

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

"Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті"
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

Антиоксиданттық белсенділігі бар биоактивті пигменттерді алу үшін
микробалдырлардың потенциалын зерттеу

Қали Аяжан, Оңдабаева Бақытгүл

Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

6B05101 - Химиялық және биохимиялық инженерия

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

"Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті"
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

6B05101-«Химиялық және биохимиялық инженерия»

БЕКІТЕМІН

«Химиялық және биохимиялық
инженерия» кафедрасының
менгерушісі,

х.ғ.к. қауым. профессор
 Мангазбаева Р.А.
«13» 06 2025 ж

Дипломдық жобаны орындауға арналған
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Қали Аяжан, Ондабаева Бақытгүл

Тақырыбы: «Антиоксиданттық белсенділігі бар биоактивті пигменттерді алу үшін микробалдырлардың потенциалын зерттеу»

Университет проректорының 2025 жылғы "29" қаңтардағы №26-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «30» мамыр 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері:

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Алакөл көлінің микробалдырлары мен жағдайын зерттеу
б) *Chlorella vulgaris* пен *Scenedesmus quadricauda* микробалдырлары бөлініп алынып, өсу жағдайлары мен құрамы зерттелді.

в) Микробалдырлардың антиоксиданттық қасиеттері бағаланды.

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

Жұмыс презентациясы слайдтарда _____ көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 48 атаулардан тұрады

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

"Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті"
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы



КОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Химиялық және биохимиялық
инженерия» кафедрасының
меңгерушісі,

Х.Ғ.Қ. қауым. профессор
Мангазбаева Р.А.

«13» 06 2025 ж

Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

Тақырыбы «Антиоксиданттық белсенділігі бар биоактивті пигменттерді алу
үшін микробалдырлардың потенциалын зерттеу»

6B050101 - «Химиялық және биохимиялық инженерия»

Орындағандар:

Кали Аяжан
Ондабаева Бақытгүл

Рецензент
Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ
Биотехнология кафедрасының
қауымдастырылған профессоры, PhD

 Ф.К. Сарсекеева
«13» 06 2025 ж.

Дипломдық жетекшісі:
PhD, «Химиялық және биохимиялық
инженерия» кафедрасының
оқытушысы

 Сандыбаева С.К.
«13» 06 2025 ж.

Алматы 2025 жыл

Дипломдық жобаны дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Әдебиеттік шолу	17.02.2025	Орындалды
Зерттеу әдістері	03.03.2025	Орындалды
Зерттеу нәтижелері	28.04.2025	Орындалды
Қорытынды	28.04.2025	Орындалды

Аяқталған дипломдық жұмыс(жоба) үшін, оған қатысты бөлімдердің жұмыстарын (жобасын) көрсетумен, кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған
Қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Әдебиеттік шолу	PhD, «Химиялық және биохимиялық инженерия» кафедрасының оқытушысы Сандыбаева.С.Қ	17.02.2025	
Зерттеудің материалдары мен әдістері	PhD, «Химиялық және биохимиялық инженерия» кафедрасының оқытушысы Сандыбаева.С.Қ	3.03.2025	
Эксперименттік мәліметтер алынды	PhD, «Химиялық және биохимиялық инженерия» кафедрасының оқытушысы Сандыбаева.С.Қ	28.04.2025	

Ғылыми жетекші:

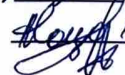


Сандыбаева.С.Қ

Білім алушы тапсырманы орындауға алды



Кали. А



Ондабаева. Б

Күні

«13» 06 2025 ж

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс 54 бет, 25 сурет, 3 кесте, 48 әдебиет көздерінен тұрады.

Түйін сөздер: микробалдырлар, биологиялық белсенді заттар, биоактивті пигменттер, хлорофилл, каротиноид, антиоксиданттық қасиет

Бұл дипломдық жұмыста Алакөл көлінің ерекше гидрохимиялық жағдайларында тіршілік ететін микробалдыр штаммдарының антиоксиданттық белсенділікке ие биоактивті пигменттерді синтездеу мүмкіндігін қарастыруға бағытталған. Алакөл – тұзды-ащы суы бар көл, мұндағы экстримальді микробалдырлар күрделі ортаға бейімделу нәтижесінде жоғары биоактивті қосылыстарды түзе алады. Зерттеу барысында Алакөлден бөлініп алынған *Chlorella vulgaris* пен *Scenedesmus quadricauda* микробалдыр штаммдары өсіріліп, олардың пигменттік құрамдары анықталды. Экстракция және спектрофотометриялық көрсеткіштер нәтижесінде алынған пигменттердің құрамында хлорофиллдер, каротиноидтар және фикобилипротеиндер анықталды, олардың антиоксиданттық белсенділігі зерттелді. Бұл микробалдырлардан алынған табиғи пигменттерді тағам, фармацевтика және косметика салаларында, соңымен қатар отандық табиғи ресурстарды тиімді пайдалану мен экологиялық қауіпсіз антиоксиданттар ретінде биотехнологияда қолдану үшін маңызды қадам. Аймақтық ресурстарды зерттеу жергілікті ғылымды дамытуға септігін тигізеді.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из 54 страниц, 25 рисунков, 3 таблиц, 48 литературных источников.

Ключевые слова: микроводоросли, биологически активные вещества, биоактивные пигменты, хлорофилл, каротиноид, антиоксидантные свойства

Данная дипломная работа направлена на рассмотрение возможности синтеза биоактивных пигментов, обладающих антиоксидантной активностью, штаммами микроводорослей, обитающими в особых гидрохимических условиях озера Алаколь. Алаколь – озеро с солено-горькой водой, где экстремальные микроводоросли могут образовывать высокоактивные соединения в результате адаптации к сложной среде. В ходе исследования были выращены штаммы микроводорослей *Chlorella vulgaris* и *Scenedesmus quadricauda*, выделенные из Алаколя, и определены их пигментные составы. В составе пигментов, полученных в результате экстракции и спектрофотометрического анализа были идентифицированы хлорофиллы, каротиноиды и фикобилипротеины, а также изучена их антиоксидантная активность. Это важный шаг к использованию натуральных пигментов из микроводорослей в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности, а также в биотехнологии в качестве экологически безопасных антиоксидантов и эффективном использовании местных природных ресурсов. Изучение региональных ресурсов способствует развитию местной науки.

ABSTRACT

This diploma work comprises 54 pages, includes 25 figures, 3 tables, and references 48 literary sources.

Keywords: microalgae, biologically active compounds, bioactive pigments, chlorophyll, carotenoid, antioxidant properties.

This research is aimed at exploring the potential of microalgae strains, isolated from the unique hydrochemical environment of Lake Alakol, to synthesize bioactive pigments with antioxidant activity. Alakol is a saline-bitter lake, where extreme environmental conditions promote the formation of highly active compounds in microorganisms adapted to such stress. During the study, *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus quadricauda* strains isolated from Lake Alakol were cultivated, and their pigment compositions were determined. The extracted pigments were analyzed using spectrophotometric methods, revealing the presence of chlorophylls and carotenoids, and phycobiliproteins, and their antioxidant activities were assessed. These findings highlight the prospects of using natural pigments from microalgae in food, pharmaceutical, and cosmetic industries as eco-friendly antioxidants and demonstrate the value of harnessing local natural resources for biotechnology. The study of regional bioresources contributes to the advancement of local science and sustainable resource utilization.

МАЗМҰНЫ

	КІРІСПЕ	10
1	Әдебиеттік шолу	12
1.1	Биотехнологиядағы микробалдырлар рөлі	12
1.1.1	Микробалдырлардың табиғатта таралуы және ерекшеліктері	12
1.1.2	Микробалдырлар – биологиялық белсенді заттардың көзі	15
1.2	Микробалдырлар пигменттерінің жалпы сипаттамасы	17
1.2.1	Пигмент түрлері	17
1.2.2	Пигменттердің биотехнологиялық маңызы	19
1.2.3	Микробалдырлардан пигменттерді алу және тазарту әдістері	20
1.3	Пигменттердің антиоксиданттық қасиеттері	23
1.3.1	Антиоксиданттық белсенділікке әсер ететін факторлар	24
1.3.2	Антиоксиданттық қасиеттері бар микробалдырлар	25
1.3.3	Антиоксиданттық белсенділікті анықтау әдістері	27
2	ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕР	28
2.1	Зерттеу объектілері	28
2.1.1	Альгофлораның түрлік құрамын анықтау	28
2.1.2	Табиғи көздерден фототрофты микроорганизмдерді іріктеу және олардың алгологиялық таза дақылдарын алу	28
2.1.3	Микробалдырлардың бактериологиялық таза дақылдарын алу әдістемесі.	30
2.1.4	Микробалдырлар дақылдарының морфологиялық қасиеттерін зерттеу	31
2.1.5	Зертханалық жағдайда микробалдырларды өсіру әдістемесі	31
2.1.6	Микробалдырлардың жасушалық өсу қарқынын және құрғақ биомассасын анықтау әдістері	31
2.1.7	Микробалдырлардың құрғақ биомассасын анықтау	32
2.1.8	Микробалдырлар жасушаларында белоктың, липидтердің және пигменттердің жалпы құрамын анықтау	32
2.1.9	Хлорофилл а, жалпы каротиноидтарды алу және сандық анықтау	33
2.1.10	Фикобилипротеидтерді алу және сандық анықтау	33
2.1.11	Микробалдырлардан биоактивті заттарды алу	33
2.1.12	Антиоксиданттық белсенділікті бағалау	34
3	ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ МЕН ТАЛҚЫЛАУЛАР	36
3.1	Алакөл тұзды көлінен микробалдырлардың таза дақылын бөліп алу.	36
3.1.1	Бөлініп алынған микробалдырлардың морфологиялық және дақылдық қасиеттерін зерттеу	36
3.1.2	Алакөлден алынған альгофлоралық құрамын зерттеу	37
3.1.3	Микробалдырдың аксеникалық таза дақылдарын бөліп алу	38
3.2	Дақылдарды морфологиялық сипаттау	38

3.3	Микробалдыр дақылдарының өсіру жағдайларын анықтау	39
3.3.1	Жарық қарқындылығының әсері	39
3.3.2	pH көрсеткішінің әсері	40
3.3.3	Температураның әсері	41
3.4	Микробалдыр дақылдарының биомасса өнімділігін анықтау(өсу қисығы)	42
3.5	Микробалдыр дақылдарының пигменттік құрамын анықтау	44
3.6	Микробалдыр жасушаларындағы биологиялық белсенді заттардың болуын зерттеу	45
3.7	<i>Scenedesmus quadricauda</i> және <i>chlorella vulgaris</i> пигменттерінің спектрофотометриялық сіңіру спектрі	47
3.8	Микробалдыр дақылдарының антиоксиданттық қасиеттерін анықтау	49
4	ҚОРЫТЫНДЫ	53
5	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	54

КІРІСПЕ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Микробалдырлардан антиоксиданттық белсенділігі бар биоактивті пигменттерді алу – қазіргі биотехнология мен фармацевтика салаларында маңызды әрі болашағы зор бағыттардың бірі болып табылады. Қазіргі кезде адамдардың табиғи антиоксиданттарға деген қызығушылығы артып келеді, бұл өз кезегінде синтетикалық қоспаларға экологиялық әрі қауіпсіз балама табуға жол ашады. *Chlorella vulgaris* пен *Scenedesmus quadricauda* сияқты микробалдырлар құрамында хлорофилл, каротиноидтар және фенолдық қосылыстар секілді антиоксиданттық әсері жоғары пигменттерді түзеді. Алакөлдің өзіндік минералдық құрамы мен ерекше экожүйесі бұл балдырлардың пайдалы қосылыстар түзу мүмкіндігін арттыруы ықтимал. Сондықтан, осы көлден алынған балдыр штаммдарының антиоксиданттық мүмкіндігін зерттеу – табиғи әрі тиімді антиоксидант көздерін анықтауға және қазақстандық ғылымға жаңа деректер қосуға үлкен үлес болмақ.

Зерттеудің мақсаты: Антиоксиданттық белсенділігі бар биоактивті пигменттерді алу үшін микробалдырлардың жаңа штамдарын бөліп алу, олардың морфологиялық, дақылдық қасиеттерін және биологиялық белсенділігін зерттеу.

Зерттеудің міндеттері:

1. Әр түрлі экожүйелерден микробалдырлардың таза дақылдарын бөліп алу.
2. Бөлініп алынған микробалдыр дақылдарының морфологиялық қасиеттерін және өсіру параметрлерін (температура, жарық, рН, қоректік орта) зерттеу.
3. Өнімділігі жоғары микробалдыр дақылдарының пигменттік құрамын анықтау.
4. Маңызды пигменттерді бөліп алу, тазарту және алынған пигменттердің антиоксиданттық белсенділігін зерттеу.

Зерттеу нысаны мен пәні

Зерттеу нысаны – антиоксиданттық белсенділігі бар биоактивті пигменттерді түзетін микробалдырлар.

Зерттеу пәні – микробалдырлардан алынған пигменттердің қасиеттері және олардың өндірістік маңызы.

Зерттеу әдістері: Жұмыста микробиологиялық, биохимиялық және спектрофотометриялық әдістер қолданылды. Сонымен қатар, эксперименттік зерттеулер мен алынған нәтижелерді математикалық өңдеу жүргізілді.

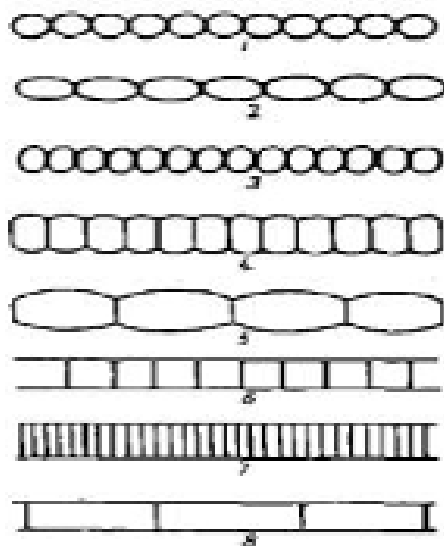
Зерттеудің ғылыми жаңалығы: Алакөл экожүйесінің микробалдырларының альгофлоралық құрамы алғаш рет зерттелді. Яғни нәтижесінде ол жерден микробалдырлардың *Scenedesmus* және *Chlorella* туысына жататын түрлері бөліп алынды. Осы бөлініп алынған микробалдырлардың пигменттері және пигменттік құрамы зерттелді, сондай ақ олардың антиоксиданттың қасиеттері бағаланды.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы: Нақты осы *Chlorella* және *Scenedesmus* микробалдырларының негізінде жасалған антиоксиданттар немесе оның антиоксиданттық қасиеттері тағамдық қоспа алу үшін болмаса пигменттер негізінде тағамдық бояғыштар, сондай ақ қоспалар жасауда антиоксиданттық әсері бұлардың болашақта БАД ретінде қолдануға мүмкіндік береді

Жұмыстың құрылымы: Дипломдық жұмыс кіріспеден, негізгі бөлімнен (әдеби шолу, зерттеу әдістері және тәжірибелік бөлім), қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады

олар қоршаған ортадағы ластану деңгейін анықтауға көмектесетін табиғи "көрсеткіштер" ретінде де маңызды [3].

Микробалдырлардың жасушалық құрылымы әртүрлі болуы мүмкін. Оларды сыртқы пішініне қарай (мысалы, шар, цилиндр тәрізді), атқаратын қызметіне байланысты (жыныстық немесе вегетативтік, фотосинтез жасай алатын немесе жасай алмайтын), сондай-ақ жасуша бөліктерінің орналасуына қарай (аралық, ұш жағында, түбінде және т.б.) жіктеуге болады. Бірақ қазіргі кезде микробалдырларды жіктеудің ең басты және нақты әдісі – олардың ішкі құрылымын электронды микроскоппен зерттеу арқылы жүргізіледі. Осы әдіске сүйене отырып, микробалдырлар екі негізгі топқа бөлінеді: біріншісі – ішкі ядросы бар, яғни ядросы мембранамен қоршалған эукариоттар, ал екіншісі – ядросы нақты байқалмайтын, мембранамен қоршалмаған прокариоттар. Прокариоттық жасуша типі көбінесе бактерияларға, көк-жасыл микробалдырларға (*Cyanophyta*) және кейбір алғашқы жасыл микробалдырларға (*Prochlorophyta*) тән. Ал эукариоттық құрылым – микробалдырлардың көп бөлігінде кездеседі, әрі ол саңырауқұлақтарда, жануарлар мен жоғары сатыдағы өсімдіктерде де болады. Сонымен қатар, кейбір ағзаларда прокариоттарға да, эукариоттарға да тән белгілер қатар кездесуі мүмкін. Мұндай ағзалар мезокариоттар деп аталады. Олардың ең белгілі өкілдері – *Dinophyta* бөліміндегі балдырлар. Бірақ бұл ағзалардың ядросы мембранамен қоршалғандықтан, оларды эукариоттарға жатқызу ғылыми тұрғыдан дұрысырақ. Прокариоттық (алғашқы) жасыл микробалдырлардың (*Prochlorophyta*) ішінде ең жақсы зерттелгені – диаметрі 6–30 мкм болатын шар тәрізді біржасушалы формалар [4] (2-сурет).



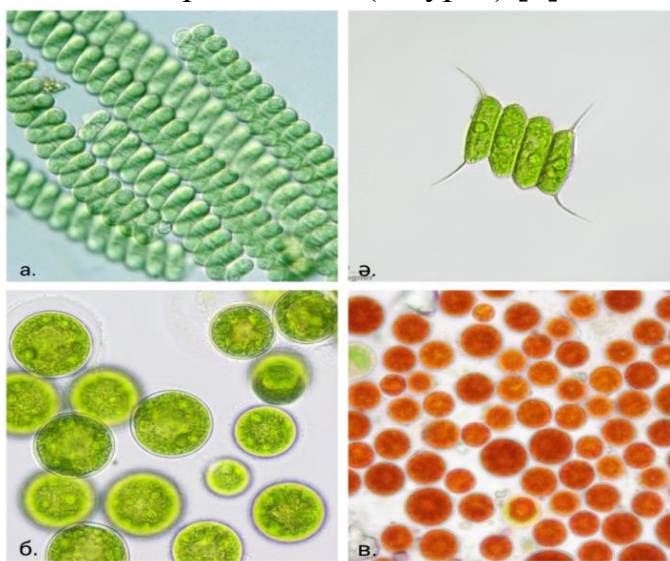
2-сурет – Трихомдар мен оларды құрайтын жасушалардың негізгі пішіндері. 1 – шар тәрізді; 2 – ұзынша эллипс тәрізді; 3 – қысқа эллипс тәрізді; 4 – қысқа бөшке тәрізді; 5 – ұзынша бөшке тәрізді; 6 – төртбұрышты-цилиндр тәрізді; 7 – дискі тәрізді цилиндрлі; 8 – ұзынша цилиндр тәрізді.

1 Әдебиеттік шолу

1.1 Биотехнологиядағы микробалдырлардың рөлі

1.1.1 Микробалдырлардың табиғатта таралуы және ерекшеліктері

Микробалдырлар – өте ұсақ болғанымен, ерекше қабілетке ие біржасушалы ағзалар. Олар күн сәулесін, көмірқышқыл газын және қоректік заттарды пайдаланып, көмірсулар, майлар және басқа да биологиялық маңызы бар қосылыстар түзеді. Бұл қасиеттері оларды өнеркәсіптік және ғылыми тұрғыдан аса құнды етеді [1]. Көзге көрінбейтіндей шағын болғанымен, микробалдырлар мұхиттар мен өзен-көлдердегі тіршіліктің тұрақтылығын сақтауда үлкен рөл атқарады. Ғалымдардың айтуынша, Жер бетіндегі оттегінің шамамен жартысы осы микроскопиялық ағзалардың арқасында түзіледі. Олар су экожүйелерінде кең таралған – теңіз суында да, тұщы суларда да кездеседі. Бүгінгі таңда ғылымда 200 мыңнан астам микробалдыр түрі белгілі. Бірақ, олардың бәрі бірдей жан-жақты зерттеліп, өндірісте қолданылып жатқан жоқ. Тек кейбір белгілі және тиімді штаммдар ғана тағам, косметика, медицина және энергетика сияқты салаларда кеңінен пайдаланылуда. Танымал микробалдыр түрлеріне *Dunaliella salina*, *Chlorella vulgaris*, *Spirulina* және басқалары жатады (1-сурет) [2].



1-сурет – Микробалдырлардың микроскопиялық бейнесі. (а. *Spirulina*, ә. *Scenedesmus*, б. *Chlorella vulgaris*, в. *Dunaliella salina*)

Микробалдырлар жер шарында өте кең таралған — оларды экватор маңындағы ыстық аймақтардан бастап, мұзды полярлық өңірлерге дейін кездестіруге болады. Осындай бейімделгіштігінің арқасында олар әртүрлі табиғи ортада тіршілік ете алады. Бұл ағзалар - көптеген құнды заттардың, мысалы, биологиялық белсенді молекулалар мен түрлі пайдалы метаболиттердің табиғи көзі болып саналады. Сондықтан микробалдырлар тағам мен дәрілік өнімдер өндіруде, мал азығы мен тыңайтқыш ретінде, тіпті биологиялық отын алу бағытында да кеңінен қолданылады. Сонымен қатар,

Көк-жасыл микробалдырлардың жасушалары әдетте өте ұсақ болып келеді – олардың ені шамамен 2-10 микрометр аралығында болады. Бұл микробалдырлар бір жасушалы түрінде де, бірнеше жасушадан тұратын колония түрінде де кездеседі. Жасушалардың пішіні әртүрлі болуы мүмкін: көбінесе шар тәрізді немесе эллипс пішінді, кейде бөлінгеннен кейін жарты шар тәрізді болады. Сонымен қатар, ұзынша, цилиндр, ұршық тәрізді, тіпті алмұртқа ұқсас, иілген формалар да кездеседі. Кейбір тіркелген (қозғалмайтын) біржасушалы формалар немесе цианоидтар жасуша пішінінде полярлық белгілерге ие болып келеді – яғни бір жағы екінші жағынан ерекшеленіп тұрады. Мұндай жасушалар көбінесе субстратқа (мысалы, тас, су түбі немесе өсімдік беті) жабысып тұратын шырышты аяқшалар немесе дискілер арқылы бекінеді. Гетероциттер – ерекше морфологиялық және физиологиялық қасиеттерге ие, азотты фиксациялауға қабілетті арнайы жасушалар. Олар әдетте трихом бойындағы белгілі бір орындарда орналасады және қалың қабықпен қапталады, бұл оларды басқа вегетативтік жасушалардан оңай ажыратуға мүмкіндік береді. Гетероциттердің ішінде фотосинтездік белсенділік төмендейді немесе мүлдем болмайды, бұл анаэробты жағдайда жүретін азот фиксациясы үдерісі үшін қолайлы орта туғызады. Кейбір *Cyanophyta* өкілдерінде трихомдардың ішінде тағы бір ерекше жасуша түрі – акинеттер кездеседі. Акинеттер – тығыз цитоплазмаға және қалың қабыққа ие тыныш күйдегі жасушалар, олар қолайсыз жағдайларға төзімді келеді және популяцияның ұзақ мерзімді сақталуын қамтамасыз етеді. Мұндай құрылымдар, әсіресе, маусымдық климат жағдайларында, мысалы, қыста немесе құрғақ кезеңдерде тіршілігін жалғастыруға мүмкіндік береді [5].

Жалпы, көк-жасыл микробалдырларда жасушалардың мынадай негізгі типтері болады:

1. Біржасушалы даралар мен колониялардағы біржасушалы цианоидтар;
2. Гомоцитті трихомды даралардың жасушалары;
3. Гетероцитті трихомды даралардың вегетативті жасушалары;
4. Арнайы жасушалар – гетероцисталар, акинеталар және т.б.

Төменде *Cyanophyta* жасушаларының құрылысы мен өлшемі айтылған кезде, жасуша түрі көрсетілмеген болса, әдетте жоғарыда аталған үш негізгі типі назарда ұсталады. Арнайы жасушалар туралы сөз қозғалғанда, олардың атауы нақты көрсетіледі. Прокариоттық балдырлар түрлерінің басым бөлігі *Cyanophyta* бөліміне жататындықтан, бұл бөлімдегі мәліметтер көбінесе көк-жасыл микробалдырлар жасушаларына қатысты болады. Көк-жасыл микробалдырлар жасушасы жасуша қабықтары мен ішкі құрамнан – протопласттан тұрады. Протопластқа плазмалемма мен әртүрлі ішкі құрылымдары (фотосинтетикалық аппарат, ядролық аналог, рибосомалар және т.б.) бар цитоплазма жатады. Жасуша қабықтарына протопластты қоршап тұратын барлық құрылымдар: жасуша қабықшасы, шырышты қабаттар және арнайы түтікше тәрізді құрылымдар – яғни қапшықтар жатады [6].

Көк-жасыл микробалдырлардың жасушалары құрылымдық тұрғыдан өте берік келеді. Олардың жасушасы әдетте тығыз және қабатты қабырғамен қоршалған, бұл қабық жасушаның нақты пішінін сақтап тұруға көмектесіп қана қоймай, сыртқы әсерлерден қорғау қызметін де атқарады. Қабырғаның орташа қалыңдығы шамамен 35–50 нанометр аралығында болады, алайда кейбір ерекше жағдайда бұдан да қалың болуы мүмкін. Әсіресе акинеттер мен гетероциттер сияқты арнайы қызмет атқаратын жасушаларда қабырғасы вегетативті жасушаларға қарағанда әлдеқайда қалыңдау болады [7].

Бір трихомдағы қатар орналасқан екі жасушаның арасын бөліп тұратын құрылым көлденең перде деп аталады. Бұл перделер өте жұқа болғанымен, олардың бойында өте кішкентай саңылаулар мен микроплазмодесмалар болуы мүмкін, олар көршілес жасушалардың арасындағы байланыс пен зат алмасуды қамтамасыз етеді деп саналады. Сонымен қатар, кей жағдайларда бірнеше жасуша ортақ бір шырышты қапшықпен немесе гельді қабатпен қапталып тұрады. Мұндай шырышты құрылымдар қосымша қорғаныс рөлін атқара отырып, жасушалардың бірге әрекет етуіне жағдай жасайды. Соңғы ғылыми еңбектерде осы қабырғалық құрылымдар мен цитоплазмалық мембрананы қосып, біртұтас «жасушалық қаптама» (*cell envelope*) ретінде сипаттау ұсынылып жүр. Бұл көзқарас жасушаның құрылымын тұтас кешен ретінде қарастыруға мүмкіндік береді [5].

Микробалдырлардың тағы бір ерекше қасиеті – олардың метаболизмінің икемділігі. Мысалы, қызыл микробалдырлар (*Porphyridium* түрлері) адам ағзасына маңызды арахидон және эйкозапентаен қышқылдарының өндірушілері болып табылады. Бұл екі қышқыл ағзада қарама-қарсы әсер етеді:

- Арахидон қышқылы ауырсыну медиаторларын түзеді.
- Эйкозапентаен қышқылы, керісінше, ауырсынуды басатын қосылыстардың прекурсоры болып табылады.

Осы қышқылдардың арақатынасы микробалдырларды өсіру жағдайларына (температура, жарықтандыру, CO_2 концентрациясы) байланысты өзгеруі мүмкін, бұл қажетті емдік қасиеттері бар медициналық препараттарды алуға мүмкіндік береді.

1.1.2 Микробалдырлар – биологиялық белсенді заттардың көзі

Микробалдырлар көміртегі қосылыстарының бай көзі болып табылады, олар биоотындар, денсаулыққа арналған қоспалар, фармацевтика және косметика салаларында пайдаланылуы мүмкін [6]. Олар сондай-ақ ағынды суларды тазарту және атмосферадағы CO_2 деңгейін төмендету үшін қолданылуда. Микробалдырлар полисахаридтер, липидтер, пигменттер, ақуыздар, дәрумендер, биологиялық белсенді қосылыстар және антиоксиданттар сияқты кең ауқымды биопродуктілерді өндіреді. Микробалдырларға биоотын өндірісі үшін жаңартылатын және тұрақты

шикізат ретінде қызығушылық биорафинацияда жаңа бағытты ынталандырды. Өсуін арттыру техникалары мен генетикалық инженерия олардың болашақта жаңартылатын биопродуктілер көзі ретінде әлеуетін жақсарту үшін қолданылуы мүмкін [7].

Негізінде микробалдырлар мен цианобактериялар адам мен қоршаған ортаға зор пайдасын тигізеді. Олар құрамында қанттар, А, В1, В2, С, Е және В3 дәрумендері, құнды минералдар мен қанықпаған май қышқылдары бар болғандықтан, адам денсаулығына пайдалы биоқосылыстар түзеді. Осыған орай микробалдырлар тағамдық қоспа ретінде қазіргі күнге дейін қолданылып келеді. Қазіргі уақытта микробалдырлардан алынған өнімдер капсула, таблетка, ұнтақ және сұйық түрінде нарықта сатылады [8].

Ең көп қолданбалы *Chlorella* және *Spirulina* деп есептелінеді. Алғаш ғарышқа жіберілген микробалдыр *Chlorella* болатын, сол арқылы оның көптеген қасиеттері зерттелінген. *Chlorella* мен *Spirulina* адамдар мен жануарлар үшін қосымша өңдеусіз жеуге және ішуге болады. Стандартты жағдайларда өсірілген хлорелла өте бай ақуызға ие және спорттық тамақтану ретінде пайдаланылуы мүмкін. *Chlorella* липидтік құрамы зәйтүн немесе күнбағыс майынан көп айырмашылығы жоқ [9].

Американдық дәрігер және эндокринолог, диета және дұрыс тамақтану туралы бірнеше кітаптардың авторы Artemis P. Simopoulos зерттеулері бойынша *Schizochytrium* және *Nannochloropsis* сияқты омега-3 бай микробалдырлар ДНА (докозагексаен қышқылы) мен ЕРА (эйкозапентаен қышқылы) табиғи көзі болып келетіні анықталды. Бұл май қышқылдары ми, жүрек, көз саулығына жіне қабынудан сақтануға қажет. Ал, мысалы, мысықтарда ол жоқ. Сондықтан, мысықтардың диетасында кішкентай кезінен бастап ГЛК (гамма-линолен қышқылы) болуы керек, ол арахидон қышқылының прекурсоры болып табылады, ал арахидон қышқылы ішкі органдардың клеткаларының қалыпты бұлшықет және мембраналарын қалыптастыру үшін қажет. Сонымен қатар, адамдар да мысықтар сияқты май қышқылдарын тікелей тек микробалдырлар немесе балықтардан алады. Айта кету керек, арахидон қышқылы (20 көміртек атомы және 4 қос байланыс) омега-6 полиқанықпаған май қышқылдары класына жатады [10].

Тағы бір омега-3 бай болып келетін микробалдыр – *Dunaliella salina*, полиқанықпаған май қышқылдары көптеген диеталардың құрамына кіреді және жүрек-қан тамырлары аурулары, тромбофлебиттерді алдын алу үшін, нерв жүйесінің жұмысын қалыпқа келтіру үшін міндетті түрде ұсынылады. Полиқанықпаған май қышқылдарын ішке қабылдау адам организміне тыныштандыратын әсер етеді. Кейбір зерттеулерге сүйенетін болсақ, көптеген қосылыстардың биосинтез механизмдерін әлі зерттеу жүргізілуде. Бүгінгі күні ғалымдар микробалдырлардың белгілі бір қасиеттері бар гендерін алып, оларды егістікте жаппай өсіруге болатын жоғары өсімдіктерге тасымалдайтынын анықтады, яғни адамдарға тамақ ретінде жарамды трансгендер ала алған болатын [11].

1.2 Микробалдырлар пигменттерінің жалпы сипаттамасы

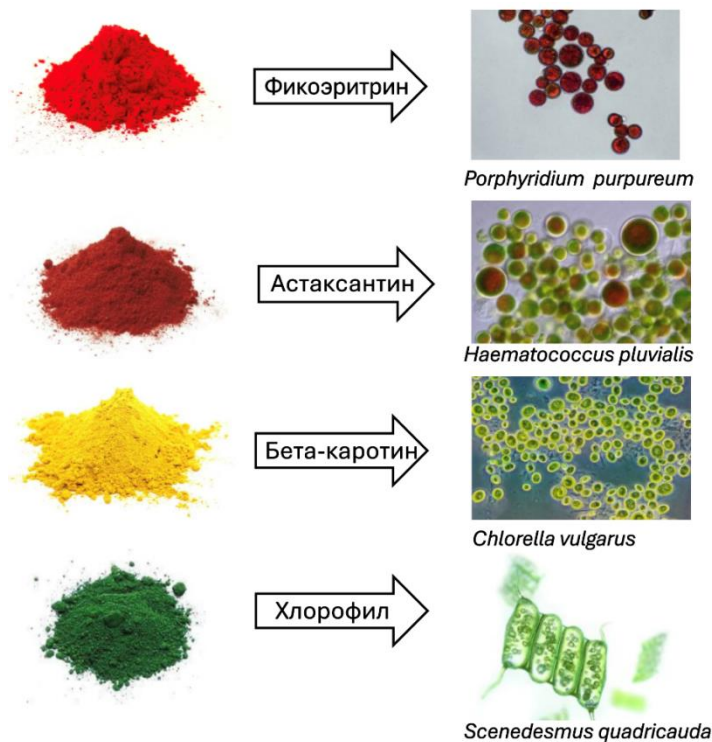
1.2.1 Пигмент түрлері

Пигменттер – бұл бояғыш заттар, олар тек белгілі бір түске ие болып қана қоймай, сонымен қатар күн сәулесінің кейбір сәулелерін таңдамалы түрде шағылыстыру қабілетіне де ие. Пигментке жарық сәулесі түскенде, сәуленің энергиясының бір бөлігі сіңіріледі, ал бір бөлігі шағылысады. Көптеген сәулелерді шағылыстыратын пигмент ақ болып көрінеді, ал сәулелерді сіңіретін пигмент қара болып көрінеді [12].

Микробалдырларда кездесетін негізгі пигменттер – хлорофиллдер, каротиноидтар және фикобилипротеиндер. Алайда соңғы зерттеулерде микробалдырларда бұрын тек құрлықтағы өсімдіктерден белгілі, суда еритін полифенолдар тобына жататын басқа да пигмент түрлері табылған [13].

Мұндай микробалдыр полифенолдарының ішінде көптеген флавоноидтар сары реңкке ие және табиғи тоқыма бояғыштары ретінде қолданылады [14].

Әр пигмент түрінің өзіне тән химиялық құрылымы болады және олар белгілі бір биологиялық функцияларды атқарады. Эукариоттар мен прокариоттарды ескере отырып, микробалдырлардың төрт негізгі перспективалы тобының (*Cyanobacteria*, *Rhodophyta*, *Chlorophyta* және *Heterokontophyta*) кейбір түрлері жоғары мөлшердегі құнды пигменттерімен ерекшеленеді. 3-суретте көрсетілгендей әр пигмент түрі қандай микробалдырларда көп мөлшерде кездесетінін көруге болады [15].



3-сурет – Микробалдырлардан алынатын табиғи пигменттер

Хлорофилдер – фотосинтез процесінің негізгі компоненттері, өсімдіктер мен балдырлардың жасыл түсін қамтамасыз етеді. Хлорофилл «а» мен «b» – ең көп таралған түрлері. Олар күн сәулесін сіңіріп, оны химиялық энергияға айналдыру арқылы тірі ағзалардың энергиямен қамтамасыз етілуіне тікелей әсер етеді. Биотехнологиялық тұрғыдан алғанда, хлорофилдер антиоксиданттық және антимулагендік қасиеттерге ие болғандықтан, олар тағамдық қоспалар, косметика және фармацевтика салаларында кеңінен қолданылады. Хлорофиллдің суда еритін туындылары – хлорофиллиндер – тамақ өнеркәсібінде табиғи бояғыш ретінде сұранысқа ие [16]. Хлорофилл *Scenedesmus quadricauda* сияқты микробалдыр түрлерінен алынады. Бұл – жасыл түсті негізгі фотосинтез пигменті. Балдырлар ашық немесе жабық жүйелерде өсіріліп, жарық пен көмірқышқыл газының мөлшері реттеледі. Хлорофилл органикалық еріткіштермен экстракцияланып, а және b формалары хроматография арқылы бөлінеді. Хлорофилл тағам және косметика саласында табиғи бояу, антисептик, иіс кетіргіш ретінде пайдаланылады [17].

Каротиноидтар (сары-қызғылт сары пигменттер). Каротиноидтар – микробалдырлар синтездейтін тағы бір маңызды пигменттер тобы. Олар балдырларға сарғыш, қызғылт сары, кейде қызыл түс береді [18].

Бұл пигменттер фотосинтез процесіне қосымша ретінде қатысады және ультракүлгін сәулелерден қорғаныс қызметін атқарады. Каротиноидтар микробалдырлар үшін – күн сәулесінің артық энергиясынан қорғайтын “қалқан” іспеттес. Каротиноидтардың негізгі түрлеріне:

- Бета-каротин
- Астаксантин
- Лютеин
- Зеаксантин
- Ликопин жатады.

Бета-каротин – А витаминінің табиғи көзі. А витамині көру қабілеті, тері саулығы және иммунитет үшін маңызды. Ол *Dunaliella salina* балдырында көптеп кездеседі. А витамині антиоксидант ретінде жасушаларды зақымданудан қорғайды, сондай-ақ ағзаның өсуі мен дамуына көмектеседі. Астаксантин – күшті антиоксидант, ол бос радикалдармен күресіп, қартаю процесін баяулатады. Оны *Haematococcus pluvialis* балдырынан табуға болады. Астаксантиннің қабынуға қарсы әсері және жүрек-қан тамырлары жүйесіне пайдасы зерттелуде. Каротиноидтар адам денсаулығына пайдалы болумен қатар, тағам өнеркәсібінде табиғи бояғыш ретінде қолданылады. Оларды май өнімдеріне, сусындарға және тәттілерге қосады. Сонымен қатар, каротиноидтар косметика мен БАД-тарда терінің серпімділігін арттыру және ультракүлгін сәулелерден қорғау үшін қолданылады. Олар жануарлардың денсаулығы мен өнімділігін жақсарту үшін жемге қосылады [19].

Фикобилипротеиндер – суда еритін ақуыз-пигмент кешендері. Олардың ішінде фикоэритрин – қызыл түсті флуоресцентті пигмент – ерекше маңызды. Бұл пигмент – фикобилиндер тобына жатады және фотосинтез кезінде жарықты сіңіруде маңызды рөл атқарады. Фикоэритрин *Porphyridium purpureum* атты қызыл балдырдан алынады. Оның өндірісі арнайы фотобиореакторларда теңіз суы негізінде жүргізіледі. Экстракциясы жасушаларды ультрадыбыспен бұзу және су ерітіндісі арқылы жүргізіледі, кейін хроматографиямен тазартылады [20,21,22].

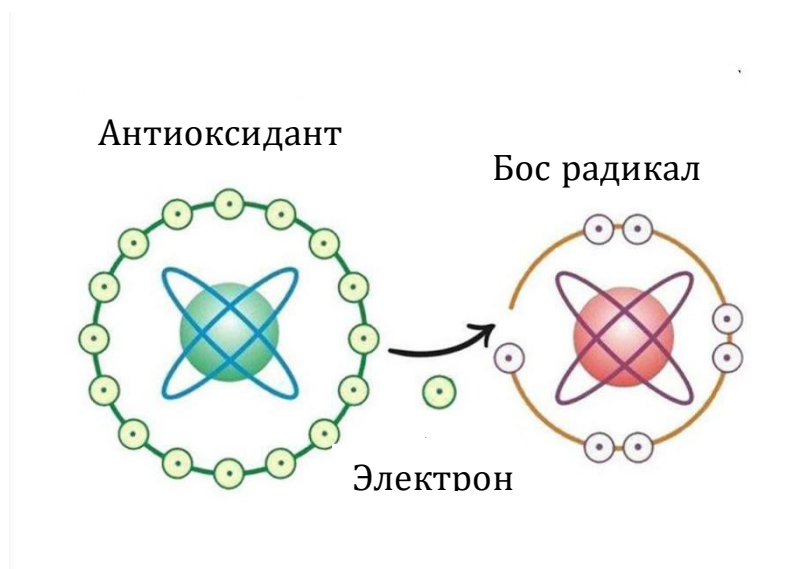
1.2.2 Пигменттердің биотехнологиялық маңызы

Пигменттер биотехнологияда өздерінің ерекше қасиеттері мен кең ауқымды қолданылуымен маңызды рөл атқарады. Олар жарықты сіңіріп, әртүрлі организмдерге, соның ішінде өсімдіктерге, балдырларға және микроорганизмдерге түс беретін молекулалар болып табылады. [15].

Синтетикалық бояғыштармен салыстырғанда, табиғи пигменттер, микробалдырлар мен басқа көздерден алынған, қауіпсіз және экологиялық таза болып табылады. Бұл оларды денсаулығы мен қауіпсіздігіне мән беретін тұтынушылар үшін тартымды етеді [23]

Пигменттер күрделі химиялық заттар, құрамына байланысты келесі қасиеттерге ие: түс тұрақтылығы, термиялық тұрақтылық, химиялық әсерлерге және коррозияға төзімділік. Пигмент құрамында суда еритін тұздардың минималды мөлшері болуы керек, себебі су әсерінен тұздар жууға ұшырайды [24].

Каротиноидтардың қатерлі ісіктің алдын алудағы рөлі қазіргі заманғы зерттеулерде кеңінен қарастырылған маңызды тақырыптардың бірі болып табылады. Жапон ғалымдары Tanaka, Shnimizu және Moriwaki (2021) жүргізген зерттеуде каротиноидтардың қатерлі ісіктердің химиялық алдын алу механизмдері жан-жақты талданған. Олар каротиноидтардың антиоксиданттық қасиеттері арқылы ағзадағы бос радикалдардың зиянды әсерін төмендетіп (4-сурет), ДНҚ-ның зақымдануын алдын алатынын, сондай-ақ иммундық жүйені күшейтіп, ісік жасушаларының өсуін тежеу және апоптозды ынталандыру арқылы қатерлі ісік дамуын тежейтінін көрсеткен. Зерттеуде түрлі каротиноидтардың, оның ішінде бета-каротин, ликопен, атаксантин және зеаксантиннің әр түрлі қатерлі ісік түрлеріне әсері қарастырылып, әсіресе өкпе, тері, қарын және ұйқы безі ісіктерінде тиімділігі атап өтілген. Дегенмен, авторлар каротиноидтарды жоғары дозада қоспа ретінде қабылдаудың кейде зиянды болуы мүмкін екенін ескертеді және тағам арқылы табиғи түрде алу қауіпсіз әрі тиімді екенін баса көрсетеді. Осылайша, каротиноидтар қатерлі ісіктің алдын алуда маңызды рөл атқарып, олардың қолданылуын әрі қарай зерттеу қажеттігі айқындалады [25].



4-сурет – Антиоксидант арқылы бос радикал бейтараптандыруы

Пигменттер фотосинтез процесінде де маңызды рөл атқарады, бұл процесс Жердегі өмірді қамтамасыз етеді. Күн сәулесін сіңіруге жауап беретін негізгі пигмент – хлорофилл, өсімдіктерге күн энергиясын химиялық энергияға айналдыруға мүмкіндік береді, бұл органикалық заттар мен оттегінің өндірісінің негізі болып табылады. Бұл пигменттерді тек өсімдіктер үшін ғана емес, бүкіл экожүйе үшін маңызды етеді [26].

Пигменттердің антибиотикалық және антивирустық белсенділігі де зерттелуде. Кейбір пигменттер бактериялар мен саңырауқұлақтардың өсуін тежей алады, бұл оларды табиғи консерванттар немесе биоқорғаныш агенттері ретінде қолдануға мүмкіндік береді. Мысалы, қызыл түсті продигиозин пигменті (*Serratia marcescens* бактериясынан алынатын) қатерлі ісікке қарсы белсенділік көрсеткен. Бұған қоса, пигменттер фотодинамикалық терапияда, яғни жарықпен белсенетін зат ретінде қатерлі жасушаларды жоюда да қолданылуда [27].

Бүгінгі таңда биоинженерлік әдістердің көмегімен пигмент синтезін арттыру, өнім шығымын көбейту және қажетті түсті пигменттерді алу мүмкіндігі кеңейуде. Генетикалық модификацияланған штаммдар арқылы жоғары концентрацияда пигмент өндіру жолдары белсенді түрде зерттеліп жатыр. Бұл әдістер пигменттер өндірісін экономикалық жағынан тиімді етіп, кең ауқымды өнеркәсіптік өндірісте қолдануға жол ашады [28].

1.2.3 Микробалдырлардан пигменттерді алу және тазарту әдістері

Микробалдырлардан пигменттерді (мысалы, хлорофиллдер, каротиноидтар, фикобилипротеиндер) алу бірнеше классикалық және заманауи әдістермен жүзеге асырылады. Бұл әдістердің негізгі мақсаты – жасушаны бұзып, ішкі биобелсенді заттарды ерітіндіге шығару.

1-кесте. Микробалдыр жасушаларынан пигменттерді экстракциялау әдістері [29]

Әдіс	Қысқаша сипаттамасы	Артықшылықтары	Шектеулері
Еріткішпен экстракция (solvent extraction)	Органикалық еріткіштермен жасуша ішінен пигменттерді алу	Пигменттің табиғатына байланысты оптималды еріткіш таңдап алуға болады. Және де жоғары экстракция тиімділігі көп мөлшерде пигмент алуға мүмкіндік береді	Жоғары температура немесе ұзақ экстракция нәтижесінде кейбір пигменттер тотығып немесе ыдырап кетуі мүмкін.
Жылулық экстракция (thermal extraction)	Микробалдыр жасушаларын жоғары температураның әсерімен өңдеп, олардың ішіндегі пигменттерді босатып алу әдісі.	Қыздыру пигменттердің еріткішке өту жылдамдығын арттырады. Сондай ақ қымбат құрал-жабдықтарды қажет етпейді.	Жоғары температураны ұстап тұру көп энергия талап етеді. Температураны бақылап отыру керек, әйтпесе өнімнің сапасы төмендейді.
Мұздату-еріту әдісі (freeze-thaw)	Микробалдыр жасушаларын алдымен төмен температурада (-20 °C немесе одан төмен) мұздатып, кейін бөлме температурасына дейін еріту процесі.	Жасуша қабырғаларын зақымдамай, ішкі компоненттерді сақтап бөліп алуға мүмкіндік береді.	Тек бір реттік мұздату-еріту кейде толық жасуша бұзылуына жеткіліксіз болады.
Ферментатив әдісі (enzymatic extraction)	Микробалдыр жасушаларын арнайы ферменттер көмегімен ыдыратып, ішіндегі пигменттерді босатып алу әдісі. (Целлюлаза, Пектиназа, Глюканаза)	Химиялық реагенттер аз қолданылады немесе мүлде қолданылмауы мүмкін. Агрессивті еріткіштер қолданылмайтындықтан, пигмент молекулалары табиғи, өзгеріссіз күйінде сақталады.	pH, температура, уақыт дұрыс реттелмесе, фермент тиімділігі төмендейді. Кейбір жағдайларда алынған өнімнен фермент қалдықтарын жою қажет.
Қысыммен экстракция (HPH, PLE)	Микробалдыр жасушаларын өте жоғары қысымның әсерімен механикалық түрде	Қысқа уақыт ішінде нәтижеге жете алады себебі қысым күшінің әсерінен жасуша қабырғасы лезде	Жабдық өте қымбат, өйткені жоғары қысымды көтере алатын арнайы берік

	бұзу арқылы пигменттерді босатып алу әдісі.	бұзылады, сондықтан экстракция процесі бірнеше минут ішінде аяқтауға көмектеседі.	материалдар (болат, титан сияқты) және күрделі технологиялар қажет.
Электроэкстракция (PEF)	Қысқа уақыт ішінде жоғары кернеулі электр импульстары арқылы жасуша қабырғаларын зақымдау әдісі.	Еріткіш мөлшерін азайтуға мүмкіндік береді, себебі жасуша қабырғасы алдын ала әлсіреген соң, экстракция жеңіл өтеді.	Әсері жасуша түріне байланысты, өйткені кейбір микроорганизмдер мен микробалдырлардың қабырғасы өте қалың немесе берік болуы мүмкін.
Селл милкинг (cell milking)	Тірі микробалдыр жасушаларынан пигменттерді немесе басқа биоактивті қосылыстарды жасушаларды өлтірмей, бірнеше рет алу әдісі	Тұрақты өнім өндіру мүмкіндігі бар, себебі бір культурадан бірнеше рет экстракция жасауға болады.	Өнім шығымы төмен, өйткені жасуша толық ашылмағандықтан барлық пигменттер босап шықпайды.

1.3 Пигменттердің антиоксиданттық қасиеттері

1.3.1 Антиоксиданттық белсенділікке әсер ететін факторлар

Антиоксиданттық белсенділік – бұл заттардың ағзада немесе жүйеде бос радикалдарды бейтараптандыру қабілеті, және бұл қабілет әртүрлі биологиялық және физикалық-химиялық факторларға байланысты өзгеріп отырады. Антиоксиданттардың тиімділігі тек олардың молекулалық құрылымына ғана емес, сонымен қатар сыртқы орта шарттарына, заттың күйіне, басқа компоненттермен өзара әрекеттесуіне және сақтау жағдайларына да тәуелді. Бұл факторларды тереңірек түсіну табиғи антиоксиданттарды тағам, фармацевтика және косметология салаларында тиімді пайдалануға мүмкіндік береді [30].

Антиоксиданттық белсенділіктің негізінде химиялық құрылым жатыр. Антиоксидант молекулаларында электрондарды оңай беретін функционалдық топтардың болуы, мысалы, гидроксил немесе метоксил топтары, олардың бос радикалдарды бейтараптандырудағы белсенділігін арттырады. Флавоноидтар мен полифенолдар сияқты қосылыстарда бір немесе бірнеше гидроксил тобының болуы олардың тотығуға қарсы белсенділігін күшейтеді. Сонымен қатар, молекуладағы ароматты жүйелер мен конъюгацияланған қос байланыстар радикалдарды тұрақтандыруға көмектеседі, бұл антиоксиданттардың тиімділігін арттырады [31].

pH деңгейі де антиоксиданттық белсенділікке әсер ететін маңызды фактор болып табылады. Антиоксиданттардың тиімділігі ортаның қышқылдығы мен сілтілігіне байланысты өзгеріп отырады. Мысалы, антоциандар қышқыл ортада тұрақты болып, қызыл-күлгін түс береді, ал сілтілі ортада олардың құрылымы бұзылып, белсенділігі төмендейді. Сондықтан тағам өнімдерін өңдеу мен сақтау кезінде ортаның pH деңгейін ескеру өте маңызды [32].

Температура да антиоксиданттардың белсенділігіне әсер ететін тағы бір маңызды фактор. Көптеген табиғи антиоксиданттар, мысалы, С дәрумені, каротиноидтар, антоциандар, термолабильді болып келеді, яғни жоғары температурада ыдырап, өз белсенділігін жоғалтады. Бұл әсіресе тағам өндірісінде, мысалы, қайнатып пісіру, пастерлеу, стерилизация кезінде өзекті. Өндеу процесінде антиоксиданттардың бұзылуы тағамның қоректік құндылығын төмендетуі мүмкін [33].

Жарықтың әсері де антиоксиданттардың белсенділігіне әсер етеді. Ультракүлгін немесе көрінетін жарықтың әсерінен кейбір пигменттік антиоксиданттар, мысалы, хлорофилл немесе бета-каротин, фотототығуға ұшырайды. Бұл жағдайда олар түсін жоғалтып қана қоймай, өз антиоксиданттық қасиетін де төмендетеді. Сондықтан мұндай қосылыстарды қараңғы жерде немесе жарық өткізбейтін қаптамада сақтау ұсынылады [34].

Сонымен қатар, антиоксиданттардың басқа қосылыстармен әрекеттесуі де олардың белсенділігіне әсер етеді. Кейде антиоксиданттар метал иондарымен, мысалы, темір немесе мыс, байланысып, белсенділігін

жоғалтады. Алайда, кейбір антиоксиданттар синергетикалық әсер көрсетіп, бірін-бірі күшейте алады. Мысалы, С және Е дәрумендері бірге қолданылғанда, бірінің тотығуын екіншісі қалпына келтіріп, антиоксиданттық әсерді арттырады [35].

Антиоксиданттың концентрациясы да маңызды рөл атқарады. Белгілі бір концентрацияға дейін антиоксиданттың мөлшері артқан сайын белсенділігі де өседі. Алайда, бұл шек асқан жағдайда, кейбір антиоксиданттар прооксиданттық қасиет көрсете бастайды, яғни керісінше тотығу процесін күшейтетін қасиет көрсете бастайды. Бұл құбылыс әсіресе полифенолды антиоксиданттарға тән [36].

1.3.2 Антиоксиданттық қасиеттері бар микробалдырлар

Жоғарыда айтылып кеткен антиоксиданттық белсенділік бұл микробалдырлардың құрамында болатын фукоидан, фикоцианин, атаксантин, токоферол (Е дәрумені), фенолды қосылыстар мен полиқанькпаған май қышқылдарының арқасында жүзеге асатынын талқыладық. Соңғы жылдары микробалдырлар табиғи антиоксидант көзі ретінде ғылыми және өнеркәсіптік тұрғыда үлкен қызығушылық тудыруда. Олардың ішінде *Chlorella vulgaris* және *Scenedesmus* туысының өкілдері ерекше назарға ие. *Chlorella vulgaris* – тұщы сулы, біржасушалы микробалдыр, ол өзінің жоғары биомасса өнімділігімен және қоректік құндылығымен ерекшеленеді. Бұл микробалдыр құрамында хлорофилл, бета-каротин, С және Е дәрумендері, полифенолдар, сондай-ақ нуклеин қышқылдары мен май қышқылдары көп мөлшерде кездеседі. Хлорофилл жасуша метаболизміне қатысып қана қоймай, организмнен ауыр металдар мен токсиндерді шығаруға көмектеседі, ал оның антиоксиданттық әсері бос радикалдардың тотығу реакцияларын тежейді [18].

Chlorella кездесетін полифенолдар мен флавоноидтар бос радикалдарды нейтрализациялау қабілетіне ие. Бұл қасиет оны тағамдық қоспалар, биологиялық белсенді қоспалар (ББК) және косметикалық өнімдер құрамында қолдануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, зерттеулер *Chlorella* құрамындағы қосылыстардың липидтік тотығуды бәсеңдетіп, бауыр мен бүйрек жасушаларын зақымданудан қорғайтынын көрсеткен [37].

Кейбір клиникалық сынақтар *Chlorella* ағзадағы антиоксиданттық ферменттердің (мысалы, супероксиддисмутаза, каталаза) белсенділігін арттыратынын дәлелдеген. Бұл ферменттер организмнің ішкі қорғаныс механизмін күшейтеді және еркін радикалдармен күресте маңызды рөл атқарады [38].

Scenedesmus – тұщы суда кездесетін тағы бір микробалдырлар тобы. Бұл балдырлар да жоғары антиоксиданттық белсенділік көрсететін бірқатар биоактивті қосылыстарды синтездейді. Олардың құрамында каротиноидтар, фенолдық қосылыстар, хлорофилл, омега-3 және омега-6 май қышқылдары, сондай-ақ полисахаридтер бар [39].

Scenedesmus түрлері – олардың генетикалық икемділігі мен қоршаған орта факторларына оңай бейімделетіндігі арқасында, өндірістік масштабта өсіруге қолайлы. Антиоксиданттық белсенділігі әсіресе каротиноидтарға байланысты: бұл қосылыстар тотығу процесінің өнімдерін (мысалы, малонды диальдегид) азайту арқылы жасушаларды зақымданудан қорғайды. Сонымен қатар, *Scenedesmus* су экстракттары кейбір *in vitro* және *in vivo* модельдерде қабынуға қарсы әсер көрсеткен [40].

Зерттеулер бұл микробалдырдың экстракттары липидтік тотығу өнімдерінің түзілуін төмендетіп, жасуша мембраналарының тұтастығын сақтауға көмектесетінін анықтады. Бұл қасиет *Scenedesmus* антиоксиданттық тағамдық қоспалар, функционалды сусындар мен фармацевтикалық формулаларда қолдануға мүмкіндік береді [41].

Chlorella vulgaris пен *Scenedesmus* микробалдырларының антиоксиданттық қасиеттері олардың функционалды тағамдар, диеталық қоспалар және табиғи косметика өндіруде кеңінен қолданылуына жол ашады. Сонымен қатар, бұл балдырлар биотехнология саласында – гендік инженерия, биофармацевтика және биосорбенттер өндіруде маңызды рөл атқара алады [42].

Микробалдырлардан алынатын антиоксиданттар синтетикалық антиоксиданттарға (мысалы, ВНТ немесе ВНА) қарағанда қауіпсіз әрі экологиялық таза болып саналады [43]. Сонымен қатар, олар адам ағзасына бейімделгіш және жанама әсерлері аз. Бұл оларды қазіргі экологиялық, денсаулық сақтау және тағам өнеркәсібіндегі тұрақты шешімдердің ажырамас бөлігіне айналдырады.

1.3.3 Антиоксиданттық белсенділікті анықтау әдістері

Антиоксиданттардың белсенділігін анықтауға арналған әдістер мен құралдар соңғы онжылдықтарда едәуір жетілді. Алғашқы әдістер белгілі бір тотығу өнімдерінің түзілуіне қарсы антиоксиданттардың тиімділігін өлшеуге және анықтауға бағытталған болатын, яғни липидтердің тотығуын бағалауға негізделген.

Қазіргі уақытта, әртүрлі химиялық тесттер мен автоматтандырылған, жоғары сезімтал детекция технологиялары пайдаланылады. Бұл әдістер:

- бос радикалдарды (немесе ROS-реактивті оттегі түрлері) залалсыздандыру белсенділігін,
- тотықсыздандыру қабілетін,
- металл иондарымен байланыстыру әсерін,
- және басқа да қасиеттерді анықтауға мүмкіндік береді.

Тотығу субстраттары ретінде тек тағамдық модельдер ғана емес, сондай-ақ химиялық қосылыстар, биологиялық материалдар, жасушалық желілер және тіпті тірі тіндер де қолданылады [33].

Сутек атомын немесе электрон беру арқылы антиоксидантты өлшеу

Антиоксиданттың сутек атомын немесе электронды бос радикалдарға беру қабілетін тікелей анықтайтын көптеген тесттер бар. Бұл әдістер арқылы алынған антиоксиданттық белсенділік көрсеткіштері, әдетте, сол қосылыстың белгілі бір радикал түрін бейтараптандыру қабілетіне негізделеді.

Алайда, бұл радикалдардың кейбірі жасанды және биологиялық тұрғыдан маңызы төмен болуы мүмкін. Сондықтан мұндай әдістер нақты тағам үлгілеріндегі немесе *in vivo* (ағза ішіндегі) жағдайдағы жағдайды дәл бейнелей бермейді.

Дегенмен, сутек немесе электрон беру қабілеті жөніндегі мәліметтер – қоршаған орта әсері минималды жағдайда қосылыстың ішкі антиоксиданттық потенциалы туралы маңызды ақпарат береді.

Бұл тесттерде әдетте липидті субстрат қажет етілмейді. Тест жүйесі құрамында:

- бір тотықтырғыш (бос радикал немесе басқа ROS),
- кейде тотықтырылатын субстрат,
- және зерттелетін антиоксидант болады [31].

Антиоксиданттық белсенділікті бағалау әдістеріне қойылатын талаптар;

- Жақсы стандартталған әдіс келесі талаптарға сай болуы тиіс;
- Қолданылатын радикал биологиялық маңызға ие болуы керек;
- Қарапайым болуы тиіс;
- Аяқталу нүктесі мен реакция механизмі анық болуы қажет;
- Қолданылатын реактивтер мен құралдар оңай қолжетімді болуы керек;
- Талдау қайталанымды болуы тиіс (цикл ішінде және күндер арасында);
- Суда еритін және майда еритін антиоксиданттарды талдауға мүмкіндік беруі керек;
- Сапалық бақылау мақсатында қолдануға жарамды болуы тиіс.

Антиоксиданттық белсенділікті бағалау бір әдіспен ғана шектелмеуі керек. Зерттелетін үлгіге арналған нақты нәтижелер алу үшін бірнеше *in vitro* әдістер қолданылуы қажет. Сондықтан бір әдісті екіншісімен толық салыстыру қиын. Осы себепті зерттеуге қажетті нақты мақсатқа сәйкес әдісті таңдаудан бұрын, барлық әдістер мұқият бағалануы тиіс [35].

Антиоксиданттық белсенділікті бағалау әдістерінің негізгі үш тобы:

- Спектрофотометриялық әдістер
- Электрохимиялық тесттер
- Хроматографиялық әдістер

2-кесте. Антиоксиданттық белсенділікті анықтау үшін қолданылатын түрлі әдістер [44]

Техника түрі	Антиоксиданттық белсенділікті анықтау әдісі	Әдістің принципі	Нәтижені анықтау тәсілі
Спектрометрия	ORAC — оттегі радикалдарын сіңіру қабілеті	Бұл әдіс антиоксиданттардың оттегі радикалдарын ($O_2^{\bullet-}$) сіңіру қабілетін бағалайды.	Қоректік үлгінің антиоксиданттық белсенділігі флуоресценцияны төмендету арқылы анықталады.
Спектрометрия	HORAC — гидроксил радикалдарын тежеу қабілеті	Бұл әдіс гидроксил радикалдарының ($\bullet OH$) әсерінен қорғау қабілетін анықтауға негізделген.	Антиоксиданттар гидроксил радикалдарының пайда болуына кедергі жасайды.
Спектрометрия	CUPRAC — қорғасын (II) иондарын тотықсыздандыру арқылы антиоксиданттық қабілетін анықтау әдісі	CUPRAC — әдісі антиоксиданттардың мыс (II) иондарын тотықсыздандыру қабілетін анықтайды.	Өлшеу кезінде мыс (II) иондарының қызыл түсі түзіледі, және антиоксидант белсенділігі мыс иондарын неғұрлым көбірек тотықсыздандырған сайын жоғары болады.
Спектрометрия	FRAP — темір (III) иондарын тотықсыздандыру арқылы антиоксиданттық қуатты анықтау әдісі	FRAP әдісі темір (III) иондарын тотықсыздандыру қабілетін бағалайды.	Тотықсыздандырылған темір ионының көк түсі өлшенеді. (Колориметрия)
Спектрометрия	PFRAP — калий феррицианидін тотықсыздандыру арқылы антиоксиданттық қуатты анықтау әдісі	PFRAP әдісі калий феррицианидін тотықсыздандыру арқылы антиоксиданттық қуатты анықтайды.	Антиоксиданттың белсенділігі арқылы калий феррицианиді түсін өзгертеді. Түс өзгерісі антиоксиданттық қабілеттің көрсеткіші болып табылады.
Спектрометрия	DPPH — 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалын бейтараптандыру әдісі	DPPH әдісі DPPH радикалын сіңіру немесе бейтараптандыру қабілетін бағалайды.	DPPH радикалының түсінің өзгеруі арқылы антиоксиданттық белсенділік анықталады.
Флуориметриялық талдау	—	Зат жарық немесе басқа электромагниттік сәуле сіңіріп, басқа толқын ұзындығында жарық шығарады	Флуоресценцияның қозу/эмиссия спектрлерін жазып алынады

2 Зерттеу материалдары мен әдістер

2.1 Зерттеу объектілері

Зерттеу объектілері ретінде Алакөл көлінің су үлгілерінен бөлініп алынған *Chlorella vulgaris* және *Scenedesmus quadricauda* микробалдыр штамдары қолданылды. Барлық тәжірибиелік жұмыстар Сәтбаев Университетінің «Биотехнология» зертханасында (148 ГМК) жүргізілді.

2.1.1 Альгофлораның түрлік құрамын анықтау

Осы учаскелерден алынған су сынамалары алдын-ала зарарсыздандырылған 1 литрлік пластикалық бөтелкелерге жиналды. Су сынамалары 0,45 мкм тесік диаметрі бар мембраналар арқылы сүзіліп, зертханаға жеткізіліп, әрі қарай өңделгенге дейін тоңазытқышта 40С температурада сақталды. Биологиялық төсеніштер, тастар мен шөгінділер сынама алу орындарынан стерильді қысқыштармен және шпательмен кездейсоқ алынып, стерильді шыны ыдыстарға орналастырылды. Микробалдырлардың планктондық штамдарының болуына су сынамалары стерильді шыны құтылар мен пробиркаларға жиналды.

Әр түрлі су экожүйелерінен алынған сынамалардағы микробалдырлардың түрлік құрамын анықтау қолданыстағы детерминанттармен [45] және суретті мониторға шығаратын MicroOptix сериялы микроскопты қолдану арқылы жүргізілді.

2.1.2 Табиғи көздерден фототрофты микроорганизмдерді іріктеу және олардың алгологиялық таза дақылдарын алу

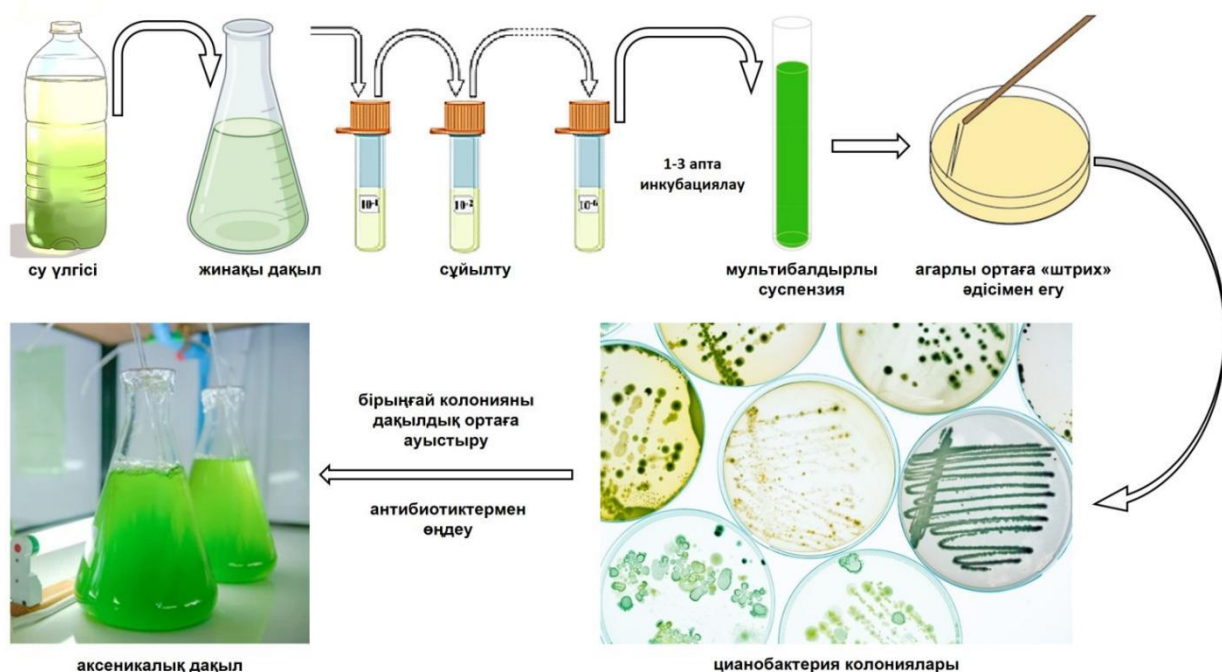
Жинақтаушы дақыл алу үшін жиналған материалды (су, жасыл жабын, шырыш және т.б.) сұйық қоректік ортасы бар стерильді пробиркаларға немесе колбаларға себу жүргізілді. Бұл жағдайда сұйықтық көлемі колба көлемінің 1/3–1/4 аспайтынына көз жеткізілді. Себілген материалы бар контейнерлер люминесцентті лампалары бар жақтаудың үстіндегі шыны бетіне немесе жарық деңгейі 6-10 мың люкс шегінде табиғи, бірақ тікелей күн сәулесімен жарықтандырылмаған терезеге орналастырылды.

Бір жасушалы микробалдырлар дақылдарын жинау үшін, Громов және BG-11 орталары қолданылды, BG-11 ортасының азотсыз нұсқасы да қолданылды. Балдырлардың белсенділігін анықтау үшін альгологиялық және бактериологиялық таза формалар қолданылды [46].

Содан кейін жинақталған дақылдың тазалығына байланысты 1 мл немесе одан да көп микробалдырлардың суспензиясы стандартты микробиологиялық әдістерді қолдана отырып, мұздатылған агар Петри табақтарына бірден немесе бірнеше рет қайта себілгеннен кейін ауыстырылды және стерильді шпатель көмегімен агар бетіне таратылды [49].

Шыныаяқтар колониялар пайда болғанға дейін жарықтандырылған кезде инкубацияланды. Өскен колониядан культураның бір бөлігі цикл көмегімен жаңа сұйық ортаға немесе қиғаш агарға ауыстырылды. Жеке колониялар арқылы қайта егу және шыныаяқтарға себу үшін сұйылтылған суспензияларды қолдану әрбір колонияның бір жасушадан пайда болғанын көрсетті.

Аксеникалық дақылдарды кумулятивті культурадан оқшаулау үшін культуралық микробиологиялық әдістер қолданылды – өсіру, қайта себу, микроманипулятор көмегімен жасушалардың бөлінуі (сурет-5). Қайта егу тамия, BG-11 және Громовтың сұйық және агаризацияланған қатты орталарында колбалар мен Петри табақтарында жасалды, олар жарыққа қойылды. Агар шыныаяқтарында микробалдырларды оқшаулау кең таралған әдістердің бірі болып табылады. Суспензияның аз мөлшері "инсульт" әдісімен агарихталған өсіру ортасы бар Петри табақшасына стерильді түрде себіліп, колониялардың өсуі басталғанға дейін инкубацияланды. Кейбір изоляттар үшін ампициллин мен хлорамфеникол антибиотиктері 2000 бірлік/мл концентрациясында қолданылды, олардың көмегімен микробалдырлардың бактериологиялық таза штамдарын алуға болады.



5-сурет – Аксеникалық культураны микробиологиялық әдістермен оқшаулау

3-кесте – BG-11 қоректік ортасының құрамы (1 литрге)

Stock №	Мөлшері	Құрамы	Концентрация (г/л)
Stock(100 мл)	2 мл	Лимон қышқылы	0.30 г
		Fe ³⁺ (NH ₄)-цитрат (16–19% Fe)	0.30 г
		ЭДТА-Na ₂	0.05 г

Stock 2 (1 л)	50 мл	NaNO ₃	30.0 г
		K ₂ HPO ₄ ·3H ₂ O	0.78 г
		MgSO ₄ ·7H ₂ O	1.58 г
Stock 3 (100 мл)	1 мл	CaCl ₂ ·2H ₂ O	1.92 г
Stock 4 (100 мл)	1 мл	Na ₂ CO ₃	2.0 г
Stock 5 (1 л)	1 мл	H ₃ BO ₃	2.86 г
		MnCl ₂ ·4H ₂ O	1.81 г
		ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.22 г
		Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.39 г
		CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.08 г
		Co(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	0.05 г

Ескертпелер:

- Барлық компоненттер H₂O-мен 1000 мл-ге дейін жеткізіледі.
- Stock 1 -20°C-та сақталады, 15 мл порцияларға бөлініп мұздатылады.
- Қоректік орта автоклавта стерилденеді.

2.1.3 Микробалдырлардың бактериологиялық таза дақылдарын алу әдістемесі

Оқшауланған микробалдырлардың дақылдарын тазарту үшін антибиотиктер (пенициллин, гентамицин, тетрациклин, неомицин, ампициллин, левомецетин, канамицин) 1500-ден 25000 бірлік/мл-ге дейінгі концентрацияда, сондай-ақ олардың жалпы концентрациясы 20000 бірлік/мл болатын комбинацияларда қолданылды және зарарсыздандырылды. Саңырауқұлаққа қарсы агент ретінде кең спектрі бар нистатин қолданылды. Алгологиялық штамдарды тазартудың тиімділігі үшін антибиотиктер мен физикалық процедураларды біріктіру әдістері қолданылды (сүзу, сұйырту, микропипетка көмегімен жеке жасушаларды оқшаулау және т.б.).

Дақылдардың тазалығын тексеру үшін стерильді 0,25% ет сорпасына егу жүргізілді, онда ластанудың болуы бұлыңғырлықпен анықталды. Сонымен бірге спутниктік микроорганизмдерді анықтау үшін микроскопиялық зерттеу жүргізілді. Микробалдырлардың жеке колонияларын алғаннан кейін, олар стерильді циклмен Петри табақтарынан сұйық ортасы бар стерильді колбаларға немесе қиғаш агар түтіктеріне ауыстырылды.

Жасушалар санын көбейту үшін дақылдар 1-1,5 апта бойы жарықта инкубацияланды. Колбалардағы культура мезгіл-мезгіл шайқалды. Микробалдырлар сұйықтықтың жасылдануы немесе агардағы айқын жасыл жанау арқылы бекітілген айтарлықтай дамуға жеткенде, шамдар мен түтіктер флуоресцентті лампадан тұрақты аз жарықпен 6-10°C температурада тоңазытқышқа жіберілді. Мұндай жағдайларда дақыл белгісіз ұзақ уақыт сақталуы мүмкін, тек агар құрғаған жағдайда сирек қайта себуді қажет етеді (1,5–2 айда бір рет).

2.1.4 Микробалдырлар дақылдарының морфологиялық қасиеттерін зерттеу

Микробалдырлар изоляттарының морфологиялық идентификациясы сандық камерамен және бейнелеу жүйесімен жабдықталған оптикалық жарық микроскопымен (MicroOptix MX 300T, Австрия) жүргізілді. Зерттеуде 10х, 40х, 100х линзалар және 10х окулярлар қолданылды.

2.1.5 Зертханалық жағдайда микробалдырларды өсіру әдістемесі

Микробалдырлардың штамдары шыны ыдыстарда Громов немесе BG11-blue Green medium/ bg110-blue green medium нитраты жоқ 28-32°C температурада стационарлық фазаға жеткенше 12 күн бойы өсірілді. Жасушалар 53-62 мкмоль (фотондар) м-2-с-1-де ақ флуоресцентті лампалармен үздіксіз жарықта 12 сағ/12 сағ жарық пен қараңғылықтың фотопериодымен өсірілді және құрамында 1,5-2% CO₂ бар стерильді газ-ауа қоспасымен аэрацияланды. Барлық өсіру тәжірибелері кем дегенде 3 рет қайталанды.

2.1.6 Микробалдырлардың жасушалық өсу қарқынын және құрғақ биомассасын анықтау әдістері

Эксперимент жүргізу үшін зерттелетін микробалдырлардың жасушалары зертханалық люминостатта 500 мл шыны ыдыстарда үздіксіз өсірілді, онда 50 мкмоль м-2 с-1 Жарық қарқындылығымен жасанды жарықта аэрацияға ұшырады және 1% CO₂ байытылған стерильді газ-ауа қоспасы болды. Тандалған микробалдырлар штамдарының егуі [$a_{750}=0,2$] Log фазасы кезінде алдын ала культурадан алынды, Громов және BG-11 орталарында өсірілді, рН 7,5-ке дейін жеткізілді. Дақылдар үшін температура $28 \pm 2^\circ\text{C}$ деңгейінде сақталды. Дақылдардан асептикалық түрде тәулігіне 5 мл сынамалар алынды және PD-303uv (Жапония) спектрофотометрінің көмегімен микробалдырлар дақылдарының өсуін бақылау үшін толқын ұзындығы $\lambda=750$ нм (OD750) спектрофотометриялық әдіспен талданды. Микробалдырлардың өсу жылдамдығының коэффициенті жасуша суспензиясының максималды және бастапқы тығыздығы арасындағы айырмашылық ретінде анықталды. Микробалдырлар дақылдарының өсу қарқыны теңдеуге сәйкес эксперименттік тамырлардағы жасушалар санының артуымен есептелді:

$$k=1/t * \ln * N_t / N_0 \quad (1)$$

N_0 – жасушалардың бастапқы саны;

N_t – t уақытындағы жасушалар саны.

2.1.7 Микробалдырлардың құрғақ биомассасын анықтау

Микробалдырлардың суспензиясының белгілі бір көлемі мұқият араластырылды, содан кейін Петри табақшасында "SNOL 67/350" термостатында (AB Utenos Electrotechnika, Литва) 65°C температурада 48 сағат бойы кептірілді. Булану және кептіру аяқталғаннан кейін ыдыстар массалық айырмашылық арқылы жалпы құрғақ салмақты анықтау үшін аналитикалық таразыларда қайтадан өлшенді. Тұзды ерітінді толығымен ерігеннен кейін ол араластырылып, ерімеген қалдықтар сынаманың бастапқы көлеміне дейін тазартылған сумен толтырылған түтіктерге ауыстырылды. Микробалдырлардың штамдарын центрифугалау арқылы (5810R, Eppendorf) 5000 айн/мин.центрифугалаудан кейін супернатант шөгіндіден бөлініп, жалпы құрғақ салмақ әдісімен тұздың құрғақ массасы анықталды. Жасуша биомассасы үлгінің құрғақ массасы мен тұздардың массасы арасындағы айырмашылық ретінде есептелді. Алынған құрғақ биомасса зертханалық таразыда өлшенді (Clever, Қытай).

2.1.8 Микробалдырлар жасушаларында белоктың, липидтердің және пигменттердің жалпы құрамын анықтау

Микробалдырлардың жасушаларында белоктың жалпы мөлшерін анықтау. Культура центрифугаланды, түйіршіктер екі рет Tris HCL (pH7.0) буферімен жуылды және сол буферде қайта суспензияланды. Суспензия 15 минут бойы дыбыспен өңделді және 15 минут ішінде 2000 айн/мин центрифугаланды. Супрануклеарлы сұйықтық 10% трихлорацет қышқылымен (ТХУ) өңделді және 2 N натрий гидроксидімен бейтараптандырылды. Содан кейін Лоури және басқалар сипаттағандай ақуызды бағалау жүргізілді.

Микробалдырлардың изоляттарындағы жалпы липидтердің құрамын анықтау.

Жалпы липидтерді алу модификацияланған әдіс бойынша жүргізілді Bligh et al. еріткіштердің екілік жүйесін қолдану хлороформ: метанол 2:1 (v/v). Процедура липидтер толығымен алынғанша қайталанды. Алынған қоспаны натрий хлоридінің 1% ерітіндісімен жуып, екі фазалы жүйені (Сулы жоғарғы, органикалық төменгі) қалыптастыру үшін бөлме температурасында ұстады. Құрамында липидті фракциясы бар төменгі фаза алынып, алдын ала өлшенген стерильді контейнерге құйылды. Еріткіш буланып, липидтердің жалпы мөлшері гравиметриялық түрде келесідей өлшенді,

$$\text{Липидтер (\%)} = (W_t - W_p) / D \times 100, \quad (2)$$

Мұндағы, W_t -кептірілген липидті контейнердің жалпы салмағы;
 W_p -контейнердің алдын ала салмағы;

D-микробалдырлардың құрғақ биомасса жасушаларының салмағы.

2.1.9 Хлорофилл а, жалпы каротиноидтарды алу және сандық анықтау

Микробалдырлардың биомассасы (20 мг) ультрадыбыстық ваннада 30 минут ішінде 5 мл 100% метанол алынды, алынған сығындылар біріктіріліп, ерімейтін бөлшектерді бөлу үшін одан әрі центрифугаланды (1350 айн/мин, 10 мин). Экстракция процедурасы супрануклеарлы сұйықтық түссіз болғанша қайталанды. Сығынды қоспада бөлінді мұнай эфирі: диэтил эфирі [1: 1 (v/v)], ал метанол тазартылған сумен шаю арқылы жойылды. Сығынды айналмалы буландырғышта ($T < 30^{\circ}\text{C}$) шоғырланған, N_2 жуылған және қараңғыда 37°C температурада сақталған. Сығындыдағы хлорофилл а және жалпы каротиноидтардың концентрациясы спектрофотометриялық түрде анықталып, келесі теңдеумен есептелді:

Хлорофилл а

$$(\text{Chl a}) = 16,72 \times A_{665,2} - 9,16 \times A_{652,4} \quad (3),$$

Каротиноидтардың жалпы мөлшері

$$(\text{Cars}) = [1000 \times A_{470} - 1,63 \times \text{Chl a}] / 221 \quad (4).$$

2.1.10 Фикобилипротеидтерді алу және сандық анықтау

Фикобилипротеидтерді оқшаулау үшін гомогенизацияланған дақылдың белгілі көлемі алынды және бөлме температурасында 10 минут ішінде 4000 айн/мин центрифугаланды. Жасуша түйіршігі 2-3 рет тазартылған сумен жуылып, құрамында 40 mM NaCl және 0,02 M натрий азиді бар 20 mM ацетат буферінде (РН 5,1) тоқтатылды. Содан кейін жиналған супернатант түссіз болғанша мұздату-еріту қайталанды. Жиналған супернатант келесі теңдеу бойынша мг/мл фикобилипротеидтердің құрамын бағалау үшін пайдаланылды:

$$\text{Фикоцианин (PC)} = [A_{615} - (0,474 \times A_{652})] / 5,34 \quad (5)$$

$$\text{Аллофикоцианин (APC)} = [A_{652} - (0,208 \times A_{615})] / 5,09 \quad (6)$$

$$\text{Фикоэритрин (PE)} = [A_{662} - (2,41 \times \text{PC} - 0,849 \times \text{APC})] / 9,52 \quad (7)$$

2.1.11 Микробалдырлардан биоактивті заттарды алу

Микробалдырлар дақылдарының биомассасы центрифугалау арқылы жиналды, мұздатылды және сублимация камерасында кептірілді. Микробалдырлардың биомассасы (500 мг) 3 мл MeOH-мен араластырылып, 1 минут араластырылды, содан кейін экстракция ультрадыбыстық ваннада

(Branson 5510R-DTH, Wilmington, NC, АҚШ) 20 минут бойы мерзімді араластырумен жүргізілді. Содан кейін суспензияға 6 мл хлороформ қосылып, 20 минут ішінде 15 айн/үш миллилитр Milli-Q суын қосып, 1 минут араластырды. Сығынды 20 минут ішінде 4000 айн/мин центрифугаланды, метанол/хлороформды фракция жиналды және millex-FG, 0,20 мкм (Merck KGaA, Дармштадт, Германия) гидрофобты PTFE сүзгісінде сүзілді. Әрі қарай, сүзілген полярлы емес фракция тышқандардың рак клеткалары мен сүйек кемігінің иммундық жасушаларының сызықтарына иммуномодуляциялық қасиеттерді сынау үшін пайдаланылды. Органикалық еріткіштерді кетіру үшін сүзілген фракция savant SpeedVac (SAVANT Instruments Inc.) концентраторының көмегімен 37 °C температурада вакуумда буланды., Farmingdale, NY, USA). Содан кейін құрғақ қалдық 50% DMSO (w/v) сулы ерітіндісінде 5 мг/мл соңғы концентрациясына дейін ерітілді (5 мг құрғақ қалдық 1 мл DMSO/суда ереді, 1:1) және одан әрі қолданғанға дейін 4 °C температурада сақталды. Жұмыс ерітінділері Дульбекко фосфат-буферлік тұзды ерітіндісінде (dpbs, Gibco®, Life Technologies™, Paisley, Scotland, UK) бастапқы ерітіндіні (5 мг/мл) қосымша сұйылту арқылы дайындалды.

2.1.12 Антиоксиданттық белсенділікті бағалау

Бұл тәжірибеде *Scenedesmus quadricauda* микробалдырынан алынған экстрактың бактерияларға қарсы белсенділігін зерттеу мақсатында диск диффузия әдісі қолданылды. Зерттеу үшін МПА агар, стерильді қағаз дискілер (6 мм), ілмек, пробиркалар, пипеткалар, стерильді мақта таяқшалары және Петри табақшалары пайдаланылды. Сонымен қатар, штаммдарды активтендіруге арналған қоректік орта, позитивті бақылау ретінде антибиотик (мысалы, ампициллин) және негативті бақылау ретінде метанол қолданылды.

Алдымен, алдын ала өсірілген бактерия дақылынан 0,5 Макфарланд стандартты тығыздығына ($\sim 1.5 \times 10^8$ КОЕ/мл) сәйкес бактерия суспензиясы дайындалды. Бұл суспензия зерттелетін бактериялардың концентрациясын біркелкі ету үшін қажет. Кейін дайын суспензиядан стерильді мақта таяқшамен алып, Петри табақшасындағы агар бетіне толық жағып себу жүргізілді.

Содан соң, стерильді қағаз дискілерге 50–100 мкл көлемінде *Scenedesmus quadricauda* экстракты тамызылып, толық кеуіп болған соң, олар агар бетіне жайлап орналастырылды. Позитивті бақылау ретінде белгілі антибиотик дискілері, ал негативті бақылау ретінде тек метанолмен сіңірілген дискілер қойылды, себебі экстракт метанолда ерітілген.

Дайындалған табақшалар 37°C температурада 24 сағат бойы термостатта инкубацияға қойылды. Инкубация аяқталғаннан кейін, экстракт сіңірілген дискілердің айналасындағы бактерия өсуінің тежелу аймағы миллиметрмен өлшенді. Бұл ингибиция аймағы экстрактың бактерияларға қарсы белсенділігін көрсетеді.

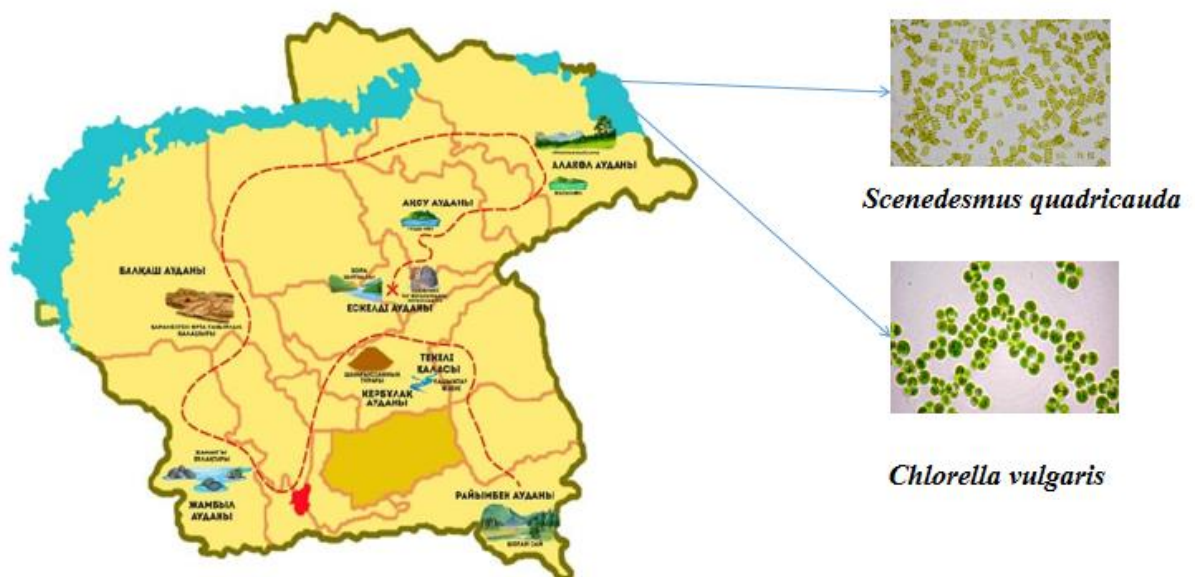
Нәтижелер тіркеліп, әр дискідегі ингибиция аймағының диаметрі салыстырмалы түрде талданды. Егер *Scenedesmus quadricauda* экстракты қолданылған дискілерде бактерия өсуі айқын тежелсе, бұл оның антибактериалды белсенділікке ие екенін көрсетеді.

3. Зерттеу нәтижелері мен талқылаулар

3.1 Алакөл тұзды көлінен микробалдырлардың таза дақылын бөліп алу

3.1.1 Бөлініп алынған микробалдырлардың морфологиялық және дақылдық қасиеттерін зерттеу

Алакөл – Балқаш-Алакөл қазаншұңқырының шығысында, Алматы және Шығыс Қазақстан облыстары шекарасының қиылысында және Балқаш-Алакөл жазығында орналасқан ағынсыз тұзды көл. Және де емдік қасиеті өте мол ағынсыз су қоймасы. Мұндағы Арқаның қуаң даласындағы құрғақ ауа теңіз бетіндегі дымқыл ауамен араласып жағасындағы адамға жағымды әсер береді. Көл суы да минералды ресурстарға, йодқа, тұзға, химиялық элементтерге бай болғандықтан, судың денсаулыққа пайдасы медицинада дәлелденген.



6-сурет – Алакөл тұзды көлінен бөлінген микробалдырлар дақылдарының сынамаларын алу



7-сурет – Алакөл тұзды көлі

Алакөл тұзды көлінің координаты $46^{\circ}04'52''$ с. е. $81^{\circ}45'51''$ ш. б.

Алакөл көлі абсолютті биіктігі 343 м өлшемдері 104×52 км ауданы 2696 км² көлемі 58,56 км³ жағалау сызығы 348 км ең үлкен тереңдігі 54 м орташа тереңдігі 22 м

3.1.2 Алакөлден алынған альгофлоралық құрамын зерттеу



8-сурет – Алакөлден алынған су үлгілерінің альгофлоралық құрамы

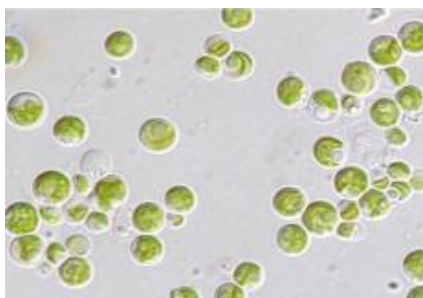
Зерттелген нысаны ретінде Алакөл көлі алынды. Белгілі бір көлдегі балдырлардың белгілі бір таксондарының саны барлық зерттелетін көлдерге қарағанда жоғары. Алакөл көлінде, сондай-ақ Балқаш көлінде негізгі биомассаны Хлорофита бөлімінің микробалдырлары (39,32%) құрады. Алакөл көлінде балдырлардың барлығы 89 түрі табылды, олар негізгі бес бөлімге жатады (*Bacilariophyta* – 24, *Cyanaprocaryota* – 22, *Chlorophyta* – 35,

Euglenophyta – 7, *Cryptophyta* – 1), 12 кластан, 36 туыс және 55 түрден. *Euglen* және *Cryptophyt* балдырлары сирек кездеседі, бұл олардың минералдану жағдайларына төмен бейімделуін көрсетеді. Барлық үлгілерде тек үш *Chlorophryta*, *Bacilariophyta* және *Cyanoprocaryota* бөлімдерінің өкілдері анықталды, бұл түрлердің жоғары экологиялық валенттілігіне байланысты, олардың қоршаған ортаның тұзды жағдайларында өмір сүру қабілетін анықтайды.

3.1.3 Микробалдырдың аксеникалық таза дақылдарын бөліп алу

Микробиологиялық әдістің көмегімен қайта отырғызу, микротүтікше көмегімен және қатты агар қоректік ортасында өсіру әдістері қолданылды.

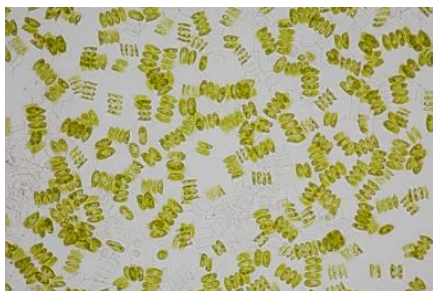
Осылайша Алакөл көлінен алынған су үлгілерінен *Scenedesmus quadricauda* және *Chlorella vulgaris* таза аксеникалық дақылдарын бөлініп алынды.



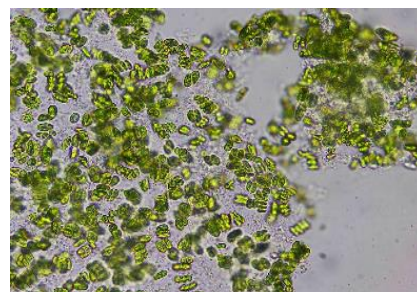
Chlorella vulgaris 100 X



1000 X



Scenedesmus quadricauda 100 X



1000 X

9- сурет – Алакөл тұзды көлінен бөлініп алған микробалдыр дақылдарының жасушаларының морфологиясы

3.2 Дақылдарды морфологиялық сипаттау

Chlorella vulgaris: жасушалар сфералық, қабығы жұқа, хроматофор кең белдеу тәрізді, вакуольдер көрінеді. Ядро тірі жасушаларда көрінбейді. Жасуша диаметрі 1,7-6,7 мкм, кейде 15-ке дейін, аналық жасушаның диаметрі 28 мкм-ге дейін.

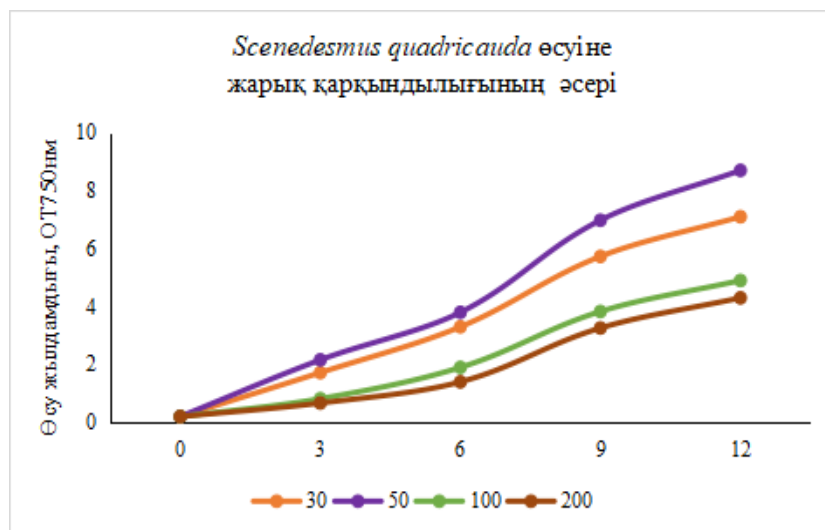
Scenedesmus quadricauda: Жасуша қабырғасы қалың және берік болып келеді, сыртқы қабаты тегіс немесе аздап бұдырлы болуы мүмкін. Жасушаның ұзындығы шамамен 8–20 мкм, ал ені 2–5 мкм шамасында болады. Әрбір жасушасы сопақша немесе цилиндр тәрізді болады. Колонияның шеткі жасушаларының артқы жағында 1–2 ұзынша қылтық тәрізді өсімділері болады. Бұл өсімділер тіршілік барысында судағы қозғалысты жеңілдетуге және қорғанышқа көмектеседі.

3.3 Микробалдыр дақылдарының өсіру жағдайларын анықтау

Микробалдырлардың өнімділігін арттыруда олардың өсуіне әсер ететін негізгі факторлар – жарық қарқындылығы, ортаның рН деңгейі және температура. *Scenedesmus quadricauda*, *Chlorella vulgaris* микробалдырларына жүргізілген зерттеу нәтижелері осы параметрлердің өсіміне айтарлықтай ықпал ететінін көрсетті.

3.3.1 Жарық қарқындылығының әсері

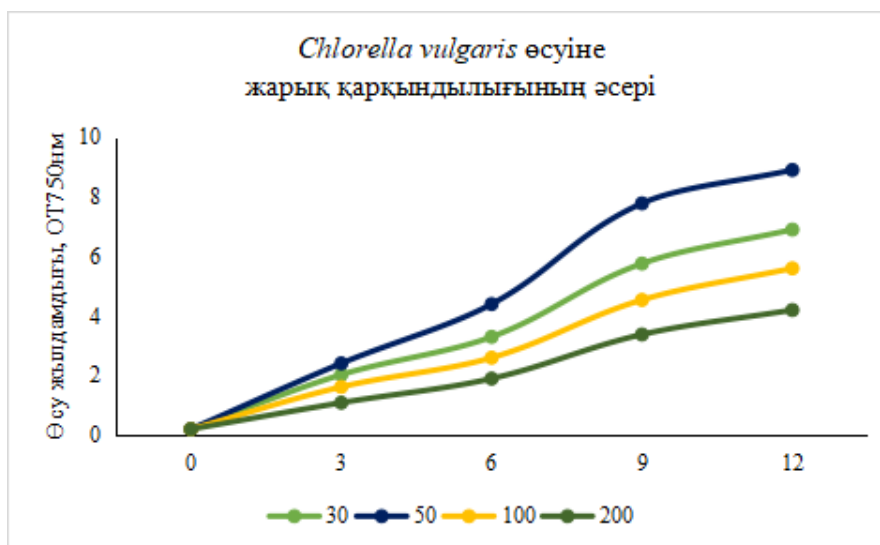
Scenedesmus quadricauda дақылы 30, 50, 100 және 200 мкмоль/м²·с жарық қарқындылығында өсірілді. 10-суреттегі графикке сәйкес, жарықтың қарқындылығы артқан сайын балдырдың өсу қарқыны да артқаны байқалды. Ең жоғары өсу көрсеткіші 200 мкмоль/м²·с жарық жағдайында байқалды. Бұл фотосинтез үдерісінің тиімді жүріп, биомассаның қарқынды жинақталуын көрсетеді. Ал ең төмен көрсеткіш 30 мкмоль/м²·с жарық қарқындылығында тіркелді.



10-сурет – *Scenedesmus quadricauda* микробалдырына жарық қарқындылығы

Зерттеу барысында *Chlorella vulgaris* балдыры 30, 50, 100 және 200 мкмоль/м²·с жарық қарқындылықтарында өсірілді. Нәтижелер бойынша,

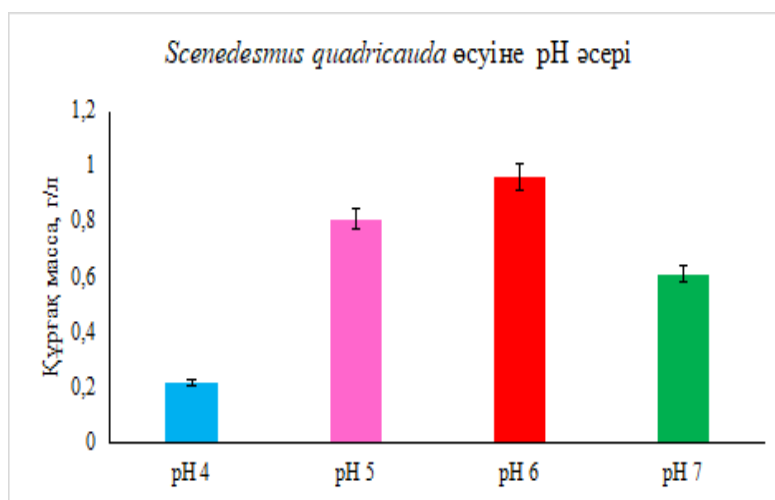
жарық қарқындылығының артуы балдыр өсуін жоғарылатқанымен, ең жоғары өсу 200 мкмоль/м²·с жағдайда байқалды (11-сурет). Бұл фотосинтездің белсенді жүруімен түсіндіріледі. Ал 30 мкмоль/м²·с жағдайында ең төмен өсу қарқыны тіркелді, бұл жарық тапшылығының әсерін көрсетеді.



11-сурет – *Chlorella vulgaris* микробалдырына жарық қарқындылығы

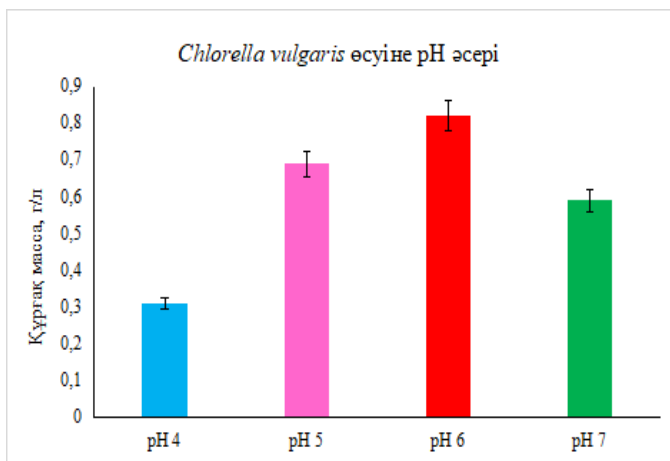
3.3.2 pH көрсеткішінің әсері

Scenedesmus quadricauda өсірілген ортаның pH деңгейі 4-тен 7-ге дейін өзгертіліп, өсу белсенділігі бағаланды. 12-суретте берілген гистограмма нәтижелеріне сәйкес, ең жоғары биомасса жинақталуы pH 6 шамасында байқалды, бұл осы штамм үшін pH-тың оңтайлы мәні екенін көрсетеді. Ал pH 4 және pH 7 жағдайларында өсу белсенділігі төмен болды, бұл қышқыл және сілтілі ортаның балдыр дамуына қолайсыз екенін дәлелдейді.



12-сурет – *Scenedesmus quadricauda* pH деңгейі

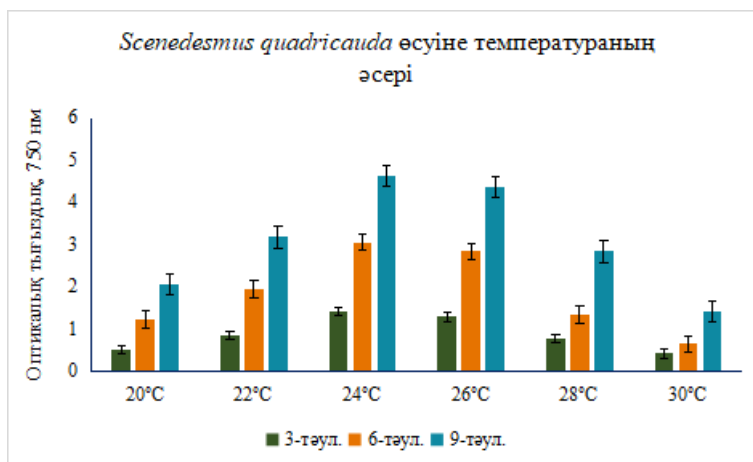
Chlorella vulgaris дақылының өсуі рН 4-тен 7-ге дейінгі диапозонда зерттелді. Нәтижелерге сәйкес, рН 6 деңгейі балдырдың ең жоғары өсу қарқындылығын 13-суреттен бақылауға болады. Бұл көрсеткіш аталмыш балдыр түрі үшін бейтарапқа жақын ортаның оңтайлы екенін көрсетеді. Қышқыл (рН 4) және сілтілі (рН 7) орталарда өсу қарқыны едәуір төмендеді, бұл шеткі рН мәндерінің клеткалық процестерге жағымсыз әсер ететінін айғақтайды.



13-сурет – *Chlorella vulgaris* рН деңгейі

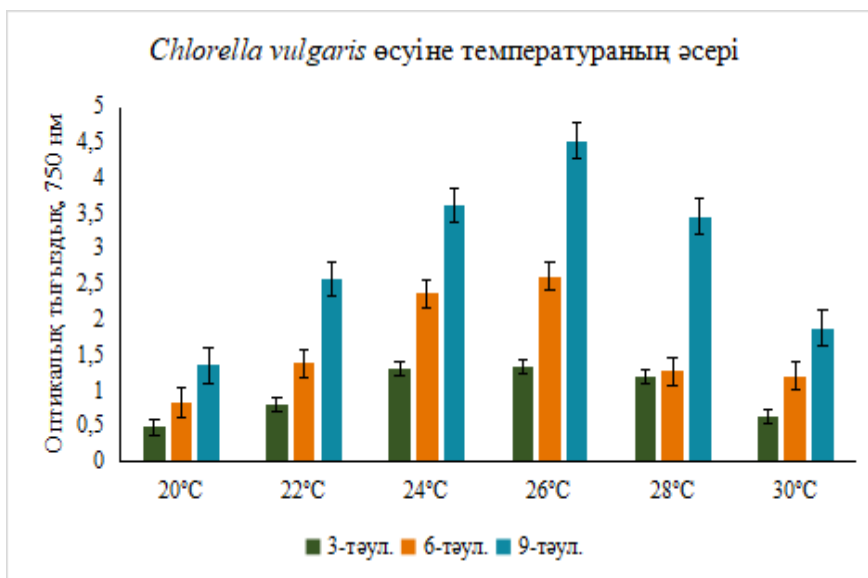
3.3.3 Температураның әсері

Температуралық режимдердің әсерін бағалау мақсатында микробалдыр 20°C, 22°C, 24°C, 26°C, 28°C және 30°C жағдайларында өсірілді. 14-суреттегі нәтижелерге сәйкес, *Scenedesmus quadricauda* үшін ең тиімді температура 24–26°C аралығы болып табылды. Бұл диапозонда балдыр биомассасының айтарлықтай өсуі тіркелді. Температура 20°C және 30°C болғанда өсу қарқыны төмендеді, бұл өте төмен және өте жоғары температуралардың клеткалық метаболизмге теріс әсер ететінін білдіреді.



14-сурет – *Scenedesmus quadricauda* микробалдыры үшін өсу температура жағдайлары

Ал, *Chlorella vulgaris* үшін ең қолайлы температура 24–26°C аралығы екенін 15-суретте көрсетілген. Бұл температурада жасушалардың белсенді бөлінуі мен фотосинтетикалық белсенділік жоғары болды. Ал 20°C және 30°C жағдайларында өсу көрсеткіштері төмендегені байқалды, бұл төмен және жоғары температуралардың физиологиялық үдерістерге теріс әсерін дәлелдейді.



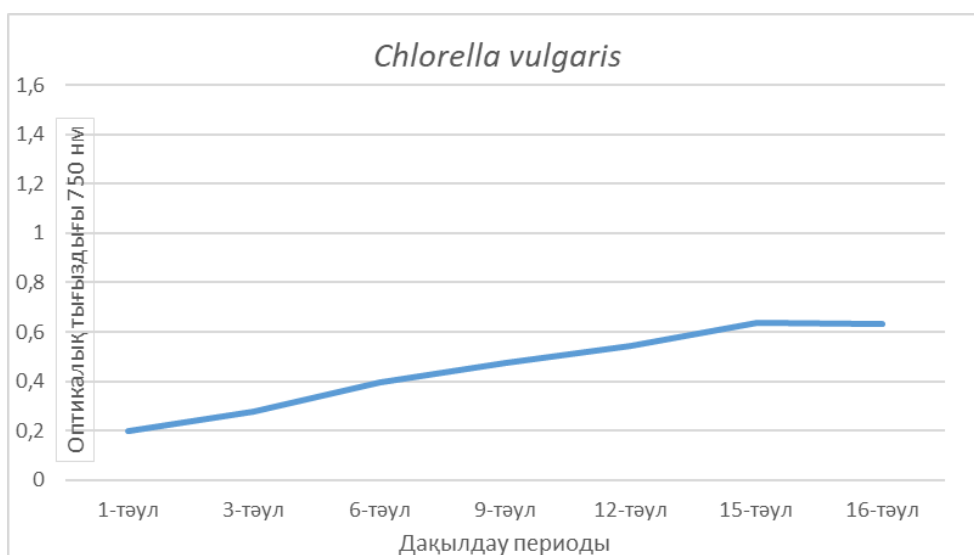
15-сурет – *Chlorella vulgaris* микробалдыры үшін өсу температура жағдайлары

3.4 Микробалдыр дақылдарының биомасса өнімділігін анықтау(өсу қисығы)

Микробалдырлар өсуінің динамикасын зерттеу үшін дақылдау кезеңінде (1–16 тәулік) оптикалық тығыздық (750 нм) өлшенді. Бұл көрсеткіш — биомассаның өсу қарқынының негізгі индикаторы болып табылады.

1. *Chlorella vulgaris*

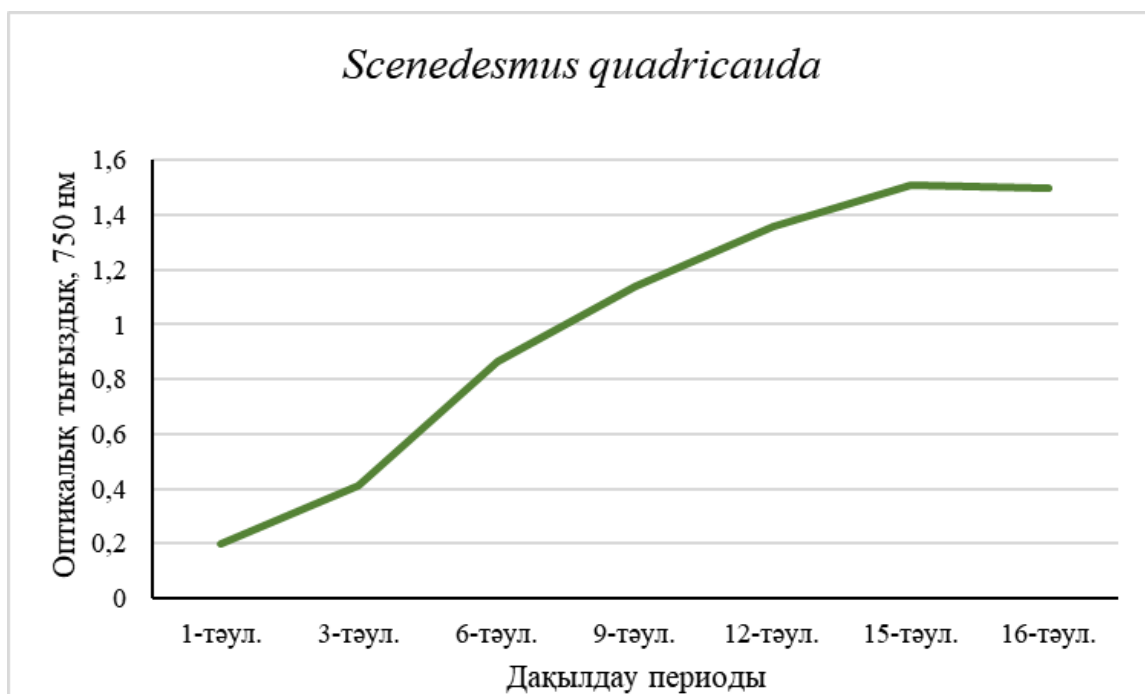
Chlorella vulgaris микробалдырында өсу баяу қарқынмен жүрді. 1-ші күні оптикалық тығыздық шамамен 0,35 болса, 6-шы күнге қарай 0,55-ке дейін көтерілді. Өсу 12-ші күнге дейін біртіндеп артқанымен, 15–16 күндері тұрақталды және 0,55 шамасында қалды. Бұл стационарлық фазаға өткенін көрсетеді. Жалпы алғанда, *Chlorella vulgaris* үшін өсудің қарқыны орташа деңгейде болған (16-сурет).



16-сурет – *Chlorella vulgaris*-тің өсуі 1–16 тәулік аралығында байқалып, 15–16 күндері дақыл өсуі тұрақтала бастады.

2. *Scenedesmus quadricauda*

Scenedesmus quadricauda түрі *Chlorella vulgaris*-пен салыстырғанда биомассаны анағұрлым жоғары деңгейде жинақтады. 1-ші күнгі оптикалық тығыздық 0,2-ден басталып, 12-ші күнге қарай 1,5-ке дейін ұлғайды, бұл белсенді өсу фазасын көрсетеді. 15–16 күндері өсу баяулап, өнімділік тұрақтанды, яғни өсу қисығы платоға жетті. Бұл микроорганизмнің қарқынды фотосинтездік белсенділігі мен жақсы бейімделуін айғақтайды (17 сурет).



17-сурет – *Scenedesmus quadricauda*-ның өсуі 1–16 күн аралығында жүріп, 13–14 күндері дақылдың өсуі тұрақтала бастады.

Қорытындылай келе *Scenedesmus quadricauda* түрі биомасса өнімділігі бойынша жоғары көрсеткіштерге ие болды және белсенді өсу фазасы ұзаққа созылды.

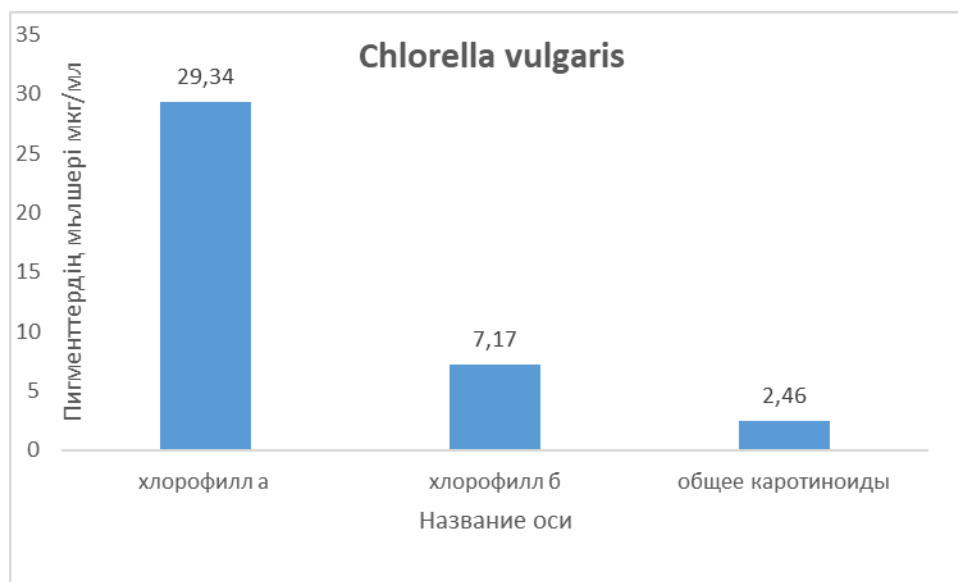
Ал *Chlorella vulgaris* өсімі біршама баяу, бірақ тұрақты сипатта болды.

Бұл деректер микробалдырлардың әртүрлі түрлерінің өсу ерекшеліктерін ескеріп, оларды биотехнологиялық мақсаттарда қолдану мүмкіндіктерін салыстыруға мүмкіндік береді.

3.5 Микробалдыр дақылдарының пигменттік құрамын анықтау

Зерттеу барысында *Chlorella vulgaris* және *Scenedesmus quadricauda* микробалдырларының хлорофилл а, хлорофилл b және каротиноидтар мөлшері анықталды. Бұл пигменттер фотосинтез процесінде маңызды рөл атқарады және былайша айтқанда микробалдырлардың биологиялық белсенділігін сипаттайды.

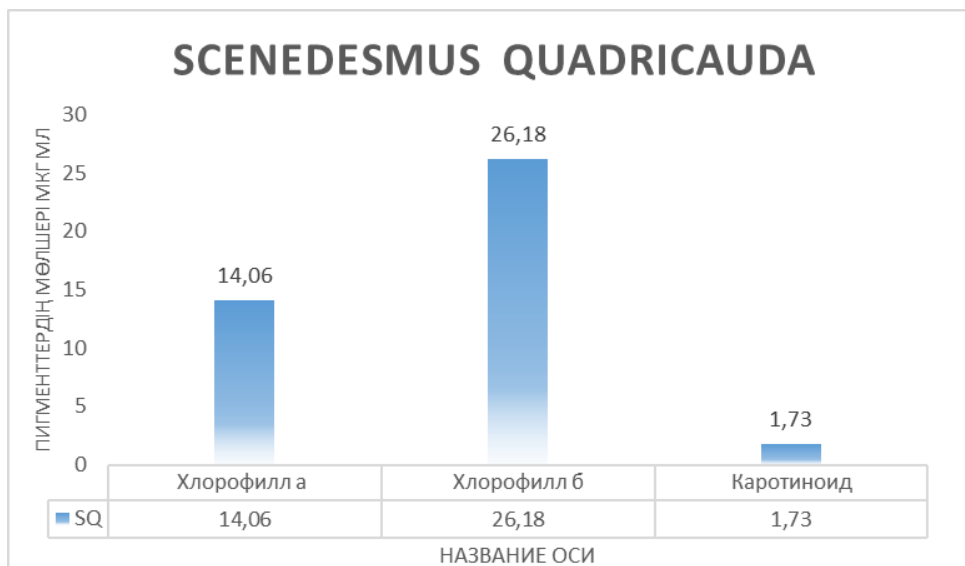
Chlorella vulgaris балдырында хлорофилл а мөлшері 29,34 мкг/мл болды. Бұл – фотосинтез процесінің негізгі пигменті жоғары екенін көрсетеді, яғни бұл балдыр жарықты жақсы сіңіріп, белсенді фотосинтез жүргізе алады деген сөз. Хлорофилл b мөлшері 7,17 мкг/мл болды. Ол негізгі пигменттен аз болса да, көмекші пигмент ретінде маңызды рөл атқарады. Ал каротиноидтардың мөлшері 2,46 мкг/мл, олар көбінесе антиоксиданттық қасиеттерімен белгілі, яғни клетканы зиянды әсерлерден қорғайды (18-сурет).



18-сурет – *Chlorella vulgaris* құрамында хлорофилл а мөлшері жоғары (29,34 мкг/мл), бұл оның фотосинтездік белсенділігінің жоғары екенін көрсетеді. Хлорофилл b – 7,17 мкг/мл, ал каротиноидтар – 2,46 мкг/мл деңгейінде анықталды.

Ал *Scenedesmus quadricauda* балдырында хлорофилл а мөлшері 14,06 мкг/мл ғана болды, бұл *Chlorella vulgaris*-пен салыстырғанда екі есе аз. Бірақ

керісінше, хлорофилл b мөлшері бұл балдырда 26,18 мкг/мл болып, айтарлықтай жоғары деңгейде. Бұл оның әртүрлі жарық жағдайларына жақсы бейімделетінін көрсетуі мүмкін. Каротиноидтардың мөлшері 1,73 мкг/мл болды, бұл да салыстырмалы түрде төмен, бірақ олар да балдырды сыртқы әсерлерден қорғауға көмектеседі (19-сурет).



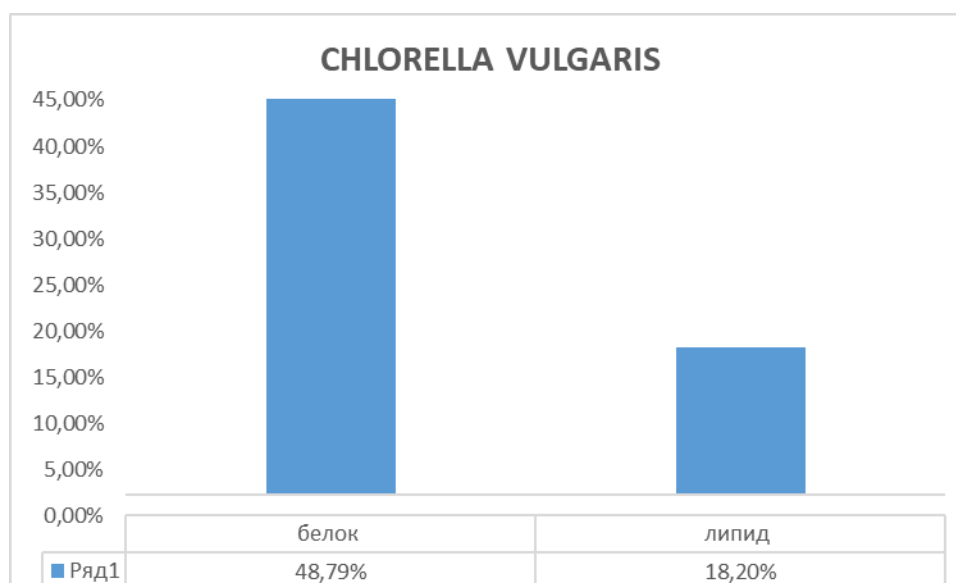
19-сурет – *Scenedesmus quadricauda* құрамында хлорофилл b мөлшері (26,18 мкг/мл) басым, бұл оның жарыққа бейімделу қабілетін көрсетеді. Хлорофилл а – 14,06 мкг/мл, каротиноидтар – 1,73 мкг/мл болып анықталды.

Жалпы қорытындылайтын болсақ, *Chlorella vulgaris* балдыры жарықты жақсы сіңіретін хлорофилл а-ға бай, сондықтан белсенді фотосинтез жүргізе алады. Ал *Scenedesmus quadricauda* балдыры хлорофилл b-ге бай, бұл оның жарыққа бейімделгіш екенін білдіреді. Екі балдырда да каротиноидтар аз болғанымен, олар балдырлардың қорғаныс жүйесінде маңызды рөл атқарады.

3.6 Микробалдыр жасушаларындағы биологиялық белсенді заттардың болуын зерттеу

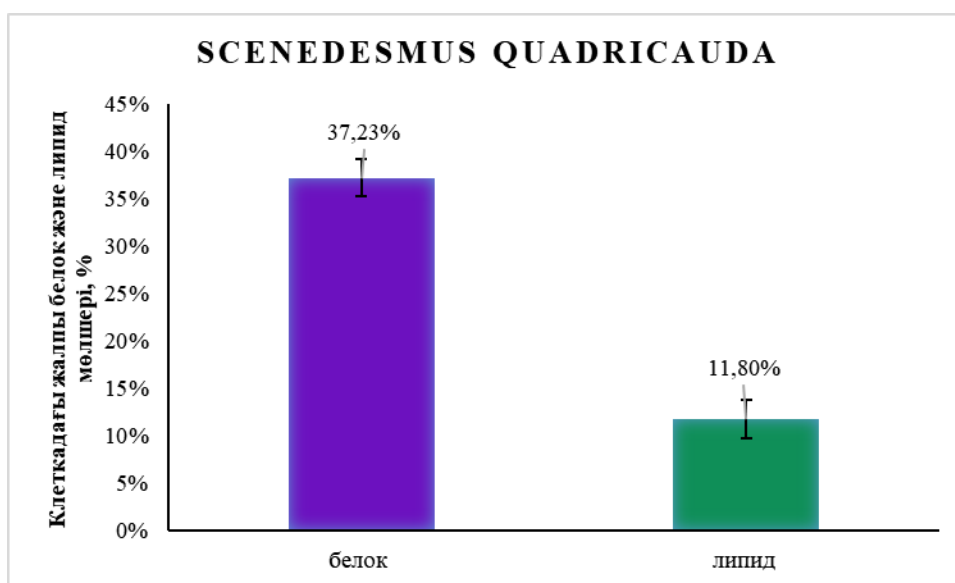
Зерттеу нәтижелері көрсеткендей микробалдырлардың маңызды биомолекулалар – ақуыз (белок) пен липидтердің мөлшеріне қарай әртүрлі сипаттамаларға ие екенін көрсетті. Бұл заттар микробалдырлардың тағамдық және биотехнологиялық құндылығын анықтайтын негізгі көрсеткіштер болып табылады.

Chlorella vulgaris жалпы ақуыз мөлшері – 48,79%, бұл өте жоғары көрсеткіш және бұл микробалдырдың протеиндік құндылығының айғағы. Липид мөлшері – 18,20%, бұл да айтарлықтай жоғары және бұл балдырды биоотын немесе тағамдық қоспалар өндірісінде пайдалануға мүмкіндік береді (20-сурет).



20-сурет – *Chlorella vulgaris* микробалдыры ақуызға бай балдыр, ал липид мөлшері салыстырмалы түрде аз.

Scenedesmus quadricauda жалпы ақуыз мөлшері – 37,23%, бұл *Chlorella vulgaris*-пен салыстырғанда төмен, бірақ әлі де айтарлықтай жоғары. Липид мөлшері – 11,80%, бұл көрсеткіш те төмендеу, бірақ маңызды болып табылады (21-сурет).



21-сурет – *Scenedesmus quadricauda* микробалдырының құрамында да ақуыз басым, бірақ липид мөлшері одан да төмен.

Екі микробалдырларды салыстыратын болсақ : *Chlorella vulgaris* жасушалары ақуыз бен липидке анағұрлым бай, бұл оны функционалды

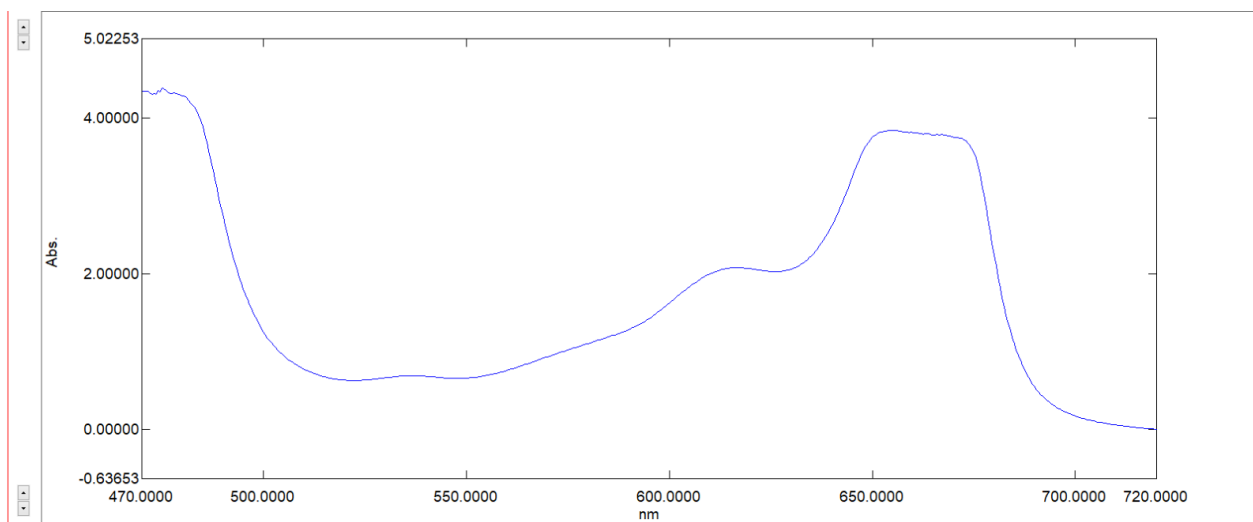
тағамдар, протеин концентраттары, немесе биоотын өндіру үшін перспективалы етеді.

Scenedesmus quadricauda да биологиялық белсенді заттарға бай, бірақ бұл түрдің ерекшелігі басқа биомассалық көрсеткіштермен толықтырылуы мүмкін (мысалы, хлорофилл b жоғары болуы).

3.7 *Scenedesmus quadricauda* және *chlorella vulgaris* пигменттерінің спектрофотометриялық сіңіру спектрі

Микробалдырлардан алынған пигменттік экстракттардың құрамы мен фотосинтетикалық пигменттерінің болуын анықтау мақсатында спектрофотометриялық талдау жүргізілді. Ол үшін *Scenedesmus quadricauda* түріне жататын микробалдырдан метанол көмегімен экстракцияланған пигмент үлгісі 470–720 нм диапазонында зерттелді.

Төмендегі графикте көрсетілгендей, екі негізгі сіңіру максимумдары байқалды:



22-сурет – *Scenedesmus quadricauda* микробалдырынан алынған пигмент экстракттың сіңіру спектрі (470–720 нм)

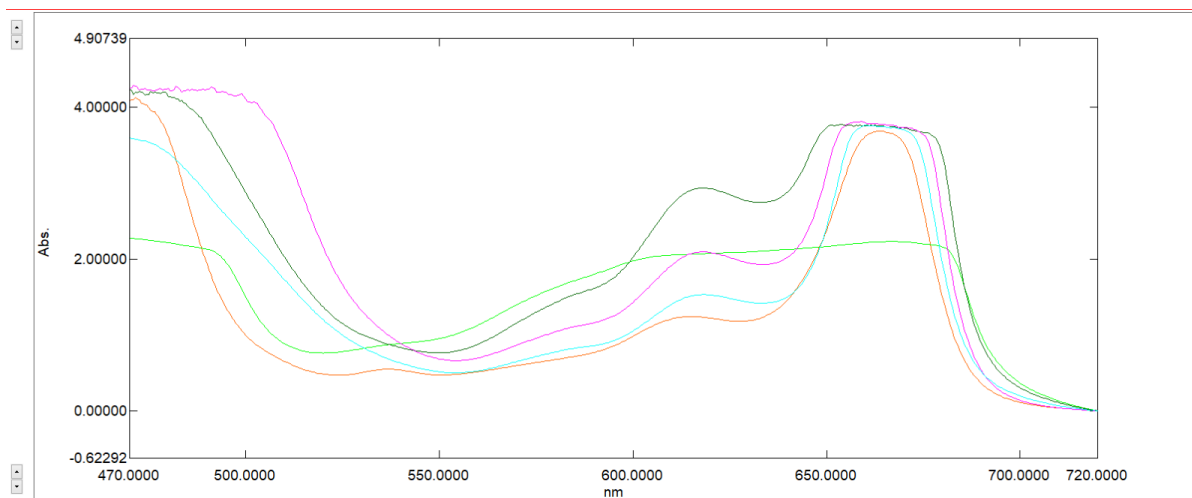
Біріншісі шамамен 480 нм аймағында, бұл каротиноидтар мен хлорофилл b пигменттерінің болуын білдіреді.

Екінші максимум шамамен 665–680 нм аралығында, бұл хлорофилл a пигментіне тән.

Бұл нәтижелер *Scenedesmus quadricauda* микробалдыр құрамында фотосинтетикалық белсенді пигменттер бар екенін дәлелдейді, ал олардың антиоксиданттық немесе биологиялық белсенділігі осы пигменттердің болуымен тығыз байланысты болуы мүмкін (22-сурет).

Бұл графикте *Scenedesmus quadricauda* балдырының 470–720 нм аралығындағы жарықты сіңіру қабілеті көрсетілген. Абсорбция спектрі

балдыр пигменттерінің жарықты әр түрлі толқын ұзындықтарында қалай сіңіретінін сипаттайды. Горизонталь осьте толқын ұзындығы (нм), ал вертикаль осьте абсорбция (Abs.) көрсетілген. (23-сурет).



23-сурет – *Scenedesmus quadricauda* пигменттерінің жарықты сіңіру белсенділігі көк және қызыл аймақтарда байқалады, бұл фотосинтетикалық пигменттердің болуын білдіреді.(470-720 нм)

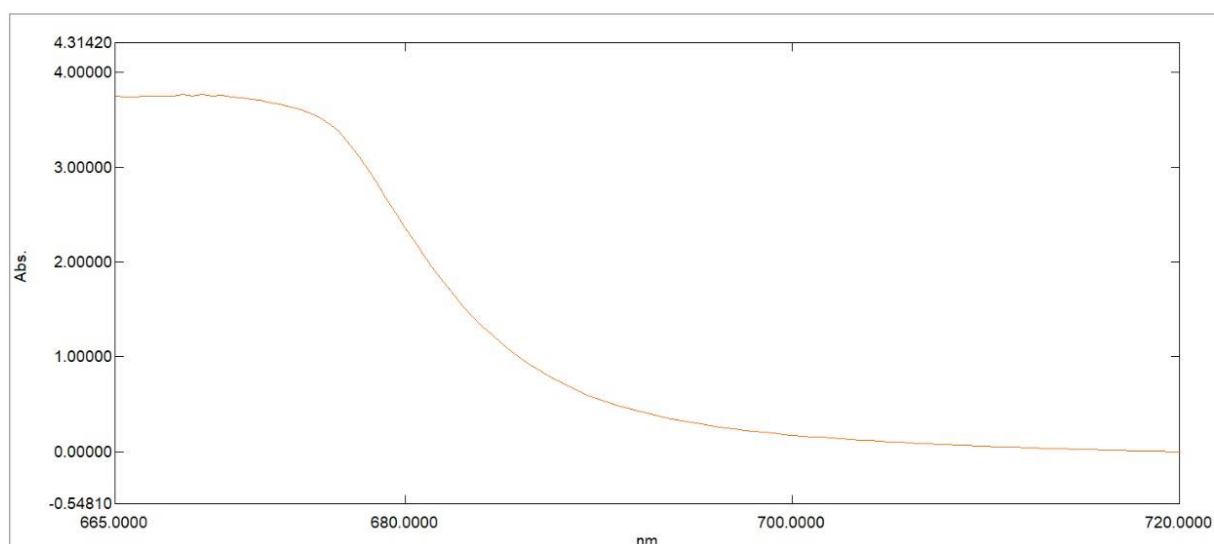
Графиктен байқағанымыздай, ең жоғары сіңіру белсенділігі көк (470–500 нм) және қызыл (650–680 нм) аймақтарда байқалады. Бұл көрсеткіштер фотосинтетикалық пигменттердің, атап айтқанда хлорофилл а, хлорофилл b және каротиноидтардың болуын дәлелдейді. Аталған пигменттер көк және қызыл жарықты жақсы сіңіріп, фотосинтез процесінде маңызды рөл атқарады.

Ал жасыл-сары аймақта (500–600 нм) абсорбция деңгейі төмен, бұл жарықтың бұл диапазонда кері шағылысатынын және сондықтан өсімдік жасыл болып көрінетінін түсіндіреді.

Қорытындылайтын болсақ, *Scenedesmus quadricauda* балдыры фотосинтез үшін ең пайдалы жарық толқындарын – көк және қызыл диапазонды белсенді сіңіріп, энергияны тиімді пайдалана алатыны анық көрінеді.

Микробалдырлардан алынған пигменттік экстракттардың құрамы мен фотосинтетикалық пигменттерінің болуын анықтау мақсатында спектрофотометриялық талдау жүргізілді. Ол үшін *Chlorella vulgaris* түріне жататын микробалдырдан метанол көмегімен экстракцияланған пигмент үлгісі 665-720 нм диапазонында зерттелді. (24-сурет)

Төмендегі графикте көрсетілгендей, екі негізгі сіңіру максимумдары байқалды:



24 -сурет – *Chlorella vulgaris* микробалдырынан алынған пигмент экстрактының сіңіру спектрі (665-720 нм)

Графикте горизонталь осьте толқын ұзындығы (665–720 нм), ал вертикаль осьте – оптикалық тығыздық (жұтылу мәні, Abs.) көрсетілген. Қисық сызық *Chlorella vulgaris* микробалдырларының жарықты әртүрлі толқын ұзындықтарында жұту қабілетін сипаттайды.

Абсорбция ең жоғары деңгейіне шамамен 670–680 нм аралығында жетіп тұр, бұл хлорофилл а пигментіне тән жұтылу аймағы екенін білдіреді. Бастапқы бөлігінде жұтылу мәні 4.0-ге жуық, бұл микробалдыр биомассасының жарықты тиімді сіңіретінін көрсетеді. Кейін график экспоненциалды түрде төмендеп, 720 нм аймағына қарай жұтылу нөлге жуықтап, сызық тегістеледі – яғни бұл толқын ұзындығында жарық сіңірілмейді.

Осы спектрлік мәліметтер *Chlorella vulgaris* құрамында фотосинтетикалық белсенді пигменттер, соның ішінде хлорофилл а мен басқа да пигменттер бар екенін дәлелдейді. Бұл пигменттердің жоғары белсенділігі микробалдырдың фотосинтездік тиімділігі жоғары екенін және олардың антиоксиданттық қасиеттері мен биоактивті қосылыстар өндіру қабілеті бар екенін көрсетеді.

3.8 Микробалдыр дақылдарының антиоксиданттық қасиеттерін анықтау

DPPH бос радикалдарын ұстап қалу белсенділігі. DPPH радикалдарын ұстап қалу белсенділігі Venkatesan және әріптестері сипаттаған әдіс бойынша анықталды. Зерттеліп отырған экстрактінің 20 мкл көлеміне 0,1 mM концентрациядағы метанолдағы DPPH ерітіндісінің 180 мкл қосылды. Алынған қоспа 1 минут бойы вихрьлік араластырғышта араластырылды және бөлме температурасында қараңғыда 30 минут бойы инкубацияланды. Содан кейін 517 нм толқын ұзындығында оптикалық тығыздық спектрофотометр

(Shimadzu, Жапония) көмегімен өлшенді. Позитивті бақылау ретінде Trolox қолданылды.

DPРН радикалдарын ұстап қалу белсенділігі келесі формула бойынша есептелді:

$$\text{DPРН ұстап қалу дәрежесі (\%)} = [1 - (\text{Аүлгі} - \text{Аүлгінің фоны}) / \text{Абақылау}] \times 100$$

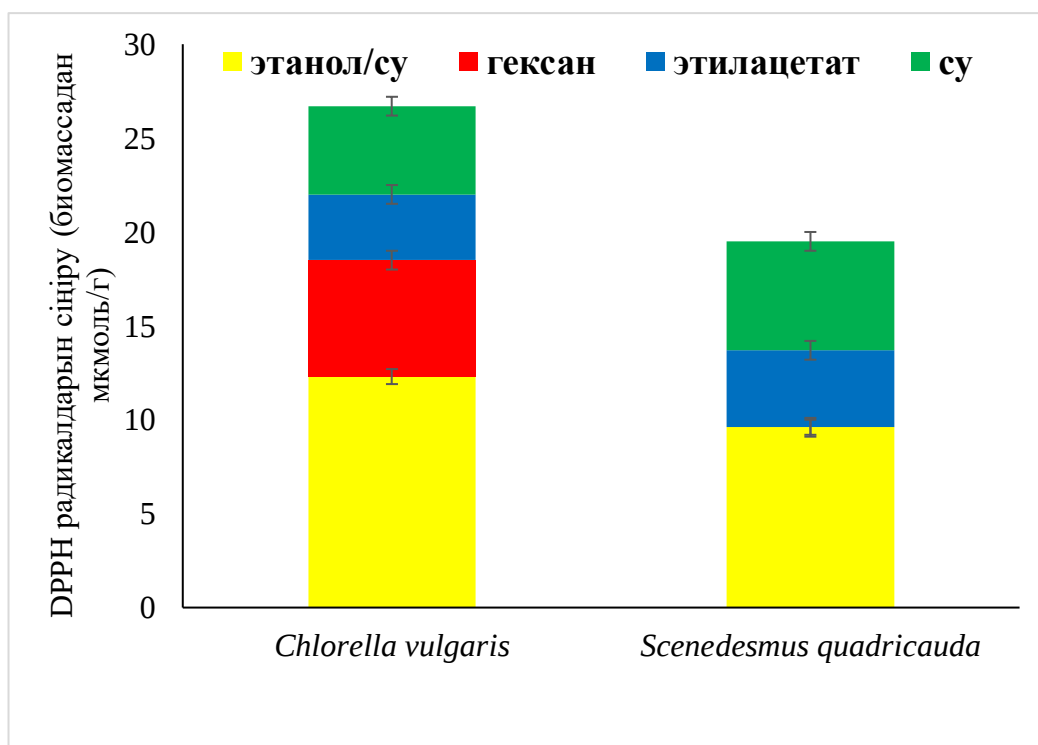
Мұндағы:

Аүлгі – сынаманың (экстрактінің) оптикалық тығыздығы,

Аүлгінің фоны –сынама құрамындағы ДРРН-сыз ерітіндінің оптикалық тығыздығы,

Абақылау – ДРРН ерітіндісінің (экстрактсіз) оптикалық тығыздығы.

Нәтижелер микробалдырлардың құрғақ массасының бір грамына шаққандағы Trolox мөлшерімен ($\mu\text{моль Trolox} \cdot \text{г}^{-1}$ құрғақ масса) өрнектелді.



25-сурет. Этанол/су экстракциясы әдісімен алынған сығындылардың және микробалдырлардың штаммынан фракциялау әдісімен алынған сығындылардың антиоксиданттық белсенділігі. ДРРН радикалдары сіңіру тиімділігі

DPPH талдауы потенциалды антиоксиданттық қабілетті бағалаудың тағы бір маңызды құралы болып табылады. 25-суретте екі микробалдыр штаммынан алынған этанол/су сығындылары мен фракциялау нәтижесінде алынған сығындылардың DPPH ұстау қабілеті көрсетілген. Этанол/су сығындыларына келетін болсақ, DPPH ұстау қабілетінің мәндері биомассаның 9,6–12,3 мкмоль/г диапазонында болды және максималды ұстау әсері *Chlorella vulgaris* дақылында байқалды. Ал DPPH радикалдарын ұстау белсенділігі *Scenedesmus quadricauda* штамының гексан фракцияларында табылған жоқ.

Енді 2020–2024 жылдар аралығындағы ғылыми зерттеулердің нәтижелеріне келетін болсақ. Микробалдырлардың, әсіресе *Chlorella vulgaris* пен *Scenedesmus* туыстас түрлерінің жоғары антиоксиданттық белсенділікке ие екені расталуда. Бұл зерттеулерде әртүрлі экстракция әдістері мен бағалау жүйелері қолданылғанымен, олардың нәтижелері бір-бірін толықтыра отырып, микробалдырлардан алынған биологиялық белсенді қосылыстарды тағам, фармацевтика және мал азығы салаларында табиғи антиоксидант көзі ретінде пайдаланудың пайдасы бар екенін көрсетеді.

2024 жылы Sikiru және оның әріптестері жүргізген зерттеуде *Chlorella vulgaris* балдырының антиоксиданттық белсенділігі *in vitro* жағдайында мал азығына арналған табиғи антиоксидант ретінде бағаланған. Микробалдырлар стандартты қоректік ортада, 25 °C температурада және 16:8 жарық/қараңғы фотопериодында өсірілді. DPPH әдісі арқылы *Chlorella vulgaris* экстракты 1000 мкг/мл концентрацияда бос радикалдарды 88,3% дейін бейтараптай алатындығы анықталды, ал IC₅₀ мәні 321,45 мкг/мл болды. Сонымен қатар, FRAP талдауы бойынша антиоксиданттық белсенділік 732,6 мкМ Trolox эквивалентімен бағаланған [47].

Scenedesmus quadricauda микробалдырына қатысты нақты деректер шектеулі болғанымен, соған жақын *Scenedesmus obliquus* түріне қатысты Zaharieva және оның әріптестері (2022) зерттеу жүргізген. Микробалдырлар Зараукин қоректік ортасында, 25 °C температурада және 12:12 жарық/қараңғы фотопериодында өсірілген. Бұл зерттеуде балдыр экстрактісінің жалпы антиоксиданттық белсенділігі 100 г құрғақ массаға шаққанда 1718,53 мг аскорбин қышқылы эквивалентімен бағаланған. Сонымен қатар, құрамындағы фенол қосылыстарының мөлшері 511,20 мг галл қышқылы эквиваленті/кг, ал флавоноидтар мөлшері – 66,56 мг кверцетин эквиваленті/кг құраған [48].

Біздің зерттеуімізде *Chlorella vulgaris* пен *Scenedesmus quadricauda* балдырларынан этанол/су экстракциясы арқылы алынған экстрактілердің антиоксиданттық белсенділігі DPPH әдісімен бағаланды. *Chlorella vulgaris* штамынан алынған экстрактілердің радикалдарды ұстап қалу белсенділігі 9,6–12,3 мкмоль Trolox/г құрғақ масса диапазонында болды және ең жоғары белсенділік осы түрден байқалды. Бұл көрсеткіштер әдеби деректерде келтірілген мәліметтермен (мысалы, 88,3% ингибиция, 732,6 мкМ Trolox) салыстырғанда ұқсас немесе соған жақын деңгейде екенін көрсетеді.

Ал *Scenedesmus quadricauda* балдырларынан алынған гексан фракциясындағы экстрактілерде DPPH радикалдарын бейтараптау белсенділігі анықталмады. Бұл нәтиже бұл микробалдыр түрінің антиоксиданттық белсенділігі шектеулі болуы мүмкін екенін немесе қолданылған экстракция әдісінің биологиялық белсенді қосылыстарды толық бөліп ала алмағанын көрсетеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы зерттеу жұмысында Алакөл көлінен бөлініп алынған *Chlorella vulgaris* және *Scenedesmus quadricauda* микробалдырларының биоактивті пигменттерін алу, олардың антиоксиданттық және антибактериялық қасиеттерін зерттеу нәтижелерін мынандай қорытындыға келеміз:

1. Су үлгілерінен бөліп алып және тазаланған *C. vulgaris* (1,7–6,7 мкм) және *S. quadricauda* (8–20 мкм) аксеникалық дақылдары алынды. Бактериялық ластануды жою үшін антибиотиктер (ампициллин, хлорамфеникол) және физикалық әдістер қолданылды.

2. Екі штамм үшін де оңтайлы өсу жағдайлары: жарық – 200 мкмоль/м²·с, рН – 6, температура – 24–26°C.

3. Микробалдырлардың штамдарын центрифугалау арқылы биомасса бөлініп өлшенді. *S. quadricauda* 12 күнде 1,5 OD750 жетсе, *C. vulgaris* 16 күнде 0,55 OD750 көрсетті. *S. quadricauda* өнімділігі жоғарырақ болды.

4. Бөлініп алынған микробалдырлардың жасушаларында белоктың, липидтердің және пигменттердің жалпы құрамын анықталды. *C. vulgaris*: хлорофилл а – 29,34 мкг/мл, хлорофилл b – 7,17 мкг/мл, каротиноидтар – 2,46 мкг/мл, *S. quadricauda*: хлорофилл а – 14,06 мкг/мл, хлорофилл b – 26,18 мкг/мл, каротиноидтар – 1,73 мкг/мл. *C. vulgaris* ақуыз (48,79%) және липид (18,20%) мөлшерімен ерекшеленді.

S. quadricauda құрамында ақуыз – 37,23%, липид – 11,80%.

Зерттелген микробалдыр да антиоксиданттық қасиеті бар пигменттердің көзі болып табылады. Болашақта пигменттерді тазалау және олардың медициналық мақсаттағы қолданылу мүмкіндіктерін зерттеу қажет.

ПАЙДАЛЫНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігі. Жаңартылатын Энергия. Биоотын Өндірісі. – Нұр-Сұлтан: ҚР ЭМ, 2020. – 112 б. https://beta.egov.kz/uploads/2020/10/7/85ed3add3d2c01aa56fd50434f088231_original.4943233.pdf
2. Mata T.M., Martins A.A., Caetano N.S. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2010. – Vol. 14, No. 1. – P. 217–232. – DOI: [10.1016/j.rser.2009.07.020](https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.020).
3. Richmond, A. & Hu, Q. (2013). *Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology*. Wiley-Blackwell.
4. https://microalgae.ru/f/prikladnye_aspekty_primeneniya_mikrovodoroslej_v_agrocenozah.pdf?ysclid=m9jnnkpr8c225719606
5. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969.- 228с.
6. Das P, Aziz SS, Obbard JP. Two phase microalgae growth in the open system for enhanced lipid productivity. *Renew Energy*. 2011;36(9):2524–8.
7. Brennan L, Owende P. Biofuels from microalgae- a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renew Sustain Energy Rev*. 2010;14:557–77.
8. Mulders K.J.M., Weesepoel Y., Lamers P.P., Vincken J.P., Martens D.E., Wijffels R.H. Growth and pigment accumulation in nutrient-depleted *Isochrysis galbana* T-ISO. *J. Appl. Phycol*. 2013;25:1421–1430. DOI:[10.1007/s10811-012-9954-6](https://doi.org/10.1007/s10811-012-9954-6)
9. Ana P. Abreu, Rodrigo Martins, João Nunes, Emerging Applications of *Chlorella* sp. and *Spirulina* (*Arthrospira*) sp. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10080955>
10. Rakesh Kapoor , Yung-Sheng Huang, Gamma linolenic acid: an antiinflammatory omega-6 fatty acid, DOI: [10.2174/138920106779116874](https://doi.org/10.2174/138920106779116874)
11. Ph.D. Gabriel Fernandes, Ph.D. Jaya T. Venkatraman, Role of omega-3 fatty acids in health and disease, [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(05\)80282-9](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(05)80282-9)
12. Ключев С.В. Основы технологии пигментов и красителей. — М.: Химия, 2003. — 272 с.
13. Borowitzka M.A. Microalgae as sources of bioactive compounds. *J. Appl. Phycol.*, 2013, 25(3): 743–756.
14. Becker E.W. Microalgae: Biotechnology and Microbiology. — Cambridge: Cambridge University Press, 2007. — 304 с.
15. Попов А.П. Пигменты: Свойства, применение, производство. — СПб.: Профессия, 2012. — 336 с.
16. Jeffrey, S. W., & Humphrey, G. F. (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, 167(2), 191–194. [DOI: [10.1016/S0015-3796\(17\)30778-3](https://doi.org/10.1016/S0015-3796(17)30778-3)]

17. Ratha, S. K., & Prasanna, R. (2012). Chlorophyll extraction and quantification techniques from green macroalgae. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 3(4), 306–313.
18. Roca, M., & Minguéz-Mosquera, M. I. (2001). Chlorophylls and carotenoids from marine microalgae: chemical structure and nutritional importance. *Journal of Food Science*, 66(7), 1073–1077. [DOI: 10.1111/j.1365-2621.2001.tb15289.x]
19. Guerin, M., Huntley, M. E., & Olaizola, M. (2003). Haematococcus astaxanthin: applications for human health and nutrition. *Trends in Biotechnology*, 21(5), 210–216. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(03\)00078-7](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(03)00078-7)
20. Glazer, A. N. (1985). Light harvesting by phycobilisomes. *Annual Review of Biophysics and Biophysical Chemistry*, 14, 47–77.
21. Kronick, M. N. (1986). Fluorescent phycobiliproteins: properties and uses in immunoassay. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 17(4), 293–327.
22. Eriksen, N. T. (2008). Production of phycocyanin — a pigment with applications in biology, biotechnology, foods and medicine. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 80(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s00253-008-1542-y>
23. Patel, A., Mishra, S., Pawar, R., & Ghosh, P. K. (2005). Purification and characterization of C-phycocyanin from cyanobacterial species of marine and freshwater habitat. *Protein Expression and Purification*, 40(2), 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.pep.2004.11.014>
24. Юров В.Н. Пигменты и наполнители в лакокрасочных материалах. — М.: Химия, 2004. — 288 с.
25. Tanaka, T., Shnimizu, M., & Moriwaki, H. (2012). Cancer chemoprevention by carotenoids. *Molecules*, 17(3), 3202–3242.
26. Goiris K. et al. Detection of flavonoids in microalgae from different taxonomic groups // *Journal of Phycology*. — 2014. — Т. 50, №3. — С. 483–492.
27. Dufossé, L. (2006). Microbial production of food grade pigments. *Food Technology and Biotechnology*, 44(3), 313–321.
28. Араширо, Л. Т., Бото-Ордоньес, М., ван Халле, С. В. Х., Феррер, И., Гарфи, М. и Россо, Д. П. Л. (2020). Натуральные пигменты из микроводорослей, выращенных в промышленных сточных водах. Биоресурсы. *Technol.* 303:122894. DOI: [10.1016/j.biortech.2020.122894](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122894)
29. Acién, F.G.; Fernández, J.M.; Magán, J.J.; Molina, E. Production cost of a real microalgae production plant and strategies to reduce it. *Biotechnol. Adv.* 2012, 30, 1344–1353.
30. Prior, R.L.; Wu, X.; Schaich, K. Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *J. Agric. Food Chem.* 2005, 53, 4290–4302. DOI: [10.1021/jf0502698](https://doi.org/10.1021/jf0502698)
31. Shahidi, F.; Zhong, Y. Measurement of antioxidant activity. *J. Funct. Foods* 2015, 18, 757–781. DOI: [10.1016/j.jff.2015.01.047](https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.047)

32. Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1999). Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76.
33. Huang, D.; Boxin, O.U.; Prior, P.L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J. Agric. Food Chem.* 2005, 55, 1841–1856. DOI: [10.1021/jf030723c](https://doi.org/10.1021/jf030723c)
34. Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20(7), 933–956.
35. Halliwell, B., Gutteridge, J. M. C. *Free Radicals in Biology and Medicine*. – 5th ed. – Oxford: Oxford University Press, 2015. – 944 p.
36. Jacob, R. A., Sotoudeh, G. Vitamin C function and status in chronic disease // *Nutrition in Clinical Care*. – 2002. – Vol. 5, №2. – P. 66–74.
37. Han, L., Song, M., Wei, D., & Liu, Y. (2019). *Antioxidant activity of Chlorella vulgaris extracts and their effect on mitochondrial function*. Scientific Reports, 9, Article 19865. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56315-6>
38. Raja, R., Hemaiswarya, S., & Rengasamy, R. (2007). *Exploiting microalgae for pharmaceutical needs: a review*. Journal of Applied Phycology, 20(5), 555–563. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9180-1>
39. Safaar, H., van Wageningen, J., Møller, P., & Lauridsen, C. (2015). *Microalgae as functional ingredients in novel foods: a case study of Scenedesmus sp.* Algal Research, 11, 351–357. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.07.001>
40. Guedes, A. C., Amaro, H. M., & Malcata, F. X. (2011). *Microalgae as sources of high added-value compounds – A brief review of recent work*. Biotechnology Progress, 27(3), 597–613. <https://doi.org/10.1002/btpr.575>
41. Rodrigues, E., Mariutti, L. R. B., & Mercadante, A. Z. (2012). *Scenedesmus obliquus: a potential source of carotenoids and tocopherols for the human diet*. Journal of Applied Phycology, 24(2), 387–393. <https://doi.org/10.1007/s10811-011-9675-5>
42. Del Campo, J. A., García-González, M., & Guerrero, M. G. (2007). *Outdoor cultivation of microalgae for carotenoid production: current state and perspectives*. Applied Microbiology and Biotechnology, 74(6), 1163–1174. <https://doi.org/10.1007/s00253-007-0824-9>
43. Munteanu, I.G., & Apetrei, C. (2021). Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3380. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>
44. P. Andersen, H. Enevoldsen and D. M. Anderson, Harmful algal monitoring programme and action plan design, in *Manual of Harmful Marine Microalgae*, ed. G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson and A. D. Cembella, Unesco publishing, Paris, 2004, ch. 22, pp. 627–647
45. Supriya Pandey a, Ishvarya Narayanan a, Ramesh Vinayagam b, Raja Selvaraj b, Thivaharan Varadavenkatesan a, Arivalagan Pugazhendhi c d <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109984>

46. Perumal P., Barathan B.P., Santhanam P., Selvaraju A., Shenbaga Devi A., Kumar S.D. Isolation and Culture of Microalgae // Manual on Advances In Aquaculture Technology. – 2012. – C. 166–181. DOI:[10.1007/978-81-322-2271-2_1](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2271-2_1)
47. Sikiru A. B., Arangasamy A., Alemede I. C., Egena S. S. A., Bhatta R., Rao S. B. N. In vitro evaluation of antioxidant properties of *Chlorella vulgaris* and its derivatives for use as antioxidant supplements in animal production // *The Indian Journal of Animal Sciences*. – 2024. – Vol. 94, №1. – P. 88–91. – DOI:[10.56093/ijans.v94.i1.131441](https://doi.org/10.56093/ijans.v94.i1.131441)
48. Smetanska I., Lupitu A., Baeva M., Vasileva I., Chokova R., Teneva D., Angelov G., Petkova N. Antimicrobial and Antioxidant Potential of *Scenedesmus obliquus* Microalgae in the Context of Integral Biorefinery Concept // *Molecules*. – 2022. – Vol. 27, №2. – P. 519. – DOI: [10.3390/molecules27020519](https://doi.org/10.3390/molecules27020519)



Отчет подобия

Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Антиоксиданттық белсенділігі бар биоактивті пигменттерді алу үшін микробалдырлардың потенциалын зерттеу

Автор

Научный руководитель / Эксперт

Ондабаева Бакытгул, Кали АяжанСандугаш Сандыбаева

Подразделение

ИГИНГД

Объем найденных подобиий

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание!Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

9362

Количество слов



КЦ

77915

Количество символов

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		5
Интервалы		0
Микропробелы		59
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		8

Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

порядковый НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://www.duhoctrungquoc.vn/wiki/kk/%D0%90%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D3%A9%D0%BB_%28%D0%BA%D3%A9%D0%BB%29	40 0.43 %
2	https://www.duhoctrungquoc.vn/wiki/kk/%D0%90%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D3%A9%D0%BB_%28%D0%BA%D3%A9%D0%BB%29	25 0.27 %

3	https://www.duhoctrungquoc.vn/wiki/kk/%D0%90%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D3%A9%D0%BB_%28%D0%BA%D3%A9%D0%BB%29	21 0.22 %
4	https://bibliotekanauki.pl/articles/71471.pdf	10 0.11 %
5	Сутек биоэнергетикасындағы цианобактериялардың биотехнологиялық әлеуетін зерттеу 5/28/2021 Satbayev University (ИХИБТ)	10 0.11 %
6	https://www.duhoctrungquoc.vn/wiki/kk/%D0%90%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D3%A9%D0%BB_%28%D0%BA%D3%A9%D0%BB%29	10 0.11 %
7	«АБЫЛАЙ ХАН » ТУРАЛЫ ТАРИХИ ЖЫРЛАРДАҒЫ КӨНЕРГЕН СӨЗДЕР СЫРЫ 5/17/2023 West-Kazakhstan innovative-technological University WKITU (Deanery)	8 0.09 %
8	http://www.aun.edu.eg/molecular_biology/Protein%20workshop/Protein%20Handbook.pdf	7 0.07 %
9	http://www.aun.edu.eg/molecular_biology/Protein%20workshop/Protein%20Handbook.pdf	7 0.07 %
10	http://www.aun.edu.eg/molecular_biology/Protein%20workshop/Protein%20Handbook.pdf	6 0.06 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (0.11 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Сутек биоэнергетикасындағы цианобактериялардың биотехнологиялық әлеуетін зерттеу 5/28/2021 Satbayev University (ИХИБТ)	10 (1) 0.11 %

из программы обмена базами данных (0.15 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	«АБЫЛАЙ ХАН » ТУРАЛЫ ТАРИХИ ЖЫРЛАРДАҒЫ КӨНЕРГЕН СӨЗДЕР СЫРЫ 5/17/2023 West-Kazakhstan innovative-technological University WKITU (Deanery)	14 (2) 0.15 %

из интернета (1.46 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://www.duhoctrungquoc.vn/wiki/kk/%D0%90%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D3%A9%D0%BB_%28%D0%BA%D3%A9%D0%BB%29	96 (4) 1.03 %
2	http://www.aun.edu.eg/molecular_biology/Protein%20workshop/Protein%20Handbook.pdf	31 (5) 0.33 %
3	https://bibliotekanauki.pl/articles/71471.pdf	10 (1) 0.11 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---