

Galiya Abdilova – PhD, Associate Professor, Head of the Department of Technological Equipment; Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: tech_equipment_dept@shakarim.kz.

Rinat Kusainov – Head of the Center; Engineering Center «Strengthening Technologies and Coatings» of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: mms.research.semey@gmail.com.

Alibek Muratbayev* – PhD, Senior Lecturer of the department «Technological equipment»; Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: great_mister@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0830-5007>.

Поступила в редакцию 19.05.2025

Поступила после доработки 17.06.2025

Принята к публикации 31.07.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-3\(19\)-21](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-3(19)-21)



FTAXP: 65.13.13

А.Қ. Базанова^{*}, А.Қ. Кәкімов¹, Н.К. Ибрагимов¹, А.А. Майоров²

¹Шәкәрім университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

²ФААҒО Сібір ірімшік жасау ғылыми-зерттеу институты,

656016, Ресей Федерациясы, Алтай, Барнаул қ., Советская Армия көш., 66 үй

*e-mail: arayka.bazanovak@mail.ru

СҮТ ҚҰРАМЫНДА КЕЗДЕСЕТІН ЗИЯНДЫ ЗАТТАРДЫҢ МӨЛШЕРІН ТӨМЕНДЕТУГЕ АРНАЛҒАН АДСОРБЦИЯЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫНЫ ЖЕТІЛДІРУ: САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

Аңдатпа: Бұл мақалада сүт құрамындағы радионуклидтер мен ауыр металл тұздарының мөлшерін төмендету мақсатында адсорбциялық әдіске негізделген жетілдірілген қондырғы ұсынылады. Зерттеудің мақсаты – сүтті қауіпсіз тұтынуға мүмкіндік беретін тиімді тазарту технологиясын жасау. Сүт – жоғары биологиялық және тағамдық құндылыққа ие бағалы тағам өнімі. Ол адам ағзасына қажетті ақуыздар, майлар, дәрумендер мен микроэлементтерді қамтиды, яғни күнделікті тағам рационының маңызды бөлігі. Алайда экологиялық тұрақсыздық пен техногендік ластану жағдайында сүт өнімдерінің құрамында радионуклидтер мен ауыр металл тұздары сияқты адам денсаулығына қауіпті болуы мүмкін. Сол себепті сүтті зиянды заттардан тазартудың тиімді әдістерін әзірлеу өзекті мәселе болып отыр.

Зерттеу жұмысында сүттегі зиянды заттардың мөлшерін азайтуға арналған адсорбция әдісіне негізделген эксперименттік қондырғыны жетілдіру ұсынылған. Сұйық тағам өнімдерін тазартуға арналған қондырғыны жетілдіру сұйықтықтың өту сызбасын түрлі комбинациялармен (бір, екі немесе үш баған арқылы) өзгерту мүмкіндігін іске асыруға мүмкіндік берді. Нақтылағанда тазарту процесін ластағыштардың деңгейі мен зиянды заттардың түріне қарай реттеуге жол ашады. Адсорбция әдісі ақуыздар, дәрумендер мен микроэлементтер сияқты құнды тағамдық заттарды төмендетпей, зиянды заттарды азайтуды қамтамасыз етеді. Қондырғы күрделі автоматиканы қажет етпейді және зертханалық жағдайда пайдалануға ыңғайлы. Қолжетімді және арзан табиғи сорбенттерді қолдану – тазарту процесінің өзіндік құнын төмендетеді.

Түйін сөздер: тағам қауіпсіздігі, радиоактивті ластану, адсорбциялық сүзу, сорбциялық бағандар, табиғи сорбенттер.

Кіріспе

Тағам өнімдерінің құрамында радионуклидтер мен ауыр металдардың болуы – қазіргі кездегі экологиялық және санитарлық маңызды мәселелердің бірі [1]. Сүт және сүт өнімдері сияқты сұйық тағамдар жоғары биологиялық және тағамдық маңыздылығымен ерекшеленеді. Олар ағзаға жеңіл сіңетін, бір-бірімен үйлесімді ақуыздар, майлар, көмірсулармен қатар, дәрумендер, минералды заттар және ферменттерге бай. Осы себепті сүт өнімдері күнделікті тамақтану рационында маңызды орын алады [2]. Жалпы, сиыр сүті – құнды тағамдық өнім. Оның құрамына дисперсиялық орта (минералды тұздар мен сүт қанты еріген плазма), коллоидтық фаза (ақуыздар мен тұздар) және ұсақ дисперсиялық фаза (сүт майы) кіреді. Сонымен қатар, оның құрамында химиялық шығу тегі бар зиянды заттар (радионуклидтер,

ауыр металдардың тұздары, пестицидтер және басқа да қоспалар) болуы мүмкін [3]. Халықаралық ғылыми дереккөздердің талдауына сүйенсек, сүт өнімдерін өндіруге арналған шикізат ретінде қолданылатын сиыр сүтінің құрамында экологиялық жағдайларға байланысты зиянды элементтердің жоғары мөлшері байқалады [4]. Бүгінгі таңда тамақ өнімдерін тазартуға арналған түрлі өңдеу жолдары, химиялық реакциялар мен процестерге негізделген көптеген әдістер әзірленген. Оларға мембраналық сүзу, кері осмос, химиялық тұндыру, еріткішпен экстракциялау, тотығу және адсорбция жатады [5]. Аталған әдістердің ішінде түрлі адсорбенттерді пайдалану арқылы жүзеге асырылатын сорбция үдерісі құрылымының қарапайымдылығы, әмбебаптығы, үнемділігі және іс жүзінде тиімді қолданылуымен ерекшеленеді. Идеалды сорбенттің басты сипаттамалары – жоғары тиімділік пен өңдеу шығынының төмен болуы [6].

Материалдар мен зерттеу әдістері

Сұйық орталарды тазартуға арналған сорбциялық бағандармен жабдықталған әртүрлі қондырғылардың конструкциялары белгілі. Алайда қолданыстағы аналогтар сұйықтықтың өту режимін икемді түрде басқаруға мүмкіндік бермейді, әртүрлі сорбенттерді әмбебап қолдануды қамтамасыз етпейді, сонымен қатар күрделі автоматтандыруды және жоғары өндірістік шығындарды талап етеді [7].

Сұйық ортадағы сүзу процесін модельдеуге арналған қондырғы белгілі (Қазақстан Республикасының инновациялық патенті № 30570, МПК G01N 15/00, жарияланған күні – 16.11.2015 ж.). Бұл қондырғы тірек құрылымынан, кіріс және шығыс магистральдарынан, сорбентпен толтырылатын сүзгі жүйесінен тұрады. Сүзгі жүйесі көпсекциялы болып орындалған және кіріс магистраліне параллель қосылған бірнеше сүзгіден құралады. Қондырғы сұйықтықты сүзу жүйесіне өздігінен ағу түрінде жеткізетін сорғы жүйесімен жабдықталған. Сүзгілер мөлдір материалдан дайындалған және құрамдас бөліктері ауыстырылатын цилиндр пішінді, бұрандалы жалғағышпен жабдықталған жоғарғы және төменгі қақпақтары бар конструкцияны құрайды. Сонымен қатар, бұл стенд өнеркәсіптік дайын сүзгілерді қолдана отырып, сүзу үдерісін зерттеуге мүмкіндік береді. Аталған қондырғыны біз прототип ретінде таңдадық. Алайда, оның басты кемшілігі – сұйықтықты параллель немесе тізбекті (яғни, аралас) түрде өткізу режимін іске асыру мүмкіндігінің болмауы, бұл сүзу процесінің икемділігін шектейді [8]. Аталған құрылымдық шешімдерді қолдану тәжірибелік қондырғыны одан әрі жетілдіруге, оның тиімділігі мен функционалдық мүмкіндіктерін арттыруға мүмкіндік берді [8].

Нәтижелер мен талқылаулар

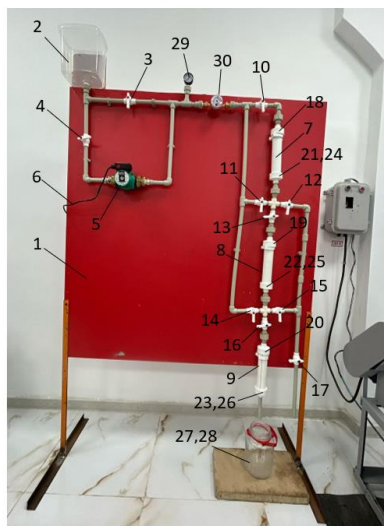
Біз ұсынған қондырғы тамақ өнеркәсібі саласына жатады, нақтырақ айтқанда, сұйық тағам өнімдерін зиянды заттардан (радионуклидтер мен ауыр металдардың тұздары) адсорбция әдісі арқылы тазарту тәсілдеріне және тәжірибелік зерттеулер жүргізуге арналған қондырғыларға қатысты.

Қондырғыны жетілдірудің басты мақсаты – сорбенттерді және сұйықтықтың өту сызбасын (бір, екі немесе үш бағанды әртүрлі комбинацияда пайдалану) реттеуге мүмкіндік беретін модульдік бағандық жүйені қолдану арқылы сұйық тағам өнімдерін зиянды заттардан тиімді тазарту, сонымен қатар тағам өнімінің тағамдық құндылығын сақтау.

Қондырғының техникалық нәтижесі – сұйық тағам өнімдерін зиянды заттардан тиімді тазарта отырып, өнімнің химиялық құрамын және органолептикалық қасиеттерін сақтау мүмкіндігі.

Аталған техникалық нәтиже мына шешім арқылы жүзеге асады: сұйық тағам өнімдерін зиянды заттардан тазартуға арналған қондырғы – үш тік орналасқан бағаннан, құбыр жүйесінен, сұйықтықты айдайтын сорғыдан және басқарушы крандардан тұратын қысымды жүйе болып табылады.

Тәжірибелік қондырғы (1 сур.) арқылы иллюстрацияланған, онда: 1 – тірек конструкциясы; 2 – қабылдағыш ыдыс; 3 – өздігінен ағу жұмыс сызбасын қосуға арналған кран; 4 – қысыммен айдау жұмыс сызбасын қосуға арналған кран; 5 – орталықтан тепкіш қалақшалы сорғы; 6 – қоректендіру блогы; 7, 8, 9 – сорбциялық бағандар; 10 - 17 – басқарушы крандар; 18 - 23 – жоғары/төмен температураға, қышқыл мен сілтіге төзімді техникалық резеңкеден жасалған тығыздағыштар; 24, 25, 26 – сорбенттің шайылып кетуінің алдын алатын торлар; 27, 28 – жинақтаушы ыдыстар; 29 – манометр; 30 – шығын өлшегіш.



Сурет 1 – Сұйық тағам өнімдерін адсорбция әдісімен зиянды заттардан тазартуға арналған тәжірибелік қондырғы

Құрастырылған қондырғы тірек құрылымға (1) орнатылған және өз құрамына сұйық тағам өнімін құюға арналған қабылдағыш ыдысты (2) қамтиды, бұл ыдыстан сұйықтық әрі қарай тазарту жүйесіне өтеді.

Сұйықтықтың қозғалысы екі түрлі режимде жүзеге асады: (3) кранын ашу арқылы өздігінен ағу режимінде – сорғыны пайдаланусыз; немесе (4) кранды ашып, (5) орталықтан тепкіш қалақшалы сорғыны іске қосу арқылы қысыммен айдалатын режимде.

Сорғы үш сатылы айналу жиілігін реттеу мүмкіндігіне ие және (6) қоректендіру блогы арқылы жұмыс істейді.

Стенд құрамына үш сорбциялық баған (7-9) кіреді. Олардың әрқайсысының жоғарғы және төменгі бөліктерінде техникалық резеңкеден жасалған, жоғары және төмен температураларға, қышқыл мен сілті әсеріне төзімді тығыздағыштар (18-23) орнатылған.

Сұйықтықтың өтуін басқару мақсатында стенд (10-17) крандармен жабдықталған.

Әрбір бағандардың төменгі бөлігінде сорбенттің шайылып кетуінің алдын алу үшін арнайы қорғаныш торлар (24-26) орнатылған.

Тазартылған сұйықтық екі жинақтаушы ыдысқа (27, 28) жиналады.

Жүйенің жұмыс параметрлерін бақылау мақсатында сұйықтық қысымын өлшейтін манометр (29) орнатылған, ол жүйедегі жұмыс қысымын бақылауға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ жүйе арқылы өтетін сұйықтық мөлшерін анықтайтын және ағынның жылдамдығын бақылауға мүмкіндік беретін шығын өлшегіш (30) қарастырылған.

Сұйықтық ағыны жоғарыдан беріледі және сорғы арқылы бағандарға жіберіледі. Кран жүйесі келесі сүзу режимдерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді [9, 10]:

Жеке режимдер көмегімен:

1. Тек бірінші баған арқылы (7);
2. Тек екінші баған арқылы (8);
3. Тек үшінші баған арқылы (9).

Аралас режимдер көмегімен:

1. Бірінші және екінші бағандар арқылы (7, 8);
2. Бірінші және үшінші бағандар арқылы (7, 9);
3. Екінші және үшінші бағандар арқылы (8, 9);
4. Барлық үш баған арқылы (7, 8, 9).

Қорытынды

Сүттің құрамындағы зиянды заттарды тазартуға жасалған қондырғы – сұйық тағам өнімдерінің қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған, технологиялық жағынан тиімді әрі әмбебап шешім болып табылады. Әрбір баған радионуклидтер мен ауыр металдардың тұздарына қатысты селективтілігі ескеріліп таңдалған табиғи текті белгілі бір сорбентті қамтиды.

Аталған қондырғының артықшылығы – әрбір бағанды жеке немесе оларды әртүрлі реттілікпен біріктіріп қосуға мүмкіндік беретін қрандар жүйесі арқылы икемді басқару мүмкіндігі. Бұл эксперимент жүргізу жағдайларын ескеріп, адсорбцияның ең тиімді режимдерін таңдауға мүмкіндік береді.

Жетілдірілген қондырғы түрлі сорбенттерді қолдана отырып, сұйық тағам өнімдеріндегі ағын режимдерін әртүрлі жағдайда зерттеумен қатар, сұйықтықтың ластану дәрежесіне байланысты тазарту режимін оңтайлы таңдауға жағдай жасайды.

Әдебиеттер тізімі

1. Developing the process parameters of milk pasteurization for reducing the concentration of toxic elements and radionuclides / A. Kakimov et al // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2019. – № 14(13). – P. 2443-2447.
2. Моллобаева Д.С. Исследования швейцарских ученых о пользе молока и молочных продуктов / Д.С. Моллобаева, Е.В. Пономарёва // *Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ*. – 2016. – № 4(7). – 4 с.
3. Сурков В.Д. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности: учебник / В.Д. Сурков, Н.Н. Липатов, Ю.П. Золотин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – С. 47-57.
4. Pietrzak-Fiećko R. Evaluation of Cs-137 Content in Powdered Cow Milk form Four Regions Of Poland / R. Pietrzak-Fiećko, S. Smoczyński // *Polish J. of Environ. Stud.* – 2009. – Vol. 18, № 4. – P. 745-748.
5. Environmental issues: A challenge for wastewater treatment / M. Choudhary et al // *In Green Materials for Wastewater Treatment*. – Springer: Berlin/Heidelberg, Germany. – 2020. – P. 1-12.
6. Sharahi F.J. Melamine-based dendrimer amine-modified magnetic nanoparticles as an efficient Pb (II) adsorbent for wastewater treatment: Adsorption optimization by response surface methodology / F.J. Sharahi, A. Shahbazi // *Chemosphere* 2017. – № 189. – P. 291-300.
7. Андриенко П.Е. Проблемы различных методов очистки воды / П.Е. Андриенко, Ж.А. Арушанян // *Научные исследования молодых ученых: сборник статей XXVI Международной научно-практической конференции*. – Пенза: МЦНС Наука и Просвещение. – 2024. – С. 32-35.
8. Патент РК №30570, G01N 15/00 Стенд для моделирования фильтрации жидкостей. Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Государственный университет им. Шакарима города Семей» / Какимов А.К., Ибрагимов Н.К., Какимова Ж.Х., Байбалинова Г.М. и другие. опубл.16.11.2015, бюл. № 11. – 3 с.
9. Базанова А.К. Сұйық тамақ өнімдерін улы заттардан тазартуға арналған қондырғы / А.К. Базанова, А.К. Какимов, Н.К. Ибрагимов // «Қазақстан – тоңазыту 2025» XIV халықаралық ғылыми-техникалық конференция баяндамаларының жинағы 29-30 сәуір 2025, – Б. 30.
10. Nanotechnology for sustainable wastewater treatment and use for agricultural production: A comparative long-term study / P.D.L.C. Bueno et al // *Water Res.* – 2017. – № 110. – P. 66-73.

References

1. Developing the process parameters of milk pasteurization for reducing the concentration of toxic elements and radionuclides / A. Kakimov et al // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2019. – № 14(13). – P. 2443-2447. (In English).
2. Mollobaeva D.S. Issledovaniya shveitsarskikh uchenykh o pol'ze moloka i molochnykh produktov / D.S. Mollobaeva, E.V. Ponomareva // *Ehlektronnyi nauchno-metodicheskii zhurnal Omskogo GAU*. – 2016. – № 4(7). – 4 s. (In Russian).
3. Surkov V.D. Tekhnologicheskie oborudovanie predpriyatii molochnoi promyshlennosti: uchebnik / V.D. Surkov, N.N. Lipatov, YU.P. Zolotin. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1983. – S. 47-57. (In Russian).
4. Pietrzak-Fiećko R. Evaluation of Cs-137 Content in Powdered Cow Milk form Four Regions Of Poland / R. Pietrzak-Fiećko, S. Smoczyński // *Polish J. of Environ. Stud.* – 2009. – Vol. 18, № 4. – P. 745-748. (In English).
5. Environmental issues: A challenge for wastewater treatment / M. Choudhary et al // *In Green Materials for Wastewater Treatment*. – Springer: Berlin/Heidelberg, Germany. – 2020. – P. 1-12. (In English).
6. Sharahi F.J. Melamine-based dendrimer amine-modified magnetic nanoparticles as an efficient Pb (II) adsorbent for wastewater treatment: Adsorption optimization by response surface methodology / F.J. Sharahi, A. Shahbazi // *Chemosphere* 2017. – № 189. – P. 291-300. (In English).

nutritional value. It contains proteins, fats, vitamins, and microelements essential for the human body and constitutes an important part of the daily diet. However, under conditions of environmental instability and technogenic pollution, dairy products may accumulate toxic substances such as radionuclides and heavy metal salts, which pose a threat to human health. Therefore, the development of effective methods for removing harmful contaminants from milk remains a relevant challenge.

The study proposes an improvement of an experimental adsorption-based unit aimed at reducing the concentration of toxic substances in milk. The unit design enables the adjustment of liquid flow schemes in various combinations (through one, two, or three columns), allowing the purification process to be tailored according to the degree of contamination and the nature of toxic components. The adsorption method ensures the removal of harmful substances without degrading valuable nutritional components such as proteins, vitamins, and microelements. The unit does not require complex automation and is suitable for use under laboratory conditions. The application of affordable and low-cost natural sorbents contributes to lowering the overall purification cost.

Key words: food safety, radioactive contamination, adsorption filtration, sorption columns, natural sorbents.

Авторлар туралы мәліметтер

Арай Қайратқызы Базанова* – «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасының докторанты; Шәкәрім университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: arayka.bazanovak@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1722-0657>.

Айтбек Қалиұлы Кәкімов – техника ғылымдарының докторы, «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасының профессоры; Шәкәрім университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Надир Кадырович Ибрагимов – техника ғылымдарының кандидаты, «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасының оқытушысы; Шәкәрім университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Александр Альбертович Майоров – техника ғылымдарының докторы, профессор, Федералды мемлекеттік бюджеттік ғылыми мекемесі «Федералды Алтай агробιοтехнология ғылыми орталығы» Сібір ірімшік жасау ғылыми-зерттеу институты» зертхана басшысы, бас ғылыми қызметкері, Ресей Федерациясы; e-mail: sibniis.altai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-2907>.

Сведения об авторах

Арай Кайратовна Базанова* – докторант кафедры «Биоинженерных систем»; Шәкәрім университет, Республика Казахстан; e-mail: arayka.bazanovak@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1722-0657>.

Айтбек Калиевич Какимов – доктор технических наук, профессор кафедры «Биоинженерных систем»; Шәкәрім университет, Республика Казахстан; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Надир Кадырович Ибрагимов – кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Биоинженерных систем»; Шәкәрім университет, Республика Казахстан; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Александр Альбертович Майоров – доктор технических наук, профессор, руководитель лаборатории, главный научный сотрудник Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий» Сибирский научно-исследовательский институт сыроделия», Российская Федерация; e-mail: sibniis.altai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-2907>.

Information about the authors

Aray Bazanova* – doctoral student, department of «Bioengineering Systems»; Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: arayka.bazanovak@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1722-0657>.

Aitbek Kakimov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of «Bioengineering Systems»; Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Nadir Ibragimov – Candidate of Technical Sciences, Lecturer, Department of «Bioengineering Systems»; Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Alexander Mayorov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Laboratory, Chief Researcher Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology Siberian Scientific Research Institute of Cheese Production, Russian Federation; e-mail: sibniis.altai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-2907>.

Редакцияға енуі 14.07.2025

Өңдеуден кейін түсуі 19.08.2025

Жариялауға қабылданды 25.08.2025