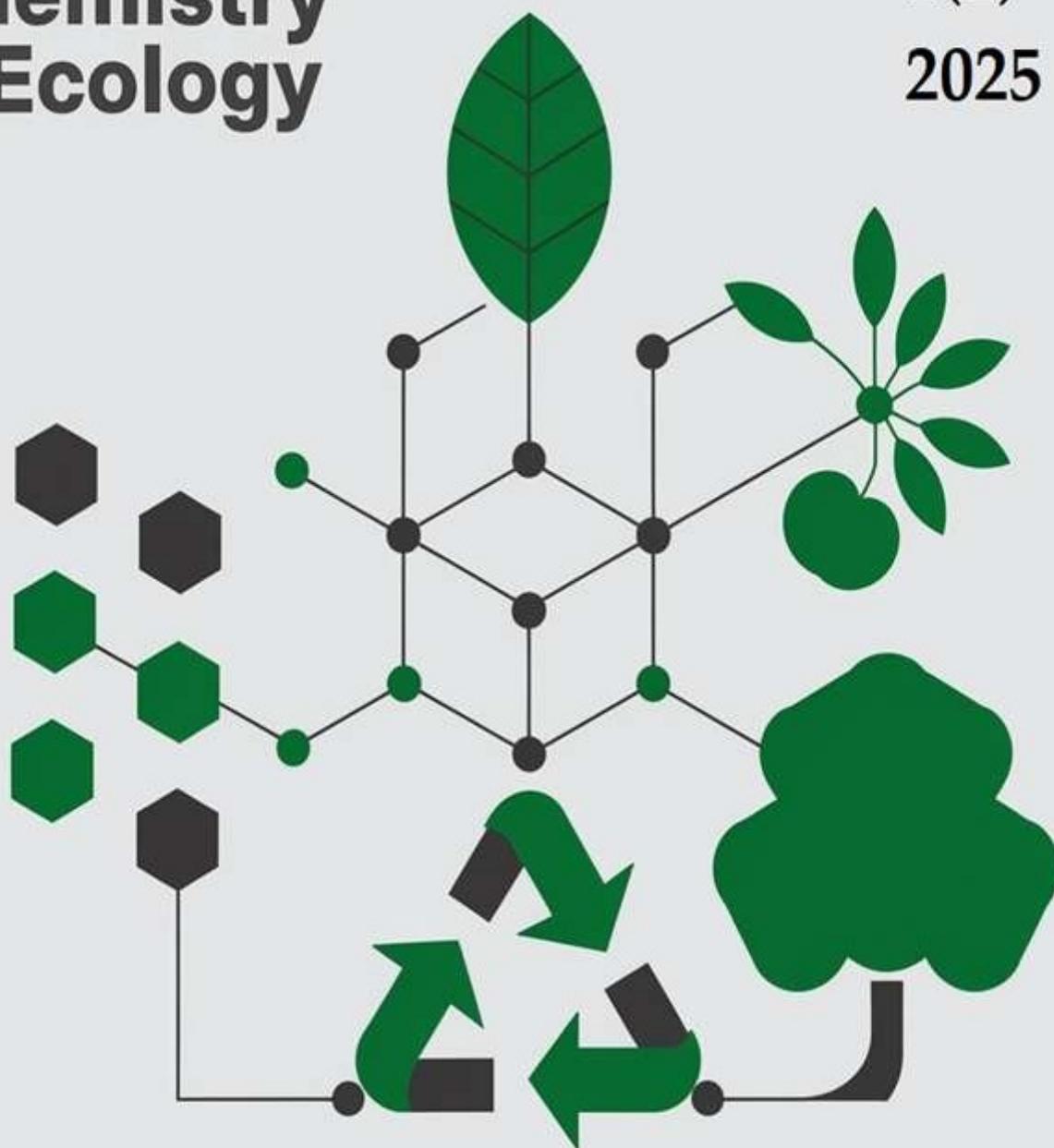


Shakarim
Chemistry
& Ecology

1(1)
2025



SHAKARIM UNIVERSITY PRESS

SHAKARIM CHEMISTRY&ECOLOGY, 2025 1(1)

ШӘКӘРІМ УНИВЕРСИТЕТІ

SHAKARIM CHEMISTRY & ECOLOGY

ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ ♦ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ♦ SCIENTIFIC JOURNAL

Том
Том
Volume

1

Шығарылым
Выпуск
Issue

1

Жыл
Год
Year

2025

Семей, 2025

МАЗМҰНЫ / CONTENTS / СОДЕРЖАНИЕ

Химия / Chemistry / Химия

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | <p>А.Б. Есжанов, И.В. Корольков, М.В. Здоровец
 <i>Лаурилметакрилаттың фотоинициацияланған теліп полимерленуі және лаурилакрилат пен стеарилметакрилаттың ПЭТФ трек мембраналарында қосполимерленуі</i>
 A. Yeszhanov, I. Korolkov, M. Zdorovets
 <i>Photoinitiated Graft Polymerization of Lauryl Methacrylate and Copolymerization of Lauryl Acrylate and Stearyl Methacrylate on PET Track Membranes</i>
 А.Б. Есжанов, И.В. Корольков, М.В. Здоровец
 <i>Фотоиницированная прививочная полимеризация лаурилметакрилата и сополимеризация лаурилакрилата и стеарилметакрилата на ПЭТФ трековые мембраны</i></p> | 11 |
| 2 | <p>Г.Т. Елемесова, А.Н. Кливенко, Л.К. Оразжанова, А.В. Шахворостов
 <i>Акриламид пен натрий акрилаты негізіндегі гидрогельдердің тұз ерітінділеріндегі ісіну дәрежесін синтездеу және зерттеу: мұнай кен орындарында қолдану үшін</i>
 G. Yelemessova, A. Klivenko, L. Orazzhanova, A. Shakhvorostov
 <i>Synthesis and Study of the Swelling Degree of Hydrogels Based on Acrylamide and Sodium Acrylate in Salt Solutions for Further Application in Oil Fields</i>
 Г.Т. Елемесова, А.Н. Кливенко, Л.К. Оразжанова, А.В. Шахворостов
 <i>Синтез и исследование степени набухания гидрогелей на основе акриламида и акрилата натрия в растворах солей для дальнейшего использования в нефтяных месторождениях</i></p> | 23 |
| 3 | <p>Х.Г. Акимжанова, А.Н. Сабитова, Б.Х. Мусабаева
 <i>Маралды көлінің табиғи балшығының элементтік құрамы</i>
 H. Akimzhanova, A. Sabitova, B. Musabayeva
 <i>Elemental Composition of Natural Mud from Lake Maraldy</i>
 Х.Г. Акимжанова, А.Н. Сабитова, Б.Х. Мусабаева
 <i>Элементный состав природной грязи озера Маралды</i></p> | 32 |
| 4 | <p>Д.К. Карлы, Г.С. Айтқалиева, Н.Ж. Жантұрғанов, Ж. Смайылова, М.В. Битабарова
 <i>Мотор майлары үшін полимерлік қалыңдатқыш қоспалардың тиімділігін арттыру</i>
 D. Karly, G. Aitkaliyeva, N. Zhanturganov, Zh. Smaiyllova, M. Bitabarova
 <i>Increasing the Effectiveness of Polymeric Thickening Additives for Motor Oils</i>
 Д.К. Карлы, Г.С. Айтқалиева, Н.Ж. Жантұрғанов, Ж. Смайлова, М.В. Битабарова
 <i>Повышение эффективности полимерных загущающих присадок для моторных масел</i></p> | 42 |
| 5 | <p>Ж.Ж. Нуртазина, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, К.К. Кабдулкаримова
 <i>Chlorella vulgaris өсіру жағдайларының биомасса мен биологиялық белсенді заттардың құрамына әсері</i>
 Zh. Nurtazina, Zh. Kassymova, L. Orazzhanova, K. Kabdulkarimova</p> | 52 |

Influence of Cultivation Conditions of Chlorella vulgaris on Biomass and Content of Biologically Active Substances

Ж.Ж. Нуртазина, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, К.К. Кабдулкаримова

Влияние условий культивирования Chlorella vulgaris на биомассу и содержание биологически активных веществ

Экология / Ecology / Экология

- 6 **Л.В. Скрипникова, А.К. Мурзалимова, Т.Б. Құрақов, Ж.К. Кабышева** 66
«Семей цемент зауыты өндірістік компаниясы» ЖШС аумағындағы техногендік ландшафттардың экологиялық-геохимиялық бағасы
L. Skripnikova, A. Murzalimova, T. Kurakov, Zh. Kabysheva
Environmental and Geochemical Assessment of Technogenic Landscapes in the Area of LLP “Semey Cement Plant Production Company”
Л.В. Скрипникова, А.К. Мурзалимова, Т.Б. Құрақов, Ж.К. Кабышева
Экологического-геохимическая оценка техногенных ландшафтов в районе ТОО «Производственная компания Цементный завод Семей»
- 7 **А.Р. Сибиркина, С.Ф. Лихачев, О.Н. Мулюкова, А.В. Савченков** 78
Тургояк көлінде мекендейтін балықтың ағзалары мен тіндеріндегі ауыр металдардың иондарының концентрациясы
A. Sibirkina, S. Likhachev, O. Mulyukova, A. Savchenkov
Concentration of Heavy Metal Ions in the Organs and Tissues of Fish Inhabiting Lake Turgoyak
А.Р. Сибиркина, С.Ф. Лихачев, О.Н. Мулюкова, А.В. Савченков
Концентрация ионов тяжёлых металлов в органах и тканях рыбы, обитающей в озере Тургояк
- 8 **А.С. Ерсин, А.О. Алибекова, А.Б. Карабалаева** 88
Есіл өзені мен құбыр суының иондық құрамының салыстырмалы талдауы
A. Yersin, A. Alibekova, A. Karabalaeva
Comparative Analysis of the Ionic Composition of the Yesil River and Tap Water
А.С. Ерсин, А.О. Алибекова, А.Б. Карабалаева
Сравнительный анализ ионного состава реки Есиль и водопроводной воды
- 9 **А.А.Әліпқали, С.С. Шашеденова** 95
Былғары өнеркәсібінің экологиялық тұрақтылығын арттыру: қайта өңдеу және қалдықтарды басқару технологиялары
A. Alipkali, S. Shamshedenova
Increasing the ecological sustainability of the industry: technology of processing and waste management
А.А.Алипқали, С.С.Шашеденова
Повышение экологической устойчивости кожевенной промышленности: технологии переработки и управления отходами

5 Мадина Васильевна Битабарова, начальник отдела качества и развития продуктовой линейки. ТОО «ЛУКОЙЛ Лубрикантс Центральная Азия», Казахстан, г. Алматы, e-mail: Bitabarova.Madina@lucoil.com.kz. <https://orcid.org/0009-0007-0016-1356>.

DOI:

FTAXP: 31.27.21

CHLORELLA VULGARIS ӨСІРУ ЖАҒДАЙЛАРЫНЫҢ БИОМАССАҒА ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАР ҚҰРАМЫНА ӘСЕРІ

**Ж.Ж. Нуртазина^{1*}, Ж.С. Касымова¹, Л.К. Оразжанова¹, К.К. Кабдулкаримова¹,
Б. Леска²**

¹Шәкәрім Университеті, Семей, Қазақстан

²Adam Mickiewicz University in Poznań, Faculty of Chemistry, Poznań, Poland

*nurtazina830912@gmail.com

АҢДАТПА

Chlorella vulgaris құрамында ақуыздың, пигменттердің және басқа да биологиялық белсенді заттардың көп болуына байланысты химия мен экологияда кеңінен қолданылатын зерттеу нысаны болып табылады. Жасуша метаболизмін жақсартуға және өнімділікті арттыруға бағытталған қоректік орталардың химиялық модификациясы табысты өсірудің ең маңызды аспектісі болып табылады.

Зерттеудің мақсаты – *Chlorella vulgaris* өсуіне, биомассасына және химиялық құрамына Тамийя, Богданов және BG-11 қоректік орталарын химиялық модификациялаудың әсерін зерттеу, сонымен қатар несепнәр мен темір нанобөлшектерін қоректік ортаға қосудың биомасса және микробалдырлардың өсуін арттыру үшін тиімділігін бағалау.

Өсірудің физикалық көрсеткіштерін зерттеу кезінде микробалдырлардың ең жақсы өсуіне $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ температурада, жарық фазасы 16 сағат және қараңғы кезеңде 8 сағат, ылғалдылық 29-31%, CO_2 концентрациясы 0,03% болғаны анықталды.

Әртүрлі қоректік орталардың химиялық құрамының әсерін зерттеу нәтижелері Богданов ортасы хлорелланың ең жоғары өсуі мен биомассасын алу үшін оңтайлы екендігін көрсетті. Қоректік ортаны модификациялау барысында ақуыздық биомассаны алу үшін несепнәрның оңтайлы мөлшері 5 г/л болды. Хлорелла биомассасын арттыруға арналған композициялардың оңтайлы концентрациялары мен арақатынасы $3,7 \times 10^{-3}$ М $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: 0,15% хитозан болып табылды.

Хлорелланы өсіру жағдайын модификациялаудың оңтайлы физика-химиялық көрсеткіштерінің биологиялық белсенді заттардың құрамына оң әсері анықталды: шикі протеин – $43\pm 2\%$, хлорофилл *a* – $29,39\pm 0,33$ мг/г, хлорофилл *b* – $35,96\pm 0,15$ мг/г.

CHLORELLA VULGARIS, ҚОРЕКТІК ОРТА, ХЛОРОФИЛЛ

1 Кіріспе

Chlorella vulgaris микробалдырының ақуыздар, липидтер, көмірсуларға және басқа да биологиялық белсенді заттарға (ББЗ) бай биомасса өндіру алу қабілетіне байланысты оны өсіру әдістері көбірек назар аудартуда. Бұл хлорелланы ауыл шаруашылығы және тамақ өнеркәсібінде қолданыс аясын кеңейтуге жол ашады. Микробалдырлардың өсу тиімділігіне және ББЗ құрамына әсер ететін негізгі фактор – қоректік ортаның компоненттік құрамы мен олардың оңтайлы концентрациялары.

Мақсатына байланысты қоректік орталардың жіктелуі белгілі [1–5]. Қоректік ортаға несепнәр [6] мен темір нанобөлшектерін [7] қосу метаболизмдік процестерді белсендіру, сондай-ақ азот пен микроэлементтердің сіңірілуін жақсарту арқылы өсіру тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Осылайша, зерттеудің өзектілігі хлорелла өсіру шарттарын өзгерту арқылы биомасса мен құнды биологиялық белсенді заттардың өнімділігін арттыру мүмкіндігімен айқындалады. Зерттеудің мақсаты – Тамийя, Богданов және BG-11 қоректік орталарының химиялық модификациясының *Chlorella vulgaris* өсіміне, биомассасына және химиялық құрамына әсерін анықтау, сондай-ақ микробалдырлардың биомассасы мен өсуін арттыру үшін несепнәр мен темір нанобөлшектерін қосудың тиімділігін бағалау.

2 Зерттеу материалдары мен әдістері

2.1 Материалдар

Зерттеу объектісі Петропавл қаласындағы «Су ғылыми-технологиялық орталығы» ЖШС-нен алынған *Chlorella vulgaris* IFR C-111 біржасушалы жасыл микробалдырлардың коммерциялық планктондық штаммы болды. Өсіру үшін Богданов, Тамийя және BG-11 қоректік орталары пайдаланылды:

1) Тамийя қоректік ортасының химиялық құрамы:

макроэлементтер: KNO_3 5,0 г/л, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ 2,5г/л, $\text{KH}_2\text{PO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$ 1,25 г/л, Na_2EDTA 0,037 г/л, $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ 0,009 г/л.

микроэлементтер: H_3BO_3 2,86г/л, $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ 1,81г/л, $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ 0,22г/л, NH_4VO_3 0,023 г/л, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$ 0,023 г/л.

2) Богданов қоректік ортасының химиялық құрамы:

макроэлементтер: KNO_3 0,1 г/л, KH_2PO_4 0,01 г/л, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,25 г/л, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,025 г/л, NaHCO_3 0,02 г/л, FeCl_3 0,005 г/л, Na_2EDTA 0,005 г/л

3) BG-11 коректік ортасының химиялық құрамы:

макроэлементтер: NaNO_3 1,5 г/л, KH_2PO_4 0,04 г/л, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ 0,075 г/л, $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ 0,05 г/л, Na_2CO_3 0,02 г/л, лимон қышқылы 0,006 г/л, Na_2EDTA 0,001 г/л, $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7$ 0,006 г/л.

микроэлементтер: H_3BO_3 2,86 г/л, $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ 1,81 г/л, $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ 0,22 г/л, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ 0,4 г/л, $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ 0,08 г/л, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \times 7\text{H}_2\text{O}$ 0,05 г/л.

Модификация үшін қоректік ортаға келесі заттар қосылды:

- азот көзі ретінде 5 г/л $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$,
- фотосинтез стимуляторы ретінде 0,1% $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ матрицасынан NaBH_4 көмегімен тотықсыздандыру арқылы синтезделген және биополимер хитозанымен тұрақтандырылған FeNPs темір нанобөлшектері ($3,7 \times 10^{-3}\text{M}$).

2.2 Әдістер

Chlorella vulgaris зертханалық жағдайда арнайы жабдықталған өсіретін жәшікке орналастырылған шыны ыдыстарда өсірілді. Өсіру температурасы $28 \pm 2^\circ\text{C}$, ал рН көрсеткіші 7-9 аралығында болды. Жарық режимі табиғи жарық жағдайларын имитациялау арқылы қамтамасыз етіліп, фотопериод 16 сағат жарық және 8 сағат қараңғы кезеңнен тұрды. Жарық көзі ретінде қуаты 250 Вт жоғары қысымды натрий шамы (OSRAM DNaT) пайдаланылды, ол 10 м^2 ауданға шамамен 3000 люкс жарық қарқындылығы берілді. Мұндай жарықтандыру деңгейі фотосинтетикалық процестердің тиімді жүруіне қолайлы жағдай жасады.

Аэрация 3 л/мин жылдамдықпен берілетін ауамен 24 сағат бойы үздіксіз жүргізілді. Ауаның үздіксіз көпіршіктенуі ортаның тұнбаға түсуін алдын алуды және өсірілген суспензиядағы қоректік заттардың біркелкі таралуын қамтамасыз етті.

Микробалдырлардың өсуі ГОСТ Р 54496-2011 [8] талаптарына сәйкес жарық микроскопының көмегімен Горяев камерасындағы жасушаларды күн сайын санау арқылы бағаланды. Нәтижелердің сенімділігін қамтамасыз ету үшін жасушаларды санау үш қайталымда жүргізілді.

Зерттелетін 1 мл суспензиядағы микробалдыр жасушаларының саны формула 1 бойынша анықталды:

$$X = m \cdot 10^4 \quad (1)$$

мұндағы, m - ірі тор шаршылардағы балдыр жасушаларының жалпы саны есептеледі;

10^4 - текше миллиметрді текше сантиметрге ауыстыру коэффициенті.

Жасушаларды санаумен қатар бір мезгілде 685 нм толқын ұзындығында Specord 210 плюс УК спектрофотометрінің көмегімен хлорелла суспензиясының оптикалық тығыздығының спектрофотометриялық зерттеуі жүргізілді [9].

Chlorella vulgaris құрамындағы хлорофилды спектрофотометриялық талдау үшін биомассадан әр өңдеуге шамамен ± 1 г үлгі алынды. Үлгілер ацетон еріткішінде ұнтақталып,

10 мл ацетон қосу арқылы экстракция жүргізілді. Содан кейін олар бөлме температурасында 12 сағат бойы инкубацияланып, үстіңгі фаза 3000 айн/мин жылдамдықта 10 минут бойы центрифугаланды. Супернатант 663 нм және 645 нм толқын ұзындықтарында спектрофотометриялық әдіспен талданды [10]. Хлорофилл *a* және хлорофилл *b* мөлшері сәйкесінше 2 және 3 формулалар бойынша есептеледі [11]:

$$\text{Chlorophyll } a = (12.7 \times OD \ 663) - (2.69 \times OD \ 645) \quad (2)$$

$$\text{Chlorophyll } b = (22.9 \times OD \ 645) - (4.68 \times OD \ 663) \quad (3)$$

мұндағы, *OD*663 и *OD*645 хлорофилл *a* және хлорофилл *b* жұтылу спектрлеріне сәйкес келеді.

Кьельдаль әдісі бойынша шикі протеиннің химиялық талдауы келесі үш кезенді қамтиды:

1) Минералдандыру: 0,001 г дәлдікпен өлшенген 0,7 г құрғақ *Chlorella vulgaris* биомассасына 15 г K_2SO_4 және 1,2 г $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ қоспасы қосылып, фарфор келіде ұнтақталды. Алынған қоспа Кьельдаль құтысына ауыстырылып, үстіне 25 мл концентрлі күкірт қышқылы құйылды. Құты қыздырғыш мантияға орналастырылып, бу ұсталуы үшін мойнына шыны құйғы орналастырылды. Қоспа біртіндеп 400–450⁰С дейін қыздырылып, біркелкі қайнағанша ұсталды. Ерітінді түссізденуі және аздаған тұнбаның пайда болуы байқалғанша дейін 30-60 минут қайнатылды. Одан кейін құты бөлме температурасына дейін салқындатылды.

2) Дистилдеу. Салқындатылған Кьельдаль құтысына 200–250 мл дистилденген су құйылып, құтыға бөлгіш құйғы мен конденсатор герметикалық түрде қосылды. Конденсатордың екінші ұшы қабылдаушы стақандағы ерітіндіге шамамен 1 см тереңдікке батырылды. Қабылдаушы стақанға алдын ала 25 мл 0,05 М күкірт қышқылы, 100 мл тазартылған су және бірнеше тамшы аралас индикатор (0,2 г метилқызыл және 0,1 г метилкөк 100 мл 96% этанолда) құйылды. Бұл кезде ерітіндінің түсі ашық күлгін болды.

Бөлгіш құйғы арқылы 100 мл 40% натрий гидроксидін тамшылатып қосып, Кьельдаль құтысындағы қоспаны қайнағанға дейін қыздырды. Ректификация үрдісі ерітінді көлемі бастапқының үштен бір бөлігіне дейін азайғанша жалғастырылды. Аммиактың толық айдалуы тоңазытқыш саңылауына әкелінген ылғалды әмбебап индикатор қағазының рН көрсеткіші арқылы бақыланды; нәтижесінде рН қышқыл ортада болуы тиіс. Ерітіндінің түсі өзгерген жағдайда қабылдағыш стақанға 20 мл 0,05 М күкірт қышқылы енгізілді.

3) Титрлеу: Қабылдаушы стақандағы ерітінді 0,1 н натрий гидроксиді ерітіндісімен ерітінді түссіз болғанша титрленді.

Биомассадағы жалпы азоттың массалық үлесі (W_N , %) және шикі ақуыздың (W_{pr} , %) мөлшерін Кьельдаль [12] анықтады және 4, 5 формулалар бойынша есептеулер жүргізілді:

$$W_N = \frac{(V_1 \cdot C_{N1} - V_2 \cdot C_{N2}) \cdot 14 \cdot 100}{m \cdot 1000} \quad (4)$$

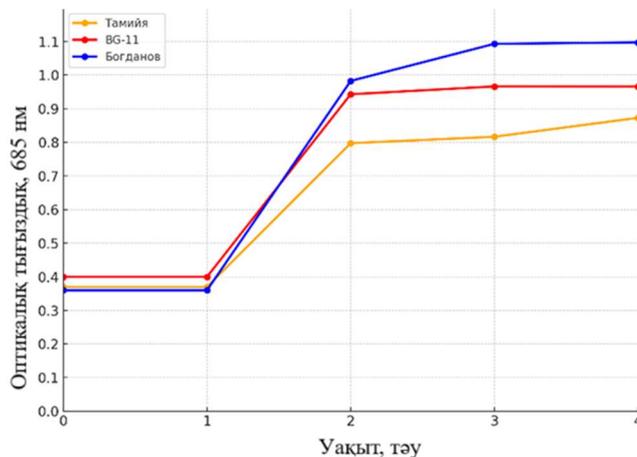
мұндағы, V_1 – қабылдауыштағы H_2SO_4 көлемі, мл; C_{N1} – H_2SO_4 нормальді концентрациясы, ммоль/мл; V_2 – NaOH титрлеуге жұмсалған, мл; C_{N2} – NaOH нормальді концентрациясы, ммоль/мл; 14 – азоттың атомдық массасы, m – сынаманың массасы, г; 1000- азоттың мг атомдық массасын грамға айналдыру коэффициенті.

$$W_{pr} = 6,25 \cdot N \cdot 0,1 \quad (5)$$

мұндағы, 6,25 - азоттың массалық үлесін шикі протеиннің массалық үлесіне аудару коэффициенті, N - зерттелетін үлгідегі азот массасы (г/кг), W_N (%) мәнінен қайта есептелген; 0,1 - массалық үлес бірліктерін (г/кг) пайызға айналдыратын коэффициент.

3 Зерттеу нәтижелері мен талқылау

Үш қоректік ортадағы микробалдырлардың өсуін бағалау үшін бүкіл өсіру циклі бойына жасушалар санының өзгеру динамикасына және *Chlorella vulgaris* суспензиясының оптикалық тығыздығына талдау жүргізілді. 1 және 2-суреттерде үш бақылау қоректік ортасы: Тамийя, BG-11 және Богданов үшін уақытқа (тәулігіне) байланысты хлорелла суспензиясының жасушалар санының және оптикалық тығыздығының (685 нм) өзгеру динамикасы көрсетілген. Толық өсіру циклі 4 күнге созылды.



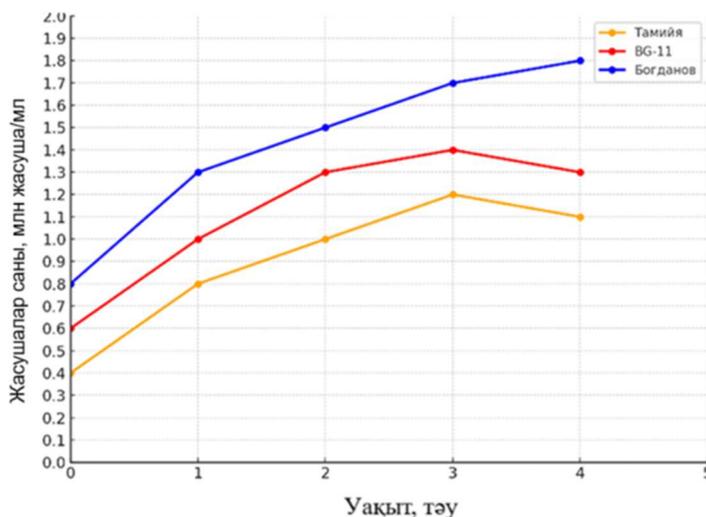
Сурет 1. Оптикалық тығыздығы бойынша бақылау қоректік орталардағы *Chlorella vulgaris* өсу динамикасы

Богдановтың ортасы бүкіл өсіру кезеңінде оптикалық тығыздықтың ең жоғары мәндерін көрсетеді. 4-ші тәулікте тығыздық 1,0974-ке жетеді, бұл осы ортадағы биомассаның ең қарқынды өсуін көрсетеді. Жасушалардың ең көп саны да байқалады – 4-ші күні шамамен 1,8 млн жасуша/мл.

BG-11 ортасы оптикалық тығыздықтың тұрақты өсуін қамтамасыз етеді, 4-ші күні 0,9662 жетеді. Бұл оның хлорелла өсіруге арналған әмбебаптығын растайды. 4-ші күні

жасушалар саны 1,3 миллион жасуша/мл құрайды, бұл оның тиімділігін растайды, бірақ Богданов ортасымен салыстырғанда өнімділігі төмен.

Тамийя ортасы оптикалық тығыздықтың ең төменгі мәндерін көрсетеді, 1-ші күні 0,7789-дан 4-ші күні 0,8731-ге дейін артады. Бұл орта басқа екеуімен салыстырғанда хлорелла өсімі үшін тиімді емес. 4-ші күні жасушалар саны 1,1 миллион жасуша/мл құрайды, бұл басқа орталарға қарағанда айтарлықтай төмен.



Сурет 2. Жасушалар саны бойынша бақылау қоректік орталардағы *Chlorella vulgaris* өсу динамикасы

Богдановтың қоректік ортасы екі параметр бойынша да (оптикалық тығыздық пен жасуша саны) ең жақсы көрсеткіштерді көрсетеді. Бұл макро- және микроэлементтердің ең аз мөлшеріне қарамастан, оның *Chlorella vulgaris* өсуі үшін оңтайлы құрамымен түсіндіріледі. Богданов ортасындағы жоғары көрсеткіштер оны зертханалық жағдайларда микробалдырларды өсіру үшін үнемді және тиімді етеді.

BG-11 дақылдың тұрақты өсуін қамтамасыз ететін әмбебап қоректік орта ретінде пайдаланылуы мүмкін. Дегенмен, оптикалық тығыздық пен жасушалар санының нәтижелері Богданов ортасынан төмен.

Ең төменгі өсу қарқыны Тамийя ортасында байқалады. Бұл хлорелланың белсенді өсуі мен метаболизміне қажетті макроэлементтер мен стимуляторлардың жеткіліксіз концентрациясына байланысты болуы мүмкін. Осыған қарамастан, Тамийя қоректік ортасын қосымша компоненттердің минималды әсері қажет болатын тәжірибелерде қолдануға болады.

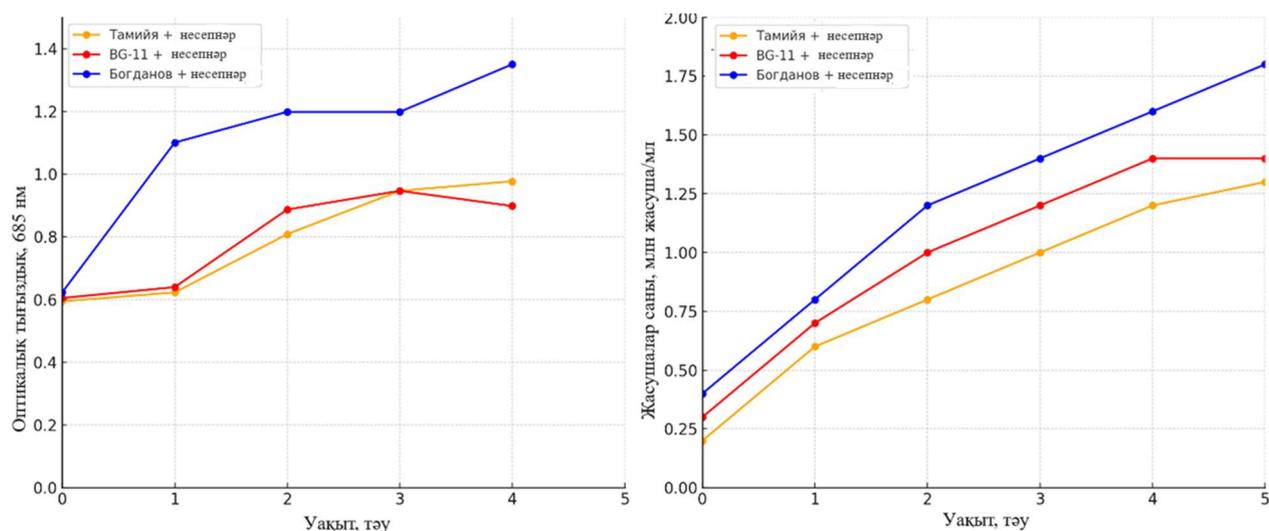
Алынған мәліметтер дақылдың жоғары өнімділігіне қол жеткізу үшін қолайлы қоректік ортаны таңдаудың маңыздылығын растайды. Зертханалық жағдайда одан әрі тәжірибелер жүргізу үшін Богдановтың ортасы жоғары өнімділікті қамтамасыз ету үшін жоғары потенциалды ескере отырып таңдалды.

Несепнәр қосылған Богданов ортасында ең жоғары оптикалық тығыздық байқалады. 4-ші күні ол 1,3501 мәніне жетеді, бұл максималды фотосинтетикалық белсенділікті және *Chlorella vulgaris* биомассасының өсуін көрсетеді. 4-ші тәулікте жасушалар санының артуы 1,8 миллион жасуша/мл жетеді, бұл биомассаның максималды деңгейіне сәйкес келеді.

Несепнәр бар BG-11 ортасы орташа нәтиже көрсетті, 4-ші күні оптикалық тығыздық 0,90. 4-ші тәулікте жасушалар саны 1,4 млн жасуша/мл құрайды, бұл Богданов ортасынан аз, бірақ Тамийя ортасынан айтарлықтай көп.

Несепнәрмен модификацияланған Тамийя ортасы оптикалық тығыздықтың ең аз өсуін көрсетеді, 4-ші күні 0,98 мәніне жетеді. Жасушаның өсуі 4-ші күні 1,3 миллион жасуша/мл дейін жетеді, бұл оны үш зерттелген ортаның ең аз өнімділігі екенін көрсетеді.

Алынған нәтижелер қоректік ортаға несепнәр қосудың *Chlorella vulgaris* өсуіне оң әсер ететінін көрсетеді (Сурет 3). Үш қоректік ортадағы өсу динамикасының талдауы несепнәр микробалдырлардың өсуін күшейтетін тиімді екенін растайды. Бұл оның азотпен қамтамасыз ету ғана емес, сонымен қатар фотосинтетикалық белсенділікті жақсартатын хлорофилл сияқты пигменттердің синтезін ынталандыру қабілетіне байланысты. Әсіресе несепнәр жасуша массасының максималды өсуіне мүмкіндік беретін Богданов ортасында байқалады.

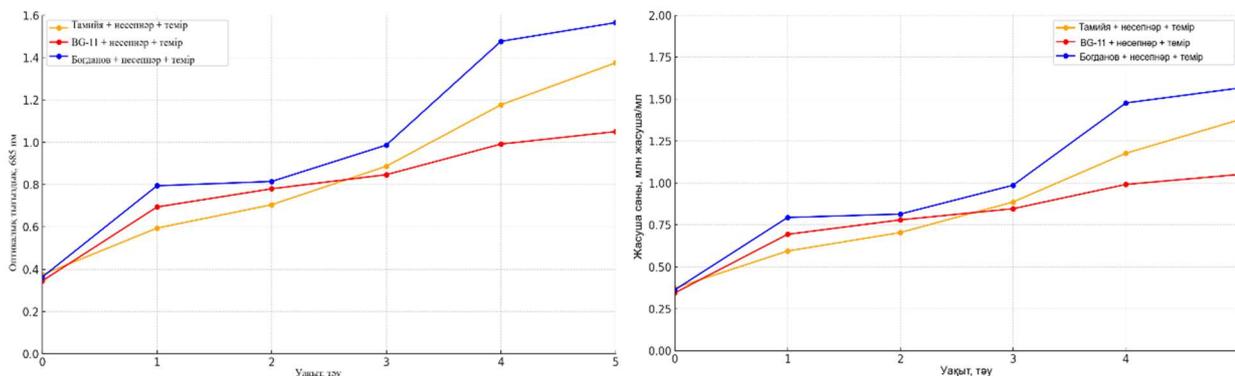


Сурет 3. Несепнәрмен модификацияланған қоректік орталардағы *Chlorella vulgaris* өсу динамикасы

Несепнәр және темір нанобөлшектері бар қоректік орталарда хлорелла өсу динамикасы 4-суретте көрсетілген. Оптикалық тығыздықтың да, жасушалар санының да ең үлкен өсуі Богданов ортасында байқалады. Бұл Богдановтың қоректік ортасындағы темірдің жоғары тұрақтылығы мен қолжетімділігіне байланысты болуы мүмкін. Несепнәр азот көзі бола отырып, фотосинтетикалық белсенділікті қосымша ынталандырады.

BG-11 ортасы жасушалардың өсуін 3 күнге дейін көрсетеді. Тамийя ортасы жасуша массасының ең аз өсуін көрсетті. BG-11 және Тамийя ортасындағы темір нанобөлшектері

ортаның басқа компоненттерімен ішінара байланысуы мүмкін, бұл оның биожегімділігін төмендетеді және жасушалардың өсуін шектейді.



Сурет 4. Несепнәр және темір нанобөлшектерімен модификацияланған қоректік орталардағы *Chlorella vulgaris* өсу динамикасы

Тәжірибе барысында әртүрлі хлорелла өсіретін орталардағы хлорофиллдердің *a*, *b* құрамын салыстыру жүргізілді. Үш нұсқасы зерттелді: несепнәр қосылған Тамийя ортасы, темір NP және несепнәр қосылған модификацияланған Богданов ортасы және бақылау Богданов ортасы. Хлорофилл *a*-ң ең жоғары концентрациясы (31,1733 мг/л) несепнәр және темір нанобөлшектерін Богданов ортасына қосқанда байқалды. Бұл бақылау нұсқасының (Богданов қоректік ортасы) нәтижелерінен жоғары (29,3868 мг/л). Тамийяның несепнәрі бар ортасы аралық нәтиже көрсетті (30,1960 мг/л).

Хлорофилл *b* мөлшері айтарлықтай ауытқуларды көрсетті: ең жоғары концентрациясы несепнәрі бар Тамийя ортасында (49,9285 мг/л), ал ең азы темір және несепнәр нанобөлшектері қосылған Богданов ортасында (25,6565 мг/л) анықталды. Богданов бақылау ортасында 35,9630 мг/л көрсетті.

Несепнәр мен темір нанобөлшектерін енгізу хлорофилл *a* концентрациясының айтарлықтай артуына алып келді, бұл фотосинтетикалық белсенділіктің жоғарылауымен түсіндіріледі. Алайда модификацияланған ортада хлорофилл *b* мөлшері төмендегені байқалды. Бұл құбылыс фотосинтез үшін анағұрлым маңызды хлорофилл *a* синтезіне ресурстардың қайта бөлінуімен байланысты болуы мүмкін.

Ең жоғары жалпы хлорофилл мөлшері несепнәр қосылған Тамийя ортасында тіркелді (80,12 мг/л). Ал модификацияланған Богданов ортасы (56,82 мг/л) және бақылау нұсқасы (65,28 мг/л) төменгі көрсеткіштер берді. Темір нанобөлшектері мен несепнәрдің қосылуы хлорофилл *a* мөлшерін арттырғанымен, жалпы пигмент құрамының төмендеуіне алып келді. Бұл құбылыс метаболикалық белсенділіктің қайта бөлінуімен байланысты болуы мүмкін.

Шикі протеин мен азот құрамын зерттеу 1-кестеде берілген.

1-кесте. Өртүрлі қоректік орталарда өсірілген құрғақ хлорелла биомассасындағы шикі ақуыз және азот мөлшері.

BG-11		Богданов		Тамийя	
Бақылау					
ақуыз, %	жалпы азот, %	ақуыз, %	жалпы азот, %	ақуыз, %	жалпы азот, %
22	3	24	4	23	3,2
Несепнәр қосылған модификацияланған қоректік орталар					
16	2,2	47	7	17	2,7
Несепнәр және темір нанобөлшектері қосылған модификацияланған қоректік орталар					
24	3,2	42	6	27	4

Бақылау ортасы BG-11 ең төменгі ақуыз (22%) және азот (3%) мөлшерін көрсетті, мұны қосымша азот көздерінің және өсу стимуляторларының болмауымен түсіндіріледі. Богданов ортасы салыстырмалы түрде жоғары көрсеткіштерге ие болды (24% ақуыз және 4% азот), бұл жасушалық метаболизмді қолдайтын макро- және микроэлементтердің оңтайлы қатынасына байланысты болуы ықтимал. Богданов ортасына несепнәр енгізу нәтижесінде ақуыз (47%) және азот (%) мөлшерінің айтарлықтай артуы байқалды, бұл азоттың қолжетімділігінің жоғарылауымен және оның жасушалар тарапынан тиімді ассимиляциясымен түсіндіріледі. Ал Тамийя ортасына несепнәр қосу, керісінше, өсу деңгейінің төмендеуіне алып келді (ақуыз 17%, азот 2,7%). Мұндай құбылыс азот алмасуындағы шектеулермен немесе ортаның басқа компоненттерінің жеткіліксіз қолдауымен байланысты болуы мүмкін.

Құрамында несепнәрі бар орталарға темір нанобөлшектерін енгізу ақуыз бен азоттың құрамына оң ықпал етті. Несепнәр және темір нанобөлшектерімен модификацияланған Тамийя ортасында бақылау нұсқасымен салыстырғанда айтарлықтай жақсару байқалды: ақуыз мөлшері 17%-дан 27%-ға, ал азот мөлшері 2,7%-дан 4%-ға дейін артты. Бұл метаболикалық процестерді ынталандырудағы темір нанобөлшектерінің маңызды рөлін айғақтайды. Богданов ортасында темір нанобөлшектерін енгізу нәтижесінде ақуыз бен азот мөлшерінің өсуі де тіркелді, алайда ол нанобөлшектер қосылмаған нұсқамен салыстырғанда айтарлықтай аз болды (ақуыз 42%, азот 6%). Мұндай айырмашылық несепнәрмен модификацияланған ортаның азотты ассимиляциялауға бастапқыда жеткілікті дәрежеде оңтайландырылғандығымен түсіндіріледі, сондықтан темір нанобөлшектерінің қосымша әсері айқын байқалмады.

4 Қорытынды

Қоректік ортаның химиялық құрамын өзгерту *Chlorella vulgaris* өнімділігін арттырудың негізгі факторы болып табылады. Несепнәр мен темір нанобөлшектерін қосу

акуыз бен хлорофилдердің құрамын айтарлықтай арттырады. Бұл әдісті биотехнологиялық және агроөнеркәсіптік мақсатта микробалдырларды кең көлемде өсіруге ұсынуға болады.

Қаржыландыру: Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен, АР23488216 «Биологиялық белсенді заттарды жасау үшін биополимерлер мен нанобөлшектерді пайдалана отырып хлорелла өсіруді химиялық модификациялау технологиясын әзірлеу» грантымен жүзеге асырылды.

Әдебиеттер тізімі

1 Ильючик И.А., Никандров В.Н. Методические рекомендации по изучению биохимических свойств одноклеточных зеленых водорослей (на примере *Chlorella vulgaris*) / Министерство образования Республики Беларусь, УО "Полесский государственный университет". – Пинск: ПолесГУ, 2020. – 29 с.

2 Dragone G. Challenges and opportunities to increase economic feasibility and sustainability of mixotrophic cultivation of green microalgae of the genus *Chlorella* // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2022. – Т. 160. – № 112284. – DOI: 10.1016/j.rser.2022.112284.

3 Maltsev Y., Maltseva K., Kulikovskiy M., Maltseva S. Influence of Light Conditions on Microalgae Growth and Content of Lipids, Carotenoids, and Fatty Acid Composition // Biology (Basel). – 2021. – Т. 10, № 10. – С. 61–70. – DOI: 10.3390/biology10101060.

4 Богданова А., Флерова Е., Паюта А. Влияние условий культивирования на качественные и количественные показатели *Chlorella vulgaris* // *Chemistry of Plant Raw Material*. – 2019. – С. 293–304. – DOI:10.14258/jcprm.2019045130.

5 Дмитриевич Н.П. Спектрофотометрический контроль численности клеток водоросли *Chlorella vulgaris* (Beijerinck) // Современные задачи и перспективные направления инновационного развития науки: сборник статей Международной научно-практической конференции «Современные задачи и перспективные направления инновационного развития науки», состоявшейся 02 ноября 2022 г. в г. Волгоград. – Волгоград: Издательство [OMEGA SCIENCE], 2022. – 19 с.

6 Junhui Chen, Xiaoli Jiang, Dong Wei. Effects of urea on cell growth and physiological response in pigment biosynthesis in mixotrophic *Chromochloris zofingiensis* // *Journal of Applied Phycology*. – 2020. - Volume 32. - Number 3. - Page 1607.

7 Плутахин Г.А., Мачнева Н.Л, Трохимчук Н.Н. Интенсификация культивирования хлореллы с использованием наночастиц железа // *Научный журнал КубГАУ*. – 2017. - № 126(02). DOI: 10.21515/1990-4665-126-054.

8 ГОСТ Р 54496-2011. Вода. Определение токсичности с использованием зеленых пресноводных одноклеточных водорослей. – М.: Стандартинформ, 2012. – 20 с.

9 Ильющик И. А., Никандров, В. Н. Динамика фотосинтетических пигментов в культуре водоросли *Chlorella vulgaris* штамма С 111 IBCE С-19 при росте на питательной среде с добавлением хлорида марганца // *Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. біял. навук.* – 2020. – Т. 65, № 3. – С. 299–309. – DOI: <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-3-299-309>.

10 Ильющик И.А., Никандров В.Н. Методические рекомендации по изучению биохимических свойств одноклеточных зеленых водорослей (на примере *Chlorella vulgaris*). – Пинск: ПолесГУ, 2020. – 29 с.

11 Khairunnisa K., Khairunnisa K., Hartati R., Widowati I. Chlorophyll Content of *Chlorella vulgaris* (Beijerinck, 1890) on Different Light Intensity // *Buletin Oseanografi Marina.* – 2024. – Vol. 13. – No. 1. – P. 107–112. – DOI: 10.14710/buloma.v13i1.59218.

12 ГОСТ 13496.4-93 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. – М.: Стандартиформ, 2011. – 15 с.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТ

1 Жанар Журсиновна Нуртазина – 3 курс докторанты, Семей қаласының Шәкәрім Университеті, 071412, Семей, Қазақстан, e-mail: nurtazina830912@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4315-3731.

2 Жанар Сайлаубековна Касымова – биология ғылымдарының кандидаты, доцент, Семей қаласының Шәкәрім Университеті, 071412, Семей, Қазақстан, e-mail: kasymovaz@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4971-6638.

3 Лазыят Каметаевна Оразжанова – химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Семей қаласының Шәкәрім Университеті, 071412, Семей, Қазақстан, e-mail: lazzyat.orazghanova.70@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7881-0589.

4 Кульбану Кабдулкаримовна Кабдулкаримова – химия ғылымдарының кандидаты, доцент, 071412, Астана, Қазақстан, e-mail: gk2107@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0475-9906 .

4 Богуслава Леска – химия кафедрасының профессоры, А. Мицкевич атындағы Познань мемлекеттік университеті, Познань, Польша, e-mail: bogunial@amu.edu.pl, ORCID: 0000-0002-9504-5265

Жиберілді: 28.02.2025

Өзгертілді: 13.03.2025

Қабылданды: 28.03.2025

INFLUENCE OF CULTIVATION CONDITIONS OF *CHLORELLA VULGARIS* ON BIOMASS AND BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS CONTENT

Zh. Nurtazina^{1*}, Zh. Kassymova¹, L. Orazzhanova¹, K. Kabdulkarimova¹, B.Leska²

¹Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan

²Adam Mickiewicz University in Poznań, Faculty of Chemistry, Poznań, Poland

*nurtazina830912@gmail.com

ANNOTATION

Chlorella vulgaris is a widely used object of research in chemistry and ecology due to its high content of protein, pigments and other biologically active substances. A crucial aspect of successful cultivation is the chemical modification of nutrient media aimed at improving cell metabolism and increasing productivity. The aim of this study is to investigate the impact of chemical modification of Tamiya, Bogdanov, and BG-11 nutrient media on the growth, biomass, and chemical composition of *Chlorella vulgaris*, as well as to evaluate the effectiveness of urea and iron nanoparticles in enhancing biomass and microalgae growth. During the study of the physical parameters of cultivation, it was determined that the optimal growth of microalgae occurred at a temperature of $28\pm 2^\circ\text{C}$, a light phase of 16 hours followed by an 8-hour dark period, humidity of 29–31%, and a CO₂ concentration supply of 0.03%. The influence of the chemical composition of different nutrient media showed that the Bogdanov medium was optimal for achieving maximum growth and biomass of *Chlorella*. When modifying the nutrient medium, the optimal urea dosage was found to be 5 g/L for obtaining protein biomass. The optimal concentrations and ratios of components for increasing *Chlorella* biomass were determined to be $33,7\times 10^{-3}$ M FeCl₃×6H₂O:0,15% chitosan.

CHLORELLA VULGARIS, NUTRIENT MEDIUM, CHLOROPHYLL

AUTHOR INFORMATION

1 Zhanar Zhursinovna Nurtazina – PhD student at Shakarim University of Semey, 071412, Semey, Kazakhstan, e-mail: nurtazina830912@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4315-3731.

2 Zhanar Saylaubekovna Kassymova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at Shakarim University of Semey, 071412, Semey, Kazakhstan, e-mail: kassymova-z@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4971-6638.

3 Lazzyat Kametaevna Orazzhanova – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at Shakarim University of Semey, 071412, Semey, Kazakhstan, e-mail: lazzyat.orazzhanova.70@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7881-0589.

4 Kabdulkarimova Kulbanu Kabdulkarimovna - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, e-mail: gk2107@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0475-9906.

5 Bogusława Łęska – Adam Mickiewicz University in Poznań, Faculty of Chemistry, Umultowska 89b, 61-614 Poznań, Poland, email: boguslawa.leska@amu.edu.pl, ORCID: 0000-0002-9504-5265.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *CHLORELLA VULGARIS* НА БИОМАССУ И СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Ж.Ж. Нуртазина^{1*}, Ж.С. Касымова¹, Л.К. Оразжанова¹, К.К. Кабдулкаримова¹,
Б. Леска²

¹Университет имени Шакарима г. Семей, Семей, Казахстан

²Adam Mickiewicz University in Poznań, Faculty of Chemistry, Poznań, Poland

*nurtazina830912@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Chlorella vulgaris благодаря высокому содержанию белка, пигментов и других биологически активных веществ является широко применяемым объектом исследования в химии и экологии. Важнейшим аспектом успешного культивирования является химическая модификация питательных сред, направленная на улучшение метаболизма клеток и повышение продуктивности. Целью исследования является изучение влияния химической модификации питательных сред Тамийя, Богданова и BG-11 на рост, биомассу и химический состав *Chlorella vulgaris*, а также оценка эффективности добавления мочевины и наночастиц железа для увеличения биомассы и роста микроводоросли. При исследовании физических параметров культивирования было определено, что наилучший рост микроводоросли осуществлялся при температуре $28 \pm 2^\circ\text{C}$, световой фазе 16 часов и в темный период 8 часов, влажности 29-31%, подача концентрации CO_2 0,03%. Влияние химического состава различных питательных сред показал, что среда Богданова является оптимальной для получения максимального роста и биомассы хлореллы. При модифицировании питательной среды оптимальная доза мочевины составила 5/л для получения белковой биомассы. Оптимальные концентрации и соотношения композиций для повышения биомассы хлореллы составили $3,7 \times 10^{-3}$ М $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$:0,15% хитозан. Установлено положительное влияние оптимальных физико-химических параметров модификации культивирования хлореллы на состав биологически активных веществ: сырой протеин $43 \pm 2\%$, хлорофилл *a* $29,39 \pm 0,33$ мг/г, хлорофилл *b* $35,96 \pm 0,15$ мг/г.

CHLORELLA VULGARIS, ПИТАТЕЛЬНАЯ СРЕДА, ХЛОРОФИЛЛ.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Жанар Журсиновна Нуртазина – докторант 3 курса, Университет Шакарима города Семей, 071412, Семей, Казахстан, e-mail: nurtazina830912@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4315-3731.

2 Жанар Сайлаубековна Касымова – кандидат биологических наук, доцент, Университет Шакарима города Семей, 071412, Семей, Казахстан, e-mail: kasymova-z@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4971-6638.

3 Лаззят Каметаевна Оразжанова – кандидат химических наук, ассоциированный профессор Университет Шакарима города Семей, 071412, Семей, Казахстан, e-mail: lazzyat.ozazzhanova.70@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7881-0589.

4 Кульбану Кабдулкаримовна Кабдулкаримова – кандидат химических наук, доцент, 071412, Астана, Казахстан, e-mail: gk2107@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0475-9906.

5 Богуслава Леска – профессор кафедры химии, Познаньский государственный университет им. А. Мицкевича, Познань, Польша, e-mail: bogunial@amu.edu.pl, ORCID: 0000-0002-9504-5265.