ҒТАМР 69.25.15 https://doi.org/10.26577/bb1083202611

Д. Салауат[1]* , Д.С. Батаева[2] , Г.Б. Джумаханова[1,3] ,
С.Т. Алимова[1] , Ж.С. Омарова[1] , А. Йылдыз[4]

[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
[2]«Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті» КеАҚ, Жаратылыстану институты, Алматы, Қазақстан
[3]Ботаника және фитоинтродукция институты, Алматы, Қазақстан
[4]Акдениз университеті, Балық шаруашылығы факультеті, Анталия, Түркия

*e-mail: salauat.damys@mail.ru

ARTHROSPIRA PLATENSIS ZTS-2024 ШТАММЫМЕН БАЙЫТЫЛҒАН *ARTEMIA PARTHENOGENETICA*-НЫҢ БИОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАСЫ

Artemia туысына жататын тірі жемдер аквакультурада кеңінен қолданылады, алайда олардың қоректік құндылығы мен микробиологиялық сапасы өсіру жағдайларына тәуелді және биологиялық байыту арқылы жақсартылуы мүмкін. Зерттеудің мақсаты *Artemia parthenogenetica*-ны *Arthrospira platensis ZTS-2024* штаммымен байытудың оның биохимиялық көрсеткіштері мен микробиологиялық сапасына әсерін бағалау болды. Балқаш көлінің оңтүстік-шығыс тұзды аймағынан (Жетісу облысы, Қазақстан) бөлініп алынған *Arthrospira platensis ZTS-2024* штаммы *Artemia parthenogenetica*-ны 18 және 24 сағат бойы байыту үшін қолданылды. Аминқышқылдық және май қышқылдық құрам, культивацияланатын бактериялардың жалпы саны, *Vibrio spp.* және гемолитикалық бактериялар саны анықталды. Тәжірибе үш биологиялық қайталанымда жүргізіліп, деректер екі факторлы дисперсиялық талдау және Тьюки тесті арқылы өңделді. Байыту бірқатар аминқышқылдары мен көпқанықпаған май қышқылдарының, соның ішінде эйкозапентаен (EPA) және докозагексаен (DHA) қышқылдарының мөлшерін арттырды; ең айқын өзгерістер 24 сағаттан кейін байқалды. Осы мерзімде байытылған топтағы культивацияланатын бактериялардың жалпы саны 670 ± 430 КТБ·дара$^{-1}$ болды, бұл тиісті бақылаудан 87,1 %-ға төмен; гемолитикалық бактериялар саны 93,6 %-ға, ал *Vibrio spp.* саны 90,8 %-ға азайды. Жұмыс жергілікті *Arthrospira platensis* штаммын қолдану арқылы *Artemia*-ның биохимиялық және микробиологиялық құндылығын бір мезгілде жақсарту жөніндегі деректерді толықтырады. Нәтижелердің практикалық маңызы *Arthrospira platensis ZTS-2024* штаммын аквакультураға арналған тірі жемді дайындау технологиясында пайдалану мүмкіндігімен байланысты.

Түйін сөздер: *Arthrospira platensis ZTS-2024*, *Artemia parthenogenetica*, биологиялық байыту, көпқанықпаған май қышқылдары.

D. Salauat[1]*, D.S. Batayeva[2], G.B. Jumakhanova[1,3],
S.T. Alimova[1], Zh.S. Omarova[1], A. Yildiz[4]

[1]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[2]Institute of Natural Sciences, Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan
[3]Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan
[4]Faculty of Fisheries, Akdeniz University, Antalya, Türkiye
*e-mail: salauat.damys@mail.ru

Biochemical and microbiological assessment of *Artemia parthenogenetica* enriched with *Arthrospira platensis* ZTS-2024

Live feeds of the genus *Artemia* are widely used in aquaculture, but their nutritional value and microbiological quality depend on culture conditions and can be improved through biological enrichment. This study evaluated the effect of enriching *Artemia parthenogenetica* with the *Arthrospira platensis* ZTS-2024 strain on biochemical characteristics and microbiological quality. The strain, isolated from the southeastern saline area of Lake Balkhash (Jetisu Region, Kazakhstan), was used for 18- and 24-h enrichment. Amino acid and fatty acid compositions, total culturable bacterial counts, *Vibrio spp.* abundance, and hemolytic bacterial counts were determined. The experiment included three biological replicates, and the data were analyzed by two-way ANOVA followed by Tukey's test. Enrichment increased several amino acids and polyunsaturated fatty acids, including eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexae-

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

noic acid (DHA), with the greatest changes after 24 h. At 24 h, total culturable bacteria in the enriched group were 670 ± 430 CFU·individual^{-1}, an 87.1% reduction relative to the corresponding control; hemolytic bacteria decreased by 93.6%, and *Vibrio spp.* by 90.8%. The study extends evidence on the combined nutritional and microbiological benefits of using a local *Arthrospira platensis* strain for *Artemia* enrichment. The practical value of the results lies in the potential use of *Arthrospira platensis* ZTS-2024 in live-feed preparation for aquaculture.

Keywords: *Arthrospira platensis* ZTS-2024, *Artemia parthenogenetica*, biological enrichment, polyunsaturated fatty acids.

Д. Салауат[1*], Д.С. Батаева[2], Г.Б. Джумаханова[1, 3],
С.Т. Алимова[1], Ж.С. Омарова[1], А. Йылдыз[4]

[1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
[2]НАО «Казахский национальный женский педагогический университет», Институт естествознания, Алматы, Казахстан
[3]Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Казахстан
[4]Университет Акдениз, факультет рыбного хозяйства, Анталья, Турция
*e-mail: salauat.damys@mail.ru

Биохимическая и микробиологическая оценка *Artemia parthenogenetica*, обогащённой *Arthrospira platensis* ZTS-2024

Живые корма рода *Artemia* широко применяются в аквакультуре, однако их пищевая ценность и микробиологическое качество зависят от условий культивирования и могут быть улучшены посредством биологического обогащения. Целью исследования была оценка влияния обогащения *Artemia parthenogenetica* штаммом *Arthrospira platensis* ZTS-2024 на её биохимические показатели и микробиологическое качество. Штамм *Arthrospira platensis* ZTS-2024, выделенный из юго-восточной солёной зоны озера Балхаш (область Жетысу, Казахстан), использовали для обогащения *Artemia parthenogenetica* в течение 18 и 24 ч. Определяли аминокислотный и жирнокислотный состав, общее количество культивируемых бактерий, численность *Vibrio* spp. и гемолитических бактерий. Эксперимент выполняли в трёх биологических повторностях, данные анализировали методом двухфакторного дисперсионного анализа с последующим тестом Тьюки. Обогащение сопровождалось повышением содержания ряда аминокислот и полиненасыщенных жирных кислот, включая эйкозапентаеновую (EPA) и докозагексаеновую (DHA) кислоты; наиболее выраженные изменения наблюдались через 24 ч. В этот срок общее количество культивируемых бактерий в обогащённой группе составило 670 ± 430 КОЕ·особь$^{-1}$, что на 87,1 % ниже соответствующего контроля; количество гемолитических бактерий снизилось на 93,6 %, а *Vibrio* spp. – на 90,8 %. Работа расширяет данные о комплексном применении локального штамм *Arthrospira platensis* для одновременного улучшения биохимического состава и микробиологического качества *Artemia*. Практическое значение результатов состоит в возможности использования *Arthrospira platensis* ZTS-2024 при подготовке живых кормов для аквакультуры.

Ключевые слова: *Arthrospira platensis ZTS-2024*, *Artemia parthenogenetica*, биологическое обогащение, полиненасыщенные жирные кислоты.

Кіріспе

Бекіре тұқымдас балықтарды қоректендіру биотехнологиясындағы ең күрделі кезеңдердің бірі – дернәсілдердің экзогенді қоректенуге көшуі және олардың жасанды жемді қабылдауға бейімделуі (Sarpanah et al., 2026). Экзогенді қоректенуге көшу бекіре балықтарының ерте онтогенезіндегі аса маңызды әрі сындарлы кезең болып табылады және бұл уақытта өлімжітім деңгейінің жоғарылауы байқалуы мүмкін (Ruban, 2020). Сонымен қатар бекіре дернәсілдерін жасанды жемге бейімдеу барысында да олардың жаппай қырылу жағдайлары жиі кездеседі. *Artemia* жоғары тұздылық жағдайларына бейімделген және аквакультурада кеңінен қолданылатын тірі жемдердің бірі болып саналады (Madkour et al., 2023). Бұл оның бірқатар маңызды биологиялық және технологиялық артықшылықтарымен түсіндіріледі: өсіру мен пайдаланудың қарапайымдылығы, қоршаған ортаның әртүрлі жағдайларына жоғары бейімделгіштігі, талғамсыз сүзгілеу типті қоректенуі және өте жоғары отырғызу тығыздығында тіршілік етіп, дами алу қабілеті (Dhont et al., 2002). Әртүрлі географиялық аймақтардан алынған *Artemia* штамдарының қоректік құндылығы айтарлықтай ерекшеленеді (Sorgeloos et al., 2001). Мұндай айырмашылықтар өсірілетін балықтар мен шаянтәрізділердің тіршілік ету деңгейі мен өсу қарқынына елеулі әсер етуі мүмкін (Reitan et al., 1997). Микробалдырлар балық дернәсілдерінің

қоректенуінің бастапқы кезеңдерінде маңызды рөл атқарады. Олардың оң әсері, негізінен, тірі жемдердің қоректік құндылығын арттырумен және су ортасындағы микробиологиялық тепетеңдікті тұрақтандырумен байланысты (Vadstein et al., 2018). Аквакультуралық жүйелерде тірі жемдер балық дернәсілдеріне бактериялардың негізгі тасымалдаушыларының бірі болуы мүмкін (Najafpour et al., 2023). Сонымен қатар тірі жемдермен ассоциацияланған бактериялар саны мен дернәсілдердің өлім-жітім деңгейі арасында өзара байланыс бар екені анықталған (Tinh et al., 2008). Көптеген жағдайларда тірі жемдермен байланысты бактериялар гемолиздік белсенділік танытады (Macpherson et al., 2012). Сондай-ақ микробалдырлардың өсіру жүйесіндегі бактериялық қауымдастықтардың құрамын өзгертуге қабілетті екені көрсетілген (Lian et al., 2024; Skjermo & Vadstein, 1993). Бұдан бөлек, көптеген теңіз балықтарының эйкозапентаен және докозагексаен қышқылдарын қоса алғанда, ұзын тізбекті полиқанықпаған май қышқылдарын эндогенді жолмен синтездеу қабілеті шектеулі. Сондықтан бұл қосылыстардың организмге жем арқылы жеткілікті мөлшерде түсуі аса маңызды (Tocher, 2010). *Arthrospira platensis* құрамындағы ақуыздардың, алмастырылмайтын аминқышқылдарының, полиқанықпаған май қышқылдарының, дәрумендер мен биологиялық белсенді қосылыстардың жоғары мөлшеріне байланысты тірі жемдерді биологиялық жолмен байытуға арналған перспективалы компонент ретінде ерекше қызығушылық тудырады (Ibrahim et al., 2026). *Artemia*-ны микробалдырлармен байыту онымен ассоциацияланған бактериялық микрофлораның құрамын реттеуге, соның ішінде *Vibrionaceae* тұқымдасына жататын ықтимал патогенді бактериялардың санын төмендетуге ықпал етеді (Pintado et al., 2023). Тірі жемдерді байыту үшін микробалдырлар мен цианобактериялардың кеңінен қолданылуына қарамастан, *Arthrospira platensis*-тің нақты штамдарының *Artemia parthenogenetica*-ның аминқышқылдық және майқышқылдық құрамына, сондай-ақ қысқа мерзімді байытудың әртүрлі ұзақтығында оның микробиологиялық жүктемесінің өзгеруіне кешенді әсері туралы мәліметтер әлі де жеткіліксіз. Зерттеу нысаны – *Artemia parthenogenetica*, ал зерттеу пәні – *Arthrospira platensis* ZTS-2024 штамының әсерінен оның биохимиялық және микробиологиялық көрсеткіштерінің өзгеруі. Зерттеудің жұмыс гипотезасы байыту ұзақтығын 18 сағаттан 24 сағатқа дейін арттыру қоректік компоненттердің жинақталуын күшейтіп, сонымен қатар бактериялық жүктеменің төмендеуіне ықпал етеді деген болжамға негізделді. Зерттеудің мақсаты – *A. parthenogenetica*-ны *A. platensis* ZTS-2024 штамымен 18 және 24 сағат бойы байытудың оның аминқышқылдық және майқышқылдық құрамына, культивацияланатын бактериялардың жалпы санына, гемолиздік бактериялар мен *Vibrio* spp. санына әсерін бағалау. Осы мақсатқа жету үшін *A. platensis* ZTS-2024 биомассасын және *A. parthenogenetica* науплиустарын дайындау, 18 және 24 сағаттық байыту тәжірибелерін жүргізу, аминқышқылдық және майқышқылдық құрамды, микробиологиялық көрсеткіштерді және морфологиялық ерекшеліктерді анықтау, сондай-ақ алынған нәтижелерді статистикалық түрғыдан салыстыру міндеттері қойылды. Зерттеуде микробиологиялық талдау, газдық хроматография (GC-FID), аминқышқылдық хроматографиялық талдау, жарық микроскопиясы және гистологиялық зерттеу әдістері қолданылды; алынған деректер екі факторлы дисперсиялық талдау (two-way ANOVA) және Tukey HSD тесті арқылы бағаланды. Зерттеудің ғылыми маңызы жергілікті *A. platensis* ZTS-2024 штамының *A. parthenogenetica*-ның қоректік құрамы мен микробиологиялық көрсеткіштеріне кешенді әсерін сипаттаумен, ал практикалық маңызы осы штамды аквакультурада тірі жемді биологиялық байыту технологиясында пайдалану мүмкіндігін бағалаумен байланысты.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу *A. parthenogenetica*-ны *A. platensis* ZTS-2024 штаммымен 18 және 24 сағат бойы байытудың оның аминқышқылдық және май қышқылдарының құрамына, культивацияланатын бактериялардың жалпы санына, гемолиздік бактериялар мен *Vibrio* spp. санына әсерін анықтауға бағытталды. Жұмыс гипотезасы байыту ұзақтығын 18 сағаттан 24 сағатқа дейін арттыру қоректік компоненттердің жинақталуын күшейтіп, бактериялық жүктемені төмендетеді деген болжамға негізделді. Зерттеу төрт негізгі кезеңнен түрды: (1) *A. platensis ZTS-2024* биомассасы мен *A. parthenogenetica* науплиустарын дайындау; (2) 18 және 24 сағаттық бақылау және байыту тәжірибелерін жүргізу; (3) микробиологиялық, аминқышқылдық, майқышқылдық және морфологиялық талдауларды орындау; (4) алынған деректерді статистикалық өңдеу және топтар арасындағы айырмашылықтарды бағалау.

2.1 Arthrospira platensis ZTS-2024 штамын өсіру

Arthrospira platensis ZTS-2024 цианобактериялық штамы әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің Биотехнология кафедрасына қарасты фототрофты микроорганизмдер коллекциясынан алынды. Аталған штамм бастапқыда Балқаш көлінің оңтүстік-шығыс бөлігінен бөлініп алынған және жоғары өсу қарқынымен әрі едәуір мөлшерде биомасса жинақтау қабілетімен сипатталады. Таксономиялық жіктелуі бойынша штамм *Cyanobacteria* бөліміне және *Arthrospira* туысына жатады. Штамды өсіру Заррук тың сұйық қоректік ортасында 28–30 °C температурада және тұрақты жарықтандыру жағдайында (50–200 мкмоль фотон·м$^{-2}$·с$^{-1}$) жүргізілді (Bolatkhan et al., 2025; Chotchindakun et al., 2024; Kiefer et al., 2024). Биомассаны алу осы температуралық режим сақталған, жарықтандырылатын фотобиореакторларда жүзеге асырылды (Vonshak et al., 1997).

2.2 Artemia parthenogenetica-ны өсіру жолдары

Зерттеуде Қазақстан аумағындағы Үлкен Арал теңізі өңірінен алынған *Artemia parthenogenetica* цисталары пайдаланылды. Цисталар STIK IL-161HI инкубаторында (Қытай) 28 °C температурада, тұрақты жарықтандыру және үздіксіз қарқынды аэрация жағдайында инкубацияланды. Инкубация басталғаннан кейін 16–20 сағатта эмбриондық массаның циста қабығынан шығуы және «қолшатыр» сатысының (*umbrella stage)* қалыптасуы байқалды, одан еркін жүзетін науплиустар жарып шықты. Науплиустар циста қабықтарынан ажыратылып, теңіз суымен жуылды. Зерттеу Акдениз университетінің (Анталия, Түркия) Балық шаруашылығы факультетінің № 6 зертханасында жүргізілді. Бастапқы өсіру кезеңінде *A. parthenogenetica* 10 л аквариумдарда 35 ‰ тұздылықта, 28 °C температурада және үздіксіз аэрация жағдайында ұсталды; әр екі тәулікте су көлемінің 75 %-ы жаңа теңіз суымен алмастырылды. Екі тәуліктік науплиустар эксперименттік кезең үшін 30 л резервуарларға 10 дара·мл$^{-1}$ тығыздықпен орналастырылды. Тәжірибеде бақылау және байытылған топтар құрылды. Тәжірибелік топқа A. platensis ZTS-2024 биомассасы 0,027 г/л концентрацияда енгізілді, ал бақылау тобына баламалы мөлшерде азықтық ашытқы берілді. Температура 28 ± 1 °C, еріген оттегі 6,0–7,0 мг/л деңгейінде сақталды. Сынамалар қоректендіру басталғаннан кейін 18 және 24 сағатта алынды.

Бақылау тобында қорек ретінде коммерциялық наубайханалық ашытқы (*Saccharomyces cerevisiae*) пайдаланылды. Ашытқы тәулігіне 0,027 г/л мөлшерінде екі тең бөлікке бөлініп, таңертең және кешке берілді (әр қоректендіруде 0,0135 г/л). Қоректендіру кезінде ашытқы бөлшектерінің су ортасында біркелкі таралуын қамтамасыз ету үшін үздіксіз аэрация сақталды. Бұл режим тәжірибе кезеңінде *Artemia* науплиустары үшін қоректік бөлшектердің тұрақты қолжетімділігін қамтамасыз етті.

2.3 Микробиологиялық талдау және бактериялық изоляттардың фенотиптік сипаттамасы

Бактериологиялық талдау жүргізу үшін *A. parthenogenetica* үлгілері қоректендіру басталғаннан кейін 18 және 24 сағат өткен соң бақылау және тәжірибелік топтардан алынды. Кездейсоқ іріктелген даралар *Potter–Elvehjem* гомогенизаторының көмегімен гомогенизацияланды. Зерттеу барысында *ISOLAB GmbH* (Германия) автоклавы және қоректік орталарды дайындау барысында зертханалық қыздыру пеші (*TERMAL*, Түркия), электронды таразы (*DESIS,* Түркия), центрифуга (*DAIHAN* WiseSpin, Оңтүстік Корея) қолданылды. Алынған гомогенаттың көлемі стерильді теңіз суымен 10 мл-ге дейін жеткізілді. Бастапқы гомогенаттан стерильді теңіз суын пайдалана отырып ондық бірізді сұйылтулар (10^{-1}–10^{-4}) дайындалды. Әрбір сұйылтудан 0,1 мл көлемде M65 теңіз агарына, қан агарына және TCBS-агарға үш техникалық қайталанымда егілді. Культивацияланатын бактериялардың жалпы саны M65 теңіз агарында, гемолиздік бактериялар қан агарында, ал *Vibrio* туысына жататын бактериялар селективті TCBS-агарда анықталды (Letchumanan et al., 2014). Себінділер диаметрі 90 мм Петри табақшаларында 28 °C температурада 48 сағат бойы инкубацияланды, содан кейін өскен колониялардың саны есептелді (Austin et al., 2007). Таза дақылдарды бөліп алу үшін M65 агарындағы бастапқы себінділерден кейін 18 Петри табақшасынан кездейсоқ таңдап алынған жекелеген колониялар стерильді бактериологиялық ілмек көмегімен штрихтық егу әдісімен қайта себілді. Себінділер 28 °C температурада 24–48 сағат бойы инкубацияланды. Морфологиялық белгілері біртекті колониялар таза дақылдар ретінде қарастырылып, кейін микроскопиялық зерттеуге алынды.

Микроскопиялық (*Shanghai Optical Instrument,* Қытай) зерттеу барысында изоляттардың Грам бойынша боялу сипаты және жасуша морфологиясы бағаланды. Колониялардың пішіні, түсі және иісі культуралық белгілер ретінде сипатталды. Зерттеу барысында олардың TCBS және CLED агарларында өсу қабілеті, сахарозаны ферментациялауы, оксидазалық реакциясы, *Hugh–Leifson* (O/F) тесті, ONPG гидролизі, Фогес–Проскауэр реакциясы және индол түзу сынамасы бағаланды (Gómez-León et al., 2005; MacFaddin, 2000). Бөлініп алынған микроорганизмдердің морфологиялық, культуралық және биохимиялық қасиеттері ГОСТ ISO 7218–2015 талаптарына сәйкес зерттелді.

2.4 Artemia parthenogenetica-ның биохимиялық құрамын талдау

2.4.1 Май қышқылдарының құрамын анықтау

Artemia parthenogenetica-ның май қышқылдық құрамы жалпы липидтік фракцияны экстракциялағаннан кейін анықталды. Алынған липидтер май қышқылдарының метил эфирлерін (FAME) түзе отырып, трансэтерификацияланды. Май қышқылдарының метил эфирлері жалынды-ионизациялық детекторлы газдық хроматография (GC-FID) әдісімен талданды. Жекелеген май қышқылдарын сәйкестендіру зерттелетін компоненттердің ұсталу уақытын май қышқылдары метил эфирлерінің стандартты қоспасындағы сәйкес компоненттердің ұсталу уақытымен салыстыру арқылы жүргізілді. Жекелеген май қышқылдарының мөлшері тиісті хроматографиялық шыңдардың ауданы бойынша есептеліп, құрғақ заттың 100 грамына шаққандағы граммен (г/100 г құрғақ зат) көрсетілді. Зерттеу барысында полиқанықпаған май қышқылдарының, соның ішінде эйкозапентаен қышқылының (EPA, 20:5 n-3) және докозагексаен қышқылының (DHA, 22:6 n-3) мөлшерін анықтауға ерекше назар аударылды.

2.4.2 Аминқышқылдық құрамды анықтау

A. parthenogenetica-ның аминқышқылдық құрамы катионалмастырғыш хроматография әдісімен анықталды. Аминқышқылдарын анықтау колонкадан кейін нингидринмен дериватизациялау және түзілген қосылыстарды спектрофотометриялық детекциялау арқылы жүргізілді. Аминқышқылдарының сандық мөлшері S433 аминқышқылдық анализаторында (Sykam, Германия) анықталды. Қышқылдық гидролиз жүргізу үшін 100 мг лиофилизацияланған биомасса құрамында 1 % фенол бар 5 мл 1 н HCl ерітіндісінде қайта суспензияланды. Оттегіні жою мақсатында алынған суспензия арқылы 1 минут бойы газ тәрізді азот өткізілді. Гидролиз 110 °C температурада 24 сағат бойы жүргізілді. Гидролиз аяқталғаннан кейін үлгілер салқындатылып, сүзілді. Аминқышқылдарын бөлу өлшемі 4,6 × 150 мм LCA K06/Na хроматографиялық колонкасында (Sykam, Германия) жүзеге асырылды. Детекция 440 және 570 нм толқын ұзындықтарында жүргізілді. Бір аналитикалық циклдің ұзақтығы 60 минутты құрады.

2.5 Artemia цисталары мен науплиустарын морфологиялық және гистологиялық зерттеу

Морфологиялық дамуды бағалау үшін *A. parthenogenetica*-ның әртүрлі даму сатыларындағы цисталары мен науплиустары іріктеліп алынды. Микроскопиялық зерттеу барысында циста қабығының құрылымы, оның ішінде сыртқы кутикулярлық және ішкі кортикальды мембраналары, сондай-ақ эмбриондық масса шығатын кезде қабықтың жарылу аймағы бағаланды. Науплиустардың жарып шығу үдерісі және одан кейінгі дамуы жарық микроскопиясы әдісімен зерттелді. «Қолшатыр» (*umbrella stage)* кезеңі және II науплиустық саты тіркеліп, олардың морфологиялық ерекшеліктері сипатталды. Морфологиялық өзгерістерді тіркеу үшін микрофотографиялау әдісі қолданылды. Қосымша көрсеткіш ретінде цисталардың құрғақ массасының алынған науплиустардың ылғалды биомассасына қатынасы анықталды. Гистологиялық зерттеу жүргізу үшін бақылау және тәжірибелік топтарынан *Artemia parthenogenetica* дарақтары алынды. Дарақтардан гистологиялық кесінділер дайындалып, кейін гематоксилин және эозинмен (H&E) боялды. Негізгі тәжірибеде әр топ үш қайталаудан түрды, әр қайталауда 150 дарақтан, жалпы әр топта 450 дарақ алынды. Зерттеу барысында *Artemia* дарақтары бөлшектелмей, толық күйінде пайдаланылды және алдын ала иммобилизациялау жүргізілген жоқ. Үлгілер 10%-дық бейтарап формалин ерітіндісінде 24 сағат бойы фиксацияланды. Қалыңдығы 5 мкм гистологиялық кесінділер ротациялық микротомның (Kalstein, Франция) көмегімен дайындалды. Кесінділер стандартты гистологиялық әдістемеге сәйкес гематоксилин және эозинмен (H&E) боялды. Дайындалған гистологиялық препараттарға микроскопиялық талдау Leica DM 600 микроскопының (Leica c-Reichert, Германия) көмегімен жүргізілді. Микрофотосуреттер IS Capture бағдарламалық жасақтамасы (Ambala Cantt, Үндістан) арқылы алынды.

2.6 Статистикалық талдау

Барлық сандық деректер орташа мән ± стандартты ауытқу (mean ± SD) түрінде ұсынылды. Эксперименттер үш тәуелсіз биологиялық қайталанымда жүргізілді, ал әрбір өлшеу үш техникалық қайталанымда орындалды. Деректердің қалыпты таралуы Шапиро–Уилк критерийі арқылы, ал дисперсиялардың біртектілігі Левен критерийі арқылы бағаланды. *A. platensis ZTS-2024*-пен байытудың, инкубация ұзақтығының (18 және 24 сағат), сондай-ақ осы факторлардың өзара әсерінің ықпалы екі факторлы дисперсиялық талдау (two-way ANOVA) әдісімен бағаланды. Топтар арасындағы айырмашылықтарды кейінгі салыстыру үшін Тьюкидің көптік салыстыру тесті (Tukey HSD) қолданылды. Айырмашылықтар $p < 0,05$ болған жағдайда статистикалық түрғыдан мәнді деп қабылданды. Статистикалық өңдеу IBM SPSS Statistics 26.0 бағдарламалық жасақтамасында (IBM Corp., АҚШ) жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Бактериологиялық зерттеу нәтижелері

Бактериологиялық талдау зерттелген барлық қоректік орталарда бақылау және байытылған топтар арасында айырмашылықтар бар екенін көрсетті. 18 сағаттан кейін M65 агарында культивацияланатын бактериялардың жалпы саны бақылау тобында (А) 23 000 ± 9 800 КТБ·дара$^{-1}$, ал байытылған топта (ТА) 4 700 ± 3 400 КТБ·дара$^{-1}$ құрады, бұл көрсеткіштің 79,6 %-ға төмендегенін көрсетті. 18 сағаттан кейін гемолиздік бактериялардың саны А тобында 2 600 ± 1 200 КТБ·дара$^{-1}$, ал ТА тобында 1 850 ± 1 600 КТБ·дара$^{-1}$ болды, яғни 28,8 %-ға төмендеді. TCBS-агарында анықталған *Vibrio spp.* саны А тобында 13 000 ± 8 900 КТБ·дара$^{-1}$, ал ТА тобында 4 200 ± 4 800 КТБ·дара$^{-1}$ құрап, 67,7 %-ға азайды. 24 сағаттан кейін культивацияланатын бактериялардың жалпы саны А24 бақылау тобында 5 200 ± 1 150 КТБ·дара$^{-1}$, ал ТА24 тобында 670 ± 430 КТБ·дара$^{-1}$ құрады. Бұл сәйкес 24 сағаттық бақылау тобымен салыстырғанда бактериялар санының 87,1 %-ға төмендегенін көрсетті. Гемолиздік бактериялардың саны 2 500 ± 2 200 КТБ·дара$^{-1}$-ден 160 ± 120 КТБ·дара$^{-1}$-ге дейін төмендеді, яғни 93,6 %-ға азайды. *Vibrio spp.* саны 2 600 ± 2 900 КТБ·дара$^{-1}$-ден 240 ± 100 КТБ·дара$^{-1}$-ге дейін төмендеп, 90,8 %-ға азайды. 24 сағаттан кейін орташа мәндер бойынша гемолиздік бактериялардың саны бақылау тобымен салыстырғанда 93,6 %-ға, ал *Vibrio* spp. саны 90,8 %-ға төмен болды. Алайда кейінгі статистикалық талдау бұл айырмашылықтардың статистикалық мәнді болмағанын көрсетті ($p > 0,05$). Осылайша, орташа мәндер бойынша бактериялық жүктеменің ең айқын төмендеу үрдісі *A. platensis ZTS-2024* штамымен 24 сағат бойы байытылған A. parthenogenetica тобында байқалды. Гемолиздік бактериялардың санын анықтау үшін қан агары, *Vibrio spp* бактерияларын анықтау үшін TCBS-агар, ал культивацияланатын бактериялардың жалпы санын анықтау үшін M65 агары пайдаланылды. «Изоляттарды бөліп алу тәжірибесі» бағанында келтірілген мәндер M65 агарынан таза дақылдарды бөліп алу барысында алынған нәтижелерді көрсетеді.

1-кесте

Әртүрлі қоректік орталарда анықталған A. parthenogenetica және A. platensis ZTS-2024 үлгілеріндегі культивацияланатын бактериялардың саны

Топ	M65 агары – бактериялардың жалпы саны, КТБ·дара$^{-1}$, орташа мән ± SD	Изоляттарды бөліп алу тәжірибесі
А	23000 ± 9800	26000 ± 6000
ТА	4700 ± 3400	2850 ± 1300
А24	5200 ± 1150	3800 ± 2400
ТА24	670 ± 430	270 ± 80
Топ	Қанды агар – гемолиздік бактериялар, КТБ·дара$^{-1}$, M ± SD	Изоляттарды бөліп алу тәжірибесі
А	2600 ± 1200	970 ± 830
ТА	1850 ± 1600	160 ± 100
А24	2500 ± 2200	460 ± 240

Кестенің жалғасы

ТА24	160 ± 120	120 ± 80
Топ	*TCBS-агар – Vibrio spp. саны, КТБ·дара⁻¹, M ± SD*	Изоляттарды бөліп алу тәжірибесі
А	13000 ± 8900	18500 ± 1300
ТА	4200 ± 4800	1400 ± 370
А24	2600 ± 2900	460 ± 50
ТА24	240 ± 100	130 ± 20
Қоректік орта	*A. platensis ZTS-2024*, КТБ·мл⁻¹, орташа мән ± SD	Изоляттарды бөліп алу тәжірибесі
Қанды агар	1100 ± 900	450 ± 350
TCBS	850 ± 1200	3100 ± 400
М65 (г	7,8 ± 4,7	11 ± 3,1

Ескерту: деректер орташа мән ± SD түрінде берілген, n = 3 биологиялық қайталаным. А және А24 – бақылау топтары; ТА және ТА24 – A. platensis ZTS-2024-пен байытылған топтар. p < 0,05 статистикалық мәнді деп қабылданды.

Екі факторлы дисперсиялық талдау байыту факторы мен инкубация ұзақтығының микробиологиялық көрсеткіштерге әсерінің әртүрлі болғанын көрсетті. М65 агарында анықталған культивацияланатын бактериялардың жалпы санына *A. platensis* ZTS-2024-пен байытудың әсері статистикалық мәнді болды ($F(1, 8) = 14,33$; $p = 0,005$), сондай-ақ инкубация ұзақтығының әсері де мәнді болды ($F(1, 8) = 13,10$; $p = 0,007$). Байыту × уақыт факторларының өзара әсері статистикалық мәнділік шегіне жақын болғанымен, $p < 0,05$ деңгейіне жеткен жоқ ($F(1, 8) = 5,21$; $p = 0,052$). Tukey HSD тесті 18 сағатта бақылау (А) және байытылған (ТА) топтар арасында статистикалық мәнді айырмашылық бар екенін көрсетті ($p = 0,011$), ал 24 сағатта А24 және ТА24 топтары арасындағы айырмашылық статистикалық мәнді болған жоқ ($p = 0,720$).

Гемолиздік бактериялар саны бойынша байыту факторының ($F(1, 8) = 3,24$; $p = 0,110$), инкубация ұзақтығының ($F(1, 8) = 1,09$; $p = 0,328$) және олардың өзара әсерінің ($F(1, 8) = 0,86$; $p = 0,382$) статистикалық мәнді әсері анықталған жоқ. Tukey HSD бойынша бақылау және байытылған топтар арасындағы айырмашылық 18 сағатта да ($p = 0,924$), 24 сағатта да ($p = 0,290$) статистикалық мәнді болған жоқ. *Vibrio* spp. санына инкубация ұзақтығының әсері статистикалық мәнді болды ($F(1, 8) = 5,59$; $p = 0,046$), ал байыту факторының әсері ($F(1, 8) = 3,38$; $p = 0,103$) және байыту × уақыт өзара әсері ($F(1, 8) = 1,12$; $p = 0,320$) статистикалық мәнді болған жоқ. Tukey HSD тестінде А және ТА топтары арасында 18 сағатта ($p = 0,248$), сондай-ақ А24 және ТА24 топтары арасында 24 сағатта ($p = 0,944$) статистикалық мәнді айырмашылық анықталған жоқ. Осыған қарамастан, орташа мәндер бойынша байытылған топтарда бактериялық жүктеменің төмендеу үрдісі байқалды.

Vibrio alginolyticus-қа фенотиптік түрғыдан ұқсас изоляттар бастапқы *Artemia* үлгілерінде басым болды, алайда 24 сағаттан кейін олардың саны айтарлықтай төмендеді. *A. platensis ZTS-2024* үлгілерінде *Vibrio* туысына жататын микроорганизмдер аз мөлшерде ғана анықталды. *Pseudomonas/Alcaligenes* және *Flavobacterium* топтары *A. platensis* үлгілерінде жиірек кездесті, бұл, ықтимал, цианобактериялық дақылға тән өзіндік микробиотаның ерекшеліктерін көрсетеді.

Бактериялық изоляттарды бөліп алу және сипаттау

Бөлініп алынған изоляттардың басым бөлігі грамтеріс, пигмент түзбейтін, қозғалғыш бактериялар болды. Олар оксидазаға оң реакция беріп, *Hugh–Leifson* жіктемесіне сәйкес ферментативтік типке жатқызылды. TCBS-агарында аталған изоляттар сахарозаны ферментациялау реакциясының оң нәтижесін көрсететін сары түсті колониялар түзді.

Зерттеу барысында барлығы 156 бактериялық изолят бөлініп алынды. Олардың біреуі грамоң кокк түрінде анықталса, қалған 155 изолят грамтеріс бактерияларға жатқызылды. Грамтеріс изоляттар морфологиялық, культуралық және биохимиялық белгілерінің жиынтығы бойынша сипатталды. Культуралық және биохимиялық белгілерінің жиынтығы бойынша сипатталды. Морфологиялық, культуралық және биохимия-

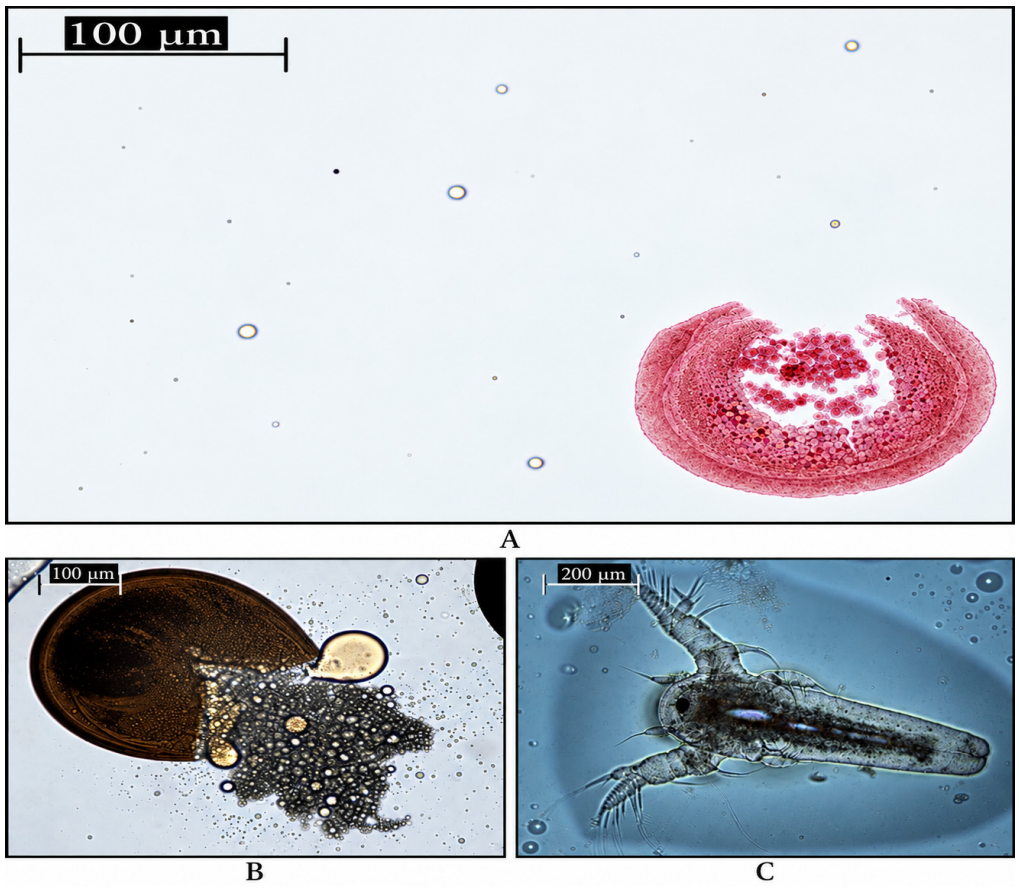
лық белгілерін салыстыру нәтижесінде изоляттар бірнеше фенотиптік топқа бөлінді. *Vibrio alginolyticus*-қа фенотиптік түрғыдан ұқсас изоляттар бастапқы *Artemia* үлгілерінде басым болды, ал 24 сағаттық байытудан кейін олардың үлесі төмендеді. *A. platensis* ZTS-2024 үлгілерінде *Vibrio* туысының өкілдері салыстырмалы түрде аз мөлшерде анықталды. Сонымен қатар *Pseudomonas/Alcaligenes* және *Flavobacterium* топтарының өкілдері тіркелді.

***Artemia parthenogenetica* цисталары мен науплиустарының морфологиялық ерекшеліктері**

Цисталардың құрғақ массасының науплиустардың ылғалды биомассасына қатынасы 1:2,5 құрады, бұл зерттеуде пайдаланылған цисталардың жақсы сапасын көрсетеді. Цисталардың гистологиялық кесінділерінде сыртқы кутикулярлық және ішкі кортикальды мембраналар, сондай-ақ эмбриондық масса шығатын кезде қабықтың жарылу аймағы анық байқалды (1A-сурет). Жарып шығу үдерісі барысында жұқа мембранамен қоршалған эмбрионның сыртқа шығуы байқалды, бұл «қолшатыр» сатысына (*umbrella stage*) сәйкес келеді (1B-сурет). Жарып шыққаннан кейін науплиустар асқорыту жолының функционалдық қалыптасуымен және экзогенді қоректенудің басталуымен сипатталатын дамудың II сатысына өтті. Сарыуыз қапшығындағы қор заттарының біртіндеп сарқылуына байланысты науплиустар белсенді қоректенуге көшті (1C-сурет).

1-сурет

Әртүрлі даму сатыларындағы A. parthenogenetica цисталары мен науплиустарының морфологиялық ерекшеліктері



(A) Цистаның гистологиялық кесіндісінің микрофотографиясы: 1 – сыртқы кутикулярлық мембрана; 2 – кортикальды мембрана; 3 – қабықтың жарылу аймағы. Бояу әдісі: гематоксилин және эозин (H&E). Үлкейту: ×100.
(B) Artemia эмбрионының цистадан шығу үдерісінің микрофотографиясы: 1 – эмбриондық масса; 2 – сыртқы қою пигменттелген қабық. Масштаб = 100 мкм.
(C) Artemia метанауплиусы. Масштаб = 200 мкм.

18 және 24 сағаттық байытудың Artemia parthenogenetica-ның аминқышқылдық және майқышқылдық құрамына әсері

Artemia-ның азықтық ашытқыны сіңіру тиімділігі ашытқы штамына және оның жасуша қабырғасының құрылымына байланысты (Patterson et al., 2023; Sultana et al., 2024). Бақылау және тәжірибелік топтардың биохимиялық көрсеткіштерін салыстыру нәтижесінде аминқышқылдық және май қышқылдық құрам бойынша айырмашылықтар анықталды. *A. platensis ZTS-2024* қолданылған топта бірқатар аминқышқылдары мен полиқанықпаған май қышқылдарының мөлшері бақылау тобымен салыстырғанда жоғары болды. Бұл өзгерістер 24 сағаттық байыту кезінде 18 сағаттық кезеңмен салыстырғанда анағұрлым айқын байқалды. *A. parthenogenetica*-ны *A. platensis ZTS-2024* штамымен 18 және 24 сағат бойы байыту оның аминқышқылдық және май қышқылдарының құрамындағы өзгерістермен сипатталды. Аминқышқылдық талдау нәтижелері *A. parthenogenetica*-ны *A. platensis ZTS-2024* штамымен 18 және 24 сағат бойы байыту бірқатар аминқышқылдарының мөлшерінің артуымен қатар жүргенін көрсетті. 24 сағаттық инкубациядан кейін бақылау және байытылған топтар арасындағы ең айқын айырмашылықтар бірнеше аминқышқылы бойынша байқалды. Аргинин мөлшері 9,21-ден 13,4 г/100 г құрғақ затқа дейін, лейцин – 13,3-тен 15,4 г/100 г-ға дейін, пролин – 8,1-ден 9,2 г/100 г-ға дейін, валин – 4,7-ден 5,9 г/100 г-ға дейін, ал глицин – 3,5-тен 5,1 г/100 г құрғақ затқа дейін артты.

2-кесте

A.platensis ZTS-2024 – пен 18 және 24 сағат бойы байытудың A. parthenogenetica-ның аминқышқылдарының құрамына әсері, г/100 г құрғақ зат

Аминқышқылдар	*A. parthenogenetica* – бақылау тобы (азықтық ашытқы, 18 сағ).	*A. parthenogenetica – A. platensis ZTS-2024* штаммымен байытылған топ (18 сағ).	*A. parthenogenetica* – бақылау тобы (азықтық ашытқы, 24 сағ).	*A. parthenogenetica – A. platensis ZTS-2024* штаммымен байытылған топ (24 сағ).
Аргинин	7,21 ± 0,32	7,45 ± 0,45	9,21 ± 0,11	13,4 ± 0,22
Глицин	0,9 ± 0,26	2,1 ± 0,12	3,5 ± 0,44	5,1 ± 0,60
Валин	2,7 ± 0,50	3,9 ± 0,40	4,7 ± 0,32	5,9 ± 0,19
Пролин	6,1 ± 0,01	6,2 ± 0,3	8,1 ± 0,17	9,2 ± 0,09
Лейцин	10,3 ± 0,23	11,4 ± 0,19	13,3 ± 0,45	15,4 ± 0,18
Гистидин	1,71 ± 0,10	1,92 ± 0,12	2,91 ± 0,23	3,92 ± 0,19
Фенилаланин	1,08 ± 0,07	2,3 ± 0,1	3,18 ± 0,002	5,7 ± 0,02

Ескерту. А – бақылау тобы (азықтық ашытқы, 18 сағ); ТА – A. platensis ZTS-2024-пен байытылған топ (18 сағ); А24 – бақылау тобы (азықтық ашытқы, 24 сағ); ТА24 – A. platensis ZTS-2024-пен байытылған топ (24 сағ). Деректер орташа мән ± стандартты ауытқу (SD) түрінде, 100 г құрғақ затпен берілді. Айырмашылықтар p < 0,05 болған жағдайда статистикалық тұрғыдан мәнді деп есептелді.

Екі факторлы ANOVA нәтижелері *A. platensis* ZTS-2024-пен байыту факторының зерттелген барлық аминқышқылдарының мөлшеріне статистикалық мәнді әсер еткенін көрсетті ($F(1, 8) = 31,50–2741,95$; барлық жағдайда $p < 0,001$). Инкубация ұзақтығының әсері де барлық аминқышқылдары бойынша статистикалық мәнді болды ($F(1, 8) = 87,51–5929,82$; $p < 0,001$). Байыту × уақыт өзара әсері аргинин ($F(1, 8) = 128,10$; $p < 0,001$), пролин ($F(1, 8) = 23,60$; $p = 0,001$), лейцин ($F(1, 8) = 9,26$; $p = 0,016$), гистидин ($F(1, 8) = 16,93$; $p = 0,003$) және фенилаланин ($F(1, 8) = 331,29$; $p < 0,001$) үшін статистикалық мәнді болды. Глицин ($F(1, 8) = 0,76$; $p = 0,410$) және валин ($F(1, 8) < 0,01$; $p = 1,000$) үшін факторлардың өзара әсері статистикалық мәнді болған жоқ. Tukey HSD бойынша 18 сағаттық кезеңде бақылау және байытылған топтар арасында глицин ($p = 0,025$), валин ($p = 0,017$), лейцин ($p = 0,006$) және фенилаланин ($p < 0,001$) мөлшері бойынша статистикалық мәнді айырмашылықтар анықталды. Аргинин ($p = 0,768$), пролин ($p = 0,899$) және гистидин ($p = 0,466$) бойынша айырмашылықтар статистикалық мәнді болған

жоқ. 24 сағаттық кезеңде зерттелген барлық жеті аминқышқылы бойынша бақылау және байытылған топтар арасында статистикалық мәнді айырмашылықтар анықталды ($p < 0,05$).

Май қышқылдық құрамды талдау *A. parthenogenetica*-ны *A. platensis ZTS-2024* штамымен байытқаннан кейін бірқатар май қышқылдарының мөлшері артқанын көрсетті. Бұл өзгерістер 24 сағаттық инкубация кезінде анағұрлым айқын байқалды. Атап айтқанда, α-линолен, октадекатетраен, эйкозатриен, эйкозапентаен және докозагексаен қышқылдарының мөлшері жоғарылады.

3-кесте

A.platensis ZTS-2024 – 18 және 24 сағат бойы байытудың A. parthenogenetica-ның май қышқылдарының құрамына әсері, г/100 г құрғақ зат

Май қышқылдар	*A. parthenogenetica* – бақылау тобы (азықтық ашытқы, 18 сағ).	*A. parthenogenetica – A. platensis ZTS-2024* штаммымен байытылған топ (18 сағ).	*A. parthenogenetica* – бақылау тобы (азықтық ашытқы, 24 сағ).	*A. parthenogenetica – A. platensis ZTS-2024* штаммымен байытылған топ (24 сағ).
Миристин қышқылы (14:0)	0,2 ± 0,01	0,3 ± 0,01	0,4 ± 0,01	0,7 ± 0,01
Пентадекан қышқылы (15:0)	0,03 ± 0,02	0,08 ± 0,03	1,1 ± 0,01	2,1 ± 0,01
Пальмитин қышқылы (16:0)	11,2 ± 0,03	15,1 ± 0,01	17,2 ± 0,01	18,1 ± 0,02
Стеарин қышқылы (18:0)	0,69 ± 0,02	1,1 ± 0,02	2,0 ± 0,03	4,1 ± 0,02
Пальмитолеин қышқылы (16:1)	0,5 ± 0,03	0,8 ± 0,01	1,0 ± 0,02	2,3 ± 0,01
Линол қышқылы (18:2 n-6)	5,68 ± 0,01	7,1 ± 0,01	10,0 ± 0,01	11,2 ± 0,01
α-Линолен қышқылы (18:3 n-3)	8,0 ± 0,02	10,52 ± 0,01	14,8 ± 0,01	16,0 ± 0,02
Октадекатетраен қышқылы (18:4 ω-3)	2,1 ± 0,02	4,11 ± 0,02	3,1 ± 0,01	5,11 ± 0,02
Эйкозатриен қышқылы (20:3 ω-3)	0,20 ± 0,01	0,51 ± 0,32	0,78 ± 0,02	0,92 ± 0,01
Эйкозапентаен қышқылы (ЭПК, EPA) (20:5 ω-3)	3,8 ± 0,03	5,2 ± 0,01	6,19 ± 0,01	8,23 ± 0,01
Докозагексаен қышқылы (ДГК, DHA) (22:6 ω-3)	0,01 ± 0,01	0,07 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,27 ± 0,01

Ескерту: деректер орташа мән ± SD түрінде берілген (n = 3 биологиялық қайталаным). Байыту, инкубация ұзақтығы және олардың өзара әсері екі факторлы ANOVA арқылы бағаланды; топтар арасындағы кейінгі салыстыру Tukey HSD тестімен жүргізілді. p < 0,05 статистикалық мәнді деп қабылданды.

Май қышқылдық құрамға жүргізілген екі факторлы ANOVA байыту факторының зерттелген барлық май қышқылдарының мөлшеріне статистикалық мәнді әсер еткенін көрсетті ($F(1, 8) = 5,90–51483,00$; $p \leq 0,041$). Инкубация ұзақтығының негізгі әсері де барлық анықталған май қышқылдары бойынша статистикалық мәнді болды ($F(1, 8) = 28,55–531723,00$; $p < 0,001$). Эйкозапентаен қышқылы (EPA) үшін байыту факторының ($F(1, 8) = 29584,00$; $p < 0,001$), уақыттың ($F(1, 8) = 73441,00$; $p < 0,001$) және олардың өзара әсерінің ($F(1, 8) = 1024,00$; $p < 0,001$) статистикалық мәнді әсерлері анықталды. Докозагексаен қышқылы (DHA) үшін де байыту ($F(1, 8) = 154,71$; $p < 0,001$), инкубация ұзақтығы ($F(1, 8) = 466,71$; $p < 0,001$) және факторлардың өзара әсері ($F(1, 8) = 21,00$; $p = 0,002$) статистикалық мәнді болды. Tukey HSD тесті EPA мөлшерінің байытылған топтарда бақылаумен салыстырғанда 18 және 24 сағатта да статистикалық мәнді жоғары болғанын көрсетті (екі жағдайда да $p < 0,001$). DHA мөлшері бойынша да 18 сағатта ($p = 0,002$) және 24 сағатта ($p < 0,001$) статистикалық мәнді айырмашылық анықталды. Май қышқылдарының көпшілігінде бақылау және байытылған топтар арасындағы айырмашылықтар статистикалық мәнді болды. Ерекшелік ретінде 18 сағатта пентадекан қыш-

қылы (p = 0,053) мен эйкозатриен қышқылы (p = 0,162), ал 24 сағатта эйкозатриен қышқылы (p = 0,717) бойынша айырмашылық статистикалық мәнді болған жоқ.

Алынған нәтижелер *A. parthenogenetica*-ны *A. platensis ZTS-2024* штамымен байыту тірі жемнің сапасына кешенді әсер ететінін, оның биохимиялық құрамын өзгертіп, сонымен қатар культуралық әдістермен анықталатын бактериялар санын төмендететінін көрсетті. Осыған байланысты аталған штамды қолдану науплиустардың қоректік құндылығын арттыру тәсілі ретінде ғана емес, олардың микробиологиялық сапасын жақсартуға бағытталған биотехнологиялық тәсілдердің бірі ретінде де қарастырылуы мүмкін (Vijayaram et al., 2024). Байытылған *A. parthenogenetica*-ның аминқышқылдық құрамындағы өзгерістер *A. platensis ZTS-2024* биомассасының компоненттерінің қоректік бөлшектермен бірге түсуімен және олардың кейіннен науплиустар организмінде жинақталуымен байланысты болуы мүмкін. Аргинин, лейцин, валин, гистидин және фенилаланин мөлшерінің айқын артуы маңызды қоректік мәнге ие, өйткені бұл аминқышқылдары ақуыз синтезіне, өсу үдерістеріне және балық организмінің физиологиялық жағдайын сақтауға қатысады. Лейцин, валин, гистидин, фенилаланин және аргинин алмастырылмайтын аминқышқылдарына жатады және балық организміне қорек арқылы түсуі тиіс (Xing et al., 2024). Алынған нәтижелер *Arthrospira* биомассасының жоғары қоректік құндылығы туралы мәліметтермен де үйлеседі. Оның биомассасы ақуыздардың, аминқышқылдарының, дәрумендердің, минералдық және биологиялық белсенді қосылыстардың жоғары мөлшерімен сипатталады (Durdakova et al., 2024; Chang et al., 2024). Глицин мен пролин мөлшерінің анықталған артуы да тірі жемнің аминқышқылдық құрамының және жалпы қоректік құндылығының өзгергенін көрсетуі мүмкін. Бактериялық жүктеменің төмендеуі қоректік компоненттер мен өсіру жағдайларының тірі жемдер мен өсіру ортасындағы микробтық қауымдастықтардың құрамын өзгерте алатыны жөніндегі қазіргі ғылыми деректермен сәйкес келеді (Peralta-Sánchez et al., 2025; Paralika et al., 2025; Skliros et al., 2024). Микробалдырлар мен цианобактерияларды аквакультурада қолдану қоректік организмдердің қоректік құндылығын арттыруға ықпал етеді және олардың балық дернәсілдерін қоректендіруге жарамдылығын жақсартуы мүмкін. Осыған байланысты осы зерттеуде анықталған аминқышқылдары мөлшерінің артуы *Artemia*-ның сүзгілеу типті қоректенуімен және *A. platensis* жасушалары мен органикалық компоненттерін тұтынуымен байланысты болуы мүмкін. 18 сағаттық байытумен салыстырғанда 24 сағаттық экспозициядан кейін аминқышқылдық құрамдағы өзгерістердің анағұрлым айқын болуы байыту тиімділігінің науплиустардың цианобактериялық биомассаға әсер ету ұзақтығына тәуелді екенін көрсетеді. Байыту ұзақтығы *Artemia*-ның қоректік құндылығының өзгеру дәрежесін анықтайтын факторлардың бірі болып табылады (Zhang et al., 2025). Ұзағырақ инкубация қоректік заттардың қосымша тұтынылуы мен жинақталуын қамтамасыз еткен болуы ықтимал. Сонымен қатар байыту ұзақтығын науплиустардың физиологиялық жағдайын ескере отырып бағалау қажет. Осы зерттеуде қарастырылған режимдердің ішінде 24 сағаттық экспозиция ең айқын өзгерістермен сипатталды. Алайда байытудың оңтайлы ұзақтығын түпкілікті анықтау үшін қосымша уақыт аралықтарын қамтитын зерттеулер жүргізу қажет. Май қышқылдық құрамдағы өзгерістер де *A. parthenogenetica*-ның биологиялық байыту үдерісі барысында липидтік компоненттер мөлшерін өзгерте алатынын көрсетеді. α-Линолен, октадекатетраен және эйкозатриен қышқылдары мөлшерінің артуы ω-3 тұқымдасына жататын полиқанықпаған май қышқылдарының үлесі жоғарылағанын көрсетеді. Эйкозапентаен және докозагексаен қышқылдары – ЭПК және ДГК (EPA және DHA) мөлшерінің артуы ерекше маңызды, өйткені ұзын тізбекті ω-3 полиқанықпаған май қышқылдары жасушалық мембраналардың құрылымын қалыптастыруда, жүйке жүйесінің дамуында, иммундық реакцияларда және балықтардың физиологиялық бейімделуінде маңызды рөл атқарады (Carr et al., 2023; Penionez et al., 2026). Көптеген теңіз балықтарының қарқынды өсу үшін қажетті мөлшерде ұзын тізбекті полиқанықпаған май қышқылдарын синтездеу қабілеті шектеулі болғандықтан, олардың тірі жем құрамымен жеткілікті мөлшерде түсуі ерекше маңызға ие. Аминқышқылдары мен ω-3 полиқанықпаған май қышқылдары мөлшерінің бір мезгілде артуы және бактериялық жүктеменің төмендеуі *A. platensis ZTS-2024* штамын тірі жемдерді дайындау технологиясында пайдалануға перспективалы компонент ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Осылайша, зерттеу нәтижелері кіріспеде қойылған ғылыми сұраққа жауап беріп, *A. platensis ZTS-2024* штамының

A. parthenogenetica-ны кешенді биологиялық байыту үшін қолдануға жарамды екенін көрсетті. Зерттелген режимдердің ішінде 24 сағаттық инкубация аминқышқылдық және май қышқылдық құрамдағы ең айқын оң өзгерістермен, сондай-ақ культивацияланатын бактериялар, гемолиздік микроорганизмдер және *Vibrio*-тәрізді бактериялар санының неғұрлым айқын төмендеуімен сипатталды. Осыған байланысты аталған штамды аквакультурада қолданылатын тірі жемдердің қоректік және микробиологиялық сапасын арттыруға арналған перспективалы биотехнологиялық компонент ретінде қарастыруға болады.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу *A. platensis ZTS-2024* штамымен байыту *A. parthenogenetica*-ның биохимиялық құрамын жақсартумен және микробиологиялық көрсеткіштердің орташа мәндерінің төмендеу үрдісімен сипатталғанын көрсетті. *A. parthenogenetica*-ны 18 және 24 сағат бойы байыту бірқатар аминқышқылдары мен полиқанықпаған май қышқылдарының, соның ішінде эйкозапентаен (EPA) және докозагексаен (DHA) қышқылдарының мөлшерінің артуымен сипатталды. Биохимиялық құрамдағы неғұрлым айқын өзгерістер 24 сағаттық инкубациядан кейін байқалды. Микробиологиялық талдау нәтижелері байытылған топтарда сәйкес бақылау топтарымен салыстырғанда культивацияланатын бактериялардың жалпы санының, гемолиздік бактериялардың және *Vibrio spp* санының төмендегенін көрсетті. Бактериялық жүктеменің ең айқын төмендеуі де 24 сағаттық инкубациядан кейін тіркелді. Алынған нәтижелер *A. platensis ZTS-2024* штамын аквакультурада тірі жем ретінде пайдаланылатын *A. parthenogenetica*-ның қоректік құндылығын арттыру және микробиологиялық сапасын жақсарту мақсатында қолданудың перспективалы екенін көрсетеді. Зерттеу деректері 18 сағаттық режиммен салыстырғанда 24 сағаттық байытудың әсері анағұрлым айқын болады деген жұмыс гипотезасын қолдайды. Алынған нәтижелер балық дернәсілдеріне арналған тірі жемдерді дайындау режимдерін әзірлеу барысында пайдаланылуы мүмкін. Алдағы зерттеулердің перспективалы бағыты ретінде байытылған *Artemia*-ның балық дернәсілдерін қоректендіру тәжірибелеріндегі тиімділігін бағалау және байыту ұзақтығының оңтайлы мерзімін кеңірек уақыт аралығында нақтылау ұсынылады.

Алғыс сөз

Авторлар зерттеуді ұйымдастыруға және зертханалық жұмыстарды жүргізуге көрсеткен қолдауы үшін әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті Биология және биотехнология факультетінің «*AlgaBioTech*» халықаралық ғылыми-зерттеу орталығына және Акдениз университетінің (Анталия, Түркия) Балық шаруашылығы факультетінің № 6 зертханасына алғыс білдіреді.

Авторлардың үлесі

Д. Салауат: тұжырымдама жасау, зерттеу жүргізу, мақаланы жазу; Г.Б. Джумаханова: әдістеме дайындады, талдау жүргізді; Д.С. Батаева: Ғылыми жетекші, нәтижелерді тексерді; А. Йылдыз: бастапқы мәтінді дайындады, артемия өсіруін жүргізді; С.Т. Алимова: мәтінді тексерді, мақаланы редакциялау және толтыру; Ж.С. Омарова: барлық авторлар қолжазбаның соңғы нұсқасын оқып, мақұлдады.

Әдебиеттер

Austin, B., & Austin, D. A. (2007). *Bacterial fish pathogens: Diseases of farmed and wild fish*. Springer.

Bolatkhan, K., Salauat, D., Shalgimbayeva, S. M., Akmukhanova, N. R., Zayadan, B. K., Askar, A., & Gökoğlu, M. (2025). Enrichment of *Artemia* nauplius with cyanobacterium *Arthrospira platensis* ZTS-2024 for feeding young Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833). *ES Food and Agroforestry, 23*, Article 1987.

Carr, I., Glencross, B., & Santigosa, E. (2023). The importance of essential fatty acids and their ratios in aquafeeds to enhance salmonid production, welfare, and human health. *Frontiers in Animal Science, 4*, Article 1147081. https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1147081

Chang, M., & Liu, K. (2024). *Arthrospira platensis* as future food: A review on functional ingredients, bioactivities and application in the food industry. *International Journal of Food Science & Technology, 59*(3), 1197–1212. https://doi.org/10.1111/ijfs.16882

Chotchindakun, K., Buddhasiri, S., & Kuntanawat, P. (2024). Enhanced growth and productivity of *Arthrospira platensis* H53 in a nature-like alkalophilic environment and its implementation in sustainable *Arthrospira* cultivation. *Sustainability, 16*(19), Article 8627. https://doi.org/10.3390/su16198627

Dhont, J., & Sorgeloos, P. (2002). Applications of *Artemia*. In T. J. Abatzopoulos, J. A. Beardmore, J. S. Clegg, & P. Sorgeloos (Eds.), *Artemia: Basic and applied biology* (pp. 251–277). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0791-6

Durdakova, M., Kolackova, M., Ridoskova, A., Cernei, N., Pavelicova, K., Urbis, P., Richtera, L., Pelcova, P., Adam, V., & Huska, D. (2024). Exploring the potential nutritional benefits of *Arthrospira maxima* and *Chlorella vulgaris*: A focus on vitamin B12, amino acids, and micronutrients. *Food Chemistry, 452*, Article 139434. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139434

Gómez-León, J., Villamil, L., Lemos, M. L., Novoa, B., & Figueras, A. (2005). Isolation of *Vibrio alginolyticus* and *Vibrio splendidus* from aquacultured carpet shell clam (*Ruditapes decussatus*) larvae associated with mass mortalities. *Applied and Environmental Microbiology, 71*(1), 98–104. https://doi.org/10.1128/AEM.71.1.98-104.2005

Ibrahim, M. E. E. D., Demirel, S., Yıkmış, S., Tokatlı Demirok, N., Ahmed, M. B. O., & Amin, A. K. (2026). Spirulina as a sustainable functional ingredient: Nutrient density, bioactives, and food applications. *Frontiers in Nutrition, 13*, Article 1810841. https://doi.org/10.3389/fnut.2026.1810841

Kiefer, M., Bottenbruch, B., Sprißler, A. K., Knörle, S., Witt, A., & Frühwirth, H. (2024). Analytically monitored cultivation of *Arthrospira platensis* on food waste extracts to compose a sustainable, low-prized, Zarrouk-based medium. *CyTA–Journal of Food, 22*(1), Article 2331067.

Letchumanan, V., Chan, K. G., & Lee, L. H. (2014). *Vibrio parahaemolyticus*: A review on the pathogenesis, prevalence, and advance molecular identification techniques. *Frontiers in Microbiology, 5*, Article 705. https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00705

Lian, C., Xiang, J., Cai, H., Ke, J., Ni, H., Zhu, J., Zheng, Z., Lu, K., & Yang, W. (2024). Microalgae inoculation significantly shapes the structure, alters the assembly process, and enhances the stability of bacterial communities in shrimp-rearing water. *Biology, 13*(1), Article 54. https://doi.org/10.3390/biology13010054

MacFaddin, J. F. (2000). *Biochemical tests for identification of medical bacteria* (3rd ed.). Lippincott Williams & Wilkins.

Macpherson, H. L., Bergh, Ø., & Birkbeck, T. H. (2012). An aerolysin-like enterotoxin from *Vibrio splendidus* may be involved in intestinal tract damage and mortalities in turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), and cod, *Gadus morhua* L., larvae. *Journal of Fish Diseases, 35*(2), 153–167.

Madkour, K., Dawood, M. A., & Sewilam, H. (2023). The use of *Artemia* for aquaculture industry: An updated overview. *Annals of Animal Science, 23*(1), 3–10. https://doi.org/10.3390/biology13010054

Najafpour, B., Pinto, P. I., Sanz, E. C., Martinez-Blanch, J. F., Canario, A. V., Moutou, K. A., & Power, D. M. (2023). Core microbiome profiles and their modification by environmental, biological, and rearing factors in aquaculture hatcheries. *Marine Pollution Bulletin, 193*, Article 115218. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115218

Paralika, V., & Makridis, P. (2025). Microbial interactions in rearing systems for marine fish larvae. *Microorganisms, 13*(3), Article 539. https://doi.org/10.3390/microorganisms13030539

Patterson, R., Rogiewicz, A., Kiarie, E. G., & Slominski, B. A. (2023). Yeast derivatives as a source of bioactive components in animal nutrition: A brief review. *Frontiers in Veterinary Science, 9*, Article 1067383. https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1067383

Penionez, J. L. F., Ellar, G. M. L., Manzano, A. T., Mayakie, Z. A., Pandili, X. R., Fuerzas, C. P., & Cortes, J. R. (2026). Microalgal omega-3 oils in salmonid aquaculture: Nutritional, immunological, and sustainability perspectives beyond fish oil. *Frontiers in Aquaculture, 5*, Article 1880980. https://doi.org/10.3389/faquc.2026.1880980

Peralta-Sánchez, J. M., Rabelo-Ruiz, M., Martín-Platero, A. M., Arizcun, M., Galafat, A., Alarcón-López, F. J., & Martínez-Bueno, M. (2025). Effects of dietary inclusion of crude or hydrolyzed *Arthrospira platensis* on intestinal microbiota in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fry. *Discover Animals, 2*(1), Article 99. https://doi.org/10.1007/s44338-025-00152-0

Pintado, J., Ruiz, P., Del Olmo, G., & Makridis, P. (2023). Co-culturing microalgae with Roseobacter clade bacteria as a strategy for Vibrionaceae control in microalgae-enriched *Artemia*. *Microorganisms, 11*(11), Article 2715. https://doi.org/10.3390/microorganisms11112715

Reitan, K. I., Rainuzzo, J. R., Øie, G., & Olsen, Y. (1997). A review of the nutritional effects of algae in marine fish larvae. *Aquaculture, 155*(1–4), 207–221. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00118-X

Ruban, G. I. (2020). Exogenous feeding in the early life stages of sturgeon (Acipenseridae). *Inland Water Biology, 13*(4), 613–619. https://doi.org/10.1134/S1995082920040094

Sarpanah, A., Pajand, Z., Yousefi, S., Hassani, M. H. S., Jourdehi, A. Y., Vaghei, R. G., Mohseni, M., Golalipour, Y., Hashemi, O., Monsef Shokri, M., & Sohrabi, T. (2026). Impact of different weaning strategies on growth indices, biochemical composition, and digestive enzyme activity in Stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) larvae. *Animal Feed Science and Technology, 336*, Article 116696. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2026.116696

Skjermo, J., & Vadstein, O. (1993). Characterization of the bacterial flora of mass cultivated *Brachionus plicatilis*. *Hydrobiologia, 255*(1), 185–191. https://doi.org/10.1007/BF00025838

Skliros, D., Kostakou, M., Kokkari, C., Tsertou, M. I., Pavloudi, C., Zafeiropoulos, H., & Flemetakis, E. (2024). Unveiling emerging opportunistic fish pathogens in aquaculture: A comprehensive seasonal study of microbial composition in Mediterranean fish hatcheries. *Microorganisms, 12*(11), Article 2281. https://doi.org/10.3390/microorganisms12112281

Sorgeloos, P., Dhert, P., & Candreva, P. (2001). Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture, 200*(1–2), 147–159. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00698-6

Sultana, S., Biró, J., Kucska, B., & Hancz, C. (2024). Factors affecting yeast digestibility and immunostimulation in aquatic animals. *Animals, 14*(19), Article 2851. https://doi.org/10.3390/ani14192851

Tinh, N. T. N., Dierckens, K., Sorgeloos, P., & Bossier, P. (2008). A review of the functionality of probiotics in the larviculture food chain. *Marine Biotechnology, 10*(1), 1–12. https://doi.org/10.1007/s10126-007-9054-9

Tocher, D. R. (2010). Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Research, 41*(5), 717–732. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02150.x

Vadstein, O., Attramadal, K. J., Bakke, I., Forberg, T., Olsen, Y., Verdegem, M., & Bossier, P. (2018). Managing the microbial community of marine fish larvae: A holistic perspective for larviculture. *Frontiers in Microbiology, 9*, Article 1820. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01820

Vijayaram, S., Ringø, E., Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S. H., Ahani, S., & Chou, C. C. (2024). Use of algae in aquaculture: A review. *Fishes, 9*(2), Article 63.

Vonshak, A. (Ed.). (1997). *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, cell-biology and biotechnology*. Taylor & Francis.

Xing, S., Liang, X., Zhang, X., Oliva-Teles, A., Peres, H., Li, M., Wang, H., Mai, K., Kaushik, S. J., & Xue, M. (2024). Essential amino acid requirements of fish and crustaceans, a meta-analysis. *Reviews in Aquaculture*, 16(3), 1069–1086. https://doi.org/10.1111/raq.12886

Zhang, Z., Zhang, P., Su, K., Tan, P., Wang, L., Jiang, R., & Xu, D. (2025). *Schizochytrium* sp. as a promising *Artemia tibetiana* nauplii fortifier for yellow drum (*Nibea albiflora*) larviculture. *Aquaculture Reports, 42*, Article 102840.

Авторлар туралы мәлімет:

Дамыс Салауат (хат-хабар авторы) – PhD докторанты, зоология, гистология және цитология кафедрасы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы (Алматы, Қазақстан, e-mail: salauat.damys@mail.ru).

Батаева Дарига Серікқызы – PhD, қауымдастырылған профессор міндетін атқарушы, Жаратылыстану институты, «Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті» КеАҚ, Әйтеке би көшесі (Алматы, Қазақстан, e-mail: batayeva.d@qyzpu.edu.kz).

Джумаханова Гаухар Бактияровна – PhD, ғылыми қызметкер, Ботаника және фитоинтродукция институты, Тимирязев көшесі (Алматы, Қазақстан, e-mail: Gkaznu@gmail.com).

Алимова Софиахан Тилешовна – PhD, доцент міндетін атқарушы, зоология, гистология және цитология кафедрасы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы (Алматы, Қазақстан, e-mail: alimovasofiya@gmail.com).

Омарова Жанар Сағатовна – аға оқытушы, биология ғылымдарының кандидаты, зоология, гистология және цитология кафедрасы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы (Алматы, Қазақстан, e-mail: omarova.zh19@gmail.com).

Алпер Йылдыз – PhD, ғылыми ассистент, Акдениз университетінің Балық шаруашылығы факультеті (Анталия, Түркия, e-mail: alperyildiz@akdeniz.edu.tr).

Information about the authors:

Damys Salauat (corresponding author) – PhD doctoral student, Department of Zoology, Histology and Cytology, Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi Avenue (Almaty, Kazakhstan, e-mail: salauat.damys@mail.ru).

Dariga Serikkyzy Batayeva – PhD, Acting Associate Professor, Institute of Natural Sciences, Kazakh National Women's Teacher Training University, Aiteke Bi Street (Almaty, Kazakhstan, e-mail: batayeva.d@qyzpu.edu.kz).

Gaukhar Bakhtiyarovna Jumakhanova – PhD, Researcher, Institute of Botany and Phytointroduction, Timiryazev Street (Almaty, Kazakhstan, e-mail: Gkaznu@gmail.com).

Sofiakhan Tileshovna Alimova – PhD, Acting Associate Professor, Department of Zoology, histology and cytology, Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi Avenue (Almaty, Kazakhstan, e-mail: alimovasofiya@gmail.com).

Zhanar Sagatovna Omarova – Senior Lecturer, Candidate of Biological Sciences, Department of Zoology, Histology and Cytology, Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi Avenue (Almaty, Kazakhstan, e-mail: omarova.zh19@gmail.com).

Alper Yıldız – PhD, Research Assistant, Faculty of Fisheries, Akdeniz University (Antalya, Türkiye, e-mail: alperyildiz@akdeniz.edu.tr).

Сведения об авторах:

Дамыс Салауат (автор для корреспонденции) – PhD-докторант кафедры зоологии, гистологии и цитологии Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: salauat.damys@mail.ru).

Батаева Дарига Сериккызы – PhD, исполняющая обязанности ассоциированного профессора Института естествознания НАО «Казахский национальный женский педагогический университет» (Алматы, Казахстан, e-mail: batayeva.d@qyzpu.edu.kz).

Джумаханова Гаухар Бахтияровна – PhD, научный сотрудник Института ботаники и фитоинтродукции (Алматы, Казахстан, e-mail: Gkaznu@gmail.com).

Алимова Софиахан Тилешовна – PhD, и. о. доцента кафедры зоологии, гистологии и цитологии, Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: alimovasofiya@gmail.com).

Омарова Жанар Сагатовна – старший преподаватель, кандидат биологических наук, кафедра зоологии, гистологии и цитологии Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: omarova.zh19@gmail.com).

Алпер Йылдыз – PhD, научный ассистент факультета рыбного хозяйства Университета Акдениз (Анталья, Турция, e-mail: alperyildiz@akdeniz.edu.tr).

Келіп түсті: 8 қаңтар 2026 жыл
Қайта жүктелді: 13 мамыр 2026 жыл
Қабылданды: 15 қыркүйек 2026 жыл