

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

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

**№3
2026**

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



ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

3 (468)

JULY – SEPTEMBER 2026

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of IAAS and NAS RK, General Director of the Research Institute of Petroleum Refining and Petrochemicals (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 JSC "Phytochemistry Research and Production Center" (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, (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, 2026

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ХФАҚ және ҚР ҰҒА академигі, Мұнай өңдеу және мұнай-химиясы ғылыми-зерттеу институтының бас директоры (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=66021779606>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, "Фитохимия" ғылыми-өндірістік орталығы" АҚ 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 Джудит, 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, (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, Қырғызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Қырғызстан) <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)

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/arithv>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2026

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик МАН и НАН РК, Генеральный директор НИИ нефтепереработки и нефтехимии (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 АО «Научно-производственного центра» 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 Мирослав, 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 Драметович, 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 Джурабай 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)

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, 2026

CONTENTS

Abdugaliyev A.Sh., Jalmakhanbetova R.I., Mukusheva G.K. Atomistic insight into solvent effects on the chemical structure of betulonic acid.....	11
Assembayeva E.K., Shadi D.K., Nurmukhanbetova D.E., Bozhbanov A.Zh., Gabdullina E.Zh. Effect of inulin on the quality characteristics of a fermented cheese whey-based beverage	25
Asylbekova D.D., Toktibayeva Kh.R., Kaldybayeva A.R., Zhurkhabayeva L., Tukibayeva A.S. Electrochemical behavior of phosphorous acid on a platinum electrode and its galvanostatic anodic oxidation using a lead anode	39
Auyeshov A.P., Yeskibayeva Ch.Z., Ibrayeva A.M., Alzhanov K.B., Dzholdasova E.M. Investigation of the adsorption characteristics of silica obtained from serpentinite by a combined acid–alkali method	58
Galymzhan A., Kozhabekov S., Kuanyshev A., Sansyzbay N., Abdrasilova A. Effect of octadecyl methacrylate–maleic anhydride copolymer composition on crude oil rheological properties	78
Darmenbayeva A.S., Rajasekharan R. Investigation of the structural properties of nanocellulose membranes derived from agricultural waste	95
Dmitriyeva E.A., Medvedev A., Kemelbekova A. Development of a low-temperature gas sensor based on SnO ₂ thin films and a precision measurement system for high-resistance detection	109
Dzheldybaeva I.M., Kairbekov Zh., Esenalieva M.Z., Dossumova B.T., Suimbaeva S.M. Influence of ultrasonic treatment on the structure and physicochemical properties of brown coal humic acids	125
Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Imangazy A. Features of heavy metal ion sorption by interpolymer systems formed from homogeneous polyelectrolytes	140
Zhylybek M., Orazbekova R.S., Yerkibaeva M.K., Aidarova A.O., Baizhumanova T.S. Co–Mg oxide catalysts for deep oxidation of methane: synthesis, structure, and catalytic activity.....	154
Imangaliyeva B., Rakhmetova G., Dossanova B., Sovet N. Technology of biological fertilizer production by hydrolysis treatment of polymer waste.....	169
Karar M.E., Beisenbayev O.K., Alibekov R.S., Shamsudin R. Starch extraction from Baidaly rice and Gala potatoes for application in biodegradable materials.....	186
Kudaibergenova G.N., Azimbayeva G.E., Kamysbayeva A.K., Izteleu B.M., Kurbanbayeva N.M. Fatty acid composition of <i>Helianthus tuberosus</i> flowers	204
Massenova A.T., Sass A.S., Torlopov I.I., Rakhmetova K.S., Malgazhdarova M.K. Tuning of surface acidity in Zn–Me-modified shaped ZSM-5–Al ₂ O ₃ alkylation catalysts.....	219
Nurislamov R.M., Nefedov A.N., Beissenbayev D.K., Leontyeva X.A., Imashev B.K. Effect of oxide films on the corrosion resistance of iron: modeling in COMSOL Multiphysics 6.2.....	238

Nurlybayev O., Kudaibergenova R., Taubayeva R., Bekaulova A., Seitmanbetova A. Textural properties of bentonite–sawdust carbon composites after metal-chloride-assisted carbonization.....	250
Puzikova D.S., Bessonova G.V., Kenzin N.R., Zhurinov M.Zh., Torlopov I.I. Modeling cavitation of oil-containing media in various hydrodynamic configurations.....	263
Rakhimov A., Zhanikulov N., Taimasov B., Potapova E., Sarsenbaev B. Calculation of the raw material composition for cement clinker with the addition of lead slag processing waste.....	285
Ryskalieva D., Baibulanova A., Yessenamanova M., Mustafina A., Samat A. Hydrogen sulfide pollution in the atmosphere of an industrial city: the potential role of evaporation fields (Atyrau, Kazakhstan)	299
Serikbayeva K.T., Chalov T.K., Sadykov K.A. Rubidium sorption from aqueous solutions by VEMEA–AGE–PEI anion exchangers.....	322
Seitkazinova A.R., Nazhipkyzy M., Yeleuov M.A., Zhaparov A.A., Kalybayeva A.K. Orange peel-derived porous activated carbon	334
Samadun A.I., Taussarova B.R., Asrakulova D.I., Nurmukhanbetova D.E. Biodegradable packaging films with copper nanoparticles: effect of NaBH ₄ concentration on morphology and antifungal properties	351
Khamitova T.O., Tyanakh S., Bolatbay A.N., Ma Fengyun, Aitbekova D.E. Linking geological genesis to the molecular and optical traits of humic acids from coal wastes.....	370
Talgatov E., Zamanbekova A., Abilmagzhanov A., Auyezkhanova A., Akhmetova S. Polymer-modified supported catalysts for the oxidation of cyclohexane with hydrogen peroxide.....	389

МАЗМҰНЫ

Абдугалимов А.Ш., Джалмаханбетова Р.И., Мукушева Г.К.

Бетулон қышқылының химиялық құрылымына еріткіштер әсерін атомистикалық тұрғыдан зерттеу11

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

Инулиннің ірімшік сарысуы негізіндегі ашытылған сусынның сапа көрсеткіштеріне әсері.....25

Асылбекова Д.Д., Токтыбаева Х.Р., Қалдыбаева А.Р., Журхабаева Л., Түкібаева А.С.

Фосфорлы қышқылдың платина электродындағы электрохимиялық қасиеттері және оны қорғасын анодын қолданып гальваностатикалық анодты тотықтыру.....39

Ауешов А.П., Ескибаева Ч.З., Ибраева А.М., Алжанов К.Б., Джолдасова Э.М.

Қышқылды-сілтілі комбинациялық әдіспен серпентиниттен алынған кремнеземнің адсорбциялық сипаттамаларын зерттеу58

Ғалымжан А., Қожабеков С., Қуанышев А., Сансызбай Н., Абдрасилова А.

Октадецилметакрилат пен малеин ангидридi сополимерлері құрамының мұнайдың реологиялық қасиеттеріне әсері78

Дарменбаева А.С., Rajasekharan R. Агроқалдықтардан алынған наноцеллюлозалы

мембраналардың құрылымдық қасиеттерін зерттеу.....95

Дмитриева Е.А., Медведев А., Кемелбекова А.

SnO₂ жұқа қабықшалары негізіндегі төмен температуралы газ сенсорын және жоғары кедергілерді тіркеуге арналған прецизионды өлшеу жүйесін әзірлеу.....109

Джелдыбаева И.М., Қайырбеков Ж., Есеналиева М.З., Досумова Б.Т., Суймбаева С.М.

Ультрадыбыстық өңдеудің қоңыр көмір гумин қышқылдарының құрылымы мен физика-химиялық қасиеттеріне әсері.....125

Джумадилов Т.К., Химэрсэн Х., Иманғазы А.

Біртекті полиэлектролиттерден құрылған интерполимерлік жүйелердің ауыр металл иондарын сорбциялау ерекшеліктері.....140

Жылқыбек М., Оразбекова Р.С., Еркибаева М.К., Айдарова А.О., Байжұманова Т.С.

Метанды терең тотықтыруға арналған Co–Mg оксидті катализаторлар: синтезі, құрылымы және каталитикалық белсенділігі.....154

Иманғалиева Б., Рахметова Г., Досанова Б., Совет Н.

Полимер қалдықтарын гидролиздік өңдеу арқылы биологиялық тыңайтқыш алу технологиясы.....169

Қарар М.Е., Бейсенбаев О.К., Алибеков Р.С., Роснах Шамсудин.

Байдалы күрішпен және Гала сортты картоптан крахмал алу және оны биоыдырайтын материалдарда қолдану.....186

Құдайбергенова Г.Н., Азимбаева Г.Е., Камысбаева А.К., Ізтелеу Б.М., Құрбанбаева Н.М.

Топинамбур гүлдерінің май қышқылдық құрамы204

Масенова А.Т., Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Малгаждарова М.К. Zn–Me-модификацияланған қалыпталған ZSM-5–Al ₂ O ₃ алкилдеу катализаторларының беттік қышқылдығын реттеу.....	219
Нурисламов Р.М., Нефедов А.Н., Бейсенбаев Д.К., Леонтьева К.А., Имашев Б.К. Темірдің коррозияға төзімділігіне оксидтік қабықшалардың әсері: COMSOL Multiphysics 6.2 бағдарламасында модельдеу.....	238
Нурлыбаев О., Кудайбергенова Р., Таубаева Р., Бекаулова А., Сейтманбетова А. Металл хлоридтері қатысында карбонизацияланған бентонит–ағаш үгіндісі көміртекті композиттерінің текстуралық қасиеттері.....	250
Пузикова Д.С., Бессонова Г.В., Кензин Н.Р., Жұрынов М.Ж., Торлопов И.И. Өртүрлі гидродинамикалық конструкциялардағы мұнай құрамды орталардың кавитация процесін модельдеу	263
Рахимов А., Жаникулов Н., Таймасов Б., Потапова Е., Сәрсенбаев Б. Қорғасын қожын өндеу қалдықтары қосылған цемент клинкерінің шикізат шихтасының құрамын есептеу	285
Серікбаева К.Т., Чалов Т.К., Садықов К.А. Сулы ерітінділерден рубидийді ВЭМЭА–АГЭ–ПЭИ аниониттерімен сорбциялау.....	299
Сейтказинова А.Р., Нажипқызы М., Елеуов М.А., Жапаров А.А., Қалыбаева А.Қ. Апельсин қабығынан алынған кеуекті белсендірілген көмір.....	322
Самадун А.И., Таусарова Б.Р., Асракулова Д.И., Нурмұханбетова Д.Е. Мыс нанобөлшектері бар биоыдырайтын қаптамалық үлдірлер: NaBH ₄ концентрациясының морфологияға және саңырауқұлаққа қарсы қасиеттеріне әсері.....	334
Хамитова Т.О., Тянах С., Болатбай А.Н., Ма Фэньюнь, Айтбекова Д.Е. Көмір қалдықтарынан бөлінген гумин қышқылдарының геологиялық генезисі мен молекулалық және оптикалық қасиеттерінің байланысы	351
Рысқалиева Д.К., Байбуланова А.А., Есенаманова М.С., Мұстафина А.Ж., Самат А.С. Өнеркәсіптік қала атмосферасының күкіртсутекпен ластануы: булану алаңдарының ықтимал рөлі (Атырау, Қазақстан)	370
Талғатов Э.Т., Заманбекова А.Т., Абильмагжанов А.З., Әуезханова А.С., Ахметова С.Н. Циклогександы сутек пероксидімен тотықтыруға арналған полимермен модификацияланған тасымалдағышқа бекітілген катализаторлар	389

СОДЕРЖАНИЕ

Абдугалимов А.Ш., Джалмаханбетова Р.И., Мукушева Г.К. Атомистическое исследование влияния растворителей на химическую структуру бетулоновой кислоты.....	11
Асембаева Э.К., Шади Д.К., Нурмуханбетова Д.Е., Божбанов А.Ж., Габдуллина Е.Ж. Влияние инулина на показатели качества ферментированного напитка на основе сырной сыворотки	25
Асылбекова Д.Д., Токтибаева Х.Р., Калдыбаева А.Р., Журхабаева Л., Тукибаева А.С. Электрохимическое поведение фосфористой кислоты на платиновом электроде и её гальваностатическое анодное окисление с использованием свинцового анода.....	39
Ауешов А.П., Ескибаева Ч.З., Ибраева А.М., Алжанов К.Б., Джолдасова Э.М. Исследование адсорбционных характеристик кремнезёма, полученного из серпентинита комбинированным кислотно-щелочным методом	58
Галымжан А., Кожабеков С., Куанышев А., Сансызбай Н., Абдрасилова А. Влияние состава сополимеров октадецилметакрилата и малеинового ангидрида на реологические свойства нефти	78
Дарменбаева А.С., Rajasekharan R. Исследование структурных свойств наноцеллюлозных мембран, полученных из агроотходов.....	95
Дмитриева Е.А., Медведев А., Кемелбекова А. Разработка низкотемпературного газового сенсора на основе тонких плёнок SnO_2 и прецизионной измерительной системы для регистрации высокоомных сопротивлений.....	109
Джелдыбаева И.М., Каирбеков Ж., Есеналиева М.З., Досумова Б.Т., Суймбаева С.М. Влияние ультразвуковой обработки на структуру и физико-химические свойства гуминовых кислот бурого угля	125
Джумадилов Т.К., Химэрсэн Х., Имангазы А. Особенности сорбции ионов тяжёлых металлов интерполимерными системами, сформированными из однородных полиэлектролитов.....	140
Жылкыбек М., Оразбекова Р.С., Еркибаева М.К., Айдарова А.О., Байжуманова Т.С. Co–Mg оксидные катализаторы для глубокого окисления метана: синтез, структура и каталитическая активность	154
Имангалиева Б., Рахметова Г., Досанова Б., Совет Н. Технология получения биологического удобрения путём гидролизной обработки полимерных отходов	169
Карар М.Е., Бейсенбаев О.К., Алибеков Р.С., Роснах Шамсудин. Получение крахмала из риса «Байдалы» и картофеля сорта «Гала» и его применение в биоразлагаемых материалах	186
Кудайбергенова Г.Н., Азимбаева Г.Е., Камысбаева А.К., Изтелеу Б.М., Курбанбаева Н.М. Жирнокислотный состав цветков топинамбура	204

Масенова А.Т., Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Малгаждарова М.К. Регулирование поверхностной кислотности Zn–Me-модифицированных формованных ZSM-5–Al ₂ O ₃ катализаторов алкилирования	219
Нурисламов Р.М., Нефедов А.Н., Бейсенбаев Д.К., Леонтьева К.А., Имашев Б.К. Влияние оксидных плёнок на коррозионную стойкость железа: моделирование в COMSOL Multiphysics 6.2	238
Нурлыбаев О., Кудайбергенова Р., Таубаева Р., Бекаулова А., Сейтманбетова А. Текстурные свойства бентонит–углеродных композитов после карбонизации в присутствии хлоридов металлов	250
Пузикова Д.С., Бессонова Г.В., Кензин Н.Р., Журинов М.Ж., Торлопов И.И. Моделирование процесса кавитации нефтесодержащих сред в различных гидродинамических конструкциях.....	263
Рахимов А., Жаникулов Н., Таймасов Б., Потапова Е., Сарсенбаев Б. Расчёт состава сырьевой шихты для цементного клинкера с добавлением отходов переработки свинцового шлака	285
Серикбаева К.Т., Чалов Т.К., Садыков К.А. Сорбция рубидия из водных растворов анионитами ВЭМЭА–АГЭ–ПЭИ.....	299
Сейтказинова А.Р., Нажипкызы М., Елеуов М.А., Жапаров А.А., Калыбаева А.К. Пористый активированный углерод, полученный из апельсиновой кожуры.....	322
Самадун А.И., Таусарова Б.Р., Асракулова Д.И., Нурмуханбетова Д.Е. Биоразлагаемые упаковочные плёнки с наночастицами меди: влияние концентрации NaBH ₄ на морфологию и антигрибковые свойства	334
Хамитова Т.О., Тянах С., Болатбай А.Н., Ма Фэньюнь, Айтбекова Д.Е. Связь геологического генезиса с молекулярными и оптическими характеристиками гуминовых кислот из угольных отходов	351
Рыскалиева Д.К., Байбуланова А.А., Есенаманова М.С., Мустафина А.Ж., Самат А.С. Загрязнение атмосферы промышленного города сероводородом: потенциальная роль полей испарения (Атырау, Казахстан)	370
Талгатов Э.Т., Заманбекова А.Т., Абильмагжанов А.З., Ауезханова А.С., Ахметова С.Н. Полимер-модифицированные нанесённые катализаторы окисления циклогексана пероксидом водорода	389

© **Karar M.E.¹, Beisenbayev O.K.¹, Alibekov R.S.¹, Rosna Shamsudin², 2026.**

¹ M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan;

² Universiti Putra Malaysia (UPM), Serdang Campus, Selangor, Malaysia.

E-mail: mervetkarar@gmail.com

STARCH EXTRACTION FROM BAIDALY RICE AND GALA POTATOES FOR APPLICATION IN BIODEGRADABLE MATERIALS

Karar Meruyert — Doctoral student, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,
E-mail: mervetkarar@gmail.com , <https://orcid.org/0009-0000-8482-184X>;

Beisenbayev Oral — Dr.Tech.Sci., professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent,
Kazakhstan,

E-mail: oral-kb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9442-213X>;

Alibekov Ravshanbek — Cand.Chem.Sci., professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent,
Kazakhstan,

E-mail: ralibekov@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>;

Rosnah Shamsudin — PhD, Universiti Putra Malaysia (UPM), Selangor, Serdang Campus, Serdang,
Malaysia,

E-mail: rosnahs@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4849-9675>.

Abstract. This article investigates the technology of starch extraction from Baidaly rice and the "Gala" potatoes cultivated in the Pavlodar region, and proposes the application of the obtained natural polysaccharides in the production of biodegradable materials. The aim of the study was to develop a technology for obtaining high-quality starch from domestic plant raw materials and to evaluate its potential as a main component for the production of biodegradable materials. During the study, starch was isolated from rice and potatoes by the wet extraction method. The structure of the obtained samples was analyzed by infrared spectroscopy (IR), which confirmed the preservation of the functional groups and glycosidic bonds characteristic of starch. Experimental results showed that 170 g of starch was obtained from 1 kg of "Gala" potatoes of Pavlodar region, while 770 g of starch was obtained from 1 kg of Baidaly rice. These results indicate that rice is a highly productive raw material for starch extraction. Comparison of the obtained IR spectra with those of commercial starch samples demonstrated that the laboratory-extracted starches possessed a high degree of structural purity and retained the functional groups characteristic of natural polysaccharides. The preservation of the chemical structure of starch confirms its suitability for use in the production of biodegradable polymeric materials. The obtained starch samples were considered as

matrix components for biodegradable films. The renewable nature, biodegradability, and relatively low environmental impact of starch-based materials make them promising alternatives to conventional petroleum-based polymers. Such materials can be used in the production of disposable and food packaging. The results showed that the obtained starch is a promising local raw material for biodegradable materials. The use of domestic agricultural raw materials can reduce dependence on imports, promote efficient resource utilization, and support the development of environmentally friendly biopolymer materials in Kazakhstan.

Keywords: rice starch, potato starch, natural polysaccharides, biodegradable materials

For citations: Karar M.E., Beisenbayev O.K., Alibekov R.S., Shamsudin R. Starch extraction from Baidaly rice and Gala potatoes for application in biodegradable materials. Academic Scientific Journal of Chemistry, 2026. — No. 3. — P. 186–203. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.395>.

© Қарар М.Е.¹, Бейсенбаев О.К.¹, Алибеков Р.С.¹, Росна Шамсудин², 2026.

¹ М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан;

² Путра Малайзия университеті, Серданг, Малайзия.

E-mail: mervetkarar@gmail.com

БАЙДАЛЫ КҮРІШІНЕН ЖӘНЕ ПАВЛОДОР ӨҢІРІНІҢ ГАЛА СОРТТЫ КАРТОБЫНАН КРАХМАЛ АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ, ОНЫ БИОЫДЫРАЙТЫН МАТЕРИАЛДАР САЛАСЫНДА ҚОЛДАНУ

Қарар Меруерт — докторант, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: mervetkarar@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-8482-184X>;

Бейсенбаев Орал — техника ғылымдарының докторы, профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: oral-kb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9442-213X>;

Алибеков Равшанбек — химия ғылымдарының кандидаты, профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: ralibekov@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>;

Роснах Шамсудин — PhD, Путра Малайзия университеті (UPM), Серданг, Селангор, Малайзия,

E-mail: rosnahs@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4849-9675>.

Аннотация. Мақалада Байдалы күрішінен және Павлодар өңірінде өсірілген Гала сортты картоптан крахмал алу технологиясы зерттеліп, алынған табиғи полисахаридтерді биоыдырайтын материалдар өндірісінде қолдану мүмкіндігі бағаланды. Зерттеудің мақсаты — отандық өсімдік шикізатынан жоғары сапалы крахмал алу технологиясын әзірлеу және оны биоыдырайтын материалдардың негізгі компоненттерінің бірі ретінде пайдалану әлеуетін анықтау. Зерттеу барысында крахмал күріш пен картоптан ылғалды экстракция әдісімен бөлініп алынды. Алынған үлгілердің құрылымы инфрақызыл спектроскопия әдісімен

зерттеліп, крахмалға тән негізгі функционалдық топтар мен гликозидтік байланыстардың сақталғаны анықталды. Тәжірибе нәтижесінде 1 кг Гала сортты картоптан 170 г, ал 1 кг Байдалы күрішінен 770 г крахмал алынды. Бұл көрсеткіштер зерттелген жағдайларда күріштің крахмал алу үшін өнімділігі жоғары шикізат екенін көрсетті. Зертханалық жолмен алынған крахмалдардың ИҚ-спектрлерін коммерциялық крахмал үлгілерімен салыстыру олардың табиғи полисахаридтерге тән құрылымдық ерекшеліктерін сақтағанын көрсетті. Крахмалдың химиялық құрылымының сақталуы оны биоыдырайтын полимерлік материалдардың матрицалық компоненті ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Алынған крахмал үлгілерін биоыдырайтын үлдірлер өндіруде қолдану қарастырылды. Жаңартылатын табиғи шикізаттан алынуы, биоыдырағыштығы және қоршаған ортаға салыстырмалы түрде төмен әсері крахмал негізіндегі материалдарды мұнай негізіндегі дәстүрлі полимерлерге балама ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Мұндай материалдар бір реттік және тағамдық қаптама өндірісінде қолданылуы мүмкін. Сонымен бірге дайын үлдірлердің механикалық, суға төзімділік, термиялық және биоыдырау қасиеттері келесі зерттеу кезеңінде бағалануы тиіс.

Түйін сөздер: күріш крахмалы, картоп крахмалы, табиғи полисахаридтер, биоыдырайтын материалдар

© Карар М.Е.¹, Бейсенбаев О.К.¹, Алибеков Р.С.¹, Росна Шамсудин², 2026.

¹ Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан;

² Университет Путра Малайзия, штат Селангор, Серданг, Малайзия.

E-mail: mervetkarar@gmail.com

ПОЛУЧЕНИЕ КРАХМАЛА ИЗ РИСА «БАЙДАЛЫ» И КАРТОФЕЛЯ «ГАЛА» И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В БИОРАЗЛАГАЕМЫХ МАТЕРИАЛАХ

Бейсенбаев Орал — доктор технических наук, профессор, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: oral-kb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9442-213X>;

Алибеков Равшанбек — кандидат химических наук, профессор, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: ralibekov@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>;

Роснах Шамсудин — PhD, Университет Путра Малайзия (UPM), Серданг, Селангор, Малайзия,

E-mail: rosnahs@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4849-9675>.

Аннотация. В статье исследована технология получения крахмала из риса сорта «Байдалы» и картофеля сорта «Гала», выращенного в Павлодарском регионе, а также оценена возможность применения полученных природных полисахаридов в производстве биоразлагаемых материалов. Цель исследования заключалась в разработке технологии получения крахмала из отечественного растительного сырья и оценке его потенциала в качестве основного компонента биоразлагаемых материалов. Крахмал выделяли из риса и картофеля методом влажной экстракции. Структуру полученных образцов исследовали методом

инфракрасной спектроскопии, который подтвердил сохранение характерных для крахмала функциональных групп и гликозидных связей. В результате эксперимента из 1 кг картофеля сорта «Гала» было получено 170 г крахмала, а из 1 кг риса сорта «Байдалы» — 770 г. Полученные данные свидетельствуют о более высоком выходе крахмала из риса в исследованных условиях. Сопоставление ИК-спектров лабораторно полученных образцов с коммерческими образцами крахмала показало сохранение характерных структурных особенностей природных полисахаридов. Это позволяет рассматривать полученный крахмал в качестве матричного компонента биоразлагаемых полимерных материалов. Образцы крахмала были предложены для дальнейшего использования при формировании биоразлагаемых плёнок. Возобновляемое происхождение и способность к биоразложению делают крахмал перспективным сырьём для разработки материалов, способных частично заменить традиционные нефтехимические полимеры, в том числе в производстве одноразовой и пищевой упаковки. Вместе с тем механические, водостойкие, термические свойства и показатели биоразложения готовых плёнок требуют отдельной экспериментальной оценки.

Ключевые слова: рисовый крахмал, картофельный крахмал, природные полисахариды, биоразлагаемые материалы

Кіріспе. Крахмал - өсімдік тектес табиғи полисахарид және жаңартылатын шикізатқа негізделген ең маңызды биополимерлердің бірі. Оны алғаш тағамдық мақсаттармен, сондай-ақ байланыстырушы және желімдеуші материал ретінде қолданды. Кейінірек крахмалдың қасиеттерін зерттеу оның тек тағамдық компонент қана емес, сонымен қатар қағаз, тоқыма, фармацевтика және басқа да салалар үшін маңызды шикізат ретінде қолдануға мүмкіндіктерді тудырды. Қазіргі уақытта крахмал жаңартылатын және биологиялық ыдырайтын табиғи полимер болып саналады және оның құрылымы мен функционалдық қасиеттерін зерттеуге ерекше назар аударылады. Ғылыми зерттеулер крахмалдың қасиеттері оның ботаникалық шығу тегіне, амилозаның амилопектинге қатынасына, түйіршіктердің мөлшері мен морфологиясына және экстракция технологиясына байланысты екенін көрсетеді. Сондықтан әртүрлі өсімдік көздерінен алынған крахмалдардың қоймалжыңдану температурасы, ісіну қабілеті, тұтқырлығы, жабысу және құрылымдық сипаттамалары бір-бірінен айтарлықтай ерекшеленеді. Ол негізінен амилоза мен амилопектиннен тұрады, олардың арақатынасы крахмалдың құрылымдық, физика-химиялық және технологиялық қасиеттерін анықтайды. Крахмалдың биоыдырағыштығы, қолжетімділігі және жаңартылатын табиғи ресурсы оны тамақ, фармацевтикалық препараттар, химиялық заттар және биополимерлерді өндіруде кеңінен қолдануға мүмкіндік береді (BeMiller and Whistler, 2022; Wani et al., 2012).

Қазіргі таңда дәстүрлі синтетикалық полимерлердің қоршаған ортаға теріс әсері жаһандық экологиялық мәселелердің біріне айналды. Осыған байланысты экологиялық таза, табиғи түрде ыдырайтын биополимерлерді зерттеу және өндіріске енгізу маңызды ғылыми және тәжірибелік міндет болып табылады.

Биологиялық ыдырайтын полимерлер шығу тегі мен химиялық табиғатына байланысты бірнеше топқа бөлінеді. Бұл топтарға тірі организмдерде кездесетін, биоүйлесімділігімен ерекшеленетін ақуыздар, атап айтқанда кератин, фиброин, коллаген және эластин жатады. Сонымен қатар, әртүрлі қаптама материалдарында қолданылатын ацетилглицеридтері бар эмульсиялар, балауыздар және майлар да маңызды рөл атқарады. Микроорганизмдер синтездеген пуллуан және элсинан полимерлері де өздерінің ерекше қасиеттерімен ерекшеленеді.

Полисахаридтер және олардың туындылары осы саланың ең ірі салаларының бірі болып табылады. Бұл бағытқа бактериялар арқылы алынған табиғи полимерлер мен синтетикалық полиэфирлер, жануарлардан алынған хитин мен хитозин, сондай-ақ крахмал, целлюлоза, агар және пектин сияқты өсімдік тектес қосылыстар кіреді. Мұнай химиясы синтезі арқылы алынған биологиялық ыдырайтын полимерлерге полиуретан, полиэфирамид, сополиэфирлер, алифатты және хош иісті полиэфирлер, PCL, PBC, mPET, PES жатады. Сонымен қатар, әртүрлі компоненттердің тіркесімінен тұратын аралас немесе композиттік полимерлер де кеңінен қолданылады. Жалпы алғанда биологиялық ыдырайтын полимерлерді жіктеу және олардың қасиеттерін кешенді зерттеу жаңа буын экологиялық таза материалдарды әзірлеудің негізі болып табылады. Ақуыздар, полисахаридтер және мұнай химиясы арқылы алынған синтетикалық полимерлерді модификациялау арқылы алынған биологиялық ыдырайтын полимерлердің әрқайсысының өзіндік артықшылықтары бар. Ұсынылған жіктеу жүйесі болашақта қоршаған ортаны қорғауға бағытталған жаңа композиттік материалдарды әзірлеу үшін сенімді ғылыми негіз бола алады (Onyeaka et al., 2022; Urkimbayeva, 2017; Wang, 2023).

Крахмал қолжетімділігіне, жаңартылатындығына, биологиялық ыдырайтындығына және қабық түзетін қасиеттеріне байланысты биологиялық ыдырайтын полимерлік материалдарды өндіру үшін перспективалы шикізат болып табылады. Бүгінгі таңда синтетикалық полимерлерге балама ретінде табиғи полисахаридтерді пайдалануға қызығушылық артып келеді. Осыған байланысты күріш пен картоп крахмалы ерекше маңызға ие. Күріш крахмалының ұсақ түйіршікті құрылымы оны біртекті материалдарды алуға жарамды етеді, ал картоп крахмалы ірі түйіршіктерімен, жоғары ісіну қабілетімен және жақсы байланыстырушы қасиеттерімен ерекшеленеді.

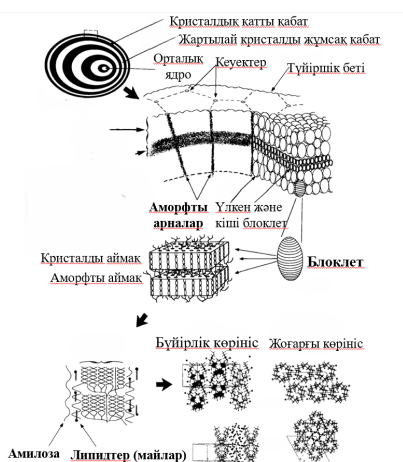
Қазақстан жағдайында жергілікті ауылшаруашылық шикізатынан крахмал алу технологиясын зерттеу импорттық крахмалға тәуелділікті азайту және ауылшаруашылық өнімдерін терең өңдеу салаларын дамыту үшін өзекті. Бұл зерттеуде крахмал көздері ретінде Қызылорда облысының Байдалы күріші мен Павлодар облысының картопы таңдалды. Бұл шикізатты таңдау олардың Қазақстанда қолжетімділігіне және крахмал өндірісіне жарамдылығына байланысты.

Күріш пен картоп, крахмалға бай ауыл шаруашылығы дақылдары ретінде, биологиялық ыдырайтын материалдарды өндіруде кеңінен қолданылуы мүмкін. Крахмалдың өнімділігі мен қасиеттері өсімдік түріне, сортына және өсіру жағдайларына байланысты өзгереді. Сондықтан, Қазақстанда өсірілген жергілікті

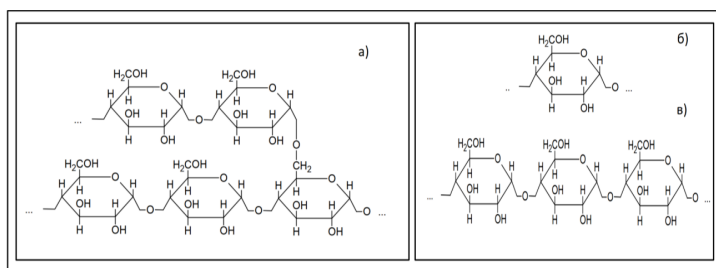
ауыл шаруашылығы шикізатынан крахмал алу технологиясын зерттеу және оның биологиялық ыдырайтын қабықшалар өндіруге жарамдылығын бағалау ғылыми және практикалық тұрғыдан маңызды (Amagliani et al., 2016; Wani et al., 2012).

Әдебиеттерге шолу. Қазіргі таңда қоршаған ортаның пластикалық қалдықтармен ластануы әлемдік деңгейдегі маңызды экологиялық мәселелердің біріне айналды. Мұнай негізіндегі синтетикалық полимерлердің табиғи ортада ұзақ уақыт ыдырамауы олардың қоршаған ортаға кері әсерін күшейтіп, биоыдырайтын материалдарды әзірлеуге бағытталған зерттеулердің қарқынды дамуына себеп болды. Осыған байланысты жаңартылатын табиғи шикізат көздерінен алынатын биополимерлер негізінде экологиялық қауіпсіз материалдар өндіру ғылыми және практикалық тұрғыдан ерекше өзектілікке ие.

Табиғи полисахаридтердің ішінде крахмал биоыдырағыштығы, жаңартылатындығы, биологиялық қауіпсіздігі, кең таралуы және салыстырмалы түрде төмен құны арқасында биоыдырайтын материалдар мен қаптама материалдарын өндіруге ең перспективалы шикізаттардың бірі болып саналады. Крахмалдың физика-химиялық қасиеттері оның алыну көзіне байланысты өзгеретіндіктен, әртүрлі өсімдік шикізатынан алынған крахмалдың құрылымы мен технологиялық қасиеттерін зерттеу ғылыми қызығушылық тудырады.



Сурет 1 — Крахмал түйіршігінің құрылымдық сызбасы



Сурет 2 — Амилопектиннің (а), ангидроглюкозаның (б) және амилозаның (в) химиялық құрылымы

Зерттеу барысында крахмал көзі ретінде Байдалы күріші мен Павлодар облысында өсірілген картоп таңдалды. Бұл шикізат түрлерін таңдаудың негізгі себебі – олардың Қазақстан жағдайында қолжетімділігі, отандық ауыл шаруашылығы өнімдері болуы және құрамындағы крахмал мөлшерінің жоғары болуымен байланысты. Сонымен қатар жергілікті шикізатты пайдалану импорттық крахмал түрлеріне тәуелділікті төмендетуге және аймақтық аграрлық ресурстарды тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Жүгері крахмалы қазіргі уақытта биоыдырайтын полимерлер алу бағытында кеңінен қолданылатын шикізаттардың бірі болып табылады. Дегенмен, ғылыми әдебиеттерде жүгері крахмалы негізіндегі биополимерлік материалдар бойынша зерттеулер саны өте көп және оның қасиеттері жан-жақты қарастырылған. Осыған байланысты аталған зерттеуде жүгері крахмалын қолданудан бас тартылып, отандық шикізат көздерінен алынған крахмалдардың қасиеттерін зерттеуге басымдық берілді. Бұл тәсіл жаңа ғылыми нәтижелер алуға және жергілікті өсімдік шикізатының потенциалын бағалауға мүмкіндік береді.

Бидай крахмалының құрамында крахмалмен қатар ақуыздық компоненттер, әсіресе глютен фракциялары кездеседі. Бұл қосылыстар крахмалды тазарту процесін күрделендіріп, алынатын полимерлік материалдың біркелкі құрылым түзуіне және мөлдір маериал қалыптастыру қабілетіне кері әсер етуі мүмкін. Сонымен қатар бидай негізіндегі шикізатты пайдалану кезінде ақуызды қоспаларды толық жою қосымша технологиялық сатыларды талап етеді.

Маниок (тапиока) крахмалы жоғары тазалығымен және жақсы материал түзуші қасиетімен ерекшеленгенімен, Қазақстан жағдайында бұл дақыл кең көлемде өндірілмейді және негізінен импорттық шикізат болып табылады. Сондықтан зерттеу барысында жергілікті ауыл шаруашылығы өнімдерінен алынатын крахмал түрлеріне басымдық берілді. Арпа және інжу арпа (перловка) негізіндегі крахмалдарды қолдану мүмкіндігі де қарастырылды. Алайда тәжірибелік зерттеулер барысында бұл шикізаттардан алынған крахмал негізіндегі жүйелердің мөлдір, біртекті түзу қабілеті төмен екендігі байқалды. Дән құрамындағы ақуыздық және талшықты компоненттердің жоғары болуы алынған полимерлік композицияның құрылымдық қасиеттеріне әсер етті.

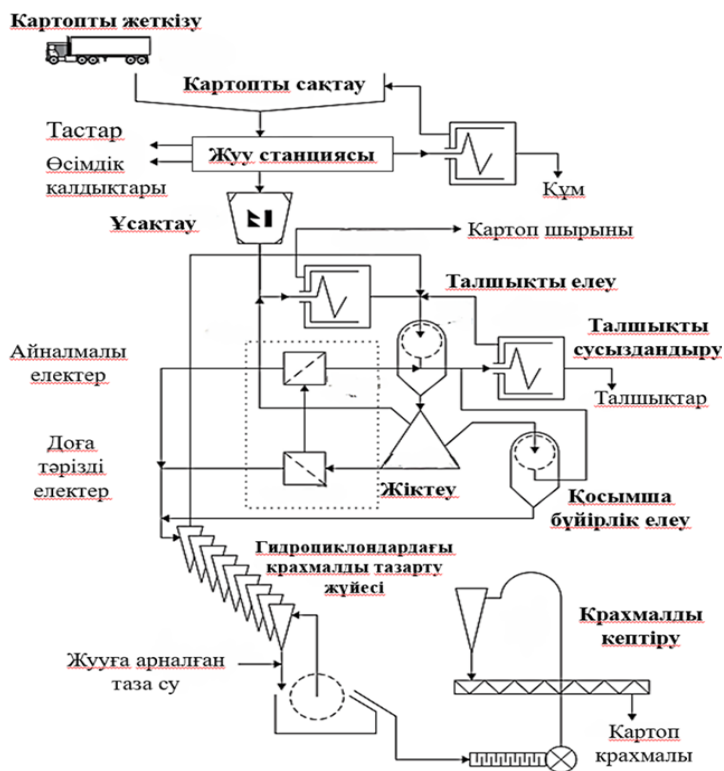
Күріш крахмалы ұсақ түйіршікті құрылымымен, жоғары тазалығымен және жақсы түзуші қасиетімен ерекшеленеді. Бұл қасиеттер оны биоыдырайтын материалдар алу үшін перспективалы шикізат ретінде таңдауға мүмкіндік берді. Ал картоп крахмалы жоғары ісіну қабілетімен, амилопектин мөлшерінің көп болуымен және жақсы байланыстырғыш қасиетімен сипатталады. Осы екі крахмал түрін салыстыра зерттеу арқылы өсімдік шикізатының табиғатының алынатын биоыдырайтын полимердің құрылымы мен физика-механикалық қасиеттеріне әсерін анықтауға мүмкіндік туады (Verma and Srivastav, 2022; Rashwan et al., 2024; Bioprocessing of rice starch, 2026). Зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы – Қазақстанда өсірілген Байдалы күріші мен Павлодар өңірінің «Гала» сортты картобынан алынған крахмалдың құрылымдық ерекшеліктерін инфрақызыл спектроскопия (ИК) әдісімен зерттеу, олардың биоыдырайтын материалдар

өндіруге жарамдылығын бағалау және отандық өсімдік шикізатын пайдалану мүмкіндігін негіздеу болып табылады.

Зерттеудің мақсаты – Байдалы күріші мен Павлодар өңірінің «Гала» сортты картобынан крахмал алу технологиясын зерттеу, алынған крахмалдың құрылымдық қасиеттерін анықтау және оны биоыдырайтын материалдар өндіру технологиясында қолдану мүмкіндігін бағалау.

Материалдар мен зерттеу әдістері

Зерттеу нысаны ретінде Қазақстанда өсірілген Байдалы күріші және Павлодар өңірінде өндірілетін «Гала» сортты картобы пайдаланылды. Бұл шикізат түрлері құрамындағы крахмал мөлшерінің жоғары болуы, колжетімділігі және биоыдырайтын полимерлік материалдар өндіруге жарамдылығына байланысты таңдалды.



Сурет 3 — Картоп крахмалын алудың техсхемасы

Картоп крахмалын өндіру технологиясы бірнеше негізгі кезеңдерден тұрады. Өндіріс процесі алдымен картопты қабылдау және сақтау бөлімінен басталады. Картоп арнайы жуу станцияларында топырақтан, құмнан, тастардан және өсімдік қалдықтарынан тазартылады. Тазартылған картоп кейін ұсақтау кезеңіне жіберіледі. Ұсақтау барысында картоп жасушалары бұзылып, крахмал түйіршіктері босатылады. Ұсақталған картоп массасы картоп шырынын бөлу

кезеңіне өтеді. Бұл процесс декантерлік центрифугалар көмегімен жүргізіліп, құрамында ақуыздар мен еріген заттары бар картоп шырыны крахмал-талшықты қоспадан ажыратылады. Бөлінген картоп шырыны кейін ақуызды өңдеу бағытына жіберіледі.

Келесі кезеңде крахмал мен талшықты бөлу жүзеге асырылады. Арнайы айналмалы және доға тәрізді електер арқылы ірі талшық бөлшектері бөлініп алынады. Бөлінген талшық сусыздандырылып, қосымша өнім ретінде пайдаланылады. Ал құрамында крахмал бар суспензия әрі қарай жіктеу процесіне жіберіледі. Крахмалды жіктеу кезінде центрифугалық қондырғылар қолданылып, крахмал түйіршіктері талшықтардан және басқа қоспалардан ажыратылады. Тазартылған крахмал суспензиясы гидроциклонды крахмал тазарту жүйесіне түседі. Бұл кезеңде крахмал бірнеше сатылы жуу арқылы ақуыздардан, тұздардан, канттардан және басқа да еріген қоспалардан тазартылады.

Соңғы кезеңде тазартылған крахмал кептіру процесінен өтеді. Нәтижесінде ылғалдылығы төмен, жоғары сапалы картоп крахмалы алынады. Сонымен қатар өндіріс барысында алынған талшық пен ақуыз сияқты қосымша өнімдерді тиімді пайдалану технологияның экономикалық тиімділігін арттырып, қалдық мөлшерін азайтуға мүмкіндік береді (Zhang et al., 2024; Velasquez-Barreto et al., 2026).

Зерттеу жұмысы М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің зертханасында жүргізілді. Алғашқы кезеңде күріш пен картоп механикалық қоспалардан тазартылып, жуылып, кептірілді. Картоп қабығынан аршылып, ұсақталып, сумен араластырылды. Алынған масса бірнеше қабат дәке арқылы сүзілді. Сүзінді белгілі уақыт тұндырылып, тұнбадағы крахмал бөлініп алынды. Тұнба бірнеше рет дистилденген сумен жуылып, 40–45 °С температурада тұрақты массаға дейін кептірілді. Осыған ұқсас әдіспен Байдалы күрішінен де крахмал бөлініп алынды. Алынған құрғақ крахмал ұнтақталып, герметикалық ыдыста сақталды.



Сурет 4 – Байдалы күрішінен күріш крахмалын алу сатылары



Сурет 5 — Павлодар өңірінде өндірілетін «Гала» сортты картобынан картоп крахмалын алу сатылары

Бастапқы шикізат зертханаға жеткізілгеннен кейін бөгде қоспалардан тазартылып, сумен жуылды. Зерттеу барысындағы қауіпсіздік шаралары ескеріліп, алынған крахмалдың шығымы бастапқы шикізат массасына және құрғақ затқа шаққандағы көрсеткіштер бойынша есептелді.

Күріштің ылғалдылығын анықтау әдістемелік тұрғыдан ГОСТ ISO 712-2015 «Зерно и зерновые продукты. Определение содержания влаги. Контрольный метод» талаптарына сай негізделді.

Картоп өнімінің сапалық көрсеткішін бағалау кезінде ГОСТ 7194-81 «Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества» стандартының талаптары ескерілді.

Зерттеуде бастапқы шикізаттың ылғалдылығы «Байдалы» күріші үшін 12,0%, ал «Гала» сортты картоп үшін 78,0% тең болды.

Әрбір шикізат түрінен 1 кг мөлшерінде үлгі алынды. Күріш алдын ала сумен жуылып, ұсақталды. Ұсақталған шикізатқа су қосылып, суспензия дайындалды. Алынған масса дәке арқылы сүзілді.

Картоп жуылып, қабығынан тазартылғаннан кейін сумен араластырылды. Алынған суспензия дәке арқылы сүзілді. Сүзінділер белгілі уақыт аралығында тұндырылып, крахмал тұнбасы бөлініп алынды.

Крахмал тұнбасы бірнеше рет сумен жуылып, ерігіш қоспалардан тазартылды. Соңғы крахмал тұнбасы 40–45 °С температурада тұрақты массаға дейін кептірілді. Кептірілген өнім аналитикалық таразыда өлшеніп, крахмалдың шығымы есептелді.

Крахмалдың бастапқы шикізат массасына қатысты шығым келесі формула бойынша анықталды:

$$\eta = (m_1/m_0) \times 100\% \quad (1)$$

мұндағы:

η – крахмалдың шығымы, %;

m_1 – кептірілгеннен кейін алынған крахмал массасы, г;

m_0 – бастапқы шикізат массасы, г.

Шикізаттың ылғалдылығын ескеру үшін құрғақ зат массасы келесі формула бойынша есептелді:

$$m_{\text{к.з.}} = m_0 \times (1 - W/100) \quad (2)$$

мұндағы:

$m_{\text{к.з.}}$ – бастапқы шикізаттағы құрғақ зат массасы, г;

W – бастапқы шикізат ылғалдылығы, %.

Құрғақ затқа шаққандағы крахмал шығым:

$$\eta_{\text{к.з.}} = (m_i/m_{\text{к.з.}}) \times 100\% \quad (3)$$

Тәжірибелер үш параллель анықтамада жүргізіліп, нәтижелер орташа арифметикалық мән $\pm$ стандартты ауытқу ($M \pm SD$) түрінде берілді.

Крахмал үлгілерінің құрылымдық ерекшеліктері инфрақызыл спектроскопия (FTIR) әдісімен зерттелді. Талдау барысында үлгілердің инфрақызыл жұтылу спектрлері тіркеліп, гидроксил ($-OH$), метилен ($-CH$), көміртек-оттек ($C-O$) және гликозидтік ($C-O-C$) байланыстарға тән жұтылу жолақтары анықталды. Алынған нәтижелер коммерциялық крахмал үлгілерінің спектрлерімен салыстырылып, олардың құрылымдық ұқсастығы мен айырмашылықтары бағаланды.

Зерттеу барысында крахмал шығымы тәжірибелік жолмен анықталды. Әрбір шикізат түрінен алынған құрғақ крахмалдың массасы өлшеніп, бастапқы шикізат массасына қатысты пайыздық шығымы есептелді. Сонымен қатар алынған крахмалдың биоыдырайтын материалдар өндіруге жарамдылығы құрылымдық талдау нәтижелері негізінде бағаланды (Verma and Srivastav, 2022; Rashwan et al., 2024).

Зерттеу нәтижелері және талқылау

Крахмал шығымын анықтау. «Байдалы» күрішінің бастапқы ылғалдылығы 12,0% болған жағдайда 1 кг шикізаттағы құрғақ зат мөлшері:

$$1000 \times (1 - 0,12) = 880 \text{ г.}$$

Үш параллель тәжірибенің нәтижесінде алынған құрғақ крахмалдың орташа массасы 770 ± 8 г болды.

Бастапқы шикізат массасына қатысты крахмал шығымы:

$$\eta = 770/1000 \times 100 = 77,0 \pm 0,8\%.$$

Құрғақ затқа шаққандағы шығым:

$$\eta_{\text{к.з.}} = 770/880 \times 100 = 87,5\%.$$

«Гала» сортты картоптың бастапқы ылғалдылығы 78,0% болған кезде 1 кг шикізаттағы құрғақ зат мөлшері:

$$1000 \times (1 - 0,78) = 220 \text{ г.}$$

Үш параллель тәжірибеде алынған құрғақ крахмалдың орташа массасы 170 ± 5 г болды.

Бастапқы шикізат массасына қатысты крахмал шығым:

$$\eta = 170/1000 \times 100 = 17,0 \pm 0,5\%.$$

Құрғақ затқа шаққандағы шығым:

$$\eta_{\text{к.з.}} = 170/220 \times 100 = 77,3\%.$$

Кесте 1 — «Байдалы» күріші мен «Гала» сортты картобынан крахмал алу нәтижелері

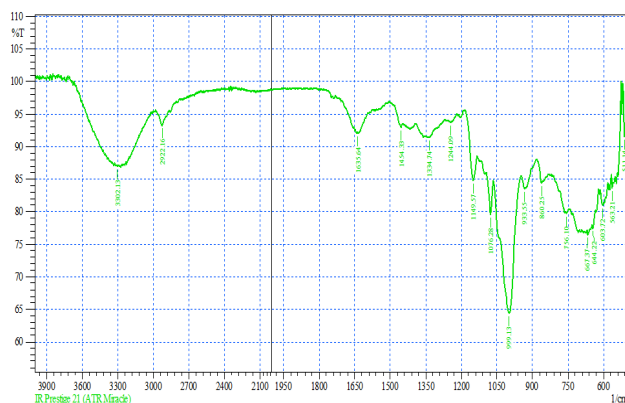
Көрсеткіш	«Байдалы» күріші	«Гала» картобы
Бастапқы шикізат массасы, г	1000	1000
Бастапқы ылғалдылық, %	12,0	78,0
Құрғақ зат массасы, г	880	220
1 - тәжірибе, г	762	165
2 - тәжірибе, г	775	175
3 - тәжірибе, г	773	170
Алынған құрғақ крахмал, г	770±8	170±5
Шикізат массасына қатысты шығым, %	77,0±0,8	17,0±0,5
Құрғақ затқа шаққандағы шығым, %	87,5	77,3
Параллель тәжірибелер саны, n	3	3

Құрғақ затқа қайта есептегенде «Байдалы» күріші үшін 87,5%, ал «Гала» картобы үшін 77,3% көрсеткіш анықталды. Құрғақ затқа қайта есептелген крахмал шығымы экстракция процесінің тиімділігін сипаттайды және бастапқы шикізат құрамындағы крахмалдың теориялық мөлшерімен тікелей теңестірілмейді.

Зерттеу барысында Байдалы күріші мен Павлодар өңірінің «Гала» сортты картобынан крахмал алу технологиясы тәжірибелік жағдайда жүзеге асырылып, алынған өнімдердің шығымы анықталды. Зерттеу нәтижелері бойынша 1 кг «Гала» сортты картобынан 170 г құрғақ крахмал, ал 1 кг Байдалы күрішінен 770 г құрғақ крахмал алынды. Алынған нәтижелер пайдаланылған өсімдік шикізатының биологиялық ерекшеліктеріне сәйкес келеді және Байдалы күрішінің крахмал мөлшері жоғары екенін көрсетті (GOST 7698–93, 1994; GOST 29144–91, 1992; Amagliani et al., 2016; Wani et al., 2012).

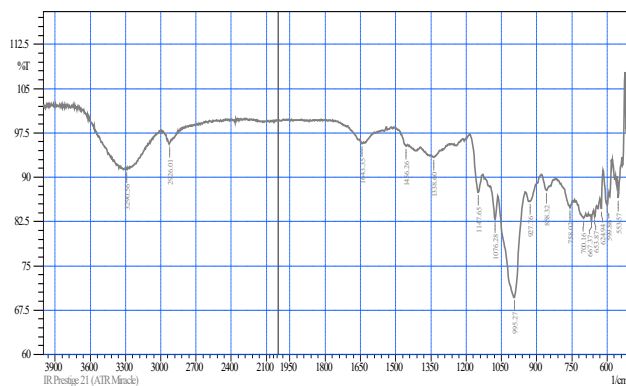
Алынған крахмал үлгілерінің құрылымдық ерекшеліктері инфрақызыл спектроскопия (FTIR) әдісімен зерттелді. ИҚ-спектрлерде 3200–3400 см⁻¹ аралығында гидроксил топтарына (–ОН) тән кең жұтылу жолағы байқалды, бұл крахмал молекулаларындағы молекулааралық және молекулаішілік сутектік байланыстардың болуын дәлелдейді. Сонымен қатар 2920–2930 см⁻¹ аймағында алифаттық С–Н байланыстарына тән жұтылу жолақтары анықталды. 1640–1650 см⁻¹ диапазонында адсорбцияланған су молекулаларына тән жұтылу байқалса, 1000–1150 см⁻¹ аралығында гликозидтік байланыстар мен полисахарид құрылымына тән С–О және С–О–С функционалдық топтарының қарқынды жұтылу жолақтары тіркелді. Бұл нәтижелер алынған өнімнің табиғи крахмал құрылымын сақтағанын көрсетті.

Зертханалық жолмен алынған крахмал үлгілерінің спектрлері коммерциялық крахмалдың FTIR спектрлерімен салыстырылды. Салыстыру нәтижесінде негізгі жұтылу жолақтарының орналасуы мен қарқындылығының ұқсастығы анықталды. Бұл қолданылған крахмал алу технологиясының тиімділігін және алынған өнімнің крахмалға тән функционалдық топтардың сақталғанын және коммерциялық үлгімен құрылымдық спектрлік ұқсастықты көрсетті. Айырмашылықтардың аз болуы шикізаттың ботаникалық шығу тегімен және құрамындағы амилоза мен амилопектиннің арақатынасымен түсіндіріледі.



Сурет 6 — Павлодар картобынан алынған картоп крахмалы

No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	507.28	97.948	4.055	511.14	505.35	-0.029	0.052
2	553.57	86.509	2.995	555.50	538.14	0.784	0.107
3	599.86	85.268	3.159	615.29	594.08	1.287	0.216
4	624.94	84.635	3.137	628.79	617.22	0.667	0.083
5	653.87	83.355	1.239	657.73	646.15	0.871	0.041
6	667.37	82.679	1.175	673.16	659.66	1.061	0.034
7	700.16	83.116	1.170	736.81	690.52	3.445	0.156
8	758.02	84.083	1.867	796.60	746.45	3.132	0.205
9	858.32	87.821	2.268	877.61	829.39	2.505	0.294
10	927.76	85.918	2.429	947.05	879.54	3.797	0.382
11	995.27	89.675	17.491	1064.71	948.98	12.759	5.820
12	1076.28	82.867	4.292	1095.57	1066.64	1.994	0.301
13	1147.65	87.501	5.107	1184.29	1130.29	2.106	0.576
14	1338.60	93.412	0.489	1348.24	1301.95	1.252	0.053
15	1456.26	95.318	0.300	1494.83	1452.40	0.591	-0.013
16	1643.35	95.669	0.343	1648.14	1635.64	0.249	0.010
17	2926.01	95.608	0.564	2935.66	2914.44	0.391	0.033
18	3290.56	91.273	0.321	3298.28	3282.84	0.601	0.013



Сурет 7 — Нарықтағы Omega species картоп крахмалы

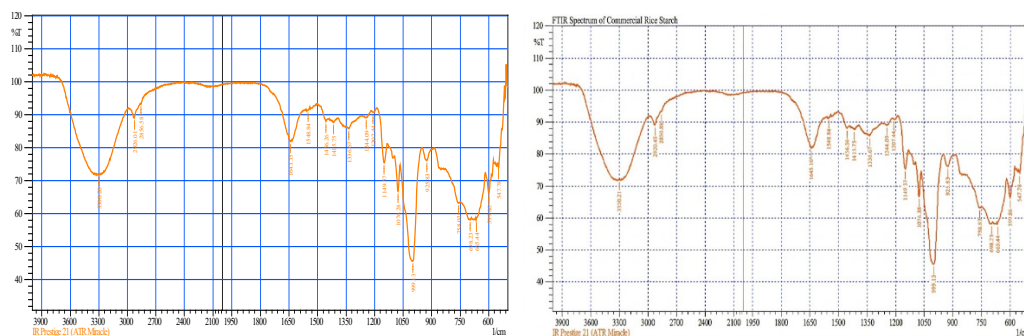
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	511.14	91.588	7.971	516.92	499.56	0.389	0.354
2	563.21	83.626	1.978	567.07	553.57	0.982	0.073
3	603.72	81.008	1.007	613.36	599.86	1.191	0.057
4	644.22	77.595	0.981	648.08	634.58	1.403	0.030
5	667.37	76.463	0.734	669.30	650.01	2.175	0.043
6	756.10	79.816	0.251	759.95	744.52	1.467	0.010
7	860.25	84.484	2.543	883.40	831.32	3.489	0.300
8	933.55	83.553	0.871	945.12	925.83	1.461	0.050
9	999.13	64.445	20.733	1064.71	947.05	15.119	6.902
10	1076.28	79.601	5.513	1093.64	1066.64	2.255	0.383
11	1149.57	84.746	6.016	1182.36	1134.14	2.451	0.685
12	1244.09	93.771	0.534	1255.66	1220.94	0.907	0.052
13	1334.74	91.425	0.251	1338.60	1307.74	1.106	0.021
14	1454.33	93.074	0.777	1482.90	1448.54	1.033	0.059
15	1635.64	92.081	0.181	1637.56	1586.49	1.443	0.022
16	2922.16	93.286	0.117	2924.09	2908.65	0.435	0.007
17	3302.13	87.018	0.152	3309.85	3294.42	0.926	0.006

Павлодар өңірінің «Гала» сортты картобынан зертханалық жағдайда алынған крахмалдың құрылымдық ерекшеліктері инфрақызыл спектроскопия (FTIR) әдісімен зерттелді. Алынған спектр табиғи полисахаридтерге тән функционалдық топтардың сақталғанын көрсетті және коммерциялық картоп крахмалының спектрімен салыстырылды (Сурет 6). Зертханалық үлгінің FTIR спектрінде 3302 см^{-1} аймағында байқалған кең және қарқынды жұтылу жолағы гидроксил ($-\text{OH}$) топтарының валенттік тербелістеріне сәйкес келеді. Бұл жолақ крахмал молекулаларындағы гидроксил топтары арасында түзілетін молекулааралық және молекулаішілік сутектік байланыстардың болуын көрсетеді. Мұндай жұтылу жолағы амилоза мен амилопектиннен тұратын табиғи крахмалдарға тән негізгі спектрлік белгі болып табылады. 2922 см^{-1} аймағындағы әлсіз жұтылу жолағы алифаттық көмірсутек тізбектеріндегі $\text{C}-\text{H}$ байланыстарының валенттік тербелістеріне сәйкес келеді және глюкоза қалдықтарының құрылымдық ерекшеліктерін растайды. 1635 см^{-1} аймағында тіркелген жұтылу жолағы байланысқан су молекулаларының ($\text{H}-\text{O}-\text{H}$) деформациялық тербелістерімен түсіндіріледі. Крахмалдың гидрофильді

табиғатына байланысты бұл сигнал үлгі құрамындағы адсорбцияланған судың болуын көрсетеді және карбонил ($C=O$) топтарының түзілуімен байланысты емес. Спектрдің $1200\text{--}900\text{ см}^{-1}$ аралығы крахмалдың ең маңызды диагностикалық аймағы болып табылады. Бұл диапазонда 1149 , 1076 және 999 см^{-1} маңында айқын жұтылу жолақтары байқалды. Олар полисахарид құрылымындағы $C-O-C$ гликозидтік байланыстары мен $C-O$ байланыстарының тербелістеріне сәйкес келеді. Әдебиеттерде бұл аймақ крахмалдың «саусақ ізі» (fingerprint region) ретінде қарастырылады, себебі дәл осы диапазон полисахаридтердің құрылымын сенімді түрде сипаттайды. Сонымен қатар 933 және 860 см^{-1} аймағындағы жұтылу жолақтары α -1,4-гликозидтік байланыстардың болуын жанама түрде растайды, бұл амилоза мен амилопектиннің табиғи құрылымының сақталғанын көрсетеді. $600\text{--}750\text{ см}^{-1}$ диапазонында байқалған әлсіз жолақтар полисахарид молекуласының құрылымдық деформациялық тербелістеріне сәйкес келеді және крахмалдың жалпы құрылымдық ерекшеліктерін толықтырады (BeMiller and Whistler, 2022; Amagliani et al., 2016).

Нарықтағы картоп крахмалының FTIR спектрінде де дәл осындай заңдылық байқалды. 3300 см^{-1} маңындағы кең жұтылу жолағы гидроксил топтарының сутектік байланыстарын, 2922 см^{-1} аймағындағы жолақ алифаттық $C-H$ байланыстарын, ал 1635 см^{-1} аймағындағы жұтылу адсорбцияланған судың деформациялық тербелістерін сипаттайды. Сонымен қатар $1456\text{--}1338\text{ см}^{-1}$ диапазонында байқалған жолақтар $-CH$ және $-OH$ топтарының деформациялық тербелістеріне сәйкес келеді және полисахарид құрылымын қосымша дәлелдейді. Коммерциялық үлгінің $1200\text{--}900\text{ см}^{-1}$ аймағында орналасқан 1147 , 1076 және 995 см^{-1} жұтылу жолақтары зертханалық үлгінің нәтижелерімен толық сәйкес келеді. Бұл жолақтар α -1,4-гликозидтік байланыстар мен спирттік $C-O$ топтарының тербелістерін сипаттайды және крахмалдың амилоза мен амилопектиннен тұратын табиғи құрылымын дәлелдейді.

Екі үлгінің спектрлерін салыстыру нәтижесінде жұтылу жолақтарының орналасуы мен қарқындылығы арасында елеулі айырмашылықтардың жоқ екені анықталды. Сонымен қатар екі спектрде де 1700 см^{-1} аймағында карбонил ($C=O$) топтарына тән жұтылу жолақтарының және $1500\text{--}1600\text{ см}^{-1}$ диапазонында ароматты қосылыстарға тән қарқынды сигналдардың болмауы зертханалық жағдайда алынған крахмалдың құрамында бөтен органикалық қоспалардың жоқ екенін крахмалға тән функционалдық топтардың сақталғанын және коммерциялық үлгімен құрылымдық спектрлік ұқсастықты көрсетті екенін көрсетеді. Осылайша, FTIR талдауы Павлодар өңірінің «Гала» сортты картобынан зертханалық жағдайда алынған крахмалдың құрылымы коммерциялық картоп крахмалының құрылымымен толық сәйкес келетінін көрсетті. Бұл қолданылған крахмал алу технологиясының тиімділігін дәлелдейді және алынған табиғи полисахаридтің биобдырайтын материалдар өндіруде негізгі шикізат ретінде пайдалануға жарамды екенін ғылыми тұрғыдан негіздейді (BeMiller and Whistler, 2022; Zhang et al., 2024).



Сурет 8 — Нарықтағы Omega специи картоп крахмалы

Зертханалық жағдайда алынған күріш крахмалының инфрақызыл (FTIR) спектрі коммерциялық (сатылымдағы) күріш крахмалының спектрімен салыстырылды. Спектрлерді салыстыру нәтижесінде екі үлгінің де табиғи полисахаридтерге тән негізгі функционалдық топтарды сақтағаны анықталды (Сурет 8).

Екі үлгінің спектрлік профилі өзара жоғары ұқсастық көрсетті және нативті крахмалдың негізгі компоненттері – амилоза мен амилопектинге тән функционалдық топтардың сақталғанын дәлелдеді. Спектрлерде төрт негізгі жұтылу аймағы анықталды. 3600–3000 cm^{-1} диапазонында екі үлгіде де шамамен 3300–3350 cm^{-1} аймағында кең әрі қарқынды жұтылу жолағы байқалды. Бұл жолақ гидроксил (–OH) топтарының валенттік тербелістеріне сәйкес келеді және крахмал молекулаларындағы молекулааралық әрі молекулаішілік сутектік байланыстардың түзілетінін көрсетеді. Гидроксил топтарының мұндай қарқынды жұтылуы полисахаридтерге тән маңызды құрылымдық белгі болып табылады. 2950–2800 cm^{-1} диапазонында орналасқан 2920–2926 cm^{-1} және 2850–2856 cm^{-1} аймақтарындағы әлсіз жұтылу жолақтары алифаттық құрылымдағы C–H байланыстарының симметриялық және асимметриялық валенттік тербелістеріне сәйкес келеді. Бұл сигналдар глюкопираноза сақинасындағы көмірсутектік қаңқаның сақталғанын көрсетеді. 1640–1645 cm^{-1} аймағында байқалған жұтылу жолағы крахмалдың аморфты құрылымында адсорбцияланған су молекулаларының H–O–H деформациялық тербелістерімен байланысты. Бұл сигнал табиғи крахмалдардың барлығына тән және олардың гидрофильді қасиетін сипаттайды.

Полисахаридтердің құрылымын бағалауда ерекше маңызға ие 1200–900 cm^{-1} диапазоны екі үлгіде де айқын байқалды. Бұл аймақта 1150, 1076 және шамамен 999 cm^{-1} маңында қарқынды жұтылу жолақтары тіркелді. Олар C–O–C гликозидтік байланыстары мен C–O байланыстарының валенттік тербелістеріне сәйкес келеді және әдебиеттерде крахмалдың «саусақ ізі» (fingerprint region) ретінде сипатталатын құрылымдық аймаққа жатады. Аталған сигналдардың болуы зерттелген үлгілердің полисахаридтік табиғатын және амилоза мен амилопектиннің құрылымдық тұтастығын растайды (Amagliani et al., 2016; Wani et al., 2012).

Зертханалық және нарықтағы үлгілердің спектрлерін салыстыру олардың негізгі функционалдық топтарының орналасуы мен жұтылу қарқындылығы жағынан жоғары деңгейде сәйкес келетінін көрсетті. Бұл зертханалық әдіспен алынған крахмалдың құрылымдық қасиеттері бойынша коммерциялық нативті крахмалға жақын екенін және қолданылған экстракциялау технологиясының тиімділігін дәлелдейді.

Сонымен бірге зертханалық үлгіде негізгі гликозидтік байланыстың жұтылу жолағының 999 см^{-1} -ден 979 см^{-1} аймағына аздап ығысуы және 3300 см^{-1} маңындағы гидроксил топтарына тән жұтылу жолағының пішінінің өзгеруі байқалды. Бұл айырмашылықтар крахмалдың құрылымдық табиғатының өзгергенін емес, оның өңдеу процесінде (ұсақтау, кептіру немесе термиялық өңдеу кезінде) молекулааралық сутектік байланыстардың қайта ұйымдасуымен немесе үлгілердің ылғалдылық дәрежесінің әртүрлі болуымен түсіндіріледі. Мұндай спектрлік өзгерістер крахмалдың полисахаридтік құрылымын бұзбайды және биоыдырайтын материалдар өндіру кезінде технологиялық өндеудің нәтижесінде жиі кездесетін құбылыс болып табылады.

Алынған нәтижелер жергілікті ауылшаруашылық шикізатын тиімді өңдеу арқылы крахмал алу мүмкіндігін көрсетеді. Байдалы күрішінен крахмалдың жоғары өнімділігі бұл шикізаттың крахмал өндірісі үшін перспективалы екенін дәлелдейді. Картоптан алынған крахмал мөлшері аз болғанына қарамастан, оның табиғи қасиеттері, соның ішінде жоғары ісіну қабілеті мен байланыстырушы қасиеттері технологиялық тұрғыдан маңызды. Алынған крахмал үлгілерін одан әрі физикалық және химиялық модификациялау олардың функционалдық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері Қазақстанда жергілікті шикізатты терең өңдеу, импорттық крахмалға тәуелділікті азайту және табиғи полимерлерге негізделген экологиялық таза материалдар өндірісін дамыту үшін практикалық маңызға ие. FTIR талдауы зертханалық жағдайда алынған күріш крахмалының табиғи полисахаридтік құрылымы сақталғанын және оның құрылымдық сипаттамалары коммерциялық күріш крахмалына жоғары дәрежеде сәйкес келетінін көрсетті. Алынған нәтижелер ұсынылған крахмал алу технологиясының тиімділігін дәлелдейді және зертханалық үлгінің биоыдырайтын материалдар өндіруге жарамды шикізат екенін ғылыми тұрғыдан негіздейді.

Қорытынды

Зерттеу нәтижесінде Байдалы күріші мен Павлодар өңірінде өсірілген «Гала» сортты картобынан крахмал ылғалды экстракция әдісімен бөлініп алынды. Үш параллель тәжірибенің нәтижесінде 1 кг Байдалы күрішінен 770 ± 8 г, ал 1 кг «Гала» картобынан 170 ± 5 г құрғақ крахмал алынды. Бастапқы шикізаттың ылғалдылығын ескере отырып, крахмал шығымы құрғақ затқа шаққанда сәйкесінше 87,5% және 77,3% құрады.

FTIR спектроскопия нәтижелері зертханалық жағдайда алынған крахмал үлгілерінде —OH , C—H , C—O және C—O—C байланыстарына тән негізгі жұтылу жолақтарының сақталғанын көрсетті. Зертханалық және нарықтағы крахмал

үлгілерінің спектрлік профилдерінің ұқсастығы алынған өнімдердің негізгі полисахаридтік құрылымының сақталғанын растады.

Сонымен қатар FTIR нәтижелері крахмалдың абсолюттік химиялық тазалығын толық бағалауға жеткіліксіз екені ескерілді. Крахмалдың тазалық дәрежесін, амилоза мөлшерін, ісіну қабілетін, ерігіштігін және басқа да функционалдық қасиеттерін толық сипаттау үшін қосымша физика-химиялық зерттеулер қажет.

Алынған нәтижелер Байдалы күріші мен Павлодар өңірінің «Гала» сортты картобын крахмал алудың жергілікті шикізат көздері ретінде пайдаланудың перспективалылығын көрсетті. Алынған крахмал үлгілері крахмал негізіндегі биоыдырайтын материалдар, соның ішінде пленкалық материалдар алу үшін перспективалы матрицалық компоненттер ретінде қарастырылуы мүмкін. Алайда дайын пленкалардың механикалық, суға төзімділік, термиялық және биоыдырау қасиеттерін бағалау келесі зерттеу кезеңінде жүргізілуі тиіс.

Осылайша, зерттеу Қазақстанда өсірілетін ауыл шаруашылығы шикізатын терең өңдеу және жергілікті крахмал негізіндегі экологиялық таза материалдарды әзірлеу үшін ғылыми негіз қалыптастырады.

References

- Amagliani L., O'Regan J., Kelly A.L., and O'Mahony J.A. (2016) Chemistry, structure, functionality and applications of rice starch. *Journal of Cereal Science*, 70. — P. 291–300. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.06.014> (in Eng.).
- BeMiller J.N., and Whistler R.L. (2022) *Starch: Chemistry and Technology*. 4th ed. London: Academic Press. — 888 p. (in Eng.).
- Bioprocessing of rice starch: advances in extraction, modification, and analytical characterization (2026). *Preparative Biochemistry and Biotechnology*. <https://doi.org/10.1080/10826068.2026.2635147> (in Eng.).
- Charles A.L., Motsa N., and Abdillah A.A. (2022) A Comprehensive Characterization of Biodegradable Edible Films Based on Potato Peel Starch Plasticized with Glycerol. *Polymers*, 14(17), 3462. <https://doi.org/10.3390/polym14173462> (in Eng.).
- GOST 7698–93 (1994) *Starch. Pravila priemki i metody analiza* [Acceptance rules and methods of analysis]. Moscow: Standards Publishing House. — 16 p. (in Russ.).
- GOST 29144–91 (1992) *Kрахмал i kрахмалопродукты. Terminy i opredeleniya* [Starch and starch products. Terms and definitions]. Moscow: Standards Publishing House. — 12 p. (in Russ.).
- Kenzhegulov O.A., Kairbekov A.A., et al. (2025) Comparable Analysis of Natural and Modified Starches: Physicochemical Properties, Applications, and Insights on Biodegradable Films. *Applied Sciences*, 15(7), 3938. (in Eng.).
- Kowsik P.V., Mazumder S. (2018) Structural and chemical characterization of rice and potato starch granules using microscopy and spectroscopy. *Journal of Food Science and Technology* (in Eng.).
- Liu Y., Liu M., Zhang L., et al. (2022) Preparation and properties of biodegradable films made of cationic potato-peel starch and loaded with curcumin. *Food Hydrocolloids*, 130, 107690. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107690> (in Eng.).
- Onyeaka H., Obileke K., Makaka G., and Nwokolo N. (2022) Current research and applications of starch-based biodegradable films for food packaging. *Polymers*, 14(6), 1126. <https://doi.org/10.3390/polym14061126> (in Eng.).
- Rashwan A.K., Younis H.A., Abdelshafy A.M., Osman A.I., Eletmany M.R., Hafouda M.A., et al. (2024) Plant starch extraction, modification, and green applications: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 22. — P. 2483–2530. <https://doi.org/10.1007/s10311-024-01753-z> (in Eng.).
- Rice Starch Chemistry, Functional Properties, and Industrial Applications (2025): A Review. *Polymers*, 17(1), 110. <https://doi.org/10.3390/polym17010110> (in Eng.).

Urkimbayeva P.I. (2017) The creation of the technology of biodegradable films based on cornstarch. *Chemical Bulletin of Kazakh National University*, 86(3). — P. 14–19. (in Eng.).

Velasquez-Barreto F., et al. (2026) Tuber and Root Starches: Molecular and Physicochemical Properties. *Starch/Stärke*. <https://doi.org/10.1002/star.70181> (in Eng.).

Verma D.K., and Srivastav P.P. (2022) Isolation, modification, and characterization of rice starch with emphasis on functional properties and industrial application: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(24). — P. 6577–6604. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1903383> (in Eng.).

Wani A.A., Singh P., Shah M.A., Schweiggert-Weisz U., Gul K., and Wani I.A. (2012) Rice starch diversity: Effects on structural, morphological, thermal, and physicochemical properties—A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(5). — P. 417–436. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00193.x> (in Eng.).

Wang S. (2023) Recent advances in starch-based biodegradable materials. *International Journal of Biological Macromolecules*, 239, 124216. (in Eng.).

Zhang Y., et al. (2024) Physicochemical properties of starch of four varieties of native potatoes. *Heliyon*, 10, e35809. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35809> (in Eng.).

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty)**

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 National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan 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 National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan 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 National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Requirements for articles design for publication in the journal are available on the websites:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

*Managing Editor: A.Shormakova
Editors: D.S. Alenov, T. Apendiev
Computer layout: G.D. Zhadyranova*

Signed for print: September 23, 2026

Format: 70×90 1/16. 24.0 printed sheets. Order No. 3