

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

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

**№3
2025**

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



CENTRAL ASIAN ACADEMIC
RESEARCH CENTER



**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>

ZHOROBKOVA 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 (Қарағанды, 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 Еноквич (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жана 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, 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-Маджид Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдар 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)

Меншіктеуші: «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/arithiv>

© «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 Мылжасарович (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>

ТЕЛЪТАЕВ 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 углекислоты (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 Джурбай 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. Baktiyarov 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. Dzhiembraev, 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. Yerkiybaeva 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.Э. 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. Дүзелбаева, Б. Иманғалиева, А. Алдиярова, Н. Совет, Б. Бақтияров Жасанды полимерге балама ретінде крахмалдан биополимер алу және оның биоыдырау 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 $Fe_{0.84}Mn_{1.12}O_3-Fe_{1.88}O_3$ 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. Рахметуллаева, 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. Baktiyarov 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. Akyzbekov, 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 полимерах 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

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.306>

МРНТИ 34.15.19

УДК 544.7

© G.M. Madybekova¹, A.B. Issayeva^{2*}, B.Zh. Mutaliyeva³, S.S. Bitursyn¹, 2025.

¹South Kazakhstan Pedagogical University named after O. Zhanibekov,
Shymkent, Kazakhstan;

² LLP Scientific and Production Enterprise “Antigen” Almaty Region, Kazakhstan;

³ South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: isa-aseм@mail.ru

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF MICROCAPSULES BASED ON NATURAL POLYMERS CONTAINING PROBIOTIC MICROORGANISMS

Madybekova Galiya Mutalievna — candidate of chemical sciences, professor of the South Kazakhstan Pedagogical University named after O. Zhanibekov, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: galiya56@list.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1970-8143>;

Issayeva Assem Bakhytzhonovna — PhD, Scientific researcher at the Scientific and Production Enterprise “Antigen” LLP, Abay village, Almaty region, Kazakhstan,

E-mail: isa-aseм@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6727-0257>;

Mutaliyeva Botagoz Zhaksylykovna — candidate of chemical sciences, associate professor of the South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: mbota@list.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5295-4410>;

Bitursyn Saule Serikovna — PhD, Senior Lecturer at South Kazakhstan Pedagogical University named after O. Zhanibekov, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: sbitursyn@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-4570-0644>.

Abstract. Microencapsulation of probiotic microorganisms is an effective method for protecting live cultures from adverse environmental factors such as pH fluctuations, temperature changes, oxygen exposure, and mechanical stress. This technology plays a crucial role in enhancing the stability and viability of probiotics, ensuring their controlled release in the gastrointestinal tract and improving their bioavailability. This study explores modern microencapsulation techniques for probiotics, including ionotropic gelation, extrusion microencapsulation, coacervation, and the use of biopolymeric matrices. Special attention is given to the investigation of the physicochemical properties of microcapsules containing *Bifidobacterium bifidum* 791 and *Stevia rebaudiana* Bertoni extract in sodium alginate, such as morphology (SEM), size, shell thickness, and FTIR analysis. Sodium alginate was used as a biopolymer for microcapsulating probiotics, due to its simplicity, nontoxicity, biocompatibility, low cost, and ability to gel when cooled in the presence of divalent ions. The obtained microcapsules exhibited a spherical shape with a smooth and dense surface. A comparative analysis of encapsulation efficiency and swelling degree is presented. The size of the microcapsules with two loaded BB+SE

components was larger, and the moisture content was approximately 55%, and when microencapsulating only microorganisms, the size of the microcapsules was smaller, and the humidity reached 77%. Experimental data demonstrate that microencapsulation enhances probiotic stability, improves their delivery to the intestine, and increases their bioavailability. The obtained results are of great importance for the development of new functional food products, particularly those based on processed dairy waste, promoting the rational utilization of dairy industry by-products and sustainable production. Optimization of microcapsule properties will improve the efficiency of probiotic supplements, expand their application scope, and enhance their technological compatibility with various food matrices.

Key words: microencapsulation, natural polymers, morphology, probiotic, encapsulation efficiency

Financing: This work was financially supported by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant AP19679879, 2023–2025).

© Г.М. Мадыебекова¹, А.Б. Исаева^{2*}, Б.Ж. Муталиева³, С.С. Битурсын¹, 2025.

¹ Ө. Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университеті, Шымкент, Қазақстан;

² «Антиген» ғылыми-өндірістік кәсіпорны» ЖШС, Алматы облысы, Қазақстан;

³ М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан.
E-mail: isa-aseм@mail.ru

ТАБИҒИ ПОЛИМЕРЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ, ПРОБИОТИКАЛЫҚ МИКРООРГАНИЗМДЕР ҚАМТЫЛҒАН МИКРОКАПСУЛАЛАРДЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Мадыебекова Галия Мүтәліқызы — химия ғылымдарының кандидаты, Ө. Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университетінің профессоры, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: galiya56@list.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1970-8143>;

Исаева Асем Бахытжанқызы — PhD, «Антиген» ғылыми-өндірістік кәсіпорны ЖШС-нің ғылыми қызметкері, Абай ауылы, Алматы облысы, Қазақстан,

E-mail: isa-aseм@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6727-0257>;

Муталиева Ботагөз Жақсылыққызы — химия ғылымдарының кандидаты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің доценті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: mbota@list.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5295-4410>;

Битурсын Сауле Серікқызы — PhD, Ө. Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университетінің аға оқытушы, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: sbitursyn@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-4570-0644>.

Аннотация. Пробиотикалық микроорганизмдердің микрокапсуляциясы тірі дақылдарды рН ауытқуы, температураның өзгеруі, оттегінің әсер етуі және механикалық кернеу сияқты қоршаған ортаның қолайсыз факторларынан қорғаудың тиімді әдісі болып табылады. Бұл технология пробиотиктердің тұрақтылығы мен өміршеңдігін арттыруда, олардың асқазан-ішек жолдарында

бақыланатын шығарылуын қамтамасыз етуде және олардың биожетімділігін арттыруда шешуші рөл атқарады. Бұл зерттеу пробиотиктерге арналған микрокапсуляцияның заманауи әдістерін, соның ішінде ионотропты гельдеуді, экструзиялық микрокапсуляцияны, коагервацияны және биополимерлік матрицаларды қолдануды зерттейді. Натрий альгинатындағы *Bifidobacterium bifidum* 791 және *Stevia rebaudiana bertonii* сығындысы бар микрокапсулалардың морфологиясы (SEM), мөлшері, қабығының қалыңдығы және FTIR талдауы сияқты физикалық-химиялық қасиеттерін зерттеуге ерекше көңіл бөлінеді. Натрий альгинаты қарапайымдылығына, уыттылығына, биоүйлесімділігіне, төмен құнына және екі валентті иондардың қатысуымен салқындаған кезде гелге қабілеттілігіне байланысты микрокапсуляциялық пробиотиктер үшін биополимер ретінде пайдаланылды. Алынған микрокапсулалар беті тегіс және тығыз сфералық пішінді көрсетті. Инкапсуляцияның тиімділігі мен ісіну дәрежесіне салыстырмалы талдау ұсынылған. Екі жүктелген bb+SE компоненттері бар микрокапсулалардың мөлшері үлкенірек болды, ал ылғалдылығы шамамен 55% құрады, ал тек микроорганизмдерді микрокапсуляциялау кезінде микрокапсулалардың мөлшері кішірек болды, ал ылғалдылық 77% жетті. Эксперименттік деректер микрокапсуляцияның пробиотиктердің тұрақтылығын арттыратынын, олардың ішекке жеткізілуін жақсартатынын және олардың биожетімділігін арттыратынын көрсетеді. Алынған нәтижелер сүт өнеркәсібінің жанама өнімдерін ұтымды пайдалануға және тұрақты өндіріске ықпал ететін жаңа функционалды тамақ өнімдерін, әсіресе өңделген сүт қалдықтарына негізделген өнімдерді әзірлеу үшін үлкен маңызға ие. Микрокапсулалардың қасиеттерін оңтайландыру пробиотикалық қоспалардың тиімділігін арттырады, олардың қолдану аясын кеңейтеді және әртүрлі тағамдық матрицалармен технологиялық үйлесімділігін арттырады.

Түйін сөздер: микрокапсулдау, табиғи полимерлер, морфология, пробиотик, микрокапсулалау тиімділігі

Қаржыландыру: Жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі, Ғылым комитеті қаржылай қолдады (грант AP19679879, 2023–2025).

© Г.М. Мадыебекова¹, А.Б. Исаева^{2*}, Б.Ж. Муталиева³, С.С. Битурсын¹

¹ Южно-Казахстанский педагогический университет им. О. Жанибекова,
Шымкент, Казахстан;

² ТОО Научно-производственное предприятие Антиген,
Алматинская область, Казахстан;

³ Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан.
E-mail: isa-aseм@mail.ru

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИКРОКАПСУЛ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ, СОДЕРЖАЩИХ ПРОБИОТИЧЕСКИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ

Мадыебекова Галия Муталиевна — кандидат химических наук, профессор Южно-Казахстанского педагогического университета им. О. Жанибекова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: galiya56@list.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1970-8143>;

Исаева Асем Бахытжановна — PhD, научный сотрудник ТОО «Научно-производственное предприятие «Антиген», село Абай, Алматинская область, Казахстан,

E-mail: isa-aseм@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6727-0257>;

Муталиева Ботагоз Жаксылыковна — кандидат химических наук, доцент Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: mbota@list.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5295-4410>;

Битурсын Сауле Сериковна — PhD, старший преподаватель профессор Южно-Казахстанского педагогического университета им. О. Жанибекова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: sbitursyn@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-4570-0644>.

Аннотация. Микрокапсулирование пробиотических микроорганизмов является эффективным методом защиты живых культур от неблагоприятных факторов окружающей среды, таких как колебания рН, температура, воздействие кислорода и механические нагрузки. Данная технология играет важную роль в повышении стабильности и жизнеспособности пробиотиков, обеспечивая их контролируемое высвобождение в желудочно-кишечном тракте и улучшая их биодоступность. В данной работе рассматриваются современные методы микрокапсулирования пробиотиков, включая ионное гелеобразование, экструзионное микрокапсулирование, коацервацию и использование биополимерных матриц. Особое внимание уделено исследованию физико-химических свойств микрокапсул с *Bifidobacterium bifidum* 791 и экстракта *Stevia rebaudiana Bertoni* в альгинате натрия, таких как морфология (СЭМ), размер, толщина оболочки, ИК анализ. В качестве биополимера для микрокапсулирования пробиотиков использовали альгинат натрия, из-за его простоты, нетоксичности, биосовместимости, низкой стоимости и способности к гелеобразованию при охлаждении в присутствии двухвалентных ионов. Полученные микрокапсулы были сферической формы, а их поверхность гладкой и плотной. Приведен сравнительный анализ эффективности инкапсуляции и степени набухания. Размер микрокапсул с двумя загруженными компонентами ВВ+СЕ был больше, а доля влаги составляла приблизительно 55%, а при микрокапсулировании только микроорганизмов размер микрокапсул был меньше,

а влажность достигала 77%. Экспериментальные данные демонстрируют, что микрокапсулирование способствует увеличению стабильности пробиотиков, улучшает их доставку в кишечник и повышает биодоступность. Полученные результаты имеют большое значение для разработки новых функциональных пищевых продуктов, в частности, на основе переработанных молочных отходов, что способствует рациональному использованию побочных продуктов молочной промышленности и устойчивому производству. Оптимизация свойств микрокапсул позволит улучшить эффективность пробиотических добавок, расширить сферу их применения и повысить их технологическую совместимость с различными пищевыми матрицами.

Ключевые слова: микрокапсулирование, природные полимеры, морфология, пробиотик, эффективность микрокапсулирования

Финансирование: Работа выполнена в рамках проекта КН МНУВО РК по проекту AP19679879, 2023–2025

Введение. В последние годы наблюдается значительный рост интереса к функциональным продуктам питания, обогащенным пробиотическими микроорганизмами, благодаря их положительному влиянию на здоровье человека. Пробиотики - это биологически активные добавки с живыми микроорганизмами, которые известны своей пользой для здоровья. Сообщается, что употребление пробиотиков улучшает состояние здоровья, в том числе улучшает состав кишечной флоры, повышает устойчивость к патогенам. В последние годы на рынке наблюдается тенденция к увеличению количества пищевых продуктов на основе пробиотиков (Rajam and Subramanian, 2022). Пробиотические бактерии также могут предотвращать сердечно-сосудистые заболевания и снижать уровень холестерина в крови. Молочнокислые бактерии (включая лактококки и лактобациллы) являются одними из наиболее важных пробиотических микроорганизмов в пищевых продуктах (Ghasemi et al., 2022).

Разработка подходящей технологии производства пробиотиков является ключевым исследованием для промышленного производства, которое должно учитывать жизнеспособность и стабильность используемых организмов. Микробиологические критерии, устойчивость к стрессам во время обработки и хранения продукта составляют основу для производства пробиотиков. Интерес к включению пробиотических бактерий в другие продукты, помимо молочных, растет и представляет собой серьезную проблему. Признание систем дозированной доставки пробиотических бактерий также привело к проведению исследований, направленных на разработку продуктов питания с пробиотиками за пределами молочного сектора (Sarao and Arora, 2017).

Однако их широкое применение в пищевой промышленности ограничено низкой устойчивостью к неблагоприятным факторам, таким как кислотность желудочного сока, высокая температура, воздействие кислорода и механические нагрузки при хранении и переработке. Одним из перспективных решений

данной проблемы является микрокапсулирование пробиотиков — процесс заключения живых микроорганизмов в защитную оболочку, которая повышает их стабильность, увеличивает срок хранения и контролирует высвобождение в желудочно-кишечном тракте.

Кроме того, технология микрокапсулирования позволяет получать пробиотики и пребиотики в одной капсуле и очень легко добавлять их в конечный ферментированный продукт, не опасаясь потери жизнеспособности клеток. Живые пробиотики, инкапсулированные в матрицы, устойчивые к желудочно-кишечным заболеваниям, - это реальный подход к их успешной пероральной доставке (Fouad et al., 2022).

Микрокапсулирование известна как способ защиты пробиотических микроорганизмов в других материалах, особенно в полимерах (Atia et al., 2016). Несколько процессов инкапсуляции, таких как экструзия, эмульсия, распылительная сушка, распылительная сублимационная сушка и псевдоожиженный слой, позволяют получают микро-/наночастицы и/или микрокапсулы (Chen et al., 2017, Conrad et al., 2000).

Эмульсионные системы, например, «вода в масле» и «масло в воде», практичны, поскольку их можно изготавливать при комнатной температуре и без использования органических растворителей. Однако в некоторых случаях в капсулах оставалось незначительное количество масла и воды, из которых состояла эмульсия, что приводило к образованию комочков, что приводило к таким проблемам, как смачивание и образование плесени. Чтобы избежать этого, необходимо обеспечить надлежащие условия эмульсии и/или ее очистку.

Выбор метода микрокапсулирования и состава оболочки играет ключевую роль в обеспечении эффективности пробиотиков. Применение биополимеров, таких как альгинаты, пектины, хитозан и белковые матрицы, позволяет создавать микрокапсулы с оптимальными физико-химическими свойствами, обеспечивающими защиту и пролонгированное действие пробиотиков.

Дополнительно использование микрокапсулированных пробиотиков может способствовать рациональному использованию побочных продуктов молочной промышленности, превращая их в ценное сырье для создания функциональных напитков и других продуктов. Такой подход не только повышает биодоступность пробиотиков, но и способствует устойчивому производству и снижению пищевых отходов (Hamid et al., 2022).

Микрокапсулирование пробиотиков может быть осуществлено с использованием различных биополимеров, представленных на рисунке 1.



Рисунок 1. Материалы для микрокапсулирования пробиотиков

Альгинат широко используется для инкапсуляции пробиотиков из-за его простоты, нетоксичности, биосовместимости, низкой стоимости и способности к гелеобразованию при охлаждении в присутствии двухвалентных ионов. Что касается способа инкапсуляции, то экструзия/ионотропное гелеобразование является наиболее подходящим способом инкапсуляции пробиотиков (Atia et al., 2016). В данное время используются различные методы для микрокапсулирования пробиотиков с применением биоразлагаемых и биосовместимых полимеров (Таблица 1).

Таблица – 1. Методы микрокапсулирования пробиотиков

Метод микрокапсулирования	Основной принцип	Материалы оболочки	Преимущества	Недостатки
Ионное гелеобразование	Образование геля при взаимодействии полимеров с ионами	Альгинат, пектин, каррагинан	Мягкие условия, биосовместимость	Низкая механическая прочность, чувствительность к pH
Эмульсионное микрокапсулирование	Диспергирование пробиотиков в гидрофильной или гидрофобной фазе с последующей полимеризацией или коацервацией	Желатин, арабская камедь, гидроксипропилцеллюлоза, альгинат	Хороший контроль размеров частиц	Возможность растворения капсул в процессе производства
Спрей-сушка	Образование капсул при распылении смеси и высушивании горячим воздухом	Мальтодекстрин, гуммиарабик, белки молочной сыворотки	Быстрота, низкая стоимость, масштабируемость	Высокая температура может снижать выживаемость пробиотиков
Спрей-замораживание	Распыление смеси в охлажденную среду с последующей лиофилизацией	Жиры, белки, полисахариды	Высокая стабильность пробиотиков	Сложность технологии, высокая стоимость

Метод микрокапсулирования	Основной принцип	Материалы оболочки	Преимущества	Недостатки
Экструзия	Формирование капсул путём вытеснения пробиотической смеси через фильеру с последующим гелеобразованием	Альгинат, крахмал, пектин	Хорошая защита пробиотиков	Ограничение по размеру частиц, сложность масштабирования
Коацервация	Осаждение полимера вокруг пробиотиков при изменении pH или температуры	Желатин, арабская камедь, хитозан	Высокая загрузка пробиотиков	Сложный процесс контроля размера капсул

Каждый из представленных биополимеров имеют характерные свойства при использовании в различных методах, которое применяется в зависимости от основных принципов микрокапсулирования.

В связи с этим в данной работе представлены результаты исследования физико-химических свойств микрокапсулированных пробиотических микроорганизмов, как *Bifidobacterium bifidum 791* и of *Stevia rebaudiana Bertoni* в качестве соинкапсулятора, также эффективность микрокапсулирования, и анализ возможных применений в функциональных продуктах питания.

Материалы и методы

Материалы

В качестве сырья для ферментации была использована сыворотка (Рисунок 2), предоставленная местным производителем (ТОО "Фудмастер").



Рисунок 2. Кислотный краситель сыворотки после приготовления творога

Бифидобактерия *bifidum 791*, которая была применена в качестве пробиотического микроорганизма, а растительный экстракт *Stevia rebaudiana Bertoni* был использован в качестве средства для совместной инкапсуляции.

Высвобождение микрокапсулированного агента изучали в фосфатном буферном растворе (PBS).

Хитозан (Tokyo chemical industry CO., LTD., 5-20 МПа·с) растворен в 0,5% уксусной кислоте при 20°C; Дегидрат хлорида кальция, сертифицированный ACS, Fisher scientific, альгинат натрия, Sigma Aldrich., США.

Методы

Приготовление микрокапсул

Микрокапсулы получают в ходе двухэтапного процесса путем ионного гелеобразования и комплексообразования полиэлектролитов при температуре окружающей среды, как описано в (Vinceković et al., 2024). Бифидумбактерии в концентрации 1/108 КОЕ/г добавляли в 100 мл раствора альгината натрия (1,5%) и гомогенизировали при осторожном перемешивании на магнитной мешалке в течение 60 минут. Затем суспензию с помощью шприцевого насоса (NE-1002X Programmable Microfluidics, рисунок 3) добавляли при постоянном магнитном перемешивании в 100 мл 2% раствора CaCl_2 , который является сшивающим агентом, и полученные микрокапсулы промывали дистиллированной водой и фильтровали через воронку Бюхнера.



Рисунок 3. Шприцевый насос

На втором этапе промытые препараты диспергировали в 50 мл раствора хитозана (0,5% CS в 0,5% CH_3COOH) при постоянном перемешивании (магнитной мешалкой). Хитозан в составе полимерных капсул обеспечивает образование полиэлектролитной комплексной оболочки между двумя полимерами, которая может стабилизировать структуру капсул, которые обладают свойствами сохранять целостность в имитируемой кислой среде желудка и растворяться в среде, имитирующей pH кишечника (Hamman, 2010). На рисунках 4,5 показаны схема и технология инкапсуляции бифидобактерий *bifidum*/экстракта стевии.

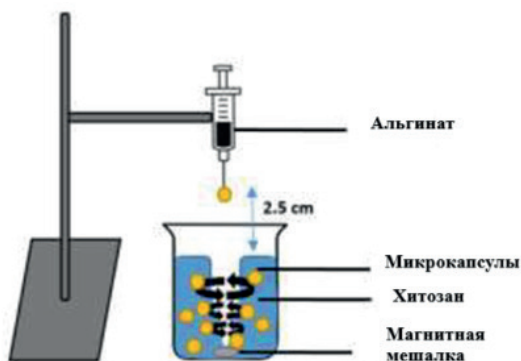


Рисунок 4. Схема микрокапсулирования (Syafiq et al., 2017)

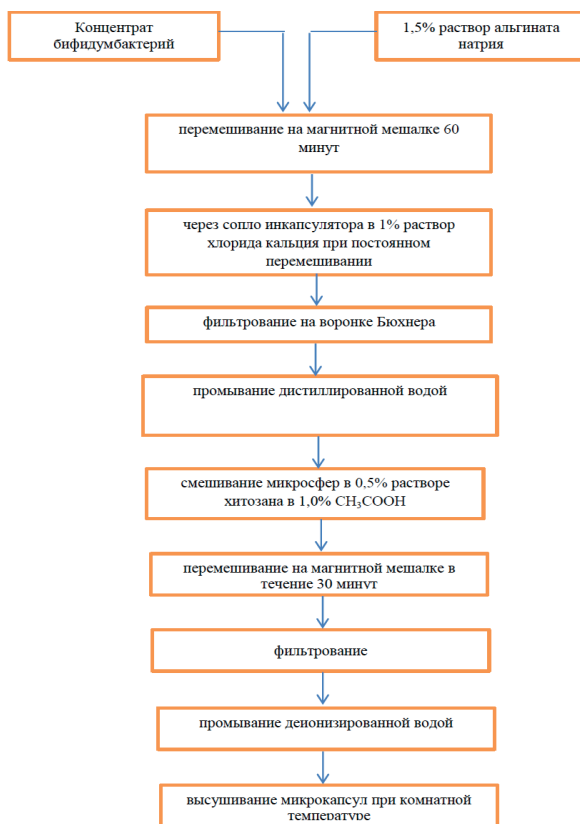


Рисунок 5. Технология микрокапсулирования бифидобактерий *bifidum*/экстракта стевии (Madybekova et al., 2024)

Результаты и обсуждение

В состав исследуемых систем входили альгинат натрия, хлорид кальция, дистиллированная вода, порошок стевии, бифидумбактерии и инкапсулированные вещества: 1) BB, 2) SE и 3) BB+SE.

Морфологические исследования

Микрофотографии на рисунке 6 показывают морфологию, размер и форму влажных микрокапсул сразу после их приготовления.

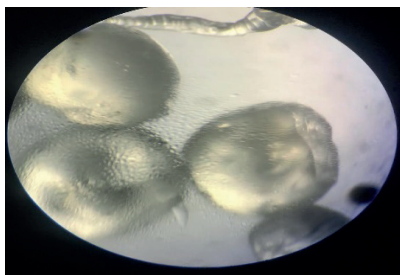


Рисунок 6. Микрофотография влажных микрокапсул

Все влажные микрокапсулы были почти сферической формы, а их поверхность гладкой и плотной. Гладкая поверхность является результатом связывания хитозана с цепочками альгината натрия. Микрокапсулы обычно имеют сферическую форму с различной морфологией поверхности. Изображение микрокапсул после высушивания до постоянной массы (примерно 1 неделя при комнатной температуре), полученное с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), показано на рисунке 7.

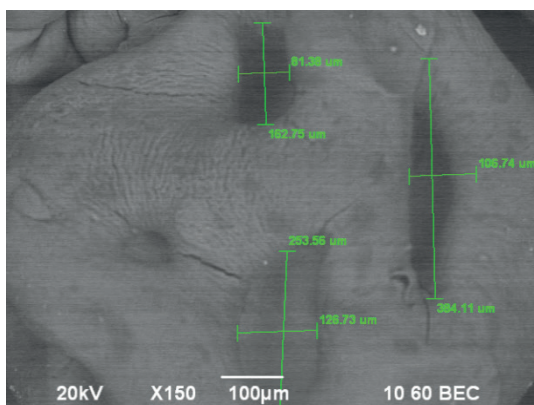


Рисунок 7. Микрокапсулы, наполненные экстрактом стевии, диаметром 650,02-705,64 мкм

Эффективность капсулирования, загрузка активными веществами и степень набухания микрокапсульных композиций

Для оценки выхода и содержания активных веществ в микрокапсулах хитозан-альгинатной матрицы были определены эффективность капсулирования и степень загрузки. Известно, что содержание активных веществ в таких микрокапсулах зависит от природы и концентрации гелеобразующего катиона, свойств инкапсулируемых соединений, а также выбранного метода приготовления. Значительные различия в эффективности инкапсуляции (ЕЕ) и степени набухания (Sw) между образцами представлены в таблицах 2, 3 и на рисунках 8, 9.

Таблица – 2. Эффективность инкапсуляции (ЕЕ) микрокапсулированных композиций CS/(ALG/ (Ca+активный агент))

Микрокапсулированный агент	ЕЕ ₁ , %	ЕЕ ₂ , %	ЕЕ ₃ , %	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднеквадратичное отклонение
BB	80	89	80	83	5,196152	4,242641
SE	89,6	88,9	89	89,16667	0,378594	0,309121
BB+SE	90	92	92	91,33333	1,154701	0,942809

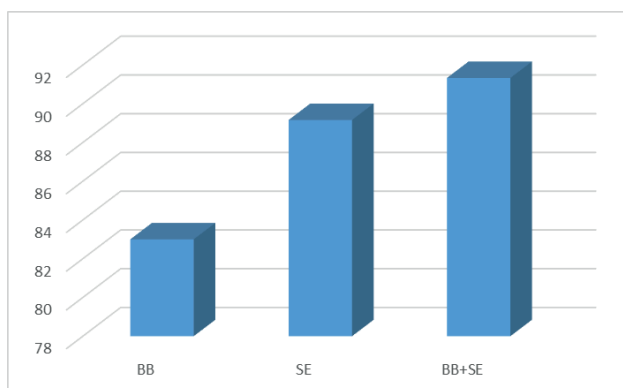


Рисунок 8. Диаграмма эффективности инкапсуляции (ЕЕ) микрокапсульных композиций CS/(ALG/(Ca+активный агент))

Таблица – 3. Степень набухания (S_w) микрокапсульных композиций CS/(ALG/(Ca+активный агент))

Микрокапсулированный агент	S_{w1} , %	S_{w2} , %	S_{w3} , %	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднеквадратичное отклонение
BB	76,92	80	80	78,97333	1,778239	1,451926
SE	76,92	71,42	71,42	73,25333	3,175426	2,592725
BB+SE	53,85	55,5	50	53,11667	2,822381	2,304464

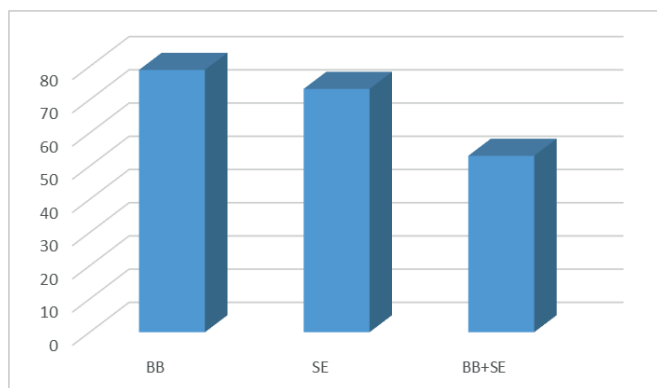


Рисунок 9. Диаграмма степени набухания (S_w) микрокапсульных композиций CS/(ALG/(Ca+активный агент))

Различия в значениях ЕЕ указывают на степень электростатических взаимодействий и водородных связей, формирующихся между активными веществами, хлоридом кальция и альгинатом натрия в процессе капсулирования. Самые высокие значения ЕЕ наблюдаются у водорастворимых BB+SE, что свидетельствует о более выраженных молекулярных взаимодействиях в растворе. Помимо этого, на степень капсулирования влияет и природа молекулярных взаимодействий в системе, способность к капсулированию зависит также от структуры активных веществ.

В соответствии с расчетами для микрокапсул с двумя загруженными

компонентами (BB+SE) их размер был больше, а доля влаги составляла приблизительно 55%. При инкапсулировании только микроорганизмов размер микрокапсул был меньше, а влажность достигала 77%.

Анализ с помощью ИК с преобразованием Фурье

В анализе ИК спектроскопии, спектры бифидумбактерий, экстракта стевии и их смесей с основными компонентами представлен на рисунке 10.

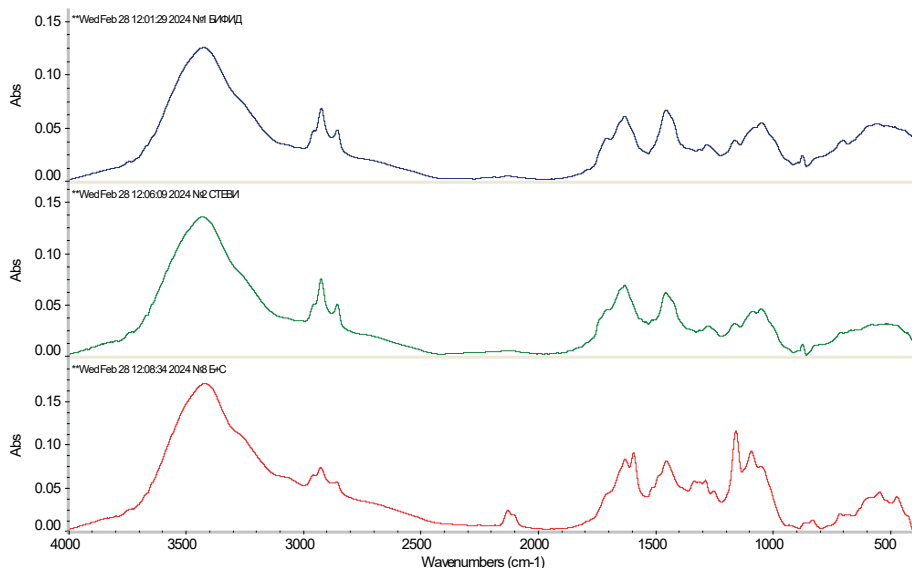


Рисунок 10 – Инфракрасный спектр микрокапсулы с 1) бифидумбактериями, 2) экстрактом стевии и 3) смесью бифидобактерий с экстрактом стевии

ИК-спектры показали наличие следующих основных пиков: около 3413,9 см⁻¹ был отнесен к NH-растяжению. Два пика при 2978,6 и 2900,8 см⁻¹ были связаны с асимметрическими колебаниями растяжения СН₃, которые происходят при 2975-2950 см⁻¹, в то время как поглощение СН₂ происходит примерно при 2930 см⁻¹. Диапазон растягивающих колебаний ОН-групп в полосах полисахаридов, колебаний амидов (NH) и колебаний СН-алифатических групп, представляющих собой полосы в пределах этих областей (2900,8-3413,9).

Химический состав и физико-химические свойства молочной сыворотки

Химический состав и физико-химические свойства молочной сыворотки представлены в таблице 4. рН кислой сыворотки достигает 4,26, содержание белка - 0,558%, углеводов - 3,12%, золы - 0,45%.

Из-за высокой кислотности кислую сыворотку очень трудно утилизировать. Но кислая сыворотка может быть обработана пробиотическими бактериями для получения ферментированных продуктов, таких как напитки на основе кислой сыворотки, или может быть использована в других целях.

Таблица – 4. Химический состав и физико-химические свойства молочной сыворотки

Indicator name	Значения показателей в соответствии с ГОСТом	Кислая сыворотка
Активная кислотность, %	4,2 – 5,4	4,26
Титруемая кислотность, °С	50-85	70
Содержание белка, %	0,5-1,0	0,558
Содержание жира, %	0,05-0,4	-
Содержание углеводов, %	3,2-5,1	3,12
Содержание золы, %	0,4-0,8	0,45

Таблица 5 – Органолептические характеристики ферментированного продукта с ВВ

№	Показатель	Характеристики
1	Внешний вид и консистенция	Вверху находится сыворотка, консистенция очень плотная, в отличие от предыдущего молока, в кефире есть комочки на вид, имеет приятный запах
2	Вкус и аромат	На вкус и цвет кисломолочный продукт приятный, в кефире присутствуют комочки из-за высокой жирности молока
3	Цвет	Белый цвет, придающий немного желтизны

Заключение. Исследование роли микрокапсулированных пробиотических микроорганизмов и их физических характеристик подтверждает значимость данной технологии в пищевой и фармацевтической промышленности. Одной из ключевых проблем пробиотических препаратов остается их низкая устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды, что ограничивает их эффективность. Использование методов микрокапсулирования позволяет повысить жизнеспособность пробиотиков при хранении, транспортировке и прохождении через желудочно-кишечный тракт, тем самым обеспечивая их эффективное действие в организме.

Результаты анализа показывают, что выбор материала оболочки играет решающую роль в формировании защитных свойств микрокапсул. Полисахаридные матрицы, белковые комплексы и гибридные материалы обладают разной степенью защиты и контролируемого высвобождения пробиотиков. Важным направлением дальнейших исследований является разработка новых композитных материалов и совершенствование методик инкапсуляции, направленных на увеличение стабильности и пролонгированного действия пробиотических микроорганизмов.

Таким образом, развитие технологии микрокапсулирования открывает широкие возможности для создания инновационных продуктов с пробиотическими свойствами. Применение таких технологий может способствовать повышению эффективности пробиотических добавок, улучшению их переносимости и усвояемости, что особенно важно для разработки функциональных продуктов питания и медицинских препаратов нового поколения.

References

- Atia A., Gomaa Ahmed, Fliss Ismail, Beyssac Eric, Garrait Ghislain, and Subirade M. (2016) A prebiotic matrix for encapsulation of probiotics: physicochemical and microbiological study. *Journal of Microencapsulation* 33. — P. 89–101. <https://doi.org/10.3109/02652048.2015.1134688>. (in English)
- Chen H.-Y., Li X.-Y., Liu B.-J., Meng X.-H. (2017) Microencapsulation of *Lactobacillus bulgaricus*

and survival assays under simulated gastrointestinal conditions. *Journal of Functional Foods* 29. — P. 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.12.015>. (in English)

Conrad P.B., Miller D.P., Cielenski P.R., de Pablo J.J. (2000) Stabilization and preservation of *Lactobacillus acidophilus* in saccharide matrices. *Cryobiology* 41. — P. 17–24 <https://doi.org/10.1006/cryo.2000.2260>. (in English)

Fouad M.T., Abu-El Khair A.G., El-Sayed S.M., Shazly A.B., El-Sayed H.S. (2022) Bio-Labneh fortified with functional microcapsules filled with chickpea flour and probiotics. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 42. — P. 102345. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102345>. (in English)

Ghasemi L., Nouri L., Mohammadi Nafchi A., Al-Hassan A.A. (2022) The effects of encapsulated probiotic bacteria on the physicochemical properties, staling, and viability of probiotic bacteria in gluten-free bread. *Journal of Food Processing and Preservation* 46, e16359. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16359>. (in English)

Hamid Thakur N.S., Sharma R., Thakur A. (2022) Optimization of lyophilized microencapsulated phenolic extract concentration for enrichment of yoghurt and effect on chemical parameters, bioactive compounds, antioxidant activity and sensory quality under storage. *South African Journal of Botany, Biotechnological exploration of natural products as functional food and medicine* 151. — P. 413–422. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.04.015>. (in English)

Madybekova G.M., Mutaliev B.Zh., Turkeyeva E. (2024) A method for obtaining microcapsules of probiotic microorganisms. RSE "National Institute of Intellectual Property". Utility model patent № 9494 dated 23.08.2024. (in Russian)

Rajam R., Subramanian P. (2022) Encapsulation of probiotics: past, present and future. *Beni-Suef Univ J Basic Appl Sci* 11, 46. <https://doi.org/10.1186/s43088-022-00228-w>. (in English)

Sarao L.K., and Arora M. (2017) Probiotics, prebiotics, and microencapsulation: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57. — P. 344–371. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.887055>. (in English)

Syafiq F., Chyzna V., Morris N., Murphy A., Kennedy J. (2017) An investigation into the effects of pH and material concentration on the morphology of Chitosan-Alginate microspheres prepared using an Ionic gelation techniques. *International Journal of Advance Scientific Research and Management* 2. — P. 13–24 (in English)

Vinceković M., Živković L., Turkeyeva E., Mutaliev B., Madybekova G., Šegota S., Šijaković Vujičić N., Pustak A., Jurkin T., Kiš M., Kajić S. (2024) Development of Alginate Composite Microparticles for Encapsulation of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*. *Gels* 10. — P. 752. <https://doi.org/10.3390/gels10110752>. (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