

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

ISSN: 2224-5286 (Print)
ISSN: 2518-1491 (Online)

**№3
2025**

ISSN 2518-1491 (Online),
ISSN 2224-5286 (Print)



ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

3 (464)

July – September 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY

1947 PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, President of NAS RK RPA, general director of JSC "D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Editorial board:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the International Scientific and Production Holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

AGABEKOV Vladimir Enokovich (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

STRNAD Miroslav, head of the laboratory of the Institute of Experimental Botany of the Czech Academy of Sciences, professor (Olomouc, Czech Republic) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

BURKITBAYEV Mukhambetkali, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

HOHMANN Judith, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, University of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

ROSS Samir, Ph.D, professor, school of Pharmacy, National Center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D, pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, Ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine, faculty of Oriental medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

FAZYLOV Serik Drakhmetovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director of the Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry (Karaganda, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

KHALIKOV Jurabay Khalikovich, doctor of chemistry, professor, academician of the Academy of Sciences of Tajikistan, V.I. Nikitin Institute of Chemistry AS RT (Tajikistan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

FARZALIEV Vagif Medzhid ogly, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

GARELIK Hemda, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan № **KZ23VPY00121156**, issued 05.06.2025

Thematic scope: *organic chemistry, inorganic chemistry, catalysis, electrochemistry and corrosion, pharmaceutical chemistry and technology.*

Periodicity: 4 times a year.

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© «Central Asian Academic Research Center» LLP, 2025

Editorial address: JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis and electrochemistry», 142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, РБҚ ҚР ҰҒА президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мирослав, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джулит, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, философия докторы (PhD, фармацевт), Реддинг университетінің профессоры (Реддинг, Англия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдард университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы, химия ғылымдарының докторы, профессор, Кыргызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Кыргызстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы, химия ғылымдарының докторы, профессор, АҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 05.06.2025 ж. берілген № KZ23VPY00121156 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *органикалық химия, бейорганикалық химия, катализ, электрохимия және коррозия, фармацевтикалық химия және технологиялар.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС, 2025

Редакцияның мекенжайы: 050100, Алматы қ., Қонаев к-сі, 142, «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институты» АҚ, каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail:orgcat@nursat.kz

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент РОО Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мiroслав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джудит, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛЫТАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Ахсана Дар, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серик Драгметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джарабай Халикович, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ23VPY00121156, выданное 05.06.2025 г.

Тематическая направленность: *органическая химия, неорганическая химия, катализ, электрохимия и коррозия, фармацевтическая химия и технологии.*

Периодичность: 4 раз в год.

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2025

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

CONTENTS

A.D. Alakhunova, L.E. Agibayeva, R.A. Mangazbayeva Obtaining of methylcellulose-based hydrogels using radiation treatment method.....	11
A.P. Auyeshov, K.T. Arynov, Ch.Z. Yeskibayeva Resource and economic efficiency of serpentinite waste utilization for the production of inorganic magnesium compounds.....	29
S. Duzelbayeva, B. Imangaliyeva, A. Aldiyarova, N. Sovet, B. Bakhtiyarov Production of biopolymer from starch as an alternative to artificial polymer and study of its biodegradable properties.....	41
G.D. Jetpisbayeva, B.K. Massalimova, V.A. Sadykov, A. Darmenbayeva, G.B. Aubakirova The influence of production methods on the selectivity and stability of Co-containing catalysts for Fischer-Tropsch synthesis.....	64
B.K. Kenzhaliyev, A.K. Koizhanova, T.Yu. Surkova, Z.D. Dosymbayeva, D.M. Yessimova Investigation of the modes and parameters of gold leaching from man-made raw materials.....	75
M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, L.M. Kalimoldina, S.O. Abilkasova Synthesis and sorption properties of new selective sorbents based on crown ethers...	92
E. Kairatuly, E.K. Assembayeva, A.Zh Bozhbanov, D.E. Nurmukhanbetova, E.Zh. Gabdullina Evaluation of physicochemical indicators of combined fermented milk products....	102
A.B. Kuandykova, B.Zh. Dzhiembaev, N.I. Akylbekov, A.B. Dobrynin Molecular and crystal structures of 4-dimethoxyphosphoryltetrahydropyran (thiopyran)-4-ol.....	115
R.M. Kudaibergenova, S.A. Orynbayev, E.A. Baibazarova, K.B. Bulekbayeva, G.A. Seitbekova Technological pathways for sustainable wastewater treatment.....	127
G.M. Madybekova, A.B. Issayeva, B.Zh. Mutaliyeva, S.S. Bitursyn Physicochemical properties of microcapsules based on natural polymers containing probiotic microorganisms.....	140
M.M. Mataev, Z.B. Sarsenbayeva, M.A. Nurbekova, M.R. Abdraimova, K.Zh. Seitbekova Synthesis and morphological analysis of $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3\text{-In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$ composite.....	155

Z. Muldakhmetov, S. Fazylov, O. Nurkenov, Zh. Akhmetkarimova, O. Seilkhanov Synthesis and properties of new naphthyl-containing thiosemicarbazides and thioureas.....	166
U. Nazarbek, P. Abdurazova, G. Kambarova, Y. Raiymbekov Machine learning-based prediction of temperature-driven solubility changes in aqueous salt solutions.....	184
R.S. Orazbekova, S.A. Tungatarova, A.E. Tolembek, A.O. Aidarova, M.K. Yerkibaeva Catalytic processing of renewable raw materials into hydrogen-containing fuel mixtures.....	194
S.K. Rakhimova, R.I. Jalmakhanbetova, G.K. Mukusheva, A.A. Asylbekova, Zh. Zh. Zhumagaliyeva Spectroscopic analysis of methanol extract of <i>Ziziphora bungeana</i> Juz. and study of its antibacterial activity.....	207
R.K. Rakhmetullaeva, B. Khavilkhairat, N.B. Sarova, G.O. Rvaidarova, A.N. Nurlybayeva Copolymers based on acrylic acid for water purification from heavy metal ions.....	219
A.N. Sabitova, Zh.S. Kassymova, R.E. Mukiyanova, B.B. Bayahmetova, N.N. Nurgaliev Investigation of the effectiveness of metallurgical slags in fertilizer production.....	233
E.T. Talgatov, D.A. Bibatyrova, A.A. Naizabaev, S.A. Kuttybayeva, A.Z. Abilmagzhanov Selective hydrogenation of phenylacetylene over polymer-modified Pd catalysts immobilized on inorganic supports.....	243
S. Tyanakh, T.O. Khamitova, A.P. Nauanova, D.M. Kereevna, A.S. Darmenbayeva Study of the properties of humic acids synthesized from brown coal of the Kuznetsk and the Kumuskuduk deposits.....	255
A.A. Turgunbaeva, G.N. Gemejiyeva, N.A. Sultanova Investigation of the chemical composition of the chloroform extract of <i>Rheum Tataricum</i> L. f. By gas-chromatography.....	275

МАЗМҰНЫ

Ә.Д. Алахунова, Л.Ә. Агибаева, Р.А. Мангазбаева

Метилцеллюлоза негізінде гидрогельдерді радиациялық өңдеу әдісімен алу.....11

А.П. Ауешов, К.Т. Арынов, Ч.З. Ескибаева

Магнийдің бейорганикалық қосылыстарын алу мақсатында серпентинитті қайта өңдеудің ресурстық және экономикалық тиімділігі.....29

С. Дузелбаева, Б. Иманғалиева, А. Алдиярова, Н. Совет, Б. Бақтияров

Жасанды полимерге балама ретінде крахмалдан биополимер алу және оның биобдырау қасиеттерін зерттеу.....41

Г.Д. Джетписбаева, Б.К. Масалимова, В.А. Садыков, А. Дарменбаева, Г.Б. Аубакирова

Фишер-Тропш синтезінің Со-құрамды катализаторларының талғамдылығы мен тұрақтылығына дайындау әдістерінің әсері.....64

Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжанова, Т.Ю. Суркова, З.Д. Досымбаева, Д.М. Есимова

Техногендік шикізаттан алтынды сілтілеудің режимдері мен параметрлерін зерттеу.....75

М.Қ. Құрманалиев, Ж.Е. Шаихова, Л.М. Калимолдина, С.О. Әбілқасова

Краун-эфирлер негізіндегі жаңа талғамды сорбенттердің синтезі мен сорбциялық қасиеттері.....92

Е. Қайратұлы, Э. К. Асембаева, А.Ж. Божбанов, Д.Е. Нурмуханбетова, Е.Ж. Габдуллина

Құрамдастырылған сүтқышқылды өнімдердің физика-химиялық көрсеткіштерін бағалау.....102

А.Б. Қуандықова, Б.Ж. Джиембаев, Н.И. Акылбеков, А.Б. Добрынин

4-Диметоксифосфорилтетрагидропиран(тиопиран)-4-олдардың молекулалық және кристалдық құрылымдары.....115

Р.М. Құдайбергенова, С.А. Орынбаев, Е.А. Байбазарова, Қ.Б. Бөлекбаева, Г.А. Сейтбекова

Ағынды суларды тұрақты тазартудың технологиялық жолдары.....127

Г.М. Мадыбекова, А.Б. Исаева, Б.Ж. Муталиева, С.С. Битурсын

Табиғи полимерлер негізіндегі, пробиотикалық микроорганизмдер қамтылған микрокапсулалардың физика-химиялық қасиеттері.....140

М.М. Матаев, З.Б. Сарсенбаева, М.А. Нурбекова, М.Р. Абдраимова, К.Ж. Сейтбекова $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3\text{-IN}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$ композитінің синтезі және морфологиялық талдауы.....	155
З. Молдахметов, С. Фазылов, О. Нүркенов, Ж. Ахметкәрімова, О. Сейілханов Жаңа нафтилді тиосемикарбазидтер мен тиомочевиналардың синтезі мен қасиеттері.....	166
У. Назарбек, П. Абдуразова, Ғ. Қамбарова, Е. Райымбеков Сулы ерітінділердегі тұздардың ерігіштігінің температуралық өзгерістерін машиналық оқыту әдістерімен болжау.....	184
Р.С. Оразбекова, С.А. Тунгатарова, А.Е. Төлембек, А.О. Айдарова, М.Қ. Еркібаева Жаңартылатын шикізатты құрамында сутегі бар отын қоспаларына дейін каталитикалық өңдеу.....	194
С.Қ. Рахимова, Р.И. Джалмаханбетова, Г.К. Мукушева, А.А. Асылбекова, Ж.Ж. Жумағалиева <i>Ziziphora Bungeana</i> Juz. метанолды сығындысын спектроскопиялық талдау және оның бактерияға қарсы белсенділігін зерттеу.....	207
Р.Қ. Рахметұллаева, Б. Хавилхайрат, Н.Б. Сарова, Г.О. Рвайдарова, А.Н. Нурлыбаева Ауыр металл иондарынан су тазалауға арналған акрил қышқылы негізіндегі сополимерлер.....	219
А.Н. Сабитова, Ж.С. Касымова, Р.Е. Мукиянова, Б.Б. Баяхметова, Н.Н. Нургалиев Тыңайтқыштар өндірісіндегі металлургиялық шлактардың тиімділігін зерттеу.....	233
Э.Т. Талғатов, Д.А. Бибатырова, А.А. Найзабаев, Ш.Ә. Құттыбаева, А.З. Абильмагжанов Бейорганикалық тіректерде иммобилизацияланған полимермен модификацияланған PD катализаторлары бойынша фенилацетиленді селективті гидрогенизациялау.....	243
С. Тянах, Т.О. Хамитова, А.П. Науанова, Д.М. -Кереевна, А.С. Дарменбаева Кузнецк және Күмісқұдық қоңыр көмірінен синтезделіп алынатын гумин қышқылдарының қасиеттерін зерттеу.....	255
А.А. Тургунбаева, Н.Г. Гемеджиева, Н.А. Султанова <i>Rheum Tataricum L. f.</i> өсімдігінің хлороформ сығындысының химиялық құрамын газ хроматография әдісімен зерттеу.....	275

СОДЕРЖАНИЕ

A.D. Alakhunova, L.E. Agibayeva, R.A. Mangazbayeva Получение гидрогелей на основе метилцеллюлозы методом радиационной обработки.....	11
A.P. Auyeshov, K.T. Arynov, Ch.Z. Yeskibayeva Ресурсная и экономическая эффективность утилизации отходов серпентинита для производства неорганических соединений магния.....	29
S. Duzelbayeva, B. Imangaliyeva, A. Aldiyarova, N. Sovet, B. Bakhtiyarov Получение биополимера из крахмала как альтернатива искусственному полимеру и исследование его биоразлагаемых свойств.....	41
G.D. Jetpisbayeva, B.K. Massalimova, V.A. Sadykov, A. Darmenbayeva, G.B. Aubakirova Влияние методов получения на селективность и стабильность катализаторов, содержащих кобальт, для синтеза по Фишеру-Тропшу.....	64
B.K. Kenzhaliyev, A.K. Koizhanova, T.Yu. Surkova, Z.D. Dosymbayeva, D.M. Yessimova Исследование режимов и параметров выщелачивания золота из техногенного сырья.....	75
M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, L.M. Kalimoldina, S.O. Abilkasova Синтез и сорбционные свойства новых селективных сорбентов на основе краун-эфиров.....	92
E. Kairatuly, E.K. Assembayeva, A.Zh. Bozhbanov, D.E. Nurmukhanbetova, E.Zh. Gabdullina Оценка физико-химических показателей комбинированных кисломолочных продуктов.....	102
A.B. Kuandykova, B.Zh. Dzhiembaev, N.I. Akylbekov, A.B. Dobrynin Молекулярные и кристаллические структуры 4-диметоксифосфорилтетрагидропиран(тиопиран)-4-ола.....	115
R.M. Kudaibergenova, S.A. Orynbayev, E.A. Baibazarova, K.B. Bulekbayeva, G.A. Seitbekova Технологические пути устойчивой очистки сточных вод.....	127
G.M. Madybekova, A.B. Issayeva, B.Zh. Mutaliyeva, S.S. Bitursyn Физико-химические свойства микрокапсул на основе природных полимеров, содержащих пробиотические микроорганизмы.....	140

M.M. Mataev, Z.B. Sarsenbayeva, M.A. Nurbekova, M.R. Abdraimova, K.Zh. Seitbekova Синтез и морфологический анализ композита Fe _{0.84} Mn _{1.12} O ₃ -In _{0.12} Fe _{1.88} O ₃	155
Z. Muldakhmetov, S. Fazylov, O. Nurkenov, Zh. Akhmetkarimova, O. Seilkhanov Синтез и свойства новых нафтилилсодержащих тиосемикарбазидов и тиомочевин.....	166
U. Nazarbek, P. Abdurazova, G. Kambarova, Y. Raiymbekov Прогнозирование изменений растворимости солей в воде в зависимости от температуры с использованием машинного обучения.....	184
R.S. Orazbekova, S.A. Tungatarova, A.E. Tolembek, A.O. Aidarova, M.K. Yerkibaeva Каталитическая переработка возобновляемого сырья в водородсодержащие топливные смеси.....	194
S.K. Rakhimova, R.I. Jalmakhanbetova, G.K. Mukusheva, A.A. Asylbekova, Zh. Zh. Zhumagaliyeva Спектроскопический анализ метанольного экстракта <i>Ziziphora bungeana</i> Juz. и исследование его антибактериальной активности.....	207
R.K. Rakhmetullaeva, B. Khavilkhairat, N.B. Sarova, G.O. Rvaidarova, A.N. Nurlybayeva Кополимеры на основе акриловой кислоты для очистки воды от ионов тяжёлых металлов.....	219
A.N. Sabitova, Zh.S. Kassymova, R.E. Mukiyanova, B.B. Bayahmetova, N.N. Nurgaliev Исследование эффективности металлургических шлаков при производстве удобрений.....	233
E.T. Talgatov, D.A. Bibatyrova, A.A. Naizabaev, S.A. Kuttybayeva, A.Z. Abilmagzhanov Селективное гидрирование фенилэтина на модифицированных полимерами PD-катализаторах, иммобилизованных на неорганических носителях.....	243
S. Tyanakh, T.O. Khamitova, A.P. Nauanova, D.M. Kereevna, A.S. Darmenbayeva Исследование свойств гуминовых кислот, синтезированных из бурого угля Кузнецкого и Кумускудукского месторождений.....	255
A.A. Turgunbaeva, G.N. Gemejiyeva, N.A. Sultanova Исследование химического состава хлороформного экстракта <i>Rheum</i> <i>Tataricum</i> L. f. методом газовой хроматографии.....	275

© **S. Duzelbayeva, B. Imangaliyeva*, A. Aldiyarova, N. Sovet,
B. Baktiyarov, 2025.**

Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan.

E-mail: nur_b_70@mail.ru

PRODUCTION OF BIOPOLYMER FROM STARCH AS AN ALTERNATIVE TO ARTIFICIAL POLYMER AND STUDY OF ITS BIODEGRADABLE PROPERTIES

Samal Duzelbayeva — K. Zhubanov Aktobe Regional State University, master of petrochemistry, Aktobe, Kazakhstan,

E-mail: samal_25_78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3752-8119>;

Bazarkhan Imangaliyeva — K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, Aktobe, Kazakhstan,

E-mail: nur_70_@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3121-3135>;

Amina.Aldiyarova — K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Master of Educational Sciences Aktobe, Kazakhstan,

E-mail: amina.aldiyarova.02@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-1663-6302>;

Nuray Sovet — K. Zhubanov Aktobe Regional State University, student, Aktobe, Kazakhstan,

E-mail: sovetnurai2006@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-7763-6559>;

Baktiyarov Beket — K. Zhubanov Aktobe Regional State University, student, Aktobe, Kazakhstan,

E-mail: sduzelbayeva@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9360-818X>.

Abstract. Artificial polymers are widely used, but their slow decomposition causes environmental pollution and health risks. This increases the demand for eco-friendly alternatives. Starch-based biopolymers, derived from renewable raw materials, are biodegradable, cheaper, and environmentally safe. Studying their structure, properties, strength, and degradation rate helps improve quality and expand applications. Their production supports environmental protection, domestic industry, reduced imports, and public health. Thus, starch-based biopolymers are a highly relevant field aligned with sustainable development and the green economy. This scientific study is aimed at a comprehensive investigation of the production and physicochemical properties of starch-based bioplastics. The work examines the main types of bioplastics, their production technologies, as well as their impact on the environment. In addition, the advantages and limitations of starch-derived polymeric materials are analyzed, along with the specific features of using potato starch in the production of biopolymers. The second part of the research addresses key factors influencing the synthesis of bioplastic, including the molecular structure of starch, the effect of plasticizers on physical properties, and methods for enhancing the mechanical strength of the material. The experimental section presents a methodology for obtaining bioplastic from potato

starch and investigates parameters such as moisture absorption and water resistance of the resulting samples. The results confirm the environmental safety of starch-based biopolymers and their potential for biodegradation in natural conditions.

Keywords: starch, biopolymer production, plasticiser, glycerol, study of biodegradation properties

© С. Дузелбаева, Б. Имангалиева*, А. Алдиярова, Н. Совет,
Б. Бақтияров, 2025.

Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан.

E-mail: nur_b_70@mail.ru

ЖАСАНДЫ ПОЛИМЕРГЕ БАЛАМА РЕТІНДЕ КРАХМАЛДАН БИОПОЛИМЕР АЛУ ЖӘНЕ ОНЫҢ БИОЫДЫРАУ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Самал Дузелбаева — Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, мұнайхимия магистрі, аға оқытушы, Ақтөбе, Қазақстан,

E-mail: samal_25_78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3752-8119>;

Базархан Имангалиева — Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, педагогика ғылымдарының кандидаты, профессор, Ақтөбе, Қазақстан,

E-mail: nur_b_70@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3121-3135>;

Амина Алдиярова — Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, педагогика ғылымдарының магистрі, Ақтөбе, Қазақстан,

E-mail: amina.aldiyarova.02@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-1663-6302>;

Совет Нұрай — Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университетінің студенті, Ақтөбе, Қазақстан,

E-mail: sovetnurai2006@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-7763-6559>;

Бақтияров Бекет — Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, студент, Ақтөбе, Қазақстан, E-mail: sduzelbayeva@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9360-818X>.

Аннотация. Қазіргі уақытта жасанды полимерлер күнделікті тұрмыста, өндірісте кең қолданылады. Алайда олардың табиғи ортада өте баяу ыдырауы ғаламдық экологиялық дағдарыстарға, топырақтың, судың, ауаның ластануына және тірі ағзалардың денсаулығына қауіп төндіреді. Сондықтан балама экологиялық таза материалдарға деген сұраныс артуда. Крахмал негізіндегі биополимерлер табиғи, жаңартылатын шикізаттан алынатындықтан, экологиялық тұрғыдан қауіпсіз, арзанырақ және биологиялық ыдырауға қабілетті. Крахмалдан алынған биополимерлердің құрылымдық және физика-химиялық қасиеттерін, олардың беріктігі мен ыдырау жылдамдығын зерттеу жаңа биоматериалдардың сапасын арттыруға және қолдану аясын кеңейтуге мүмкіндік береді. Экологиялық қауіпсіз биополимерлерді өндіру қоршаған ортаны қорғауға ғана емес, сонымен қатар Отандық өндірісті дамытуға, импортты азайтуға және халықтың денсаулығын қорғауға ықпал етеді. Жасанды полимерлердің орнына крахмал негізінде алынған биополимерлерді зерттеу - экологияны қорғау, тұрақты даму және жасыл экономика талаптарына сәйкес келетін, қазіргі замандағы ең өзекті ғылыми-тәжірибелік бағыттардың бірі. Ғылыми зерттеу крахмал негізіндегі биопластиктердің өндірісі мен физикалық-химиялық қасиеттерін кешенді түрде зерделеуге бағытталған.

Жұмыста биопластиктердің негізгі түрлері, оларды өндіру технологиялары және қоршаған ортаға тигізетін әсері сипатталады. Сонымен қатар, крахмалдан алынған полимерлік материалдардың артықшылықтары мен шектеулері, сондай-ақ картоп крахмалының биополимер өндірісіндегі қолдану ерекшеліктері талданады. Зерттеу құрылымының екінші бөлімінде биопластик синтезіне әсер ететін негізгі факторлар, атап айтқанда, крахмалдың молекулалық құрылымы, пластификаторлардың физикалық қасиеттерге ықпалы және материалдың механикалық беріктігін арттыру тәсілдері қарастырылады. Тәжірибелік бөлімде картоп крахмалынан биопластик алу әдістемесі ұсынылып, алынған үлгілердің ылғал сіңіргіштік, суға төзімділік сияқты сипаттамалары зерттеледі. Алынған нәтижелер крахмал негізіндегі биополимерлердің экологиялық қауіпсіздігі мен табиғи жағдайда ыдырауға бейімділігін дәлелдейді.

Түйін сөздер: крахмал, биополимер алу, пластификатор, глицерин, биоыдырау қасиеттерін зерттеу

© С. Дузелбаева, Б. Имангалиева*, И. Нурлыбаев, Н. Совет,
Б. Бактияров, 2025.

Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова,

Актобе, Казахстан.

E-mail: nur_b_70@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ БИОПОЛИМЕРА ИЗ КРАХМАЛА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ ИСКУССТВЕННОМУ ПОЛИМЕРУ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО БИОРАЗЛАГАЮЩИХ СВОЙСТВ

Самал Дузелбаева — Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, магистр нефтехимии, старший преподаватель, Актобе, Казахстан,

E-mail: samal_25_78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3752-8119>;

Базархан Имангалиева — Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, кандидат педагогических наук, профессор, Актобе, Казахстан,

E-mail: nur_70_@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3121-3135>;

Амина Алдиярова — Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, магистр педагогических наук, Актобе, Казахстан,

E-mail: amina.aldiyarova.02@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-1663-6302>;

Совет Нурай — Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, студент, Актобе, Казахстан,

E-mail: sovetsnurai2006@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-7763-6559>;

Бактияров Бекет — Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, студент, Актобе, Казахстан,

E-mail: sduzelbayeva@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9360-818X>

Аннотация. В настоящее время искусственные полимеры широко используются в быту, в производстве. Однако их очень медленное разложение в естественной среде угрожает глобальным экологическим кризисам, загрязнению почвы, воды, воздуха и здоровью живых организмов. Поэтому растет спрос на альтернативные экологически чистые материалы. Биополимеры на основе крахмала получают из натурального возобновляемого сырья, они экологически

безопасны, дешевле и способны к биологическому разложению. Изучение структурных и физико-химических свойств биополимеров, полученных из крахмала, их прочности и скорости разложения позволяет повысить качество и расширить сферу применения новых биоматериалов. Производство экологически безопасных биополимеров способствует не только охране окружающей среды, развитию отечественного производства, сокращению импорта и охране здоровья населения. Изучение биополимеров, полученных на основе крахмала вместо искусственных полимеров - одно из наиболее актуальных научно-практических направлений современности, отвечающее требованиям защиты экологии, устойчивого развития и зеленой экономики. Научное исследование направлено на всестороннее изучение производства и физико-химических свойств биопластиков на основе крахмала. В работе рассматриваются основные типы биопластиков, технологии их получения, а также влияние на окружающую среду. Анализируются преимущества и ограничения полимерных материалов, полученных из крахмала, а также особенности использования картофельного крахмала в производстве биополимеров. Во второй части исследования рассматриваются ключевые факторы, влияющие на синтез биопластика, в том числе молекулярная структура крахмала, влияние пластификаторов на физические свойства и методы повышения механической прочности материала. В экспериментальном разделе представлена методика получения биопластика из картофельного крахмала, а также исследуются такие параметры, как влагоемкость и водостойкость полученных образцов. Полученные результаты подтверждают экологическую безопасность биополимеров на основе крахмала и их способность к биоразложению в природной среде.

Ключевые слова: крахмал, получение биополимера, пластификатор, глицерин, исследование биоразлагающих свойств

Кіріспе. Қазіргі таңда пластик қалдықтарының қоршаған ортаға тигізетін зияны күннен-күнге артып келеді. Мұнай негізіндегі пластиктер табиғи ортада ұзақ уақыт ыдырамайды, бұл экологиялық проблемалардың, соның ішінде топырақ пен су көздерінің ластануының, жануарлардың өлімі мен климат өзгерісінің негізгі себептерінің бірі болып табылады. Осыған байланысты, экологиялық таза және ыдырайтын балама материалдарды әзірлеу маңызды мәселеге айналып отыр. Биопластиктер – жаңартылатын биологиялық ресурстардан алынатын және табиғи ортада ыдырай алатын экологиялық таза материалдар. Олардың ішінде крахмал негізіндегі биопластиктер ерекше орын алады. Крахмал – өсімдіктерден алынатын табиғи полисахарид, ол биоыдырайтын қасиетке ие және экологиялық таза шикізат көзі болып табылады. Оны қолдану қоршаған ортаға зиян келтірмейді және ол қайта өңдеуге жарамды. Жасанды пластиктердің көпшілігі табиғатта мыңдаған жылдар бойы ыдырамайды, бұл экологиялық дағдарысты ушықтырады. Әсіресе, бір реттік пайдаланылатын пластик өнімдері қоршаған ортаға үлкен қауіп төндіреді. Пластмассалар табиғатқа түскенде тек топырақ пен су ресурстарына ғана зиян келтіріп қоймай, олар тіршілік иелерінің денсаулығына да теріс әсер етеді. Бұл мәселені шешу үшін экологиялық таза, биологиялық

тұрғыдан ыдырайтын материалдарға деген қажеттілік артуда. Крахмалды негізінде жасалатын биопластиктер осы мәселеге тиімді балама болып табылады.

Крахмалды негізіндегі биопластиктердің ерекшелігі – олардың биологиялық ыдырау қабілеті. Крахмал әлемде кеңінен таралған полисахарид болып табылады және оның қасиеттері пластик материалдарының өндірілуіне қолайлы. Қазіргі кезде крахмалды негізіндегі пластиктердің синтезі мен олардың қолданылу аясы жөнінде көптеген ғылыми зерттеулер жүргізілуде. Зерттеу жұмыстардың аясында крахмалды негізіндегі пластиктерді қолданудың экологиялық тиімділігі мен олардың физикалық, химиялық қасиеттері жан-жақты зерттеліп келеді. Крахмалды негізіндегі биопластиктерге деген қызығушылықтың артуы экологиялық мәселелерді шешуге бағытталған жаһандық шаралармен тығыз байланысты. Биопластиктер, оның ішінде крахмалды негізіндегі пластиктер, осы мәселелерді шешуге маңызды қадам болып табылады (Иванов, 2019).

Соңғы жылдары крахмалды негізіндегі биопластиктердің өндірісі мен қолданылуы жөнінде көптеген ғылыми зерттеулер мен тәжірибелер жүргізілді. Әсіресе, бұл материалдардың механикалық қасиеттері мен тұрақтылығын жақсарту бағытында түрлі технологиялар мен әдістер ұсынылды. Крахмалды негізіндегі биопластиктерді қолданудың тағы бір маңызды аспектісі – олардың азық-түлік қаптамасы, ауыл шаруашылығы, медицина және басқа да салаларда қолданылуы болып табылады.

Зерттеу жұмысының мақсаты – крахмал негізіндегі биопластиктердің синтезделу әдістерін зерттеу, олардың құрылымдық ерекшеліктерін және физика-химиялық қасиеттерін талдау. Зерттеу жұмысынан алынған биопластиктердің беріктігі, серпімділігі және ыдырау жылдамдығы секілді маңызды сипаттамаларын анықтау жоспарланған. Бұл зерттеу жұмысы биопластиктердің мүмкіндіктерін жан-жақты зерттеуге және оларды өндірісте кеңінен қолдану үшін практикалық негіз ұсынуға бағытталған.

Зерттеу нәтижесінде крахмал негізіндегі биопластиктің артықшылықтары мен кемшіліктері анықталып, оны тиімді пайдалану жолдары ұсынылады. Жоба экологиялық таза технологияларды дамытуға және пластик қалдықтарының азаюына үлес қосуды мақсат етеді.

Материалдар мен әдістер

Биопластик – табиғи шикізаттан алынатын және қоршаған ортада микроорганизмдердің әсерінен ыдырай алатын полимер материал. Оның негізгі шикізаттары – өсімдік крахмалы, целлюлоза, полилактид (PLA), полигидроксиалканоаттар (PHA) және басқа да биологиялық негіздегі полимерлер. Биопластик дәстүрлі мұнай негізіндегі пластмассаларға экологиялық балама ретінде қарастырылады, себебі оның өндірісі мен ыдырауы қоршаған ортаға аз зиян келтіреді. Биопластиктің басты артықшылығы – жаңартылатын ресурстардан алынатыны және табиғи жағдайда, арнайы жағдайсыз да, уақыт өте келе толық ыдырай алатын қасиеті.

Биопластик түрлері

Шығу тегі мен ыдырау қабілетіне байланысты биопластиктер келесі санаттарға бөлінеді:

1. Толықтай биологиялық ыдырайтын пластиктер – табиғи ортада толық ыдырайтын материалдар. Оларға крахмал негізіндегі пластиктер, PLA және PHA жатады.

2. Жаңартылатын шикізаттан жасалған, бірақ толық ыдырамайтын пластиктер – өсімдік шикізатынан алынғанымен, ыдырау процесі ұзақ уақыт алады. Бұған биополиэтилен (Bio-PE) және биополиэтилентерефталат (Bio-PET) жатады (Кузнецова, 2017).

Бүгінгі таңда биопластикке деген сұраныс әлем бойынша артып келеді. Бұл материалдың экологиялық артықшылықтары мен жаңартылатын ресурстардан алынуы оның болашақта кең көлемде қолданылуына жол ашады. Сонымен қатар, биопластиктердің құрамын жақсарту, механикалық қасиеттерін күшейту және өндіріс шығындарын азайту бағытында зерттеулер белсенді жүргізілуде.

Крахмал негізіндегі биопластик – экологиялық таза, жаңартылатын шикізаттан алынатын және биологиялық ыдырауға қабілетті полимер материалы. Бұл материал дәстүрлі мұнай-химия пластиктеріне балама ретінде қарастырылады және қоршаған ортаға тигізетін кері әсерді азайту мақсатында кеңінен зерттелуде. Алайда оның қолданылуын шектейтін белгілі бір кемшіліктері де бар (Мазитова, 2021).

Крахмал негізіндегі биопластиктің артықшылықтары

1. Экологиялық таза және биологиялық ыдырау қабілеті:

Крахмал – табиғи полисахарид болғандықтан, одан жасалған биопластик қоршаған ортада микроорганизмдердің әсерінен көмірқышқыл газы, су және биомассаға дейін толық ыдырай алады. Бұл дәстүрлі пластмассалардың қоршаған ортада жиналып, ұзақ уақыт сақталу мәселесін шешуге көмектеседі.

2. Жаңартылатын және қолжетімді шикізат көзі:

Крахмал жүгері, картоп, бидай, күріш сияқты ауыл шаруашылығы дақылдарынан алынады. Бұл оның өндірісін тұрақты және жаңартылатын ресурстарға негіздеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ауыл шаруашылығында кеңінен таралғандықтан, крахмал биопластик өндірісінде қолжетімді әрі экономикалық тиімді шикізат болып саналады.

3. Қауіпсіздік және биологиялық үйлесімділік:

Крахмал негізіндегі биопластик адам денсаулығы үшін қауіпсіз, улы заттар бөлмейді және тағаммен жанасуға жарамды. Сондықтан ол тағам қаптамаларында, фармацевтикада және медицинада кеңінен қолданылады.

4. Өңдеу және өндіріс үдерісінің қарапайымдылығы:

Крахмал термопластикалық қасиеттерге ие болғандықтан, оны жоғары температура мен қысым арқылы өңдеуге болады. Оған пластификаторлар (мысалы, глицерин, сорбитол) қосу арқылы механикалық және физикалық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік бар. Бұл оны қалыптау және экструзия әдістерімен өңдеуге мүмкіндік береді.

5. Қайта өңдеу және компостталу мүмкіндігі:

Крахмалдан жасалған биопластик табиғи ортада толық ыдырап, топырақтың құрамын байытатын пайдалы органикалық заттарға айналады. Бұл оның қалдықтарын басқару тұрғысынан тиімділігін арттырады.

Крахмал негізіндегі биопластиктің кемшіліктері

1. Суға төзімділігінің төмендігі. Крахмал гидрофильді (су сіңіргіш) полимер болғандықтан, ылғалдың әсерінен ісініп, механикалық беріктігін жоғалтуы мүмкін. Бұл қасиет оны ұзақ мерзімді қолдану үшін тиімсіз етеді және сумен жанасатын өнімдерге жарамсыз қылады. Бұл мәселені шешу үшін крахмалды химиялық модификациялау немесе оны гидрофобты полимерлермен біріктіру қажет.

2. Механикалық беріктігінің төмендігі. Крахмал негізіндегі биопластик дәстүрлі пластмассалармен салыстырғанда әлсіздеу және сынғыш келеді. Ұзақ мерзімді механикалық жүктемеге төзімділігі төмен болғандықтан, оны белгілі бір мақсаттарда қолдану шектеулі. Бұл мәселені шешу үшін оған пластификаторлар немесе басқа биополимерлер қосылады.

3. Жоғары температураға тұрақсыздығы. Крахмал негізіндегі биопластик 50–70°C температурада жұмсарып, пішінін өзгертуі мүмкін. Сондықтан оны жоғары температурада қолдануға болмайды. Бұл мәселені шешу үшін арнайы тұрақтандырғыштар немесе модификациялау әдістері қолданылады.

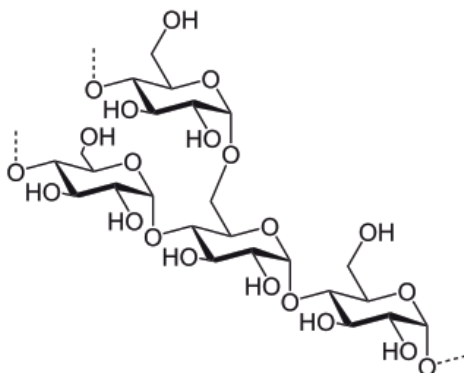
4. Өндіріс құнының салыстырмалы түрде жоғары болуы. Крахмалдан биопластик өндіру үшін қосымша өңдеу, модификациялау және пластификаторлар қосу қажет, бұл өндіріс шығындарын арттырады. Кейбір жағдайларда дәстүрлі пластмассалармен салыстырғанда оның өндірісі қымбатырақ болуы мүмкін.

5. Қолдану аясының шектеулілігі. Крахмал негізіндегі биопластиктің жоғары ылғал сіңіргіштігі мен беріктігінің төмендігі оны кейбір өндірістік салаларда қолдануға мүмкіндік бермейді. Ол ауыр жүк көтеретін немесе жоғары беріктік талап ететін құрылымдық материалдар үшін жарамсыз. Крахмал негізіндегі биопластик экологиялық тұрғыдан тиімді шешім болғанымен, оның механикалық әлсіздігі, ылғалға төзімсіздігі және өндірістік шығындарының жоғары болуы оны кеңінен қолдануда кедергілер тудырады. Бұл кемшіліктерді азайту үшін крахмалды модификациялау, қосымша биополимерлермен біріктіру және жаңа өндіріс технологияларын дамыту қажет. Мысалы, полилактид (PLA), целлюлоза немесе хитозан сияқты биополимерлермен біріктіру арқылы биопластиктің беріктігі мен суға төзімділігі арттырылуы мүмкін. Сонымен қатар, нанотехнологияларды пайдалану арқылы биопластиктің құрылымын молекулалық деңгейде жетілдіруге болады. Қосымша пластификаторлар мен табиғи толтырғыштар қолдану материалдың икемділігі мен төзімділігін жақсартуға ықпал етеді.

Картоп крахмалы α -глюкозадан тұратын табиғи полисахарид болып табылады.

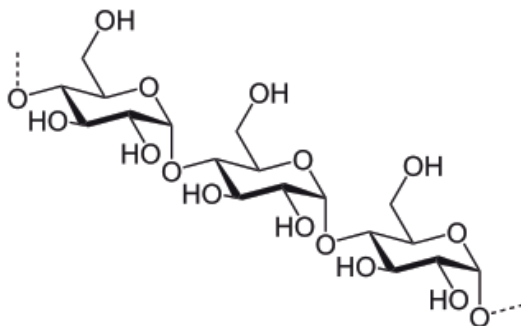
Крахмал – α -D-глюкозаның қалдықтарынан түзілген жоғары молекулалық көмірсу (1-сурет). Оның негізгі құрылымдық компоненттері амилоза және амилопектин. Амилоза түзу сызықты полимер, α -(1→4)-гликозидтік байланыстар арқылы байланысқан D-глюкоза қалдықтарынан тұрады. Амилопектин тармақталған құрылымға ие, α -(1→4)- және α -(1→6)-гликозидтік байланыстар

арқылы байланысқан глюкоза мономерлерінен тұрады. Крахмалдың аморфты және кристалды аймақтардан тұратын құрылымы оның механикалық беріктігі мен биыдырау жылдамдығына әсер етеді.



1-сурет. Крахмал

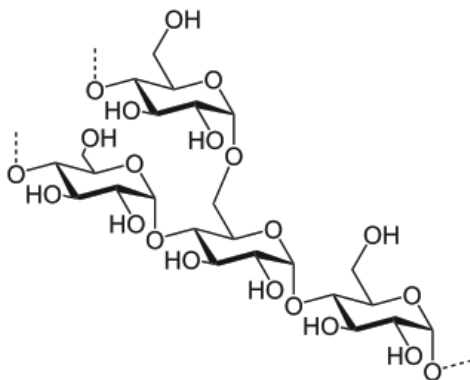
Амилоза (20–30%) – түзу тізбекті құрылымға ие (2-сурет). Ол биопластиктің беріктігін арттырып, механикалық қасиеттерін жақсартады, бірақ ылғалға сезімталдығы жоғары болғандықтан, материалдың сынғыштығын арттыруы мүмкін.



2-сурет. Амилоза

Амилоза - түзу тізбекті құрылымға ие болғандықтан, крахмал негізіндегі биопластиктің беріктігін арттырады. Оның басты артықшылықтары биопластиктің механикалық беріктігін жоғарылатуы, биыдырау процесін тездетуі және газ өткізгіштігі төмен пленкалар түзуге мүмкіндік беруі. Бірақ ылғалға сезімталдығы жоғары және серпімділігі төмен, сынғыштық қасиеті басым. Амилоза мөлшері жоғары крахмалдан жасалған биопластиктер қатты әрі сынғыш келеді, сондықтан оларды жұмсарту үшін пластификаторлар (глицерин, сорбитол) қосылады.

Амилопектин (70-80%) – тармақталған құрылымға ие (3-сурет). Ол биопластиктің икемділігін қамтамасыз етіп, материалдың созылғыштық қасиеттерін күшейтеді, бірақ биыдырау жылдамдығын бәсеңдетуі мүмкін.



3-сурет. Амилопектин

Амилопектин - тармақталған құрылымды полисахарид болғандықтан, оның биопластик түзуге әсері өзгеше. Ол биопластиктің икемділігін арттырып, суға төзімділігін жақсартады және қалыптау мен экструзия процестерін жеңілдетеді. Бірақ биоыдырау жылдамдығын баяулатып, газ өткізгіштігін арттыруы мүмкін. Амилопектин мөлшері жоғары крахмалдан жасалған биопластиктер серпімді және созылғыш келеді, бірақ олардың беріктігі төмен болуы мүмкін. Амилоза мен амилопектиннің оңтайлы қатынасы биопластиктің беріктігін, икемділігін және биоыдырау жылдамдығын теңестіруге мүмкіндік береді.

Амилоза мөлшері көп крахмалдан жасалған биопластик қатты, бірақ сынғыш болып келеді, ал амилопектин мөлшері басым биопластик икемді, бірақ механикалық беріктігі төмен болуы мүмкін. Осы екі компоненттің теңгерімді қатынасы биопластиктің сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

Крахмал негізіндегі биопластиктердің басты артықшылықтарының бірі – олардың табиғи ортада жылдам ыдырауы.

- Компост жағдайында 2-3 ай ішінде толық ыдырайды, нәтижесінде көмірқышқыл газы, су және биомасса түзіледі.

- Биопластиктің биоыдырау жылдамдығы қоршаған орта факторларына, оның ішінде температураға, ылғалдылыққа және микроорганизмдер белсенділігіне байланысты өзгереді.

- Ылғалдылығы жоғары ортада биопластик тез ыдырайды, ал құрғақ ортада оның тұрақтылығы артады.

- Биоыдырау процесін жылдамдату үшін крахмал негізіндегі биопластиктерге ферментативті катализаторлар немесе микроорганизмдердің өсуін ынталандыратын қоспалар қосылуы мүмкін.

Картоп крахмалын модификациялау әдістері:

Картоп крахмалының табиғи қасиеттерін жақсарту үшін түрлі химиялық және физикалық модификациялау әдістері қолданылады.

Химиялық модификация;

- Ацетилденген крахмал – ылғалға төзімділігін арттыру және биопластиктің су өткізгіштігін төмендету үшін қолданылады.

- Оксидтелген крахмал – беріктігін жақсарту және биопластиктің қартаюға төзімділігін арттыру мақсатында қолданылады.

- Кросслинкинг (көпіршелеу) әдісі – крахмал молекулалары арасындағы қосымша байланыстарды күшейту арқылы биопластиктің құрылымдық беріктігін арттырады.

Физикалық модификация;

- Ультрадыбыстық өңдеу – крахмал бөлшектерін біркелкі үлестіру және биопластиктің механикалық беріктігін жақсарту үшін қолданылады.

- Экструзиялау – жоғары қысым мен температурада крахмалдың құрылымын өзгертіп, биопластиктің икемділігін арттыруға көмектеседі.

Бұл технологияларды қолдану арқылы биопластиктің механикалық қасиеттері жақсартылып, оны экологиялық таза қаптамалар, бір реттік ыдыстар, ауыл шаруашылығы жабындары және басқа да биополимер өнімдері үшін қолдануға мүмкіндік береді (Назарбаев, 2021). Сонымен қатар модификацияланған крахмалдың биологиялық ыдырау жылдамдығы да өзгеруі мүмкін, бұл оны түрлі экологиялық талаптарға бейімдеуге жол ашады. Әсіресе, азық-түлікпен тікелей байланыста болатын өнімдерге арналған биопластиктерде крахмалдың қауіпсіз және бейтарап қасиеттері үлкен артықшылық болып табылады. Модификация әдістерін дұрыс таңдау арқылы биопластиктің сапалық көрсеткіштерін нақты қолдану саласына бейімдеуге болады. Бұл ғылыми және өндірістік салада крахмал негізіндегі биоматериалдардың әлеуетін арттыруға мүмкіндік береді. Болашақта мұндай зерттеулер экологиялық балама материалдардың дамуына серпін берері анық.

Крахмалдың молекулалық массасы оның полимерлік тізбегінің ұзындығын және құрылымдық беріктігін анықтайды. Жоғары молекулалық массалы крахмал (10^6 - 10^8 Да) биопластиктің беріктігін арттырып, балку температурасын жоғарылатады, бірақ оны өңдеу процесін қиындатады. Төмен молекулалық массалы крахмал (10^4 - 10^5 Да) биопластиктің икемділігін жақсартып, өңдеуді жеңілдеткенімен, механикалық беріктігі төмен болады. Төмен молекулалық крахмал негізіндегі биопластиктер жұмсақ және икемді, ал жоғары молекулалық крахмалдан алынған биопластиктер қатты және берік келеді.

Крахмал гидрофильді табиғи полимер болғандықтан, оның құрамындағы гидроксил (-ОН) топтары биопластиктің су сіңіргіштігіне әсер етеді. Жоғары гидрофильділік биопластиктің ылғалға төзімділігін төмендетіп, механикалық беріктігін азайтады. Крахмалды ацетилдеу немесе басқа гидрофобтық топтармен өңдеу арқылы су өткізгіштігін төмендетуге болады. Гидрофильділігі жоғары болғандықтан, крахмал негізіндегі биопластик ылғалға сезімтал және қолдану мерзімі қысқа болуы мүмкін.

Крахмалдың табиғи құрылымы биопластик өндірісінде кейбір шектеулер қояды. Сондықтан оның қасиеттерін жақсарту үшін әртүрлі модификация әдістері қолданылады. Химиялық модификация әдістеріне ацетилденген, сукцинирленген және оксидтелген крахмал жатады. Ацетилденген крахмал ылғалға төзімділігі жоғары биопластик алу үшін, сукцинирленген крахмал

икемділікті арттыру үшін, ал оксидтелген крахмал беріктігін жақсарту үшін қолданылады. Физикалық модификация әдістеріне жоғары қысыммен өңдеу және ультрадыбыстық өңдеу жатады. Жоғары қысыммен өңдеу крахмал молекулаларын кристалдандыру үшін, ал ультрадыбыстық өңдеу крахмал бөлшектерін біркелкі үлестіру үшін қолданылады.

Крахмалөздігінен термопластикалық материал емес, бірақ пластификаторлармен өңделгенде термопластикалық крахмалға (TPS – Thermoplastic Starch) айналады. Пластификаторлар қосылғанда биопластиктің икемділігі артып, өңдеу температурасы төмендейді және материалдың механикалық қасиеттері жақсарады. Крахмалдың термоқұрылымдық өзгерістері белгілі бір температуралық диапазондарда жүреді. 60-70°C аралығында крахмал желатинизациясы басталып, 100-150°C аралығында крахмал пластификацияланады. 180°C-тан жоғары температурада крахмалдың термиялық деградациясы жүреді. Бұл өзгерістер биопластиктің өңдеу технологиясын және оның соңғы қасиеттерін анықтайды (Петров, 2020).

Пластификаторлар – полимерлердің механикалық қасиеттерін жақсарту үшін қолданылатын төмен молекулалық қосылыстар. Олар полимер тізбектерінің арасындағы өзара әрекеттесулерді әлсіретіп, олардың қозғалғыштығын арттырады, нәтижесінде материалдың икемділігі, созылғыштығы және беріктігі жақсарады. Крахмал негізіндегі биопластиктер табиғи қаттылығы мен сынғыштығына байланысты қолдану аймағын кеңейту үшін пластификаторларды қажет етеді (Сейдахметов, 2022).

Табиғи пластификаторлар - экологиялық таза және биологиялық ыдырайтын қасиеттері бар табиғи пластификаторлар биопластик өндірісінде кеңінен қолданылады. Олар биопластиктің қасиеттерін жақсартып қана қоймай, қоршаған ортаға зиянын азайтады.

- Глицерин ($C_3H_8O_3$) – крахмал негізіндегі биопластиктерде ең жиі қолданылатын пластификатор. Ол крахмалдың молекулалық құрылымына еніп, оның ішкі байланыстарын әлсіретеді, осылайша биопластиктің икемділігін арттырады және оның сынғыштығын төмендетеді. Глицериннің мөлшері неғұрлым жоғары болса, соғұрлым материал жұмсақ әрі икемді болады. Алайда глицериннің артық мөлшері биопластиктің су сіңіргіштігін арттырып, оның механикалық беріктігін төмендетуі мүмкін.

- Сорбитол ($C_6H_{14}O_6$) – глицеринге қарағанда суда аз еритін пластификатор. Ол биопластиктің ылғалға төзімділігін арттырып, оның ұзақ мерзімді қолданылуын қамтамасыз етеді. Сорбитол қосылған биопластиктер су буының өткізгіштігін төмендетеді, бұл олардың қаптама материалдарында қолданылуын тиімді етеді.

- Эритритол ($C_{14}H_{10}O_4$) және ксилитол ($C_{15}H_{12}O_5$) – бұл полиолдар жоғары молекулалық массаға ие болғандықтан, олар биопластиктің беріктігін арттыруға көмектеседі. Глицерин мен сорбитолға қарағанда, олардың құрылымдық тұрақтылығы жоғары, сондықтан оларды ұзақ мерзімді қолданылатын материалдар үшін пайдаланады.

- Лимон қышқылы ($C_6H_8O_7$) және оның туындылары – лимон қышқылы

крахмал молекулаларымен әрекеттесіп, олардың арасындағы байланыстарды реттейді. Бұл процесс биопластиктің құрылымдық тұтастығын жақсартып, оның беріктігін арттырады. Лимон қышқылы көбіне басқа пластификаторлармен бірге қолданылады.

- Өсімдік майлары және олардың туындылары (кастор майы, соя майы, пальма майы) – өсімдік майлары полимерлік құрылыммен жақсы үйлеседі және материалдың серпімділігін арттырады. Олар глицерин сияқты әсер етеді, бірақ ылғалға төзімділігі жоғары.

Синтетикалық пластификаторлар - синтетикалық пластификаторлар өнеркәсіптік масштабта кеңінен қолданылады, бірақ олардың экологиялық қауіпсіздігі әртүрлі деңгейде болады.

- Фталаттар (дibuтилфталат, диэтилфталат, диоктилфталат) – биопластиктің икемділігін және термиялық тұрақтылығын арттырады. Алайда олардың қоршаған ортаға және адам денсаулығына кері әсері анықталғандықтан, қазіргі таңда қолданылуы шектелген.

- Адипаттар және себакаттар – бұл пластификаторлар жоғары температураға тұрақтылығы жоғары және биопластиктің ылғалға төзімділігін арттыру үшін қолданылады. Олар фталаттарға экологиялық балама ретінде қарастырылады.

- Полиэтиленгликоль (PEG) $C_{2n}H_{4n+2}O_{n+1}$ – PEG суда еритін пластификатор және крахмал негізіндегі биопластиктің құрылымдық беріктігін сақтай отырып, оның икемділігін арттырады. Ол биологиялық тұрғыдан қауіпсіз және экологиялық таза материал ретінде қарастырылады.

Пластификаторлар биопластиктің құрылымдық және функционалдық қасиеттерін жақсартуда маңызды рөл атқарады. Олар биопластиктің икемділігін, беріктігін, ылғалға төзімділігін және өндеу кезіндегі термиялық тұрақтылығын реттеуге мүмкіндік береді (Тимофеева, 2018). Пластификаторларды дұрыс таңдау арқылы биопластиктің қолдану аясын кеңейтуге, оның сапасын арттыруға және экологиялық тиімділігін жоғарылатуға болады.

Болашақ зерттеулер жаңа табиғи пластификаторларды табуға, олардың биопластикпен әрекеттесу механизмдерін зерттеуге және өнеркәсіптік қолдану мүмкіндіктерін кеңейтуге бағытталуы қажет. Осылайша, биопластик өндірісі тұрақты даму қағидаттарына сәйкес дамып, мұнай негізіндегі пластиктерге экологиялық таза балама ретінде қызмет ете алады. 1-кестеде пластификаторлардың биополимердің қасиеттеріне әсері берілген.

Кесте 1 – Пластификаторлардың биопластик қасиеттеріне әсері

Қасиеті	Пластификатордың әсері
Икемділік	Пластификатор мөлшерінің артуы материалды икемді етеді.
Механикалық беріктік	Көп пластификатор беріктікті төмендетуі мүмкін.
Шынылану температурасы	Пластификаторлар оны төмендетіп, материалдың серпімділігін арттырады.
Ылғалға төзімділік	Глицерин сияқты гидрофильді пластификаторлар материалдың ылғалға сезімталдығын арттырады.
Биоыдырау жылдамдығы	Көптеген пластификаторлар биоыдырауды тездетеді, себебі олар материалды жұмсартыады.

Пластификаторлар биопластиктің құрылымдық және функционалдық қасиеттерін жақсартуда шешуші рөл атқарады. Олар материалдың икемділігін арттырып, сынғыштығын төмендетеді, сонымен қатар механикалық беріктігін оңтайландырады. Биопластиктің ылғалға төзімділігі мен термиялық тұрақтылығын жақсарту үшін пластификаторлардың химиялық табиғаты мен мөлшерін дұрыс таңдау маңызды.

Полимерлік қоспалар және композиттік материалдар - крахмал негізіндегі биопластиктің беріктігін арттыру үшін оны басқа полимерлермен және қосымша күшейткіш материалдармен біріктіру кеңінен қолданылады. Полилактид (PLA), поли(бутилен адипат-ко-терефталат) (PBAT), полигидроксиполлактон (PHA) сияқты биологиялық ыдырайтын полимерлермен араластыру арқылы материалдың беріктігі мен серпімділігі жақсарады. Бұл қоспалар биопластиктің икемділігін арттырып, оның сынғыштығын төмендетеді. Сонымен қатар, табиғи талшықтар мен наноматериалдар қосу арқылы крахмал негізіндегі биопластиктің құрылымын күшейтуге болады. Целлюлоза, хитозан, лигнин, наноцеллюлоза, көміртекті нанотүтікшелер және графен оксиді сияқты материалдар қосылған жағдайда механикалық беріктік артады (Чистякова, 2019). Табиғи ақуыздар, кератин, желатин және альгинаттар да биопластиктің құрылымын нығайтуда маңызды рөл атқарады.

Химиялық модификациялау - крахмалдың химиялық құрылымын өзгерту арқылы оның беріктігі мен механикалық тұрақтылығын жақсартуға болады. Ацетилдеу және эфирлендіру процестері крахмал молекулаларының құрылымдық ерекшеліктерін өзгертеді, нәтижесінде биопластиктің беріктігі артып, ылғалға төзімділігі күшейеді. Сонымен қатар, кросслинкинг немесе торлы құрылым түзу әдісі крахмал молекулалары арасындағы байланыстарды күшейтуге мүмкіндік береді. Бұл әдісте натрий триполифосфаты, глиоксаль және эпоксидтер сияқты химиялық агенттер қолданылады.

Физикалық модификациялау - физикалық өңдеу әдістері крахмалдың құрылымдық қасиеттерін жақсарту арқылы биопластиктің беріктігін арттыруға мүмкіндік береді. Ультрадыбыстық өңдеу крахмал түйіршіктерінің құрылымын өзгертеді, нәтижесінде алынған материалдың механикалық беріктігі жоғарылайды. Жоғары қысымда экструзиялау әдісі крахмал негізіндегі биопластиктің механикалық қасиеттерін күшейтуге көмектеседі. Сонымен қатар, глицерин, сорбитол және басқа да пластификаторлар қосу арқылы биопластиктің икемділігі мен созылуға төзімділігі жақсартылады.

Жоғары температураға төзімді полимерлермен модификациялау - крахмал негізіндегі биопластиктің термиялық тұрақтылығын арттыру үшін оны жоғары температураға төзімді биополимерлермен біріктіру тиімді. PLA, PHA және PBAT сияқты термотұрақты полимерлер биопластиктің балқу температурасын жоғарылатып, жоғары температура жағдайында тұрақтылығын сақтауға көмектеседі. Бұл полимерлер крахмал молекулаларымен әрекеттесіп, биопластиктің ыстыққа төзімділігін күшейтеді.

Бейорганикалық наноматериалдармен нығайту - крахмал негізіндегі

биопластиктің жылуға төзімділігін арттыру мақсатында бейорганикалық наноматериалдар қосылады. Кремний диоксиді, алюминий оксиді және саз негізіндегі нанобөлшектер биопластиктің жылу тұрақтылығын жақсартып, жоғары температура жағдайында механикалық қасиеттерін сақтауға мүмкіндік береді. Графен оксиді және көміртекті нанотүтікшелер қосу арқылы материалдың жылу тұрақтылығы артады, сонымен қатар механикалық беріктігі күшейеді.

Крахмал молекулаларын химиялық модификациялау - крахмалдың молекулалық құрылымын өзгерту оның термиялық тұрақтылығын жақсартудың тағы бір тиімді жолы болып табылады. Ацетилденген немесе катиондық модификацияланған крахмалдар жоғары температурада тұрақтылығын сақтап, балқу температурасының көтерілуіне ықпал етеді. Сонымен қатар, крахмалды гидрофобты топтармен модификациялау арқылы оның ылғалға төзімділігін арттыруға және термиялық ыдырауын азайтуға болады (Яковлева, и др., 2019).

Көмекші термостабилизаторлар мен антиоксиданттар қосу - термиялық тұрақтылықты арттыру мақсатында антиоксиданттар және тұрақтандырғыштар қолданылады. Антиоксиданттар жоғары температурада полимердің термиялық тотығу процесін баяулатып, оның тез ыдырауын тежейді. Фосфор негізіндегі тұрақтандырғыштар және металл иондары крахмал негізіндегі биопластиктің жылуға төзімділігін арттыруда маңызды рөл атқарады. Бұл қоспалар полимер құрылымын термиялық деградациядан қорғап, оның беріктігін ұзақ уақыт бойы сақтауға мүмкіндік береді.

Биопластиктің механикалық және термиялық тұрақтылығын жақсарту мақсатында әртүрлі әдістер қолданылады. Полимерлік қоспалар мен наноматериалдар механикалық беріктікті арттырып, материалдың икемділігі мен төзімділігін жақсартады. Химиялық модификациялау арқылы крахмал құрылымын өзгертіп, оның беріктігін күшейтуге болады. Физикалық өңдеу әдістері де биопластиктің құрылымын нығайтуға және механикалық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді. Бұл әдістердің барлығы крахмал негізіндегі биопластиктердің қасиеттерін жақсартып, олардың өнеркәсіптік қолданысын кеңейтуге мүмкіндік береді.

Нәтижелер мен талқылау

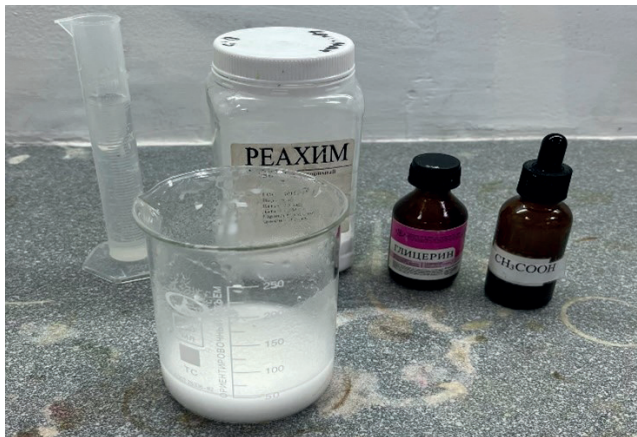
Зерттеу материалдары мен әдістері. Бұл бөлімде картоп крахмалынан биопластик алу әдісі, оның пластификаторлармен модификациясы және алынған үлгілердің физикалық-химиялық қасиеттерін зерттеу нәтижелері баяндалады. Барлық эксперименттер зертханалық жағдайда жүргізілді, сынақтар мен талдаулар тиісті стандарттарға сәйкес орындалды.

Биополимерлердің ішінде крахмал ең көп қолданылатын материалдардың бірі болып табылады. Крахмал негізіндегі биопластиктер гидрофильді қасиетке ие, яғни олар суды оңай сіңіріп, тез ыдырауға бейім. Алайда олардың табиғи механикалық беріктігі төмен болғандықтан, белгілі бір қоспалар мен модификация әдістері арқылы олардың беріктігі мен серпімділігін жақсарту қажет.

Қажетті реагенттер (4-сурет):

- Картоп крахмалы ($C_6H_{10}O_5$)_n – негізгі биополимер көзі.

- Глицерин ($C_3H_8O_3$) – пластификатор, биопластиктің икемділігін арттырады.
- Сірке қышқылы (CH_3COOH) – крахмал молекулалары арасындағы сутектік байланыстарды бұзып, ерітінді тұрақтылығын қамтамасыз етеді.
- Дистилденген су (H_2O) – еріткіш, реагенттердің біркелкі араласуын қамтамасыз етеді.



4-сурет. Биопластик синтездеу үшін қолданылатын негізгі реагенттер: дистилденген су, картоп крахмалы ($C_6H_{10}O_5$)_n, глицерин ($C_3H_8O_3$), сірке қышқылы (CH_3COOH)

Қажетті құрал-жабдықтар:

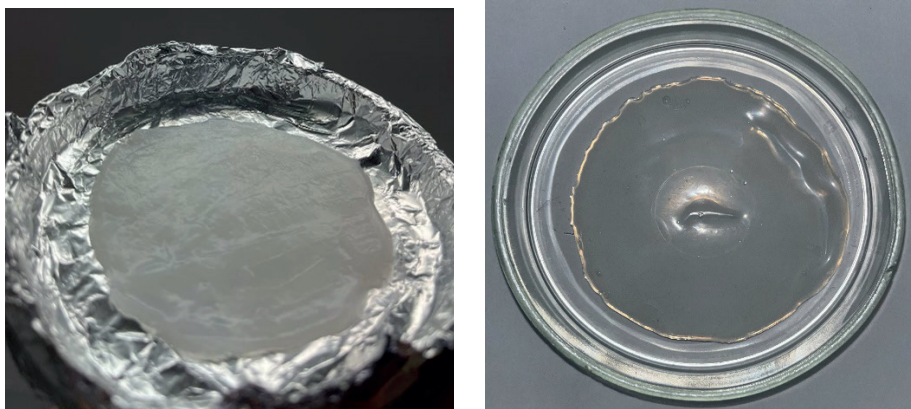
- Электронды таразы – реагенттерді дәл мөлшерлеу
- Магнитті араластырғыш – компоненттердің біркелкі араласуын қамтамасыз ету
- Су моншасы немесе ыстық плита – реакция қоспасын қажетті температураға дейін қыздыру
- Шыны ыдыстар (колбалар, стакандар) – реагенттерді араластыру
- Силикон немесе шыны қалыптар – дайын биопластик үлгілерін қалыптау
- Кептіру камерасы немесе бөлме температурасы – үлгілерді кептіру

Картоп крахмалының негізінде биопластик алу үшін алдымен крахмал ерітіндісі дайындалды. Ол үшін 100 мл дистилденген суға 5 г картоп крахмалы қосылып, біртекті масса түзілгенше араластырылды. Ерітіндіні пластификациялау мақсатында глицерин мен сірке қышқылы қосылды (глицериннің мөлшері 2–10 мл, сірке қышқылының мөлшері 1–2 мл аралығында). Қоспа біркелкі болғанға дейін араластыру процесі жалғастырылды.

Араластырылған қоспа 80–90°C температураға дейін қыздырылды. Қыздыру процесі 10–15 минут бойы тұрақты араластыру арқылы жүргізілді. Бұл кезеңде крахмалдың желатиндеуі (гель түзілуі) жүзеге асырылды.

Қыздырудан кейін дайындалған қоспа қалыптарға құйылып, беткі қабаты тегістелді. Қалыптарға құйылған үлгілер бөлме температурасында 24–48 сағат бойы табиғи түрде кептірілді немесе кептіру процесін жылдамдату үшін 50°C-та кептіру камерасында ұстау әдісі қолданылды.

Кептіру толық аяқталғаннан кейін қалыптардан алынған биопластик үлгілері әрі қарай зерттеулер жүргізу үшін дайын күйінде сақталды (5-сурет).



5-сурет. Синтезделген крахмал негізіндегі биопластик үлгілері

Зерттеу нәтижесінде картоп крахмалынан биопластик алу әдісі сәтті жүзеге асырылды. Биопластиктің синтезі үшін қолданылған негізгі реагенттер (картоп крахмалы, глицерин және сірке қышқылы) ерітіндінің тұрақтылығын қамтамасыз етті және биопластиктің икемділігін арттыруға мүмкіндік берді. Синтез процесі бірнеше кезеңнен тұрды: крахмал ерітіндісін дайындау, пластификатор қосу, қоспаны қыздыру, қалыпқа құю және кептіру. Барлық кезеңдерде қоспаның біркелкі араласуы мен қажетті температуралық режимнің сақталуы қамтамасыз етілді. Нәтижесінде, толық кебу процесі аяқталған соң дайын биопластик қалыптардан шығарылып, әрі қарай зерттеу жүргізуге дайын болды.

Бұл әдіс крахмал негізіндегі биопластиктің қасиеттерін зерттеу және оның механикалық беріктігін арттыру мақсатында қолданылатын тиімді технология ретінде қарастырылады. Алынған биопластиктің табиғи құрамындағы суға төзімділік және биоыдырау мүмкіндіктері экологиялық тұрғыдан маңызды болып табылады, бұл оның болашақта экологиялық таза өнімдер ретінде қолданылуына мүмкіндік береді.

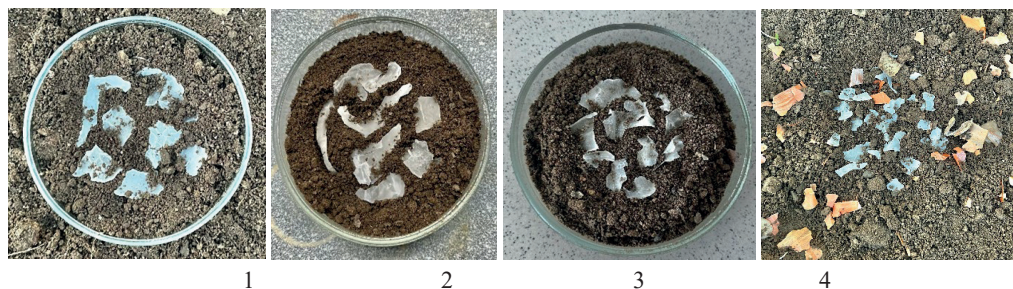
Биопластиктің табиғи ортада ыдырау қабілетін зерттеу арқылы оның экологиялық қауіпсіздігін анықтау. Әртүрлі жағдайларда биопластиктің қаншалықты тез ыдырайтынын бақылау және биоыдырау процесіне әсер ететін факторларды талдау.

Қажетті материалдар: Крахмал негізіндегі биопластик үлгілері, топырақтың әртүрлі түрлері қара топырақ, құмды топырақ, бақша топырағы, су бүріккіші, өлшеуіш таразы, пластик немесе металл контейнер зертханалық бақылау үшін, камера немесе зерттеу күнделігі.

Бірінші кезекте дайындалған биопластик үлгілерінің бастапқы массасы өлшеніп, әр үлгінің салмағы жазылады. Зерттеу нәтижелерінің нақты болуы үшін әртүрлі ортада жүргізіледі. Биопластик үлгілері топыраққа көміледі,

олардың тереңдігі 5-10 см болуы керек. Ылғалдылық пен температураның әсерін бақылау үшін үш түрлі орта таңдалады. Бірінші орта ашық табиғи орта, онда күн сәулесі мен жауын-шашынның әсері болады. Екінші орта зертханалық жағдай, бұл жерде құрғақ және ылғалды топырақта бақылау жүргізіледі. Үшінші орта компост жағдайы, мұнда жоғары температура мен органикалық заттардың әсері қарастырылады.

Аптасына бір рет топырақтан бір үлгі алынып, оның салмағы, түсі, құрылымы тексеріледі (2-кесте). Егер қажет болса, топырақтың ылғалдылығы реттеледі. Биопластиктің өзгерісін бақылау үшін суретке түсіріп, зерттеу күнделігіне тіркеледі. Нәтижелерді талдау үшін биопластиктің массасының өзгеруі өлшеніп, оның биоыдырау жылдамдығы есептеледі. Егер биопластик мүлдем ыдырамаса немесе өзгерісі байқалмаса, оның құрамындағы пластификаторлар мен басқа қоспалардың әсері қарастырылады. Әртүрлі жағдайлардағы биоыдырау көрсеткіштері салыстырылады (6-сурет).



6-сурет. Биопластиктің биоыдырау үдерісі: тәжірибе нәтижелері

Кесте 2 – Биопластиктің биоыдырау көрсеткіші

Үлгі №	Орта түрі	Бастапқы масса	1 аптадан кейін	2 аптадан кейін	3 аптадан кейін	Құрылым өзгерісі
1	Ашық табиғи орта	5,40	4,90	4,30	3,80	Жұмсарған, жарылған
2	Зертханалық орта (құрғақ)	5,62	5,50	5,30	5,00	Жарылған
3	Зертханалық орта (ылғалды)	5,10	4,90	4,60	4,30	Жарылған, аз жұмсарған
4	Компост орта	5,20	4,90	4,60	4,10	Жартылай ыдыраған

Зерттеу нәтижелері бойынша, крахмал негізіндегі биопластиктің биоыдырау жылдамдығы орта жағдайларына байланысты айтарлықтай өзгереді. Ашық табиғи ортада күн сәулесі мен жауын-шашын әсерінен биопластик тез жұмсарып, құрылымы бұзылып, салмағы айтарлықтай азайды. Бұл ортада ыдырау жылдамдығы ең жоғары болды.

Зертханалық құрғақ ортада биопластиктің ыдырау процесі баяу жүріп, тек сәл жарылу белгілері байқалды. Ылғалды зертханалық ортада ыдырау қарқындырақ болып, құрылымы жұмсара бастады. Ылғалды зертханалық ортада құрғақ топырақпен салыстырғанда сәл жылдамырақ ыдырады.

Компост жағдайында жоғары температура мен органикалық заттардың әсерінен биопластик жартылай ыдырап, салмағы айтарлықтай төмендеді.

Қорытындылай келе, биопластиктің биоыдырау жылдамдығы топырақтың түріне, ылғалдылық пен температураға тәуелді екенін көрсетті. Ашық табиғи орта мен компост жағдайы биоыдырау үшін қолайлы жағдайларды ұсынса, зертханалық құрғақ ортада ыдырау баяу жүреді (Müller et al, 2020).

Биопластиктің ылғал сіңіргіштігі мен суға төзімділігін зерттеу:

Крахмал негізіндегі биопластиктің суға төзімділігі мен ылғал сіңіргіштігін зерттеу арқылы оның қолдану аясын бағалау. Бұл тәжірибе биопластиктің практикалық тұрғыда қаншалықты тиімді екенін және оның сумен байланыстағы өзгерістерін анықтауға көмектеседі.

Қажетті материалдар

- Крахмал негізіндегі биопластик үлгілері
- Дистилденген су
- Өлшеуіш таразы
- Петри табақшалары немесе суға арналған ыдыстар
- Таймер немесе секундомер
- Фильтр қағазы немесе мақта

Тәжірибе барысы:

1. Дайындық және бастапқы өлшеу

Биопластик үлгілері өлшеніп, бастапқы массасы (m_1) тіркеледі. Әр үлгінің ұзындығы, ені, қалыңдығы жазылады. Су сіңіру әсерін зерттеу үшін үш түрлі жағдай қарастырылады. Бір үлгі суға толы ыдысқа салынады, екіншісі ылғалды ортада (фильтр қағазында) сақталады, ал үшіншісі ағып тұрған су астында ұсталады.

2. Ылғал сіңіргіштігін анықтау

Бірінші үлгі бөлме температурасындағы суға орналастырылып, 10, 30, 60 минут және 24 сағат өткеннен кейін алынып, бетіндегі артық су фильтр қағазымен сүртіледі. Әр уақытта үлгінің массасы өлшеніп, судың сіну деңгейі анықталады. Биопластиктің құрылымдық өзгерістері (ісіну, жұмсару, еріту) тіркеледі.

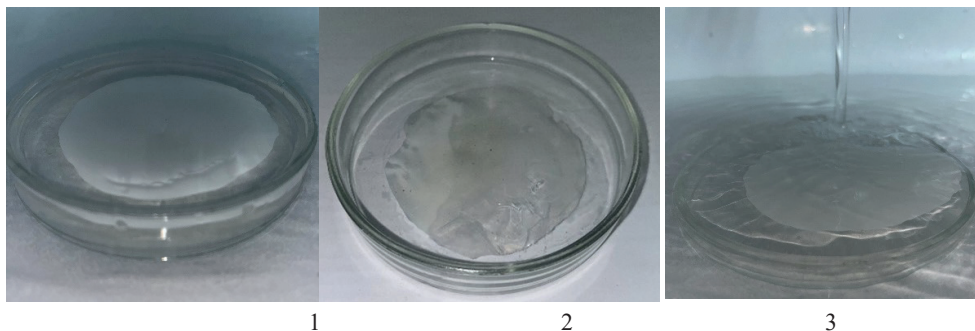
3. Суға төзімділігін анықтау

Екінші үлгі ылғалды ортада (судың үстіне қойылған фильтр қағазында) сақталып, бірдей уақыт аралығында бақыланады. Үшінші үлгі ағып тұрған су астында 5 минут ұсталып, құрылымдық өзгерістері анықталады.

4. Қорытынды өлшеу.

Биопластиктің соңғы массасы (m_2) өлшеніп, ылғал сіңіру коэффициенті (W , %) мына формула бойынша есептеледі: $W = (m_2 - m_1) / m_1 \cdot 100\%$

Биопластиктің массасы артса, ол суды жақсы сіңіретіні белгілі болады. Егер құрылымы өзгермесе, оның суға төзімділігі жоғары (7-сурет). Егер үлгі жұмсарып, ісінсе немесе бұзылса, бұл оның су өткізгіштігі жоғары екенін көрсетеді (3-кесте).



7-сурет. Биопластиктің суға төзімділігі мен ылғал сіңіру қабілеті: тәжірибе нәтижелері (1- суға батырылған үлгі, 2- ылғалды ортада, 3-ағып тұрған суда)

Кесте 3 – Биопластиктің суға төзімділігі мен ылғал сіңіру қабілеті

Үлгі түрі	Уақыт	Бастапқы масса (m_1), г	Соңғы масса (m_2), г	Су сіңіру коэффициенті (W), %	Құрылымдық өзгерістер
Суға батырылған	20 минут	5,20	5,20	0%	Құрылымы өзгеріссіз
	50 минут	5,20	5,60	7,69%	Жұмсару байқалды
	2,5 сағат	5,20	6,00	15,38%	Ісіну белгілері байқалды
Ылғалды ортада	20 минут	5,20	5,20	0%	Құрылымы өзгеріссіз
	50 минут	5,20	5,30	1,92%	Беті сәл жұмсарды
	2,5 сағат	5,20	5,35	2,88%	Беткі қабатында сәл жұмсару байқалды
Ағып тұрған суда	10 минут	5,20	5,22	0,38%	Беткі қабаты шамалы еріді

Зерттеу нәтижелері крахмал негізіндегі биопластиктің суға төзімділігі мен ылғал сіңіргіштігі орта жағдайларына тәуелді екенін көрсетті.

Суға батырылған үлгіде биопластиктің массасы уақыт өте келе едәуір артты. Алғашқы 20 минутта масса өзгермегенімен, 50 минуттан кейін суды сіңіру коэффициенті 7,69%-ды құрады, ал 2,5 сағат өткен соң бұл көрсеткіш 15,38%-ға дейін өсті. Сонымен қатар, ұзақ уақыт суға әсер еткенде үлгінің құрылымы жұмсарып, ісіну белгілері байқалды. Бұл суға батырылған ортада биопластиктің су сіңіру қабілетінің жоғары екенін көрсетеді.

Ылғалды ортада биопластиктің суды сіңіру қабілеті салыстырмалы түрде төмен болды. 50 минуттан кейін массасы небәрі 1,92%-ға, ал 2,5 сағаттан соң 2,88%-ға артты. Құрылымдық өзгерістер тек беткі қабатында байқалып, аздаған жұмсару тіркелді. Бұл биопластиктің ылғалды ортада су сіңіру дәрежесінің төмендігін көрсетеді.

Ағып тұрған су жағдайында биопластиктің массасы 10 минуттық әсерден кейін 0,38%-ға ғана артты. Үлгінің беткі қабатында шамалы еріту белгілері байқалды, бірақ құрылымның елеулі өзгерістері тіркелмеді. Бұл биопластиктің қысқа мерзімді су әсеріне төзімділігінің жоғары екенін дәлелдейді.

Жалпы алғанда, крахмал негізіндегі биопластиктің су сіңіру қабілеті тікелей

ортаның сипатына байланысты. Суға тікелей батырылған жағдайда сіңіру дәрежесі ең жоғары болды, ылғалды ортада сіңіру қабілеті біршама төмен, ал ағып тұрған су астында биопластиктің құрылымдық өзгерістері аз байқалды. Бұл нәтижелер крахмал негізіндегі биопластиктің ұзақ уақыт суға әсер ететін жағдайларда тұрақтылығының төмендігін, ал қысқа уақыттық су әсеріне төзімділігінің біршама жоғары екенін көрсетеді. Биопластиктің суға төзімділігін арттыру үшін қосымша модификацияларды немесе пластификаторларды қолдану қажеттілігі туындайды. Болашақ зерттеулер биопластиктің құрамына түрлі гидрофобты қоспаларды қосу арқылы суға төзімділігін арттыру жолдарын қарастыруы тиіс. Сондай-ақ, табиғи талшықтармен немесе басқа биополимерлермен араластыру арқылы материалдың механикалық қасиеттерін жақсарту мүмкіндігі бар. Мұндай тәсілдер биопластиктің қолдану аясын кеңейтіп, экологиялық таза өнім ретінде тиімділігін арттырады (Santos et al, 2020). Сонымен қатар, әртүрлі орта жағдайларында ұзақ мерзімді сынақтар жүргізу арқылы материалдың нақты қызмет ету мерзімін анықтау маңызды болып табылады.

Қорытынды. Картоп крахмалынан биопластик алу әдісі мен оның физикалық-химиялық қасиеттерін зерттеу нәтижелері бойынша алынған деректерді терең талдай отырып, биопластиктің экологиялық қауіпсіздігі мен функционалдық қасиеттері айтарлықтай жоғары деңгейде екендігі анықталды. Бұл зерттеу жұмысы биополимерлердің ішінде кеңінен қолданылатын крахмал негізіндегі биопластиктерді синтездеудің ғылыми және техникалық әдістемелерін тереңірек түсінуге мүмкіндік берді. Биопластикті синтездеу процесі бірнеше кезеңдерден тұрды: крахмал ерітіндісін дайындау, пластификаторларды қосу, қоспаны қыздыру, қалыпқа құю және кептіру. Бұл процестердің әрқайсысы биопластиктің құрылымдық қасиеттерін және оның экологиялық тұрақтылығын айқындауда маңызды рөл атқарды.

Зерттеу барысында картоп крахмалы, глицерин және сірке қышқылы сияқты негізгі реагенттердің қоспасы биопластиктің қасиеттерін өзгертуге ықпал етті. Крахмалдың табиғи гидрофильділігі мен төмен механикалық беріктігі оның құрамын өзгерту үшін пластификаторлар мен басқа модификаторларды қолдануды қажет етеді. Глицериннің қосылуы материалдың икемділігін арттырып, сірке қышқылының әсері крахмал молекулалары арасындағы сутектік байланыстарды бұзып, ерітіндінің тұрақтылығын қамтамасыз етті. Бұл екі фактордың үйлесуі биопластиктің механикалық беріктігін арттырып, оның экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз етті.

Алынған биопластиктің биобыдырау жылдамдығының зерттелуі маңызды экологиялық аспектіні айқындады. Топырақтың әртүрлі түрлеріндегі (ашық табиғи орта, зертханалық орта, компост жағдайы) биопластиктің ыдырау үдерісі зерттеліп, әртүрлі ортада оның ыдырау жылдамдығының айтарлықтай өзгеретіні анықталды. Ашық табиғи ортада күн сәулесі мен жауын-шашынның әсерінен биопластиктің ыдырауы қарқынды жүріп, оның құрылымы айтарлықтай өзгеріп, салмағы төмендеді. Зертханалық құрғақ ортада ыдырау баяу жүрді, бірақ ылғалды топырақта ыдырау қарқыны жоғары болды. Бұл көрсеткіштер биопластиктің табиғи

ортада ыдырау қабілетінің өте жоғары екенін көрсетеді, бұл оның экологиялық таза материал ретінде кеңінен қолдануға болатындығын айқындайды.

Биопластиктің физика-химиялық қасиеттері зерттелді, әсіресе ылғал сіңіргіштігі мен суға төзімділігі. Су мен ылғалдың биопластикке әсері зерттеліп, материалдың құрылымдық өзгерістері, соның ішінде ісіну, жұмсару және еріту белгілері байқалды. Су сіңіру коэффициенті әртүрлі жағдайлардағы үлгілер үшін өлшеніп, бұл биопластиктің ылғалға қатысты өзгерістерін анықтауға мүмкіндік берді. Су астында ұсталған биопластик жұмсарып, ісіну белгілерін көрсетті, ал ылғалды ортада сәл жұмсару байқалды. Ағып тұрған су астында құрылымдық өзгерістер тек беткі қабатында байқалды, бұл биопластиктің белгілі бір суға төзімділік деңгейіне ие екенін білдіреді.

Барлық тәжірибелер мен зерттеу нәтижелері көрсеткендей, картоп крахмалынан алынған биопластиктердің экологиялық тұрғыдан болашақта қолдануға жарамдылығы жоғары. Оның биоыдырау қабілеті мен суға төзімділігі оны экологиялық таза өнімдер ретінде қолдану мүмкіндіктерін арттырады. Бұл материалдың өндірісі экологиялық қауіпсіздік тұрғысынан аса маңызды, себебі ол табиғатта оңай ыдырайды және қоршаған ортаға зиян келтірмейді. Сонымен қатар, бұл биопластиктің қолдану аясы кеңейе түсуі үшін оның механикалық қасиеттерін одан әрі жақсарту мақсатында жаңа модификациялар мен технологиялар іздеуді талап етеді.

Қорытындылай келе, зерттеу жұмысы крахмал негізіндегі биопластиктің өндірісі мен қасиеттерін ғылыми тұрғыда толық зерттеп, оның экологиялық тиімділігін және практикалық қолдану мүмкіндіктерін айқындады. Бұл нәтижелер болашақта биопластиктің өндірісін және оның жаңа түрлерін әзірлеу үшін маңызды негіз бола алады. Биопластиктің экологиялық және экономикалық тұрғыдан артықшылықтарын ескере отырып, оны өндірісте кеңінен қолдану қажеттілігі айқындалып, оның болашағы зор екендігі анықталды.

Әдебиеттер

Иванов С.А. и др. (2019) Синтез и характеристики биопластика на основе крахмала. Научные исследования и инновации, 45(3). — С. 213–220.

Кузнецова Н.Л., и др. (2017) Биопластики на основе крахмала и их экологические преимущества. Российский журнал полимерных материалов, 30(6). — С. 42–49.

Мазитова А.К. и др. (2021) Биоразлагаемые полимерные материалы и модифицирующие добавки: современное состояние. Часть II. Нанотехнологии в производстве. Разработка новых полимерных материалов, 13. — С. 32–38.

Назарбаев А.Е., Төлегенова С.М. (2021) Биопластиктердің қасиеттері мен оларды өндіру технологиясы. Химия және өмір, №3. — Б. 45–50.

Петров В.И. и др. (2020) Исследование свойств биопластиков на основе крахмала. Журнал экологии и окружающей среды, 32(4). — С. 125–134.

Сейдахметов Қ.Т., Мұқашев Е.Н. (2022) Крахмал негізіндегі биопластиктер: құрылымы мен қасиеттері. Қазақстан ғылымы, №2. — Б. 30–36.

Тимофеева И.В. и др. (2018) Модификация крахмала для улучшения свойств биопластиков. Химия и технологии материалов, 34(2). — С. 150–157

Чистякова Т.Н. и др. (2019) Применение биопластиков в упаковочной промышленности. Упаковка и экология, 7(4). — С. 12–18.

Яковлева И.П. (2019) Сравнительный анализ методов производства биопластиков на основе крахмала. Журнал технологии и экологии, 25(1). — С. 74–80.

Жұмағұлов Б.Қ., Әбілов Ж.А. (2020) Биополимерлер және олардың қолданылуы. Алматы: Қазақ университеті.

Gómez C., & Martínez A. (2021) Development and characterization of starch-based bioplastics for packaging applications. Sustainable Materials and Technologies, 107.

Kumar P., & Soni P. (2018) The potential of starch-based biodegradable plastics: A review. Journal of Polymer Research, 25(4). — P. 67–80.

Müller C.E., & Fischer P. (2020) Starch-based bioplastics: Environmental and economic considerations. Environmental Science and Technology, 54(10). — P. 6101–6111.

Ríos M., & Martín R. (2019) Biodegradable plastics from starch: Preparation, properties, and applications. Journal of Polymers and the Environment, 27. — P. 392–408.

Santos F.L., & Silva E.G. (2020) Starch-based bioplastics: A review of the production methods and properties. Polymer Reviews, 60(3). — P. 276–296.

Smith J.A., & Williams R. (2018) Bioplastic production from starch-based materials: Synthesis, properties, and applications. Journal of Biopolymer Science, 56(1). — P. 45–58.

Zhao L., & Yang W. (2022) Advances in starch-based biodegradable plastics. Materials Science and Engineering: R: Reports, 148. — P. 1–19.

References

Ivanov S.A., et al. (2019) Sintez i karakteristiki bioplastika na osnove krahmala [Synthesis and characteristics of starch-based bioplastics]. Nauchnye issledovaniya i innovacii [Scientific Research and Innovation], 45(3). — P. 213–220. (in Russian)

Kuznetsova N.L., et al. (2017) Bioplastiki na osnove krahmala i ih ekologicheskie preimushchestva [Starch-based bioplastics and their environmental advantages]. Rossijskij zhurnal polimernyh materialov [Russian Journal of Polymeric Materials], 30(6). — P. 42–49. (in Russian)

Mazitova A.K., et al. (2021) Biorazlagaemye polimernye materialy i modifitsiruyushchie dobavki: sovremennoe sostojanie. Chast' II [Biodegradable polymeric materials and modifying additives: Current state. Part II]. Nanotekhnologii v proizvodstve. Razrabotka novyh polimernyh materialov [Nanotechnologies in Production. Development of New Polymeric Materials], 13. — P. 32–38. (in Russian)

Nazarbaev A. E., & Tolegenova S. M. (2021) Bioplastikterdin qasietteri men olardy ondiru tehnologijasy [Properties and production technology of bioplastics]. Himiya zhane omir [Chemistry and Life], 3. — P. 45–50. (in Kazakh)

Petrov V.I., et al. (2020) Issledovanie svojstv bioplastikov na osnove krahmala [Study of the properties of starch-based bioplastics]. Zhurnal ekologii i okruzhajushchej sredy [Journal of Ecology and Environment], 32(4). — P. 125–134. (in Russian)

Seidahmetov Q.T., & Mukashev, E. N. (2022) Krahmal negizindegi bioplastikter: qurylymy men qasietteri [Starch-based bioplastics: Structure and properties]. Qazaqstan gylmy [Kazakhstan Science], 2. — P. 30–36. (in Kazakh)

Timofeeva I.V., et al. (2018) Modifikacija krahmala dlja uluchsheniya svojstv bioplastikov [Starch modification to improve the properties of bioplastics]. Himiya i tehnologii materialov [Chemistry and Materials Technology], 34(2). — P. 150–157. (in Russian)

Chistjakova T.N., et al. (2019) Primenenie bioplastikov v upakovочноy promyshlennosti [Application of bioplastics in the packaging industry]. Upakovka i ekologiya [Packaging and Ecology], 7(4). — P. 12–18. (in Russian)

Jakovleva I.P. (2019) Sravnitel'nyj analiz metodov proizvodstva bioplastikov na osnove krahmala [Comparative analysis of methods for producing starch-based bioplastics]. Zhurnal tehnologii i ekologii [Journal of Technology and Ecology], 25(1). — P. 74–80. (in Russian)

Zhumagulov B.K., & Abilov Zh. A. (2020) Biopolimerler zhane olardyn qoldanylyu [Biopolymers and their applications]. Almaty: Qazaq universiteti. (in Kazakh)

Gómez C., & Martínez A. (2021) Development and characterization of starch-based bioplastics for packaging applications. Sustainable Materials and Technologies, 107. (in English)

- Kumar P., & Soni, P. (2018) The potential of starch-based biodegradable plastics: A review. *Journal of Polymer Research*, 25(4). — P. 67–80. (in English)
- Müller C.E., & Fischer P. (2020) Starch-based bioplastics: Environmental and economic considerations. *Environmental Science and Technology*, 54(10). — P. 6101–6111. (in English)
- Ríos M., & Martin R. (2019) Biodegradable plastics from starch: Preparation, properties, and applications. *Journal of Polymers and the Environment*, 27. — P. 392–408. (in English)
- Santos F.L., & Silva E.G. (2020) Starch-based bioplastics: A review of the production methods and properties. *Polymer Reviews*, 60(3). — P. 276–296. (in English)
- Smith J.A., & Williams R. (2018) Bioplastic production from starch-based materials: Synthesis, properties, and applications. *Journal of Biopolymer Science*, 56(1). — P. 45–58. (in English)
- Zhao L., & Yang W. (2022) Advances in starch-based biodegradable plastics. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 148. — P. 1–19. (in English)

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The Central Asian Academic Research Center LLP follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the Central Asian Academic Research Center LLP.

The Editorial Board of the Central Asian Academic Research Center LLP will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 29.09.2025.

Формат 60x88¹/₈. 18,0 п.л.

Заказ 3.

«Central Asian Academic Research Center» LLP

Алматы, Қонаев к-сі, 142