции в аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения //Материалы научных мероприятий, приуроченных к 15-летию Южного научного центра Российской академии наук: "Международного научного форума" Достижения академической науки на Юге России"; "Международной молодежной научной конференции" Океанология в XXI веке: современные факты, модели, методы и средства" памяти члена-корреспондента РАН ДГ Матишова; "Всероссийской научной конференции" Аквакультура: мировой опыт и российские разработки". – 2017. – С. 440-443.
7. Пономарева Е. Н., Сорокина М. Н. Перспективы развития аквакультуры на юге России //63-я международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, посвященная 25-летию Астраханского государственного технического университета. – 2019. – С. 230-230.
8. Матишов Г.Г., Пономарева Е.Н., Казарникова А.В. и др. Интегрированное выращивание рыбы и растений в модульной установке замкнутого водоснабжения //Рыбное хозяйство. – 2017. – №. 1. – С. 66-71.
9. Moura R.S., Valenti W.C., Henry-Silva G.G., Sustainability of Nile tilapia net-cage culture in a reservoir in a semi-arid region //Ecological indicators. – 2016. – Т. 66. – С. 574-582.
10. Zhang Y., Bleeker A., Liu J.G. Nutrient discharge from China's aquaculture industry and associated environmental impacts //Environmental Research Letters. – 2015. – Т. 10. – №. 4. – С. 045002.
11. Васильков Г. В., Грищенко Л. И., Енгашев В. Г. Болезни рыб: справочник //М.: Агропромиздат. – 1989. – Т. 288.
12. Воронович Н. В. Исследование процессов формирования биоценоза активных илов биологических очистных сооружений //Вестник Волгоградского

- государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Технические науки. – 2006. – №. 6. – С. 148-153.
13. Li W., Li Z., 2009. In situ nutrient removal from aquaculture wastewater by aquatic vegetable *Ipomoea aquatica* on floating beds //Water science and technology. – 2009. – Т. 59. – №. 10. – С. 1937-1943.
  14. Mook W.T., Chakrabarti M.H., Aroua M.K., Khan G.M., Ali B.S., Islam M.S., Abu Hassan M.A. Removal of total ammonia nitrogen (TAN), nitrate and total organic carbon (TOC) from aquaculture wastewater using electrochemical technology: a review //Desalination. – 2012. – Т. 285. – С. 1-13.
  15. Chisti Y. Biodiesel from microalgae //Biotechnology advances. – 2007. – Т. 25. – №. 3. – С. 294-306.
  16. Rawat I., Kumar R., Mutanda T., Bux F. Dual role of microalgae: phycoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production //Applied energy. – 2011. – Т. 88. – №. 10. – С. 3411-3424.
  17. Kwarciak-Kozłowska A., Sławik-Dembiczak L., Bańka B. Phycoremediation of wastewater: heavy metal and nutrient removal processes //Environmental Protection and Natural Resources. – 2014. – Т. 25. – №. 4. – С. 51-54.
  18. Sethupathy A.V., Subramanian A., Manikandan R. Phycoremediation of sewage wastewater by using microalgal strains //Int J Eng Innov Res 4(2):300–302, – 2015.
  19. Wurochekke A., Mohamed RMS, Al-Gheethi A., Amir H., Matias-Peralta H. Household greywater treatment methods using natural materials and their hybrid system //Journal of water and health. – 2016. – Т. 14. – №. 6. – С. 914-928.
  20. Satpal Khambete A. Waste water treatment using micro-algae—a review paper //Int J Eng Technol Manag Appl Sci. – 2016. – Т. 4. – №. 2. – С. 188-192.
  21. Al-Darmaki A., Govindrajan L., Talebi S., Al-Rajhi S., Al-Barwani T., Al-Bulashi Z. Cultivation and characterization of microalgae for wastewater treatment //Proc World Congr Eng. – 2012. – Т. 1. – С. 4-7.
  22. Ju Z., Deng D., Dominy W. A defatted microalgae (*Haematococcus pluvialis*) meal as a protein ingredient to partially replace fishmeal in diets of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931) //Aquaculture. – 2012. – Т. 354. – С. 50-55.
  23. Becker E.W. Micro-algae as a source of protein //Biotechnology advances. – 2007. – Т. 25. – №. 2. – С. 207-210.
  24. Ansari F.A., Singh P., Guldhe A., Bux F. Microalgal cultivation using aquaculture wastewater: integrated biomass generation and nutrient remediation //Algal research. – 2017. – Т. 21. – С. 169-177.
  25. Guidhe A., Ansari F.A., Singh P., Bux F. Heterotrophic cultivation of microalgae using aquaculture wastewater: a biorefinery concept for biomass production and nutrient remediation //Ecological Engineering. – 2017. – Т. 99. – С. 47-53.
  26. Xin L., Ying H., Ping Z. Growth and lipid accumulation properties of a freshwater microalga *Scenedesmus* sp. under different cultivation temperature //Bioresource technology. – 2011. – Т. 102. – №. 3. – С. 3098-3102.
  27. Cassidy K. Evaluating algal growth at different temperatures. – 2011.

28. Baharuddin N., Azizi N., Sohif H., Karim W., Al-Obaidi J., Basiran M. Marine microalgae flocculation using plant: the case of *Nannochloropsis oculata* and *Moringa oleifera* //Pak J Bot. – 2016. – Т. 48. – №. 2. – С. 831-840.
29. Maizatul A., Mohamed R., Al-Gheethi A., Hashim M. An overview of the utilisation of microalgae biomass derived from nutrient recycling of wet market wastewater and slaughterhouse wastewater //International Aquatic Research. – 2017. – Т. 9. – С. 177-193.
30. Solovchenko A., Verschoor A., Jablonowski N., Nedbal L. Phosphorus from wastewater to crops: An alternative path involving microalgae //Biotechnology advances. – 2016. – Т. 34. – №. 5. – С. 550-564.
31. Sen M., Alp M., Sonmez F., Kocer M., Canpolat O. Relationship of algae to water pollution and waste water treatment //Water treatment. – 2013. – Т. 14. – С. 335-354.
32. Pahazri F., Mohamed R., Al-Gheethi A., Hashim A. Production and harvesting of microalgae biomass from wastewater: a critical review //Environmental Technology Reviews. – 2016. – Т. 5. – №. 1. – С. 39-56.
33. Богданов Н. И. Использование хлореллы для выращивания и откорма сельскохозяйственных животных //Пенза: НИИ Альгобиотехнологии. – 2004.
34. Муззафаров А.М. Хлорелла (способы массового культивирования и употребления) //Ташкент: Фан, – 1984. – С. 185.
35. Мещерякова Ю. В., Нагорнов С. А. Культивирование микроводоросли хлорелла с целью получения биотоплива //Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2012. – №. S3. – С. 33-36.
36. Andersen R. A. (ed.). Algal culturing techniques. – Elsevier, 2005.
37. Schlegel I., Krienitz L., Hepperle D. Variability of calcification of *Phacotus lenticularis* (Chlorophyta, Chlamydomonadales) in nature and culture //Phycologia. – 2000. – Т. 39. – №. 4. – С. 318-322.
38. Suda S. Taxonomic revision of water-bloom-forming species of oscillatoroid cyanobacteria //International journal of systematic and evolutionary microbiology. – 2002. – Т. 52. – №. 5. – С. 1577-1595.
39. Сальникова М. Хлорелла – новейший вид корма. – Мтр. – 1977. С – 87.
40. Chen S., Pan L., Hong M., Lee A. The effects of temperature on the growth of and ammonia uptake by marine microalgae //Botanical Studies. – 2012. – Т. 53. – №. 1.
41. Pérez-Pazos J., Fernández-Izquierdo P. Synthesis of neutral lipids in *Chlorella* sp. under different light and carbonate conditions //CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro. – 2011. – Т. 4. – №. 4. – С. 47-58.
42. Zang C., Huang S., Wu M. Comparison of relationships between pH, dissolved oxygen and chlorophyll a for aquaculture and non-aquaculture waters //Water, Air, & Soil Pollution. – 2011. – Т. 219. – С. 157-174.
43. Ansari F. A., Gupta S. K., Bux F. Microalgae: a biorefinery approach to the treatment of aquaculture wastewater //Application of Microalgae in Wastewater Treatment: Volume 2: Biorefinery Approaches of Wastewater Treatment. – 2019. – С. 69-83.
44. Roy S., Chaudhuri A., Mukherjee S., Chauduri S., Pal R. Composite algal supplementation in nutrition of *Oreochromis mossambicus* //Journal of algal biomass utilization. – 2011. – Т. 2. – №. 1. – С. 10-20.



45. Li S.L., Dai M., Qiu H.J., Chen N.S. Effects of fishmeal replacement with composite mixture of shrimp hydrolysate and plant proteins on growth performance, feed utilization, and target of rapamycin pathway in largemouth bass, *Micropterus salmoides* //Aquaculture. – 2021. – T. 533. – C. 736185.
46. Arriaga-Hernandez D., Hernández C., Martínez-Montaña E., Ibarra-Castro L., Lizárraga-Velázquez E., Leyva-López N. Fish meal replacement by soybean products in aquaculture feeds for white snook, *Centropomus viridis*: Effect on growth, diet digestibility, and digestive capacity //Aquaculture. – 2021. – T. 530. – C. 735823.
47. Huang F., Wang L., Zhang C.X., Song K. Replacement of fishmeal with soybean meal and mineral supplements in diets of *Litopenaeus vannamei* reared in low-salinity water //Aquaculture. – 2017. – T. 473. – C. 172-180.
48. Jones C., Nel A., Adesola A., Shipton T., Kaiser H. The effect of fishmeal replacement with terrestrial protein sources on growth, body condition and intestinal microbiota of juvenile dusky kob *Argyrosomus japonicus* //African Journal of Marine Science. – 2021. – T. 43. – №. 1. – C. 45-52.
49. Psafakis P., Karapanagiotidis I.T., Malandrakis E.E., Golomazou E., Exadactylos A., Mente E. Effect of fishmeal replacement by hydrolyzed feather meal on growth performance, proximate composition, digestive enzyme activity, haematological parameters and growth-related gene expression of gilthead seabream (*Sparus aurata*) //Aquaculture. – 2020. – T. 521. – C. 735006.
50. Hansen J.O., Hofossater M., Sahlmann C., Anestad R., Reveco-Urzuza F.E., Press C.M. Effect of *Candida utilis* on growth and intestinal health of Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr //Aquaculture. – 2019. – T. 511. – C. 734239.
51. Valente L., Custodio M., Batista S., Fernandes H., Kiron N. Defatted microalgae (*Nannochloropsis* sp.) from biorefinery as a potential feed protein source to replace fishmeal in European sea bass diets //Fish physiology and biochemistry. – 2019. – T. 45. – C. 1067-1081.
52. Yang P.X., Li X.Q., Song B.W., He M., Wu C.Y., Leng X.J. The potential of *Clostridium autoethanogenum*, a new single cell protein, in substituting fish meal in the diet of largemouth bass (*Micropterus salmoides*): Growth, feed utilization and intestinal histology //Aquaculture and Fisheries. – 2023. – T. 8. – №. 1. – C. 67-75.
53. Luo L., Xue M., Wu X., Cai X., Cao H., Liang Y. Partial or total replacement of fishmeal by solvent-extracted cottonseed meal in diets for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) //Aquaculture Nutrition. – 2006. – T. 12. – №. 6. – C. 418-424.
54. Liland N.S., Araujo P., Xu X.X., Lock E.J., Radhakrishnan G., Prabhu A.J.P. A meta-analysis on the nutritional value of insects in aquafeeds //Journal of Insects as Food and Feed. – 2021. – T. 7. – №. 5. – C. 743-759.
55. Ahmad M.T., Shariff M., Md Yusoff F., Goh Y.M., Banerjee S. Applications of microalga *Chlorella vulgaris* in aquaculture //Reviews in aquaculture. – 2020. – T. 12. – №. 1. – C. 328-346.
56. Alagawany M., Taha A.A., Noreldin A., El-Tarabily K.A., El-Hank M. Nutritional applications of species of *Spirulina* and *Chlorella* in farmed fish: A review //Aquaculture. – 2021. – T. 542. – C. 736841.

57. Liu C., Liu H.K., Xu W.J., Han D., Xie S.Q., Jin J.Y. Effects of dietary *Arthrospira platensis* supplementation on the growth, pigmentation, and antioxidation in yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) //Aquaculture. – 2019. – T. 510. – C. 267-275.
58. Kousoulaki K., Mørkøre T., Nengas I., Berge R.K., Sweetman J. Microalgae and organic minerals enhance lipid retention efficiency and fillet quality in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) //Aquaculture. – 2016. – T. 451. – C. 47-57.
59. Man Y.B., Zhang F., Ma K.L., Mo W.Y., Kwan H.S., Chow K.L. Growth and intestinal microbiota of Sabah giant grouper reared on food waste-based pellets supplemented with spirulina as a growth promoter and alternative protein source //Aquaculture Reports. – 2020. – T. 18. – C. 100553.
60. Safavi S.V., Kenar A.A., Tabarsa M., Esmaeili M. Effect of sulfated polysaccharides extracted from marine macroalgae (*Ulva intestinalis* and *Gracilariopsis persica*) on growth performance, fatty acid profile, and immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) //Journal of Applied Phycology. – 2019. – T. 31. – C. 4021-4035.
61. Guroy B., Sahin I., Mantolu S., Kayali S. Spirulina as a natural carotenoid source on growth, pigmentation and reproductive performance of yellow tail cichlid *Pseudotropheus acei* //Aquaculture International. – 2012. – T. 20. – C. 869-878.
62. Roohani A.M., Kenari A.A., Kapoorchali M.F., Borani M.S., Zorriehzahra M.J., Smiley A.H. Effect of spirulina *Spirulina platensis* as a complementary ingredient to reduce dietary fish meal on the growth performance, whole-body composition, fatty acid and amino acid profiles, and pigmentation of Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius*) juveniles //Aquaculture Nutrition. – 2019. – T. 25. – №. 3. – C. 633-645.
63. Pulcini D., Capoccioni F., Franceschini S., Martinoli M., Tibaldi E. Skin pigmentation in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) fed conventional and novel protein sources in diets deprived of fish meal //Animals. – 2020. – T. 10. – №. 11. – C. 2138.
64. Abdulrahman N. M., Ameen H. J. H. Replacement of fishmeal with microalgae *Spirulina* on common carp weight gain, meat and sensitive composition and survival //Pakistan Journal of Nutrition. – 2014. – T. 13. – №. 2. – C. 93.
65. Guedes A., Malcata F. Nutritional value and uses of microalgae in aquaculture //Aquaculture. – 2012. – T. 10. – №. 1516. – C. 59-78.
66. Skarka J. Microalgae biomass potential in Europe: land availability as a key issue //TATuP-Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis. – 2012. – T. 21. – №. 1. – C. 72-79.
67. Sirakov I., Velichkova K., Stoyanova S., Staykov Y. The importance of microalgae for aquaculture industry. Review //Int J Fish Aquat Stud. – 2015. – T. 2. – №. 4. – C. 81-84.
68. Grammes F., Reveco F., Romarheim O., Landsverk T., Mydland L., Øverland M. *Candida utilis* and *Chlorella vulgaris* counteract intestinal inflammation in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) //PloS one. – 2013. – T. 8. – №. 12. – C. e83213.
69. Choix F., De-Bashana L., Bashan Y. Enhanced accumulation of starch and total carbohydrates in alginate-immobilized *Chlorella* spp. induced by *Azospirillum brasilense*: II. Heterotrophic conditions //Enzyme and microbial technology. – 2012. – T. 51. – №. 5. – C. 300-309.

70. Vizcáíno J., Lo'pez G., Sa'ez M., Jimé'nez J., Barros A., Hidalgo L. Alarco'n FJ (2015) Effects of the microalga *Scenedesmus almeriensis* as fishmeal alternative in diets for gilthead sea bream, *Sparus aurata*, juveniles //Aquaculture. – 2014. – T. 431. – C. 34-43.
71. Norambuena F., Hermon K., Skrzypczyk V., Emery J., Sharon Y., Beard A., Turchini G. Algae in fish feed: performances and fatty acid metabolism in juvenile Atlantic salmon //PloS one. – 2015. – T. 10. – №. 4. – C. e0124042.
72. Abdel-Latif H., Soliman A., Sewilam H., Hien R.A., Doan V., Alagawany M., Dawood M. The influence of raffinose on the growth performance, oxidative status, and immunity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) //Aquaculture Reports. – 2020. – T. 18. – C. 100457.
73. Sharif. M., Zafar. M., Aqib A.I., Saeed M., Farag M., Alagawany M. Single cell protein: Sources, mechanism of production, nutritional value and its uses in aquaculture nutrition //Aquaculture. – 2021. – T. 531. – C. 735885.
74. Shepherd J. Demand perspectives on Fishmeal and Fishoil //IFFPO Conferences. – 2011. – C. 2-25.
75. Mo W., Man Y., Wong M. Use of food waste, fish waste and food processing waste for China's aquaculture industry: Needs and challenge //Science of the Total Environment. – 2018. – T. 613. – C. 635-643.
76. Farag M., Alagawany M., Abd El-Hack M., Dhama K. Nutritional and healthical aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*) for poultry, animals and human. – 2016.
77. Roy S. S., Pal R. Microalgae in aquaculture: a review with special references to nutritional value and fish dietetics //Proceedings of the Zoological Society. – Springer India, 2015. – T. 68. – C. 1-8.
78. Sarker P., Gamble M., Kelson S., Kapuscinski A. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) show high digestibility of lipid and fatty acids from marine *Schizochytrium* sp. and of protein and essential amino acids from freshwater *Spirulina* sp. feed ingredients //Aquaculture nutrition. – 2016. – T. 22. – №. 1. – C. 109-119.
79. Sarker P.K., Kapuscinski A.R., Lanois A.J., Livesey E.D., Bernhard K.P., Coley M.L. Towards sustainable aquafeeds: complete substitution of fish oil with marine microalga *Schizochytrium* sp. improves growth and fatty acid deposition in juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) //PloS one. – 2016. – T. 11. – №. 6. – C. e0156684.
80. Moreno-Garcia L., Adjall'e K., Barnab'e S., Raghavan G. Microalgae biomass production for a biorefinery system: recent advances and the way towards sustainability //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – T. 76. – C. 493-506.
81. Malibari R., Sayegh F., Elazzazy A.M., Baeshen, M.N., Dourou M., Aggelis G. Reuse of shrimp farm wastewater as growth medium for marine microalgae isolated from Red Sea–Jeddah //Journal of Cleaner Production. – 2018. – T. 198. – C. 160-169.
82. Priyadarshani I., Rath B. Commercial and industrial applications of micro algae–A review //Journal of Algal Biomass Utilization. – 2012. – T. 3. – №. 4. – C. 89-100.
83. Teimouri M., Yeganeh S., Amirkolaie A. K. The effects of *Spirulina platensis* meal on proximate composition, fatty acid profile and lipid peroxidation of rainbow trout

- (*Oncorhynchus mykiss*) muscle //Aquaculture nutrition. – 2016. – Т. 22. – №. 3. – С. 559-566.
84. Talpur A. D., Ikhwanuddin M., Bolong A. M. A. Nutritional effects of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) on immune response of Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch) and disease resistance against *Vibrio harveyi* //Aquaculture. – 2013. – Т. 400. – С. 46-52.
85. Promya J., Chitmanat C. The effects of *Spirulina platensis* and *Cladophora* algae on the growth performance, meat quality and immunity stimulating capacity of the African Sharptooth Catfish (*Clarias gariepinus*). – 2011.
86. Yeganeh S., Teimouri M., Amirkolaie A. K. Dietary effects of *Spirulina platensis* on hematological and serum biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) //Research in Veterinary Science. – 2015. – Т. 101. – С. 84-88.
87. Adel M., Yeganeh S., Dadar M., Sakai M., Dawood M. Effects of dietary *Spirulina platensis* on growth performance, humoral and mucosal immune responses and disease resistance in juvenile great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1754) //Fish & Shellfish Immunology. – 2016. – Т. 56. – С. 436-444.
88. Barreda D.R., Konowalchuk J.D., Rieger A.M., Wong M.E., Havixbeck J.J. Triennial growth symposium—novel roles for vitamin D in animal immunity and health //Journal of Animal Science. – 2014. – Т. 92. – №. 3. – С. 930-938.
89. Oziransky Y. et al. Tilapia (Tilapini) as one of the main objects of modern aquaculture. Experience of cultivation in Israel //ribogospodars'ka nauka ukraïni. – 2018. – №. 3 (45). – С. 50-88-0.
90. Боронецкая О. И. Использование тилляпии (*Tilapia*inae) в мировой и отечественной аквакультуре //Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2012. – №. 1. – С. 164-173.
91. Хорошко А. И., Крючков В. Н. Способ товарного выращивания тропических видов в прудовой поликультуре. – 2019.
92. Устинов А. С. Технология совместного выращивания карпа (*Cyprinus Carpio*) и голубой тилляпии (*Oreochromis Aureus*) в индустриальном рыбоводстве //М.: Моск. с.-х. акад. им. КА Тимирязева. – 2005.
93. Rothuis A.J. Polyculture of silver barb, *Puntius gonionotus* (Bleeker), Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), and common carp, *Cyprinus carpio* L., in Vietnamese ricefields: feeding ecology and impact on rice and ricefield environment //Aquaculture research. – 1998. – Т. 29. – №. 9. – С. 649-660.
94. Ribeiro V. S., Pedroza Filho M. X. Regional analysis of aquaculture value chain: Study of tilapia production zones in Brazil //Aquaculture. – 2022. – Т. 551. – С. 737948.
95. Watanabe W.O. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges //Reviews in fisheries science. – 2002. – Т. 10. – №. 3-4. – С. 465-498.
96. Boonanuntanasarn S. Adaptation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to different levels of dietary carbohydrates: New insights from a long term nutritional study //Aquaculture. – 2018. – Т. 496. – С. 58-65.
97. Кияшко В.В., Гуркина О.А., Клименко А.А. Тилляпия как объект индустриальной аквакультуры //Современные проблемы животноводства в условиях инновационного развития отрасли. – 2017. – С. 84-87.

98. Fitzsimmons K. Future trends of tilapia aquaculture in the Americas //Tilapia aquaculture in the Americas. – 2000. – Т. 2. – С. 252-264.
99. Izhboldina O. O. Early sex detection and physiological stimulation of spawning in the Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) //Ukrainian Journal of Ecology. – 2019. – Т. 9. – №. 4. – С. 657-660.
100. Mukhramova A. et al. Use of domestic starter feeds for culturing clarid catfish and tilapia //Eurasian Journal of Biosciences. – 2020. – Т. 14. – №. 1.
101. Привезенцев Ю. А. Тилыпии (систематика, биология, хозяйственное использование). – 2011.
102. Bolivar R. B. et al. Growth evaluation, sex conversion rate and percent survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fingerlings in earthen ponds. – 2008.
103. Poot-López G. R., Hernández J. M., Gasca-Leyva E. Analysis of ration size in Nile tilapia production: economics and environmental implications //Aquaculture. – 2014. – Т. 420. – С. 198-205.
104. Шувариков А. С., Лисенков А. А. Технология хранения, переработки и стандартизация продукции животноводства. – 2008.
105. Pandit N. P., Nakamura M. Effect of high temperature on survival, growth and feed conversion ratio of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* //Our Nature. – 2010. – Т. 8. – №. 1. – С. 219-224.
106. Чмилевский Д. А. Оогенез рыб в норме и при экстремальных воздействиях //Дис.... докт. биол. наук. СПб.: СПбГУ. – 2000.
107. De La Fuente J. Growth regulation and enhancement in tilapia: basic research findings and their applications //Genetic Analysis: Biomolecular Engineering. – 1999. – Т. 15. – №. 3-5. – С. 85-90.
108. Золотова А. В., Панов В. П., Есавкин Ю. И. Рост соматических структур и морфометрическая характеристика скелетной мускулатуры нильской тилыпии (*Oreochromis niloticus* L.) //Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – №. 2. – С. 76-87.
109. Маслова Т.Ф., Сесин П.В., Кулакова Т.С. ехнико-биологическое обоснование выращивания нильской тилыпии (*Oreochromis niloticus*) в установке замкнутого водоснабжения./Маслова ТФ, Кулакова Т. С, Сесин ПВ //В сборнике: Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов-регионам IV Международная молодежная научно-практическая конференция. – 2019. – С. 236-240.
110. Тетдоев В. В. Выращивание тилыпии в водоемах с различными экологическими условиями //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2009. – Т. 3. – №. 23-1. – С. 215-217.
111. Hui W. et al. Joint effect of temperature, salinity and pH on the percentage fertilization and hatching of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) //Aquaculture Research. – 2014. – Т. 45. – №. 2. – С. 259-269.
112. Likongwe J. S. et al. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) //Aquaculture. – 1996. – Т. 146. – №. 1-2. – С. 37-46.

113. Moses M. et al. Growth performance of five different strains of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) introduced to Tanzania reared in fresh and brackish waters //Scientific Reports. – 2021. – Т. 11. – №. 1. – С. 11147.
114. Костюрина А. Н., Мельник И. В. Значение колебаний температуры при выращивании молоди тимирязевской тилапии //Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2009. – №. 2. – С. 88-90.
115. Zhao J. et al. Assessing appetite of the swimming fish based on spontaneous collective behaviors in a recirculating aquaculture system //Aquacultural Engineering. – 2017. – Т. 78. – С. 196-204.
116. Xu J. et al. Behavioral responses of tilapia (*Oreochromis niloticus*) to acute fluctuations in dissolved oxygen levels as monitored by computer vision //Aquacultural engineering. – 2006. – Т. 35. – №. 3. – С. 207-217.
117. Elkatatny N. M. et al. The impacts of seasonal variation on the immune status of Nile tilapia larvae and their response to different immunostimulants feed additives //Fish & shellfish immunology. – 2020. – Т. 96. – С. 270-278..
118. Абросимова Е. Б. Особенности аммиачной интоксикации рыб в интенсивной аквакультуре : дис. – Астрахань, 2009, 2009.
119. Петрова И. В. Факторы, влияющие на развитие аквакультуры //Электронный научный журнал. – 2021. – №. 3. – С. 12-15.
120. Скляр В. Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре. – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение" Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии", 2008.
121. Obasa S. O. et al. Evaluation of fermented pineapple (*Ananas comosus*) peel meal as a substitute for maize meal in the diet of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* //Nigerian Journal of Animal Production. – 2012. – Т. 39. – №. 2. – С. 156-162.
122. Антипова А. Н., Ивойлов А. А. Борщевик Сосновского как дополнительный корм для нильской тилапии //Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации. – 2020. – С. 14-17.
123. Использование протеин-хитинового концентрата личинок черной львинки *Hermetia illucens* в рационе всеядных рыб на примере красной тилапии //Известия Уфимского научного центра РАН. – 2018. – №. 3. – С. 57-62.
124. Заядан Б. К., Акмуханова Н. Р., Садвакасова А. К. Коллекция микроводорослей и методы их культивирования. – 2013.
125. Akmukhanova N.R., Sadvakasova A.K., Torekhanova M.M., Bauenova M.O., Zayadan B.K., Shalgimbayeva S.M., Bolatkhan K., Alwasel S., Kit Leong Y., Jo-Shu Chang, Allakhverdiev S.I. Feasibility of waste-free use of microalgae in aquaculture //Journal of Applied Phycology. – 2022. – Т. 34. – №. 5. – С. 2297-2313.
126. Schreiber U. Pulse-amplitude-modulation (PAM) fluorometry and saturation pulse method: an overview //Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis. – 2004. – С. 279-319.
127. Strasser R. J., Tsimilli-Michael M., Srivastava A. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient //Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis. – Dordrecht : Springer Netherlands, 2004. – С. 321-362.

128. Lazár D., Schansker G. Models of chlorophyll a fluorescence transients //Photosynthesis in silico: understanding complexity from molecules to ecosystems. – Dordrecht : Springer Netherlands, 2009. – C. 85-123.
129. Kalaji H.M., Schansker G., Ladle R.J., Kalaji V., Bosa K., Allakhverdiev S., Elsheery N.I., Ferroni L., Guidi L., Hogewoning S.W., Jajoo A., Misra A.N., Nebauer S.G., Pancaldi S., Penella C., Poli D.B., Pollastrini M., Romanowska-Duda Z.B., Rutkowska B., Serôdio J., Suresh K., Szulc W., Tambussi E., Yanniccari M., Zivcak M. Frequently asked questions about in vivo chlorophyll fluorescence: practical issues //Photosynthesis research. – 2014. – T. 122. – C. 121-158.
130. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr A, Randall RJ (1951) Protein measurement with the Folin phenol reagent //J biol Chem. – 1951. – T. 193. – №. 1. – C. 265-275.
131. Lewis T., Nichols P. D., McMeekin T. A. Evaluation of extraction methods for recovery of fatty acids from lipid-producing microheterotrophs //Journal of Microbiological Methods. – 2000. – T. 43. – №. 2. – C. 107-116.
132. Talaiekhosani A., Alae S., Ponraj M. Guidelines for quick application of biochemical tests to identify unknown bacteria //AOBR. – 2015. – T. 2. – №. 2. – C. 65-82.
133. Zealand N. Microbiological water quality guidelines for marine and freshwater recreational areas. – Ministry for the Environment, 2003.
134. Cho Y. H., Nielsen S. S. Phosphorus determination by Murphy-Riley method //Nielsen's Food Analysis Laboratory Manual. – Cham : Springer International Publishing, 2024. – C. 163-165.
135. Wilhelm F. M. Pollution of aquatic ecosystems I. – 2009.
136. Щербина М. А., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. – 2006.
137. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. – Рипол Классик, 2013.
138. Doumas B. T., Watson W. A., Biggs H. G. Albumin standards and the measurement of serum albumin with bromocresol green //Clinica chimica acta. – 1971. – T. 31. – №. 1. – C. 87-96.
139. Mikodina E. V. et al. Histology for ichthyologists: experience and advices //VNIRO, Moscow [in Russian]. – 2009.
140. Cowie R. A. Quality assurance for microbiology in feed analysis laboratories. – 2013. – №. 16. – C. vii+ 196 pp.
141. Bergey D. H. Bergey's manual of determinative bacteriology. – Lippincott Williams & Wilkins, 1994.
142. Ottinger M., Clauss K., Kuenzer C. Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments–A review //Ocean & Coastal Management. – 2016. – T. 119. – C. 244-266.
143. Hoon C. H. The removal methods of phosphorus/phosphate and nitrogen/nitrate from water and wastewater //Project reports. Tunku Abdul Rahman College. – 2012.
144. Abdel-Raouf N., Al-Homaidan A. A., Ibraheem I. B. M. Microalgae and wastewater treatment //Saudi journal of biological sciences. – 2012. – T. 19. – №. 3. – C. 257-275.
145. Kun L., Qiang L., Fan F., Ruihuan L., Qian L., Wenguang Zh., Shuhao H., Pengfei C., Junzhi L., Min A., Paul Ch., Dongjie Ch., Roger R. Microalgae-based wastewater treatment for nutrients recovery: a review. – 2019.

146. Suggett D. J., Prášil O. Chlorophyll a fluorescence in aquatic sciences: methods and applications. – Dordrecht : Springer, 2010. – Т. 4. – С. 293-309.
147. Маторин Д. Н., Рубин А. Б. Флуоресценция хлорофилла высших растений и водорослей. – 2012.
148. Заядан Б.К., Акмуханова Н.Р., Садвакасова А.К. Каталог коллекции культур микроводорослей и цианобактерий. Алматы.: Абзал-Ай, -2017. -135 с.
149. Bohutskyi P., Liu K., Nasr L.K., Byers N., Rosenberg J.N., Oyler G.A., Betenbaugh M.J., Bouwer E.J. Bioprospecting of microalgae for integrated biomass production and phytoremediation of unsterilized wastewater and anaerobic digestion centrate //Applied microbiology and biotechnology. – 2015. – Т. 99. – С. 6139-6154.
150. Mata T.M., Melo A.C., Simões M., Caetano N.S. Parametric study of a brewery effluent treatment by microalgae *Scenedesmus obliquus* //Bioresource technology. – 2012. – Т. 107. – С. 151-158.
151. Delgadillo-Mirquez L., Lopes F., Taidi B., Pareau D. Nitrogen and phosphate removal from wastewater with a mixed microalgae and bacteria culture //Biotechnology reports. – 2016. – Т. 11. – С. 18-26.
152. Subramaniam V., Ramraj S., Ganeshkumar V. Bioresource technology cultivation of *Chlorella* on brewery wastewater and nanoparticle biosynthesis by its biomass //Bioresour. Technol. -2016. V. 211. P. 698–703.
153. Liu J., Ge Y., Chang H., Wu L., Tian G. Aerated swine lagoon wastewater: a promising alternative medium for *Botryococcus braunii* cultivation in open system //Bioresource technology. – 2013. – Т. 139. – С. 190-194.
154. Gao F., Li C., Yang Z., Zeng G., Feng L., Liu J., Liu M., Cai H. Continuous microalgae cultivation in aquaculture wastewater by a membrane photobioreactor for biomass production and nutrients removal //Ecological engineering. – 2016. – Т. 92. – С. 55-61.
155. Ruiz-Capillas C., Moral A. Free amino acids in muscle of Norway lobster (*Nephrops norvegicus* (L.)) in controlled and modified atmospheres during chilled storage //Food Chemistry. – 2004. – Т. 86. – №. 1. – С. 85-91.
156. Tocher D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish //Reviews in fisheries science. – 2003. – Т. 11. – №. 2. – С. 107-184.
157. Glencross B. D. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species //Reviews in aquaculture. – 2009. – Т. 1. – №. 2. – С. 71-124.
158. Mishra K., Samantaray K. Interacting effects of dietary lipid level and temperature on growth, body composition and fatty acid profile of rohu, *Labeo rohita* (Hamilton) //Aquaculture nutrition. – 2004. – Т. 10. – №. 6. – С. 359-369.
159. Lim C., Yildirim-Aksoy M., Klesius P. Lipid and fatty acid requirements of tilapias //North American Journal of Aquaculture. – 2011. – Т. 73. – №. 2. – С. 188-193.
160. Jardine T. D., Galloway A. W. E., Kainz M. J. Unlocking the power of fatty acids as dietary tracers and metabolic signals in fishes and aquatic invertebrates //Philosophical Transactions of the Royal Society B. – 2020. – Т. 375. – №. 1804. – С. 20190639.
161. Patil V., Kallqvist T., Olsen E., Vogt G., Gislerød H. Fatty acid composition of 12 microalgae for possible use in aquaculture feed //Aquaculture International. – 2007. – Т. 15. – С. 1-9.



162. Andreeva A. Structural-functional organization of blood proteins and some other extracellular fluids in fish //PhD Thesis, IBIW RAS, Moscow, -2008.
163. Cnaani A., Tinman S., Avidar Y., Ron M., Hulata G. Comparative study of biochemical parameters in response to stress in *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus* and two strains of *O. niloticus* //Aquaculture research. – 2004. – T. 35. – №. 15. – C. 1434-1440.
164. Anderson D. P., Roberson B. S., Dixon O. W. Plaque-forming cells and humoral antibody in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) induced by immersion in a *Yersinia ruckeri* O-antigen preparation //Journal of the Fisheries Board of Canada. – 1979. – T. 36. – №. 6. – C. 636-639.
165. Yildiz F., Liu X., Heydorn A., Schoolnik G. Molecular analysis of rugosity in a *Vibrio cholerae* O1 El Tor phase variant //Molecular microbiology. – 2004. – T. 53. – №. 2. – C. 497-515.
166. Yu J., Starr D., Wu X., Parkhurst S., Zhuang Y., Xu R., Han M. The KASH domain protein MSP-300 plays an essential role in nuclear anchoring during *Drosophila* oogenesis //Developmental biology. – 2006. – T. 289. – №. 2. – C. 336-345.
167. Jutfelt F. Encyclopedia of fish physiology //Academic. Press, London, -2011.
168. Smith B., Smith S., Tengjaroenkul B., Lawrence T. Gross morphology and topography of the adult intestinal tract of the tilapia fish, *Oreochromis niloticus* L //Cells Tissues Organs. – 2000. – T. 166. – №. 3. – C. 294-303.
169. Reyes-Becerril M., Guardiola F., Rojas M., Ascencio-Valle F., Esteban M. Dietary administration of microalgae *Navicula* sp. affects immune status and gene expression of gilthead seabream (*Sparus aurata*) //Fish & shellfish immunology. – 2013. – T. 35. – №. 3. – C. 883-889.
170. Bravo-Tello K., Ehrenfeld N., Solís C., Ulloa P., Herrera M., Pizarro- Guajardo M. Effect of microalgae on intestinal inflammation triggered by soybean meal and bacterial infection in zebrafish //PLoS One. – 2017. – T. 12. – №. 11. – C. e0187696.