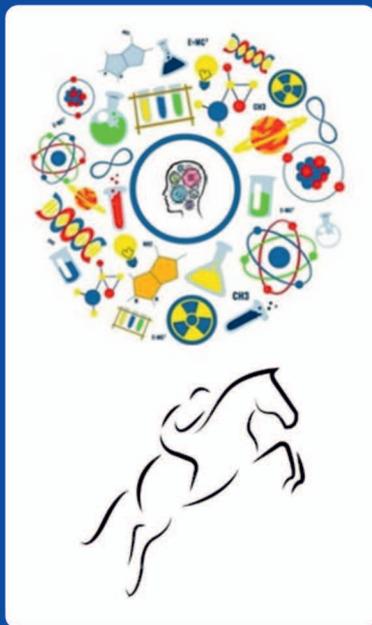


ISSN 1560-5655



Ұ Л Т Т Ы Қ
М Е М Л Е К Е Т Т І К
Ғ Ы Л Ы М И - Т Е Х Н И К А Л Ы Қ
С А Р А П Т А М А О Р Т А Л Ы Ғ Ы

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ГОСУДАРСТВЕННОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЭКСПЕРТИЗЫ



ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫНЫҢ ЖАҢАЛЫҚТАРЫ

ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖУРНАЛ

НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

1
2026

Ұлттық мемлекеттік ғылыми-техникалық
сараптама орталығы

Национальный центр государственной
научно-технической экспертизы

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫНЫҢ
ЖАҢАЛЫҚТАРЫ**
ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖУРНАЛ

**НОВОСТИ НАУКИ
КАЗАХСТАНА**
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 1 (168)

Алматы 2026

Межотраслевой научно-технический журнал «Новости науки Казахстана» (ISSN:1560-5655) издается с 1989г. и выходит 4 раза в год. В журнале публикуются научные статьи фундаментального и прикладного характера, обзорные работы отечественных и зарубежных авторов. Язык публикаций: казахский, русский, английский.

Область публикаций: Биотехнологии и Химические технологии; Пищевая и перерабатывающая промышленность; Естественные науки, инжиниринг и технологии; Социально-гуманитарные науки.

Предназначен для профессорского-преподавательского состава Вузов, докторов PhD, магистрантов, студентов и сотрудников научно-исследовательских институтов, предприятий и организаций, а также работников министерств и ведомств.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Болегенова С.А., доктор физико-математических наук,
профессор (главный редактор)

Гребцова Л.Н. (редактор)

Сухова Е.С. (ответственный секретарь)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Велямов М.Т., доктор биологических наук, профессор, академик Академии сельскохозяйственных наук РК;

Акимбеков Н.Ш., PhD, профессор;

Тастамбек Қ.Т., доктор PhD;

Тасибеков Х.С., кандидат химических наук, асс. профессор;

Ханиев Б.А., доктор PhD;

Кистаубаева А.С., кандидат биологических наук, асс. профессор;

Акимбекова Г.У., доктор экономических наук, профессор, академик НААН;

Тауанов Ж.Т., доктор PhD, асс. профессор;

Абдиева Г.Ж., кандидат биологических наук, асс. профессор (доцент);

Тайпақова С.М., доктор философии (PhD), асс. профессор (доцент);

Джурупова Б.К., кандидат технических наук, профессор, (Кыргызстан);

Руткуниене Ж., доктор PhD, профессор, (Литва);

Славинская Н., доктор PhD, профессор (Германия);

Дигель И.Э., доктор PhD, профессор (Германия);

Джан Джа, доктор PhD, профессор (Китай);

Джурупова Б.К. кандидат технических наук, профессор (Кыргызстан);

Рахматуллаев М.А., доктор технических наук, профессор, (Узбекистан).

Республика Казахстан, 050026, г. Алматы,

ул. Богенбай батыра, оф. 218

Тел./факс: +8 727 222-1102 (вн. 141), +7 727 378-0549

e-mail: l.grebtsova@ncste.kz, y.sukhova@ncste.kz

Веб-сайт: vestnik.nauka.kz

СОДЕРЖАНИЕ

БИОТЕХНОЛОГИИ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Абылай М., Сансызбай А.Р., Есимситова З.Б.
Разработка антипаразитарного шампуня питомцам для эффективной защиты от наружных паразитов (на английском языке)6

Бейсембаев Э.Б., Ли Э.М., Смайлова А.Б., Катранова З.Г., Гани Д.
Разработка технологии переработки отходов обогащения баритовой руды (на английском языке & перевод)17

Василевская О.Ф., Василевская Е.О., Бахшян А.И.
Проведение исследований по интенсификации сгущения и осаждения шламовых отходов гравитационного обогащения свинцово-баритовых руд на ОФ АО «Жайремский ГОК»40

Ли Э.М., Смайлова А.Б., Бейсембаев Э.Б., Даулет Б.Е.
Проведение исследований на хвостах медной обогатительной фабрики с целью повышения извлечения меди (на английском языке & перевод)50

ПИЩЕВАЯ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Мухамадиев Б.Т., Мирзаева Ш.У., Ражабова, Г.А., Халилова Ф.М.
Физико-химические свойства и органолептические характеристики пастилок из плодов инжира (*Ficus carica L.*) (на английском языке & перевод)69

Орипов М.А., Мирзаева Ш.У., Мухамадиев Б.Т., Рахматов Х.М.
Использование биологически активных кормовых добавок в кормлении сельскохозяйственных животных (на английском языке).....101

Халилов И.М., Мухамадиев Б.Т., Халилова Ф.М., Мирзаева Ш.У., Исомова И.П.
Особенности экстракции ингредиентов из растительного сырья (на английском языке & перевод).....128

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ, ИНЖИНИРИНГ И ТЕХНОЛОГИИ

Сычев Ю.А., Ким Т.А.
Модернизация системы аналитики маркетинговых данных торгового центра: переход к микросервисной архитектуре NET и количественная оценка результатов (на английском языке)166

ШАБЛОН НАПИСАНИЯ СТАТЬИ178

МАЗМҰНЫ

БИОТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

<i>Абылай М., Сансызбай А.Р., Есимситова З.Б.</i> Сыртқы паразиттерге қарсы үй жануарларына арналған табиғи сусабын жасау (ағылшын тілінде)	6
<i>Бейсембаев Э.Б., Ли Э.М., Смайлова А.Б., Катранова З.Г., Гани Д.</i> Барит кенін байыту қалдықтарын өңдеу технологиясын әзірлеу (ағылшын тілінде & аударма)	17
<i>Василевская О.Ф., Василевская Е.О., Бахшян А.И.</i> «Жәйрем ТКБК» АҚ қорғасын-барит кендерін гравитациялық байыту кезіндегі шлам қалдықтарын қоюландыру және тұндыру үдерістерін интенсификациялау бойынша зерттеулер жүргізу (орыс тілінде).....	40
<i>Ли Э.М., Смайлова А.Б., Бейсембаев Э.Б., Дәулет Б.Е.</i> Мыс байыту фабрикасының қалдықтарында мыс алу деңгейін арттыруға бағытталған зерттеулер (ағылшын тілінде & аударма)	50

ТАМАҚ ЖӘНЕ ӨНДЕУ ӨНЕРКӘСІБІ

<i>Мухамадиев Б.Т., Мирзаева Ш.У., Ражабова, Г.А., Халилова Ф.М.</i> Інжір жемістерінің физика-химиялық қасиеттері және органолептикалық сипаттамалары (Інжір (<i>Ficus carica L.</i>) (ағылшын тілінде & аударма)	69
<i>Орипов М.А., Мирзаева Ш.У., Мұхамедиев Б.Т., Рахматов Х.М.</i> Биологиялық белсенді жемді пайдалану ауылшаруашылық жануарларын азықтандыруға арналған қоспалар (ағылшын тілінде)	101
<i>Халилов И.М., Мухамадиев Б.Т., Халилова Ф.М., Мирзаева Ш.У., Исомова И.П.</i> Өсімдік шикізатынан ингредиенттерді алу ерекшеліктері (ағылшын тілінде & аударма).....	128

ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАРЫ, ИНЖИНИРИНГ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

<i>Сычев Ю.А., Ким Т.А.</i> Сауда орталығының маркетингтік деректерін талдау жүйесін жаңғырту: . NET микросервистік архитектурасына көшу және нәтижелерді сандық бағалау (ағылшын тілінде).....	166
МАҚАЛА ЖАЗУ ҮЛГІСІ	178

CONTENT

BIOTECHNOLOGY AND CHEMICAL TECHNOLOGY

Abylai M., Sansyzbay A., Yessimsiitova Z.
Development of an antiparasitic shampoo for pets to provide effective protection against external parasites.....6

Beisembayev E.B., Li E.M., Smailova A.B.
Katranova Z.G., Gani D.
Development of technology for processing barite ore beneficiation waste17

Vasilevskaya O.F., Vasilevskay E.O., Bahshan A.I.
Conducting research on intensification of thickening and sedimentation of sludge waste from gravity enrichment of lead-barite ores at the «Zhairemskiy GOK» JSC (in Russian).....40

Li E.M., Smailova A.B., Beisembaev E.B., Daulet B.E.
Research on copper processing plant tailings to increase copper recovery50

FOOD AND PROCESSING INDUSTRY

Mukhamadiev B.T., Mirzaeva Sh.U., Razhabova G.A., Khalilova F.M.
Physical and chemical properties and organoleptic characteristics of lodges from fig fruits (*Ficus carica* L.)69

Oripov M.A., Mirzaeva Sh.U., Mukhamadiev B.T., Rakhmatov Kh.M.
Use of biologically active feed additives in farm animals feeding.....101

Khalilov I.M., Muxamadiyev B.T., Khalilova F.M., Mirzayeva Sh.U., Isomova I.P.
Peculiarities of extracting ingredients from plant materials128

NATURAL SCIENCES, ENGINEERING AND TECHNOLOGY

Sychev Y.A., Kim T.A.
Modernization of a shopping mall marketing data analytics system: transition to a NET microservice architecture and quantitative assessment of results166

ARTICLE WRITING TEMPLATE178

БИОТЕХНОЛОГИИ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

IRSTI 61.71.31, 62.13.99

https://doi.org/10.53939/1560-5655_2026_1_6

Abylai M.¹, Sansyzbay A.², Yessimsiitova Z.¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty c., Kazakhstan

²Kazakh National Agrarian University, Almaty c., Kazakhstan

DEVELOPMENT OF AN ANTIPARASITIC SHAMPOO FOR PETS TO PROVIDE EFFECTIVE PROTECTION AGAINST EXTERNAL PARASITES

Abstract. An article presents a comprehensive process for developing a natural veterinary shampoo for cats, designed for the prevention and control of external parasites. The formulation is based on safe and effective plant-derived components, such as lavender and eucalyptus essential oils, chamomile infusion, natural liquid soap, and apple cider vinegar. These ingredients possess pronounced anti-septic, anti-inflammatory, and antiparasitic properties, ensuring a gentle yet effective action on the animals' skin and coat. During the creation of the formula, special attention was paid to the physiological characteristics of cats, which allowed for an optimal balance between therapeutic efficacy and application safety. The development process utilized modern laboratory methods for quality and efficacy assessment, and practical tests were conducted in veterinary settings. The results confirmed the shampoo's high effectiveness in eliminating external parasites, improving the condition of the pets' skin and coat, and the absence of side effects or irritation. The data obtained indicate the potential of using this product both for preventive measures and in the treatment of parasitic diseases in domestic cats, especially in conditions of increased risk of infestation. The developed shampoo can become a reliable component of comprehensive animal care in veterinary practice, contributing to the strengthening of their health and the enhancement of their quality of life.

Keywords: antiparasitic shampoo, parasites, fleas, nectars, safe means, essential oils, phytotherapy, chamomile, apple cider drink.

Introduction. Ectoparasite control and prevention in companion animals remain a priority in modern veterinary medicine. These arthropod and insect parasites, particularly fleas, ticks, and lice, are not only a source of significant discomfort for animals but also pose a high risk of causing a range of pathologies. Ectoparasites, such as fleas (*Ctenocephalides* spp.), ticks (*Ixodes* spp., *Otodectes cynotis*), and lice, can lead

to severe discomfort, allergic dermatoses, inflammatory responses, and secondary bacterial infections. Furthermore, they act as vectors for serious diseases including piroplasmiasis, borreliosis, and hemobartonellosis. In severe cases, these infestations can result in anemia, emaciation, and immunodeficiency, which are especially dangerous for kittens and elderly animals. Ectoparasites also represent a significant zoonotic risk, as they can transmit pathogens – such as those causing rickettsiosis and borreliosis – that are dangerous to humans, underscoring their importance in the context of public health [1-7]. Today's market offers a wide array of antiparasitic products, including spot-on treatments, tablets, collars, sprays, and shampoos. However, many of these products contain synthetic insecticides with a limited duration of action. They also have a tendency to cause side effects, such as skin irritation, allergic reactions, and systemic toxicity. Cats, in particular, are especially sensitive to these products due to their unique metabolism [8-12]. This makes the search for alternative, safer antiparasitic options especially relevant.

Today's market offers a wide array of antiparasitic products, including spot-on treatments, tablets, collars, sprays, and shampoos. However, many of these products contain synthetic insecticides with a limited duration of action. They also have a tendency to cause side effects, such as skin irritation, allergic reactions, and systemic toxicity. Cats, in particular, are especially sensitive to these products due to their unique metabolism. This makes the search for alternative, safer antiparasitic options especially relevant. Antiparasitic shampoos are a promising option for topical parasite control, as they offer both the mechanical removal of parasites and the direct application of active ingredients. They can effectively combine skin and coat care with an antiparasitic effect. However, most commercial formulas are too harsh for long-term use and lack sufficient evidence of their effectiveness and tolerability. This is where natural formulas based on essential oils and plant extracts become a key alternative, as they can provide high efficacy, safety, and a conditioning effect. Research has shown that lavender essential oil has insecticidal, repellent, and soothing properties, and is proven to be effective against fleas, while also helping to restore the skin barrier. Eucalyptus exhibits strong acaricidal and antiseptic activity, reducing itching and inflammation caused by ticks and fleas. Chamomile extract provides antiseptic, anti-inflammatory, and regenerative effects, speeding up skin healing. Apple cider vinegar helps break down the chitinous exoskeleton of parasites, normalizes skin pH, and has an antibacterial effect. Natural, plant-based soap provides gentle cleansing without aggressively stripping the skin's lipid layer. These ingredients have been widely studied and have proven their effectiveness in both veterinary and human research [13-19]. Particular interest lies in the domestic scientific base, where researchers from the South Kazakhstan

University and the Kazakh-Turkish University (Turkistan) have demonstrated the effective antimicrobial properties of chamomile and thyme extracts used in veterinary medicine [20]. Furthermore, studies at the University of Veterinary Sanitation in Almaty, led by A. N. Rametov, have confirmed the safety and efficacy of herbal antiseptics in the treatment of dermatological conditions in animals [21]. This underscores the potential and validity of developing a domestic, plant-based shampoo.

Thus, the development of a safe and demonstrably effective natural antiparasitic shampoo is a relevant task that unites veterinary science and societal needs. Such a product can improve the quality of life for companion animals, reduce the incidence of parasitic diseases, and lower zoonotic risks for humans.

The aim of the study was to evaluate the efficacy and safety of a natural antiparasitic shampoo when treating domestic cats infested with ectoparasites.

Materials and methods of Research. In the study, 15 domestic cats aged 1 to 8 years, suffering from infestations with external ectoparasites such as fleas, lice, and ticks, participated. Before the start of the experiment, all animals underwent a clinical examination and were admitted to the study after obtaining informed consent from their owners. The participants were divided into three equal groups of 5 cats each: Group A (experimental), which received a natural shampoo containing lavender and eucalyptus essential oils, chamomile infusion, natural liquid soap, and apple cider vinegar; Group B (control), which was treated with a commercial antiparasitic shampoo with an insecticidal component; and Group C (placebo), which received a neutral shampoo without active substances. The treatment was carried out twice with a 7-day interval. The animals' condition was monitored for 21 days, with indicators recorded on days 1, 7, 14, and 21 of the study (Figure 1).

The main criteria for evaluating efficacy were the number of external parasites, the condition of the skin and coat, and behavioral reactions like itching and restlessness. During the experiment, any potential side effects and allergic reactions were recorded. A general clinical examination of the animals was conducted both before and after the study. To assess the efficacy in parasite-infested animals, the shampoo was applied in an even layer, after which the cats were allowed to groom themselves, often without the use of water, to test the product's direct effect. A visual inspection and a count of the remaining active parasites were performed within the first 2, 6, and 24 hours after application. The shampoo treatment was repeated once a week for three weeks, with weekly monitoring for the presence of parasites. The formulation of the natural antiparasitic shampoo for cats includes only readily available plant-based components without synthetic additives (Table 1).

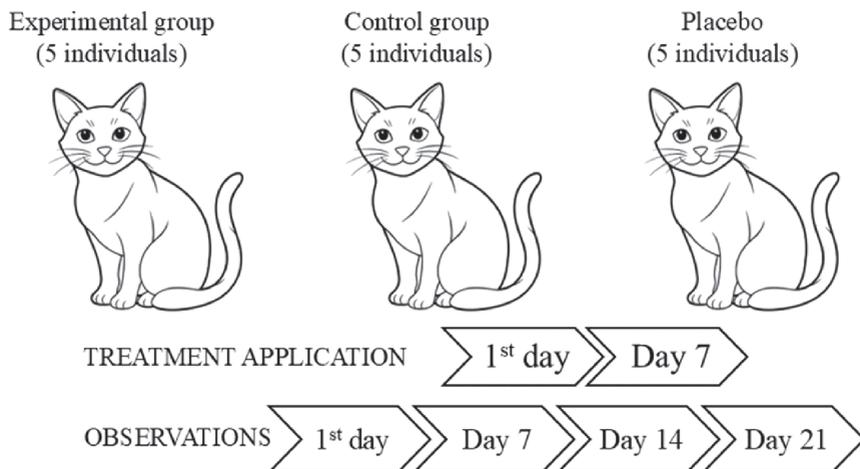


Figure 1 – Study design

Table 1 – Ingredients per 100 ml of shampoo

Component	Quantity	Destination
Lavender Essential Oil	5 drops	Antiseptic, Flea and Tick Repellent
Eucalyptus essential oil	5 drops	Antiparasitic, Antimicrobial
Concentrated Chamomile Extract (Matricaria recutita)	50 ml	Anti-inflammatory, for Skin
Liquid Soap (Fragrance-Free and SLS-Free)	40 ml	Washing Base, Natural Surfactant
3% Apple Cider Vinegar	5 ml	Repellent, Anti-itch

In small doses, essential oils are considered safe for external application in cats, but they are strictly forbidden for internal use. Therefore, the concentration of the oils in the shampoo was limited to no more than 0.5% of the total volume to eliminate the risk of toxicity. The preparation method for the shampoo included the following steps: first, a strong chamomile infusion was prepared by steeping 2 tablespoons of flowers in 100 ml of boiling water for 30 min., after which it was strained. To the resulting infusion, 50 ml of natural liquid soap, 5 drops each of lavender

and eucalyptus essential oils, and 5 ml of apple cider vinegar were added. All components were thoroughly mixed to obtain a homogeneous mass and poured into a dark glass container. The shelf life of the final product is no more than 3 weeks when stored in a refrigerator. The parasitic load was assessed by visual inspection and combing, followed by a count of the parasites. The condition of the skin and coat was evaluated using a scoring system that included parameters such as the presence of inflammation, flaking, coat sheen, and density. The study was conducted in strict compliance with veterinary ethical standards and was approved by the relevant expert commission.

Results and discussion. The study was conducted to evaluate the efficacy and safety of a newly developed natural veterinary shampoo for cats designed to combat external parasites. Based on the conducted tests, the most effective shampoo formulation was selected, which includes lavender and eucalyptus essential oils, chamomile extract, natural liquid soap, and apple cider vinegar, all of which possess antiparasitic properties and high activity against fleas and ticks. As a result of the experiment, the product demonstrated 100% efficacy in eliminating adult fleas and ticks, caused no side effects, skin irritation, or negative impact on the animals' coat, and reduced the rate of reinfestation by 40% within one week after application. Lavender has a repellent effect, along with antiseptic and soothing properties, and fights parasites, making it an excellent complement to the main active components. The essential oils were used in lower concentrations of 0.5% and 0.5%. Studies of these substances have shown that essential oil is a natural insecticide derived from lavender flowers, which has the ability to cause a rapid and powerful paralytic effect on the nervous system of parasites, leading to the death of fleas and ticks in its environment, making them safe for pets at the correct dosage. The 21-day study yielded substantiated data confirming the efficacy of the developed natural shampoo. It was found that the natural shampoo used on Group A demonstrated high efficacy in combating external parasites, with an observed reduction of 88%, which is close to the level of the traditional insecticidal agent used on Group B (92%). However, unlike in Group B, no side effects such as skin irritation, itching, or allergic reactions were recorded in any of the animals from Group A (Table 2). This confirms the safety of using the natural shampoo without the risk of developing adverse reactions.

The improvement in skin and coat condition was also more pronounced in cats from group A, averaging 4.6 and 4.5 points on a 5-point scale, respectively, which can be attributed to the emollient and healing effects of chamomile extract and essential oils. The placebo group (group C) showed only a minor reduction in parasitic load (17%) and low scores for skin and coat condition, confirming the necessity of active compo-

nents to achieve a therapeutic effect. Accordingly, the obtained data are consistent with several previously published studies highlighting the anti-parasitic efficacy of essential oils and plant extracts in veterinary practice. The favorable safety profile of the developed natural shampoo makes it a preferred choice for animals with sensitive skin or a predisposition to allergies. The study results demonstrate the high efficacy of the natural veterinary shampoo for cats in controlling external parasites without adverse effects, supporting its potential as a safe alternative to conventional insecticides in veterinary practice (Figure 2).

Table 2 - Key Indicators for the Three Study

Indicator	Group A (natural shampoo)	Group B (insecticidal shampoo)	Group C (placebo)
Average number of parasites (Day 1)	25	26	24
Average number of parasites (21 days)	3	2	20
Reducing the number of parasites, %	88%	92%	17%
Improvement of skin condition (on a 5-point scale)	4.6	3.8	2.1
Improvement of coat condition (on a 5-point scale)	4.5	3.5	2.3
Number of cases of side effects	0	3	0

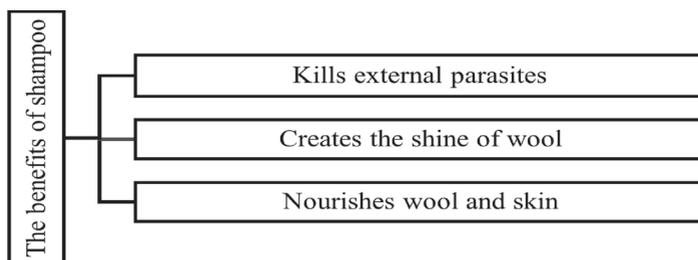


Figure 2 – Key benefits of the developed natural shampoo for cats

Conclusion. The natural shampoo developed by us, based on lavender and eucalyptus essential oils, chamomile infusion, natural liquid

soap, and apple cider vinegar, demonstrated high efficacy in controlling external parasites in domestic cats and significantly improved skin and coat condition without any adverse effects. The use of this product emphasizes its safety and highlights its potential as a promising alternative to conventional insecticidal agents, particularly within the framework of comprehensive care for animals with sensitive skin. During the development of the antiparasitic shampoo, the composition of active substances was carefully selected to ensure both high efficacy and safety for animals. Tests with different concentrations of active components were conducted, which made it possible to determine the optimal ratios to achieve maximum effectiveness without health risks for pets.

Under laboratory conditions, the shampoo successfully demonstrated a 100% efficacy rate against fleas, ticks, and lice. Following successful laboratory trials, the product was tested on domestic cats under real-life conditions, with strict adherence to the application regimen. Lavender and eucalyptus essential oils exhibited pronounced antiseptic properties, preventing inflammatory skin reactions after parasite bites. Lavender oil also had a mild soothing effect, reducing itching and irritation associated with infestations.

As a result of shampoo application, not only was complete parasite elimination observed, reaching 100% efficacy within three weeks after treatment, but a significant reduction in reinfestation rates was also achieved. In particular, during the observation period, the reinfestation rate decreased by 40%, indicating a long-term protective effect of the product. Overall analysis of the results showed that the natural shampoo reduced the parasitic burden in animals by 88% over a 21-day treatment course. Moreover, it was found suitable for use in animals of different age groups, including adult cats, thereby broadening its applicability.

The safety of the product was confirmed by the absence of adverse effects under proper use; it did not cause skin irritation, itching, or allergic reactions. This makes it not only an effective antiparasitic treatment but also a safe component of comprehensive skin and coat care for domestic pets. The highly effective antiparasitic shampoo developed represents a reliable tool for the prevention and treatment of external parasitic diseases in companion animals. Its key active ingredients, lavender and eucalyptus essential oils, provide a strong antiparasitic and antiseptic effect in combination. The product has a pleasant fragrance, is easy to apply, and does not cause irritation when used according to the recommended dosage.

Due to these characteristics, it can be widely applied both for preventive purposes and for the treatment of existing parasitic infestations. Overall, the study results confirm the high efficacy of the developed natural shampoo: all animals (100%) that underwent the treatment course were parasite-free for three weeks after the last application. Furthermore,

the product significantly reduced the risk of reinfestation in the following months due to its long-term protective effect. Based on the obtained data, conclusions can be drawn regarding its high efficacy, including an 88% reduction in parasitic burden, its versatility for animals of different age groups, and its confirmed safety when used as recommended. Thus, the developed shampoo represents a promising product for comprehensive care of domestic animals, taking into account their physiological characteristics and need for protection against external parasites.

References

- 1 Bowman D.D. Georgis' Parasitology for Veterinarians. - 11th edition. - 2021. - 720 p. ISBN 978-0-323-54396-5. doi: 10.1016/C2016-0-02298-2.
- 2 Chomel B.B. Zoonoses // Reference Module in Biomedical Sciences. – 2014. – C. B978-0-12-801238-3.02426-0. doi: 10.1016/B978-0-12-801238-3.02426-0.
- 3 Giannelli A., Schnyder M., Wright I., Charlier J. Control of companion animal parasites and impact on One Health // One Health. – 2024. – № 18. – C. 100679. doi: 10.1016/j.onehlt.2024.100679.
- 4 McNair C.M. Ectoparasites of medical and veterinary importance: drug resistance and the need for alternative control methods // The Journal of Pharmacy and Pharmacology. – 2015. – № 67 (3). – C. 351-363. doi: 10.1111/jphp.12368.
- 5 Muhammad A., Bashir R., Mahmood M., et al. Epidemiology of Ectoparasites (Ticks, Lice, and Mites) in the Livestock of Pakistan: A Review // Frontiers in Veterinary Science. – 2021. – № 8. – C. 780738. doi: 10.3389/fvets.2021.780738.
- 6 Shah A., Shah S.R., Rafi M.A., et al. Identification of the prevalent ticks (Ixodid) in goats and sheep in Peshawar, Pakistan // Journal of Entomology and Zoology Studies. – 2015. – № 3 (2). – C. 11-14.
- 7 Khan S.S., Ahmed H., Afzal M.S., et al. Epidemiology, Distribution and Identification of Ticks on Livestock in Pakistan // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – № 19 (5). – C. 3024. doi: 10.3390/ijerph19053024.
- 8 Mehlhorn H. Encyclopedia of Parasitology. — 4th edition. — Berlin: Springer Berlin, Heidelberg, 2016. - 3084 c. ISBN 978-3-662-43978-4. doi: 10.1007/978-3-662-43978-4.
- 9 Campbell S., Soman-Faulkner K. Antiparasitic Drugs [Electronic resource] // StatPearls. - Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. - Access mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544251/>, free.
- 10 Nametov A., Karmaliyev R., Kadraliyeva B., et al. Natural Antiseptics in Veterinary Practice: Evaluation of Efficacy and Safety // Pathogens. – 2025. – № 14. – C. 321. doi: 10.3390/pathogens14040321.
- 11 Chudzicka-Strugała I., Gołębowska I., Brudecki G., et al. Demodicosis in Different Age Groups and Alternative Treatment Options-A Review // Journal of clinical medicine. – 2023. – № 12 (4). – C. 1649. doi: 10.3390/jcm12041649.
- 12 Mathachan S.R., Sardana K., Khurana A. Current Use of Ivermectin in Der-

matology, Tropical Medicine, and COVID-19: An Update on Pharmacology, Uses, Proven and Varied Proposed Mechanistic Action // *Indian Dermatol Online J.* – 2021. – № 12 (4). – С. 500-514. doi: 10.4103/idoj.idoj_298_21.

13 *Ebani V.V., Mancianti F.* Use of Essential Oils in Veterinary Medicine to Combat Bacterial and Fungal Infections // *Veterinary sciences.* – 2020. – № 7 (4). – С. 193. doi: 10.3390/vetsci704193.

14 *Nehme R., Andrés S., Pereira R.B., et al.* Essential Oils in Livestock: From Health to Food Quality // *Antioxidants (Basel).* – 2021. – № 10 (2). – С. 330. doi: 10.3390/antiox1002330.

15 *Miguel M.G.* Antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils: a short review // *Molecules.* – 2010. – № 15 (12). – С. 9252-9287. doi: 10.3390/molecules15129252.

16 *Valdivieso-Ugarte M., Gomez-Llorente C., Plaza-Díaz J., et al.* Antimicrobial, Antioxidant, and Immunomodulatory Properties of Essential Oils: A Systematic Review // *Nutrients.* – 2019. – № 11 (11). – С. 2786. doi: 10.3390/nu11112786.

17 *Ebani V.V., Najar B., Bertelloni F., et al.* Chemical Composition and In Vitro Antimicrobial Efficacy of Sixteen Essential Oils against *Escherichia coli* and *Aspergillus fumigatus* Isolated from Poultry // *Veterinary sciences.* – 2018. – № 5 (3). – С. 62. doi: 10.3390/vetsci5030062.

18 *Marchese A., Barbieri R., Coppo E., et al.* Antimicrobial activity of eugenol and essential oils containing eugenol: A mechanistic viewpoint // *Critical reviews in microbiology.* – 2017. – № 43 (6). – С. 668-689. doi: 10.1080/1040841X.2017.1295225.

19 *Shah G., Shri R., Panchal V., et al.* Scientific basis for the therapeutic use of *Cymbopogon citratus*, stapf (Lemon grass) // *Journal of advanced pharmaceutical technology & research.* – 2011. – № 2 (1). – С. 3-8. doi: 10.4103/2231-4040.79796.

20 *Auezov M., Pernebekova G.A., Auezov N.S., et al.* Comparative analysis of antimicrobial properties of medicinal plants used in veterinary medicine // *Caspian Journal of Environmental Sciences.* – 2024. – № 22 (5). – С. 1043-1053. doi: 10.22124/cjes.2024.8071.

21 *Nametov A., Karmaliyev R., Kadraliyeva B., et al.* Natural Antiseptics in Veterinary Practice: Evaluation of Efficacy and Safety // *Pathogens.* – 2025. – № 14 (4). – С. 321. doi: 10.3390/pathogens14040321.

Абылай М.¹, Сансызбай А.Р.², Есимситова З.Б.¹

¹әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Қазақ Ұлттық аграрлық университеті, Алматы қ., Қазақстан

СЫРТҚЫ ПАРАЗИТТЕРГЕ ҚАРСЫ ҮЙ ЖАНУАРЛАРЫНА АРНАЛҒАН ТАБИҒИ СУСАБЫН ЖАСАУ

Түйіндеме. Мақалада мысықтарға арналған табиғи ветеринарлық сусабынның алдын алу және сыртқы паразиттерге қарсы күреске бағытталған кешенді әзірлеу процесі ұсынылған. Рецептураның негізіне лаванда мен эвкалипттің эфир майлары, түймедақ тұнбасы, табиғи сұйық сабын және алма сірке суы сияқты қауіпсіз әрі тиімді өсімдік текті компоненттер алынған. Бұл ингредиенттер айқын антисептикалық, қабынуға қарсы және паразитке қарсы қасиеттерге ие болып, жануарлардың терісі мен жүн жамылғысына нәзік

әрі тиімді әсер етеді. Рецептіні жасау барысында мысықтардың физиологиялық ерекшеліктеріне ерекше назар аударылып, терапиялық тиімділік пен қолдану қауіпсіздігі арасындағы оңтайлы теңгерімге қол жеткізілді. Әзірлеу процесінде сапа мен тиімділікті бағалаудың заманауи зертханалық әдістері пайдаланылып, сондай-ақ ветеринарлық тәжірибе жағдайында практикалық сынақтар жүргізілді. Нәтижелер сусабынның сыртқы паразиттерді жоюда, үй жануарларының терісі мен жүнінің жағдайын жақсартуда жоғары тиімділігін, сондай-ақ жанама реакциялар мен тітіркенулердің болмауын растады. Алынған деректер бұл құралды профилактикалық шаралар аясында да, үй мысықтарындағы паразиттік ауруларды емдеу кезінде де, әсіресе жұқтыру қаупі жоғары жағдайда қолданудың болашағы зор екенін көрсетеді. Әзірленген сусабын ветеринарлық тәжірибеде жануарларды кешенді күтіп-бағудың сенімді құрамдас бөлігіне айналып, олардың денсаулығын нығайтуға және өмір сапасын арттыруға ықпал ете алады.

Түйінді сөздер: паразитке қарсы сусабын, паразиттер, бүргелер, кенелер, қауіпсіз өнім, эфир майлары, фитотерапия, түймедақ, алма сірке суы.

* * *

Абылай М.¹, Сансызбай А.Р.², Есимсиитова З.Б.¹

¹Қазахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Қазахский Национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА АНТИПАЗИТАРНОГО ШАМПУНЯ ПИТОМЦАМ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ НАРУЖНЫХ ПАЗИТИВ

Аннотация. В статье представлен комплексный процесс разработки натурального ветеринарного шампуня для кошек, предназначенного для профилактики и борьбы с внешними паразитами. В основу рецептуры положены безопасные и эффективные компоненты растительного происхождения, такие как эфирные масла лаванды и эвкалипта, настоек ромашки, натуральное жидкое мыло и яблочный уксус. Эти ингредиенты обладают выраженными антисептическими, противовоспалительными и антипаразитарными свойствами, что обеспечивает бережное, но действенное воздействие на кожу и шерсть животных. При создании рецепта особое внимание уделялось физиологическим особенностям кошек, что позволило добиться оптимального баланса между терапевтической эффективностью и безопасностью применения. В процессе разработки использовались современные лабораторные методы оценки качества и эффективности, а также проведены практические испытания в условиях ветеринарной практики. Результаты подтвердили высокую эффективность шампуня в устранении внешних паразитов, улучшении состояния кожи и шерсти питомцев, а также отсутствие побочных реакций или раздражений. Полученные данные свидетельствуют о перспективности использования данного средства как в рамках профилактических мероприятий, так и при лечении паразитарных заболеваний у домашних кошек, особенно в условиях повышенного риска заражения. Разработанный шампунь может стать надежным компонентом комплексного ухода за животными в

ветеринарной практике, способствуя укреплению их здоровья и повышению качества жизни питомцев.

Ключевые слова: антипаразитарный шампунь, паразиты, блохи, клещи, безопасное средство, эфирные масла, фитотерапия, ромашка, яблочный уксус.

Information about the authors

Abylai Margulan – student, Al-Farabi Kazakh National University, abylaimargulan@gmail.com

Sansyzbai Abylai – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazakh National Agrarian University, Almaty c., Kazakhstan, sansyzbai-ar@mail.ru

Yessimsiitova Zura – Candidate of Biological Sciences, Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty c., Kazakhstan, zura1958@bk.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Абылай Марғұлан – студенті, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан, abylaimargulan@gmail.com

Сансызбай Абылай Рысбайұлы – ветеринария ғылымдарының докторы, профессор, Қазақ Ұлттық аграрлық университеті, Алматы қ., Қазақстан, sansyzbai-ar@mail.ru

Есимсиитова Зура Беркутовна – биология ғылымдарының кандидаты, профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан, zura1958@bk.ru

Сведения об авторах

Абылай Марғұлан – студент, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан, abylaimargulan@gmail.com

Сансызбай Абылай Рысбаевич – доктор ветеринарных наук, профессор, Казахский Национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан, sansyzbai-ar@mail.ru

Есимсиитова Зура Беркутовна – кандидат биологических наук, профессор, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, zura1958@bk.ru

***Beisembayev E.B.¹, Li E.M.¹, Smailova A.B.¹,
Katranovala Z.G.², Gani D.³***

¹SSIAIE “Kazmekhanobr”, Almaty c., Kazakhstan

²LLP “Vostochnoye Rudoupravlenie”, Almaty c., Kazakhstan

³“Barit Vostok” Almaty Branch of “Vostochnoe Rudoupravlenie” LLP,
Almaty c., Kazakhstan

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PROCESSING BARITE ORE BENEFICIATION WASTE

Abstract. The key task for many processing plants is to fully utilize mineral raw materials by involving man-made mineral formations in the processing cycle. Currently, all attention is focused on producing a gravity barite concentrate to meet the needs of oil and gas industry. During production, hundreds of thousand tons of intermediate products accumulate, containing a high level of barium sulfate (57-60%). Intermediate products stored in close proximity create certain problems and degrade the environmental situation at the industrial site. A gravity concentrates and tailings are separated from monobarite ores using a gravity method. These tailings and screenings make up the waste from barite ore processing. Attempts to separate the gravity concentrate from this waste have not achieved positive results. Gravity methods are used to separate the gravity concentrate and tailings from mono-barite ores. One of the methods for additional recovery barite from waste is flotation and hydrometallurgy. Under laboratory conditions, flotation studies were conducted on the barite ore beneficiation waste to determine the following optimal operating parameters: grinding fineness, optimal pH value, collector dosages, kinetics of rough and scavenger flotations, and number of cleaning operations. Based on the test results, the following parameters were established: grinding fineness P9571 μm ; optimal pH value = 9.2-9.6; collector dosage 140-160 g/t; rough flotation time of 5 minute and scavenger flotation time of 8 minutes.

Keywords: Barite ore, ore beneficiation waste, barite, gravity, flotation tailings, yield, grade, recovery, flotation concentrate.

Introduction. The Republic of Kazakhstan is one of the largest producers of barite products among CIS countries. Barite is a natural barium sulfate, characterized by its high density, chemical inertness, whiteness

and its ability to absorb radiation, including X-rays. It's used as a weighting agent in drilling fluids for oil and gas wells, as an inert filler in specialized rubber products, as an alloying additive in ferrous metallurgy, in the production of cement, plastics, certain types of paper, asbestos-based products, paints, enamels and X-ray technology [1, 2].

The main consumer is the oil and gas industry, which uses it for deep oil drilling. 60-80% of world's total barite production is used as a weighting agent in drilling fluids [1]. In 2013, a decline in barite production began, from 9.2 million tons in 2012 to 7.3 million tons in 2016. This reduction in production affected many countries. In China, production decreased from 4.2 million tons to 2.8 million tons, and in India, from 1.7 million tons to 700 thousand tons. However, production volumes in Turkey and Kazakhstan have not decreased since 2012, but have actually increased slightly [1]. In foreign practice, the use of a gravity process combined with a flotation processing scheme is well-established. When separating ore with a barite grade of 20% in a heavy suspension, an intermediate product with a barite grade of 31% was extracted with a recovery of 85%. By floating this intermediate product, a flotation barite concentrate was obtained with a barite grade of 92% and a recovery of 80%.

By floating the intermediate product, a flotation barite concentrate was obtained with a barite grade of 92% and a recovery of 80%. Processing schemes are known in CIS countries that process barite ores using a combined gravity-flotation method. In these processes, the -5+0.5 mm size fraction was processed by jigging, while the -0.5+0 mm size fraction was directed to flotation after grinding. From ore with barite grade of 56%, a concentrate with barite grade of 87% was obtained with recovery of 87% [2].

The aim of the study. The aim of the work is to develop a combined technology for processing barite ore to obtain gravity concentrate and flotation concentrate based on waste from beneficiation of barite ores.

Materials and methods of Research. The initial barite ore was subjected to gravity separation to obtain a gravity concentrate, and the gravity tailings were subjected to flotation. As a result of experiments conducted on the Falcon L-40 concentrator in various modes on gravity tailings barite products were obtained with a barium sulfate content of 66.32-69.32% and with recovery of 86.98-75.64%. However, a gravity concentrate meeting the requirements of GOST 4682-84 was not obtained from the waste. Thus, flotation is a primary method for the further recovery of barite from barite ore beneficiation waste.

Results. Flotation studies were conducted on barite ore beneficiation waste. Based on the results of the chemical, silicate and assay, it was established that the waste primarily contains barium sulfate (57.00-57.71%) and silicon dioxide (43.52%) m. Insignificant amounts were also determined, including calcium oxide (0.42%), aluminum oxide (0.84%), manganese oxide (0.0001%), total iron (0.53%) and lead (0.01%). Gold and silver were not detected. During the granulometric analysis various fractions were separated, but the sample's particle size distribution is insufficient to characterize it. Therefore, it is necessary to determine the content of the valuable component in the separated size fractions [3]. The content and distribution of the main component across all size fractions was studied in a waste sample that was crushed to a size of -2 + 0 mm. Table 1 presents the granulometric analysis of the waste sample.

Table 1 – Granulometric analysis of the barite ore beneficiation waste sample

Size fractions, mm	Yield, %	Grade BaSO ₄ , %	Distribution, %
-2,0+1,0	25,60	42,81	18,99
-1,0+0,5	17,87	45,82	14,19
-0,50+0,25	14,00	54,97	13,34
-0,25+0,10	12,80	64,96	14,41
-0,10+0,071	11,49	71,29	14,19
-0,071+0,045	8,54	78,35	11,59
-0,045+0	9,70	79,08	13,29
Total	100,0	57,71	100,0

Granulometric analysis revealed that as the size fraction decreases, the barium sulphate content increases from 42.81% (in the -2.0+1.0 mm fraction) to 79.08% (in the -0.045+0 mm fraction). An increase in the proportion of free barite grains is observed as the size of the waste fractions decreases.

Figure 1 shows the fraction yields, the grade and distribution of barium sulfate across the separated size fractions.

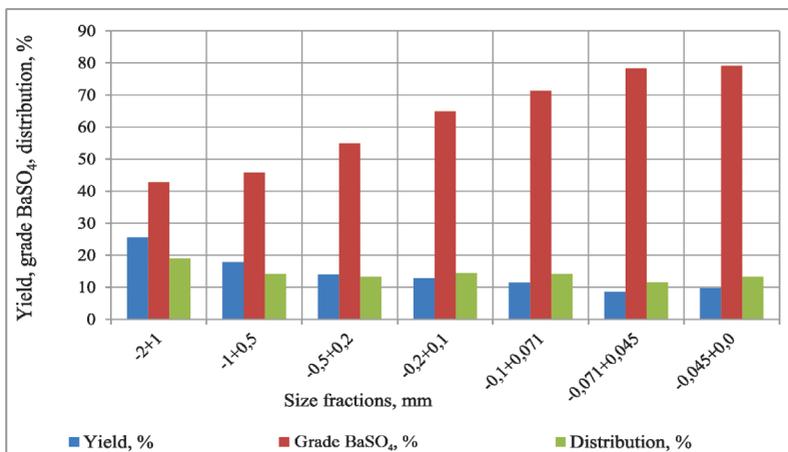


Figure 1 – Yield of fractions, grade and distribution of barium sulfate across the separated size fractions

Figure 2 shows the experimental scheme for selecting the optimal grinding fineness and flotation reagent regimes. During the experiments, oleic acid was used as a collector, sodium carbonate to create pH and liquid glass (sodium silicate) as a depressant.

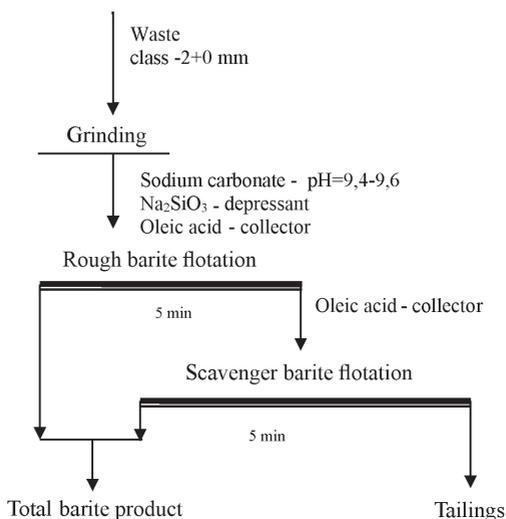


Figure 2 – Experimental scheme for selecting optimal flotation regime parameters

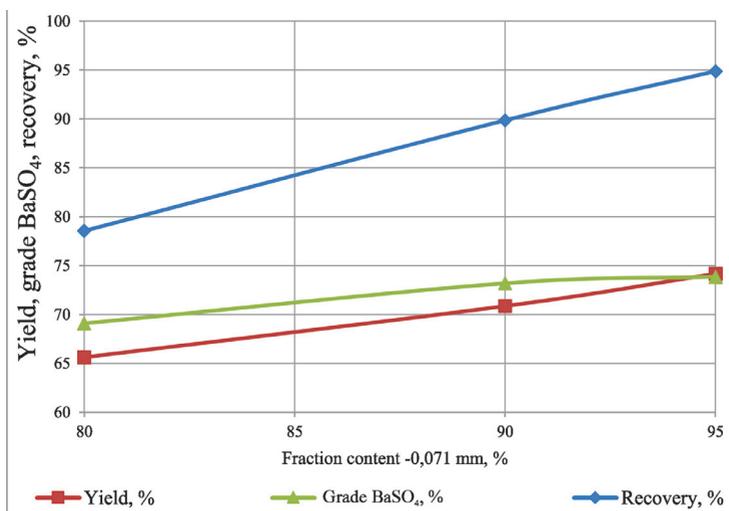


Figure 3 – Graph of the dependence of barium sulfate yield, grade and recovery on grinding fineness

From Figure 3, it is evident that: when the content of the -0.071 mm fraction is 80%, the recovery is 78.54% with a barium sulfate grade of 69.08% and a yield of 65.61%; when the content of the -0.071 mm fraction is 90%, the recovery is 89.85% with a barium sulfate grade of 73.18% and a yield of 70.85%; when the content of the -0.071 mm fraction is 95%, the recovery is 94.88% with a barium sulfate grade of 73.84% and a yield of 74.15%.

Figure 4 presents graphs showing the dependency at various pH values. The pulp alkalinity was created by using sodium carbonate, as using lime (calcium oxide) increases the hardness of the pulp and the deterioration of barite flotation [4].

From Figure 4, it is evident that: at pH = 8.35 (sodium carbonate consumption 0 g/t), the barium sulfate grade is 66.47% with a recovery of 75.59% and a yield of 65.63%; at pH = 9.22 (sodium carbonate consumption 500 g/t), the barium sulfate grade is 70.65% with a recovery of 86.34% and a yield of 70.53%; at pH = 9.60 (sodium carbonate consumption 800 g/t), the barium sulfate grade is 73.84% with a recovery of 94.88% and a yield of 74.15%; at pH = 9.85 (sodium carbonate consumption 1100 g/t), the barium sulfate grade is 72.51% with a recovery of 88.82% and a yield of 70.69%. A decrease in barite recovery is observed when the pH is increased from 9.85 to 10.00.

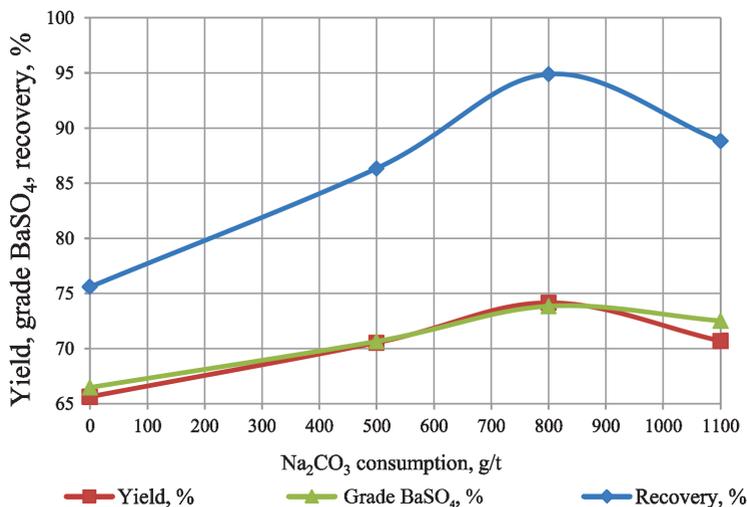


Figure 4 – Dependencies of barium sulfate yield, grade and recovery at various pH values

The main mineral forms in the barite ore beneficiation waste are barite and quartz, with kaolinite, pyrolusite, braunite, psilomelane, iron hydroxides and pyrite having secondary importance. Quartz is widespread with its content in the waste sample being 43.52%.

Liquid glass (sodium silicate) is used to depress the non-metallic minerals, which selectively depresses quartz and activates barite at low dosages. However, when calcium ions (Ca^{2+}) are present in the solution, they adsorb onto the barite. The addition of liquid glass slows down the flotation of barite [4].

Figure 5 shows a graph of the dependence of barium sulfate yield, grade and recovery on liquid glass consumption.

From Figure 5, it can be seen that: with a liquid glass consumption of 700 g/t, the barium sulfate grade is 68.08% with a recovery of 94.64% and a yield of 80.22%; with a liquid glass consumption of 1000 g/t, the barium sulfate grade is 73.84% with a recovery of 94.88% and a yield of 74.15%. Increasing the liquid glass consumption from 1000 to 1600 g/t leads to a decrease in yield and recovery due to the depression of barium sulfate.

Barite (BaSO_4) is the most easily floatable of the alkaline earth minerals. It floats well with fatty acids, alkyl sulfates and cationic collectors [4]. Oleic acid was used as the main barite collector.

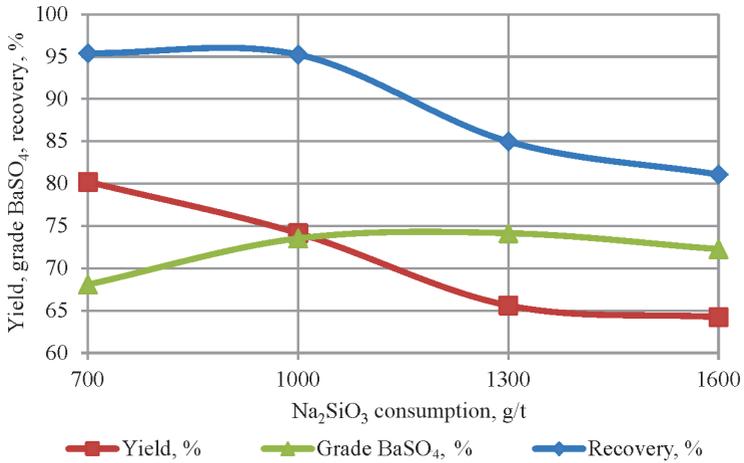


Figure 5 – Graph of the dependence of barium sulfate yield, grade and recovery on liquid glass consumption.

Figure 6 shows a graph of the dependence of barium sulfate yield, grade and recovery on oleic acid consumption.

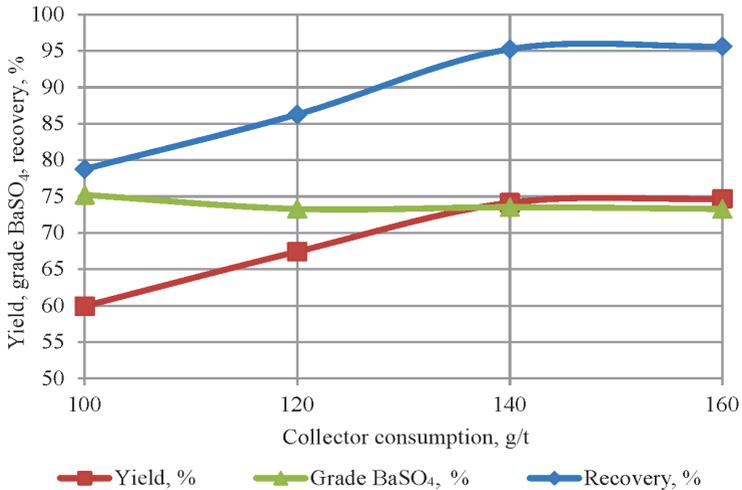


Figure 6 – Graph of the dependence of yield, grade and recovery on oleic acid consumption

From Figure 6, it is visible that: with an oleic acid consumption of 100 g/t, the barium sulfate grade is 75.22% with a recovery of 78.14% and a yield of 59.95%; with a consumption of 120 g/t, the barium sulfate grade is 73.25% with a recovery of 85.59% and a yield of 67.43%; with a consumption of 140 g/t, the barium sulfate grade is 73.84% with a recovery of 94.88% and a yield of 74.15%; with a consumption of 160 g/t, the barium sulfate grade is 73.29% with a recovery of 94.84% and a yield of 74.68%.

As a result of the studies conducted, the optimal reagent dosages were determined: pulp pH = 9.4-9.6, depressant consumption in rough flotation – 1000 g/t and total collector consumption – 220 g/t. An experiment was conducted using these optimized parameters in a closed-circuit flotation according to the scheme presented in Figure 7 [5]. The results of the closed-circuit flotation are provided in Table 2.

Table 2 – Results of the closed-circuit flotation

Products	Yield, %	Grade BaSO ₄ , %	Recovery, %
Barite Concentrate 1	20,15	90,17	33,42
Barite Concentrate 2	11,09	89,60	18,27
Total Barite Concentrate	31,24	89,97	51,69
Tailings	68,76	38,20	48,31
Barite ore beneficiation waste	100,0	54,37	100,0

From Table 2, it follows that during the processing of barite ore beneficiation waste, a barite concentrate was obtained with a grade of 89.97% at a recovery of 51.69%. The resulting concentrate is barite concentrate KB-3, which meets the requirements of GOST 4682-84.

Discussions. The use of a gravity process combined with a flotation beneficiation scheme is well-known. An intermediate product is separated using the gravity method, and a flotation barite concentrate is obtained by floating this intermediate product. Barite ores are processed using a combined gravity-flotation scheme: the -5+0.5 mm size fraction by jiggling, while the -0.5+0 mm size fraction by the flotation. In this work, a gravity-flotation scheme was developed to obtain a gravity concentrate, and a flotation concentrate from the barite ore beneficiation waste (Figure 7) [5].

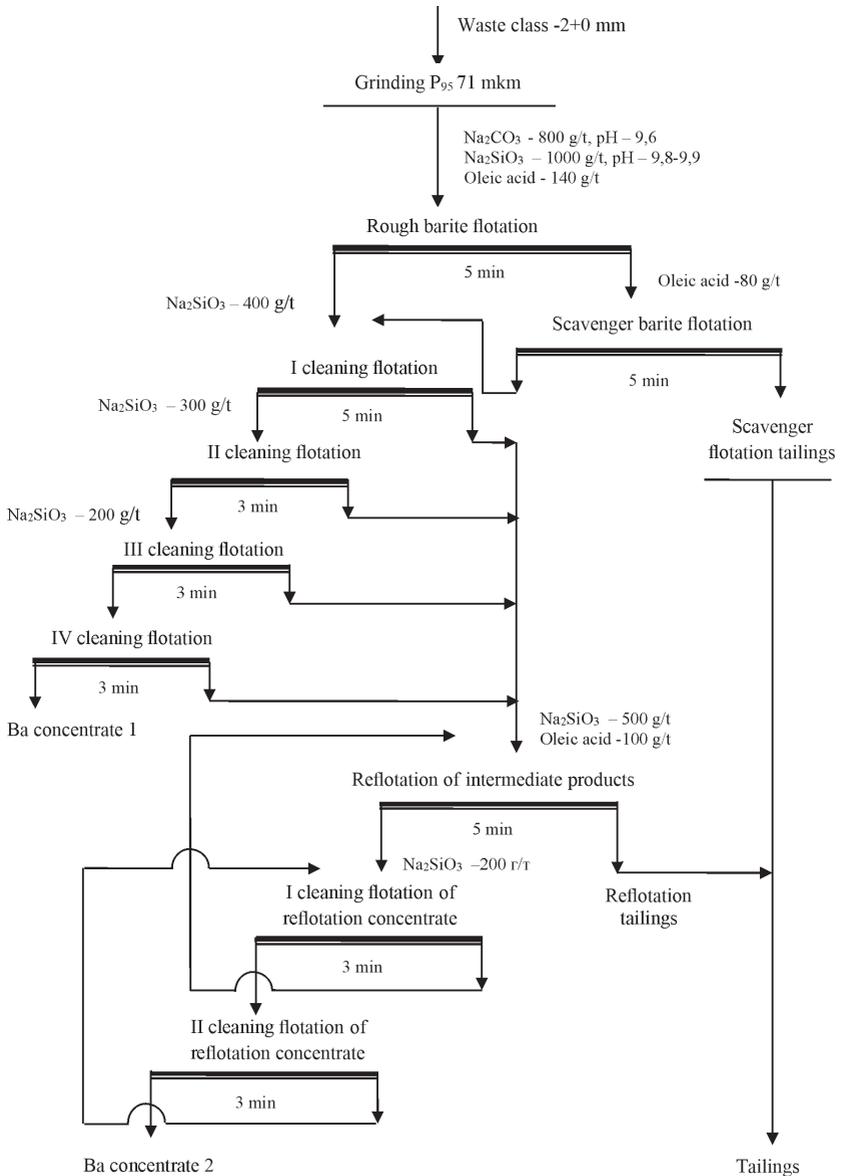


Figure 7 – Flotation scheme for processing barite ore beneficiation waste

Conclusion. Based on the conducted research on barite ore beneficiation waste under optimally selected conditions, a closed-circuit flotation was carried out. The following results were obtained: barite concentrate 1 with a barium sulfate grade of 90.17%, a recovery of 33.41% and a yield of 20.15%; barite concentrate 2 with a barium sulfate grade of 89.60%, a recovery of 18.27% and a yield of 11.09%; total barite concentrate with a barium sulfate grade of 89.97%, a total recovery of 51.69% and a total yield of 31.24%.

Research funding source. This research is funded by the Committee of Industry of the Ministry of Industry and Construction of the Republic of Kazakhstan under program-targeted funding for scientific research for 2024-2026, BR23991563: "Creation of Innovative Resource-Saving Technologies for Mining and Integrated Processing of Mineral and Technogenic Raw Materials."

References

- 1 Kuznetsov D.S., Burtsev I.N., Kuznetsov S.K. The barite raw materials market and prospects for developing deposits in the Komi Republic // North and the Market: Formation of Economic Order. – 2022. – № 3.
 - 2 Studenetsov V.V., Niyazov A.A., Abevova T.A. Development trend in the processing of barite-containing ores in domestic and foreign practice. Analytical review. Kazakh state research institute of scientific and technical information. – A.: 1999.
 - 3 Mitrofanov S.I., Barsky L.A., Samygin V.D. Research on the enrichability of ores. – M.: Nedra, 1974.
 - 4 Mitrofanov, S. I. Selective Flotation. – M: Nedra, 1967.
 - 5 Akishev K.S., Ismagulov D.S., Chirkov S.V., Li E.M. Shalgymbaev S.T. Method for obtaining barite concentrate from monobarite ores. – Almaty, 2022. Author's certificate No.110526.
-

Бейсембаев Э.Б.¹, Ли Э.М.¹, Смайлова А.Б.¹, Катранова З.Г.², Гани Д.³

¹«Қазмеханообр» МӨЭҒӨБ, Алматы қ., Қазақстан

²«Восточное Рудоуправление» ЖШС, Алматы қ., Қазақстан

³«Барит Восток» АФ «Восточное Рудоуправление» ЖШС, Алматы қ., Қазақстан

БАРИТ КЕНІН БАЙЫТУ ҚАЛДЫҚТАРЫН ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӨЗІРЛЕУ

Түйіндеме. деуге енгізу арқылы минералдық ресурстарды толық пайдалануға қол жеткізу көптеген кәсіпорындар үшін негізгі міндет болып табылады. Қазіргі уақытта барлық назар мұнай-газ саласының қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін гравитациялық барит концентратын өндіруге бағытталған.

Өндірістік қызмет процесінде құрамында 57-60% барий сульфаты бар жүздеген мың тонна өнеркәсіптік аралық өнім жиналады. Тікелей жақын жерде сақталған аралық өнімдер белгілі бір мәселелер туғызады және өнеркәсіп алаңындағы экологиялық жағдайды бұзады. Монобаритті кендерден гравитациялық тәсілмен гравиконоцентрат пен қалдықтар бөлінеді. Қалдықтар мен себінділер барит кенін байыту қалдықтарын құрайды. Қалдықтардан гравиконоцентрат бөліп алу оң нәтиже берген жоқ. Қалдықтардан баритті толық айықтырудың бір тәсілі флотация және гидрометаллургия болып табылады. Зертханалық жағдайларда режимдік параметрлерді таңдау бойынша барит кенін байыту қалдықтарында флотациялық зерттеулер жүргізілді: ұнтақтау дәрежесін таңдау; рН оңтайлы мәні; жинағыштардың шығындары; негізгі және бақылау флотациясының кинетикасын анықтау; тазарту операцияларының санын анықтау. Тәжірибе нәтижелері бойынша: ұсақтау дәрежесі Р9571 мкм; рН = 9,2-9,6 оңтайлы мәні; жинағыштардың шығыны 140-160 г/т; негізгі флотацияның уақыты 5 минут және бақылау флотациясы 8 минут. Түйінді сөздер. Барит кені, байыту қалдықтары, барит, гравитация, флотация қалдықтары, шығым, үлес, алым, флотациялық концентрат.

Түйінді сөздер: Барит кені, байыту қалдықтары, барит, гравитация, флотация қалдықтары, шығым, үлес, алым, флотациялық концентрат.

* * *

Бейсембаев Э.Б.¹, Лу Э.М.¹, Смайлова А.Б.¹, Катранова З.Г.², Гани Д.³

¹Филиал РГП «НЦ КПМС РК» ГНПОПЭ «Қазмеханообр», г. Алматы, Қазақстан

²«Восточное Рудоуправление», г. Алматы, Қазақстан

³«Барит Восток» АФ «Восточное Рудоуправление», г. Алматы, Қазақстан

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ БАРИТОВОЙ РУДЫ

Аннотация. Реализация проблемы полноты использования минерального сырья за счет вовлечения в переработку техногенных минеральных образований является основной задачей на многих предприятиях. В настоящее время все внимание уделяется на получение гравитационного баритового концентрата для удовлетворения потребностей нефте-газовой промышленности. В процессе производственной деятельности скапливаются сотни тысяч тонн промпродуктов с высоким содержанием сульфата бария 57-60%. Заскларированные в непосредственной близости промпродукты создают определенные проблемы и нарушают экологическую обстановку на промплощадке. Из монобаритовых руд гравитационным способом выделяют гравиконоцентрат и хвосты. Хвосты и отсевы составляют отходы обогащения баритовой руды. Выделить из отходов гравиконоцентрат не дало положительных результатов. Одним из способов доизвлечения барита из отходов являются флотация и гидрометаллургия. В лабораторных условиях проведены флотационные исследования на отходах обогащения баритовой руды по подбору режимных параметров: подбора степени измельчения; оптимального значения рН; расходов собирателей; определения кинетики основной и контрольной

флотации; определение количества перечистных операций. По результатам опытов установлено: степень измельчения P9571 мкм; оптимальное значение рН = 9,2-9,6; расход собирателей 140-160 г/т; время основной флотации 5 и контрольной 8 минуты.

Ключевые слова: Баритовая руда, отходы обогащения, барит, гравитация, хвосты флотации, выход, содержание, извлечение, флотационный концентрат.

Information about the authors

Beisembaev Eldar Bulatovich – Director of the State Scientific-Industrial Association of Industrial Ecology “Kazmekhanobr”, Almaty c., Kazakhstan, kazmekhanobr@mail.ru.

Li Era Mengukovna – Head of the Department of mineral processing and semi-industrial testing, State Scientific-Industrial Association of Industrial Ecology “Kazmekhanobr”, Almaty c. Kazakhstan, li-era@mail.ru

Smailova Alina Batyrkanovna – Senior researcher at the Department of mineral processing and semi-industrial testing, State Scientific-Industrial Association of Industrial Ecology “Kazmekhanobr”, Almaty c., Kazakhstan, smiles_alina2009@mail.ru

Katranova Zeynala Ganievna – Candidate of technical sciences, General director of “Vostochnoe Rudoupravlenie” LLP, Almaty c., Kazakhstan, kzg2003@mail.ru

Gani Diana – Senior manager of «Barit Vostok» Almaty Branch of «Vostochnoe rudoupravlenie» LLP, Almaty c., Kazakhstan, dianka777@yahoo.co.uk

Авторлар туралы мәліметтер

Бейсембаев Эльдар Булатұлы – «Қазмеханобр» МӨЭФӨБ директоры, Алматы қ., Қазақстан, kazmekhanobr@mail.ru

Ли Эра Менгуковна – «Қазмеханобр» МӨЭФӨБ Минералды шикізатты байыту және жартылай өндірістік сынақ бөлімі бастығы, Алматы қ., Қазақстан, li-era@mail.ru

Смайлова Алина Батырканқызы – «Қазмеханобр» МӨЭФӨБ Минералды шикізатты байыту және жартылай өндірістік сынақ бөлімі аға ғылыми қызметкері, Алматы қ., Қазақстан, smiles_alina2009@mail.ru

Катранова Зейнала Ганиевна – техника ғылымдарының кандидаты, «Шығыс кен басқармасы» ЖШС бас директоры, Алматы қ., Қазақстан, kzg2003@mail.ru

Гани Диана – «Барит» АФ аға менеджері, Алматы қ., Қазақстан, dianka777@yahoo.co.uk

Сведения об авторах

Бейсембаев Эльдар Булатович – Директор ГНПОПЭ «Казмеханобр», г. Алматы, Казахстан, mmm.vko@gmail.com

Ли Эра Менгуковна – Начальник отдела обогащения минерального сырья и полупромышленных испытаний ГНПОПЭ «Казмеханобр», г. Алматы, Казахстан, li-era@mail.ru

Смайлова Алина Батыркановна – Старший научный сотрудник отдела обогащения минерального сырья и полупромышленных испытаний ГНПОПЭ «Казмеханобр». г. Алматы, Казахстан, smiLes_alina2009@mail.ru

Катранова Зейнала Ганиевна – Кандидат технических наук, Генеральный директор ТОО «Восточное рудоуправление», г. Алматы, Казахстан, kzg2003@mail.ru

Гани Диана – Старший менеджер АФ «Барит», г. Алматы, Казахстан, dianka777@yahoo.co.uk

ПЕРЕВОД СТАТЬИ / МАҚАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ

Бейсембаев Э.Б.¹, Ли Э.М.¹, Смайлова А.Б.¹, Катранова З.Г.², Гани Д.³

¹Филиал РГП «НЦ КПМС РК» ГНПОПЭ «Казмеханообр», г. Алматы, Казахстан

²«Восточное Рудоуправление», г. Алматы, Казахстан

³«Барит Восток» АФ ТОО «Восточное Рудоуправление» г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ БАРИТОВОЙ РУДЫ

Аннотация. Реализация проблемы полноты использования минерального сырья за счет вовлечения в переработку техногенных минеральных образований является основной задачей на многих предприятиях. В настоящее время все внимание уделяется на получение гравитационного баритового концентрата для удовлетворения потребностей нефте-газовой промышленности. В процессе производственной деятельности скапливаются сотни тысяч тонн промпродуктов с высоким содержанием сульфата бария 57-60%. Заскладированные в непосредственной близости промпродукты создают определенные проблемы и нарушают экологическую обстановку на промплощадке. Из монобаритовых руд гравитационным способом выделяют гравиоконцентрат и хвосты. Хвосты и отсевы составляют отходы обогащения баритовой руды. Выделить из отходов гравиоконцентрат не дало положительных результатов. Одним из способов доизвлечения барита из отходов являются флотация и гидрометаллургия. В лабораторных условиях проведены флотационные исследования на отходах обогащения баритовой руды по подбору режимных параметров: подбора степени измельчения; оптимального значения pH; расходов собирателей; определения кинетики основной и контрольной флотации; определение количества перечистных операций. По результатам опытов установлено: степень измельчения P9571 мкм; оптимальное значение pH = 9,2-9,6; расход собирателей 140-160 г/т; время основной флотации 5 и контрольной 8 минуты.

Ключевые слова: Баритовая руда, отходы обогащения, барит, гравитация, хвосты флотации, выход, содержание, извлечение, флотационный концентрат.

Введение. Республика Казахстан является одним из крупнейших продуцентов баритовой продукции среди стран СНГ. Барит – природный сульфат бария, характеризующийся высокой плотностью, химической инертностью, белизной, способностью поглощать радиоактивные излучения, включая рентгеновские лучи. Барит применяют в качестве утяжелителя буровых растворов при бурении нефтяных и газовых

скважин, инертного наполнителя в специальные резины, легирующих добавок в черной металлургии, при производстве цемента, пластмасс, некоторых сортов бумаги, в асбестотехнических изделиях, красках, эмалях, рентгенотехнике [1, 2].

Основной потребитель - нефтегазодобывающая промышленность, использующая его при глубоком бурении нефтяных скважин. 60-80% всего производимого в мире барита используется в качестве утяжелителя буровых растворов [1]. В 2013 г. началось снижение объемов добычи барита, с 9,2 млн. тонн в 2012 г. до 7,3 млн. тонн в 2016 г. Снижение объемов добычи барита коснулось многих стран. В Китае добыча снизилась с 4,2 млн. тонн до 2,8 млн. тонн, в Индии – с 1,7 млн. тонн до 700 тыс. тонн. Вместе с этим, объемы добычи в Турции и Казахстане с 2012 г. не сократились, а наоборот несколько выросли [1]. В зарубежной практике известны применение гравитационного процесса в сочетании с флотационной схемой обогащения. При разделении в тяжелой суспензии при содержании в руде 20% барита выделили промпродукт с содержанием 31% барита при извлечении 85%. При флотации промпродукта получили флотационный баритовый концентрат с содержанием барита 92% при извлечении 80%. Известны схемы обогащения в странах СНГ, перерабатывающие баритовые руды по комбинированной гравитационно-флотационной схеме. Класс -5+0,5 мм подвергали отсадке, класс -0,5+0 мм после измельчения направляли на флотацию. Из руды с содержанием 56% барита получен концентрат с содержанием 87% барита при извлечении 87% [2].

Цель исследования. Цель работы - разработка комбинированной технологии переработки баритовой руды с получением гравитационного концентрата и флотационного - на отходах обогащения баритовых руд.

Методы исследования. Исходная баритовая руда подвергалась гравитации с получением гравитационного концентрата, а хвосты гравитации – флотации. Проведенными опытами на концентраторе Falcon L-40 в различных режимах на хвостах гравитации, получены баритовые продукты с содержанием сульфата бария 66,32-69,32% при извлечении 86,98-75,64%. На отходах не получен гравитационный концентрат, соответствующий требованиям ГОСТа 4682-84. Таким образом, основным из способов доизвлечения барита из отходов обогащения баритовой руды является флотация.

Результаты исследования. На отходах обогащения баритовой руды проведены флотационные исследования. По результатам хи-

мического, силикатного и пробирного анализов установлено, что в отходах, в основном, присутствуют сульфат бария 57,00-57,71% и диоксид кремния 43,52%. В незначительных количествах определены содержания оксида кальция 0,42%, оксида алюминия 0,84%, оксида марганца 0,0001%, железа ^{общ.} 0,53%, свинца 0,01%. Золота, серебра не обнаружено. При гранулометрическом анализе выделены различные фракции, однако характеристика пробы с распределением частиц по размерам недостаточна, поэтому необходимо определить содержание ценного компонента в выделенных классах крупности [3]. На пробе отходов, дробленной до класса -2+0 мм, изучено содержание и распределение основного компонента по всем классам крупности. В таблице 1 приведен гранулометрический анализ пробы отходов.

Таблица 1 – Гранулометрический анализ пробы отходов обогащения баритовой руды

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание BaSO ₄ , %	Распределение, %
-2,0+1,0	25,60	42,81	18,99
-1,0+0,5	17,87	45,82	14,19
-0,50+0,25	14,00	54,97	13,34
-0,25+0,10	12,80	64,96	14,41
-0,10+0,071	11,49	71,29	14,19
-0,071+0,045	8,54	78,35	11,59
-0,045+0	9,70	79,08	13,29
Итого	100,0	57,71	100,0

Гранулометрическим анализом выявлено, что с уменьшением крупности классов наблюдается повышение содержания сульфата бария с 42,81% (класс -2,0+1,0 мм) до 79,08% (класс -0,045+0 мм). Увеличение доли свободных зерен барита наблюдается по мере уменьшения крупности классов отходов.

На рисунке 1 приведены выходы классов, содержание и распределение сульфата бария по выделенным классам крупности.

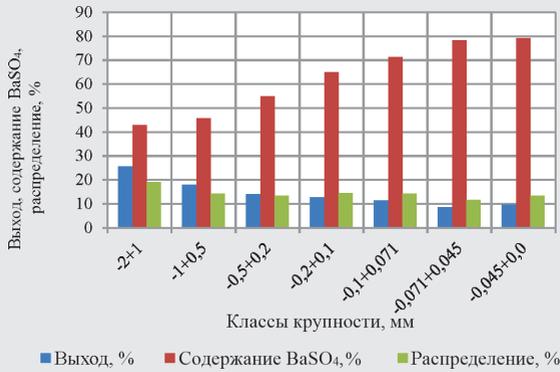


Рисунок 1 – Выход классов, содержание и распределение сульфата бария по выделенным классам крупности

На рисунке 2 приведена схема опытов по подбору оптимальной степени измельчения и реагентных режимов флотации. При проведении опытов были использованы в качестве: собирателя – олеиновая кислота, для создания pH – сода, депрессора – жидкое стекло.

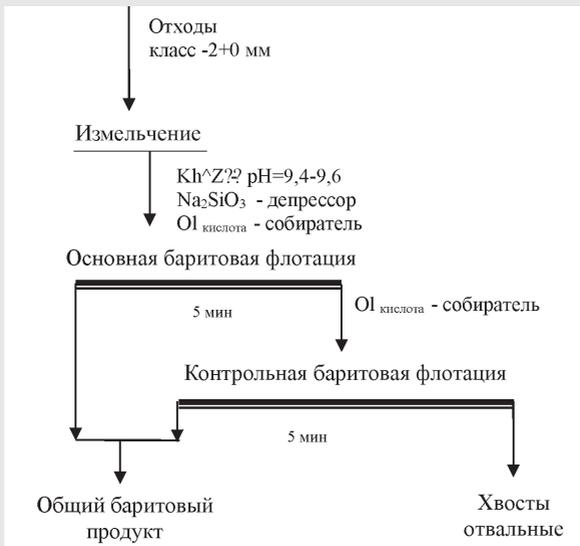


Рисунок 2 – Схема проведения тестовых опытов по подбору оптимальных режимных параметров флотации

Из рисунка 3 видно, что при содержании 80% класса $-0,071$ мм извлечение составляет 78,54% при содержании сульфата бария 69,08% и выходе 65,61%; при содержании 90% класса $-0,071$ мм извлечение 89,85% при содержании сульфата бария 73,18% и выходе 70,85%; при содержании 90% класса $-0,071$ мм извлечение составляет 94,88% при содержании сульфата бария 73,84% и выходе 74,15% (Рисунок 3).

На рисунке 4 приведены графики зависимости при различных значениях pH. Щелочность пульпы создавалась содой, так как известь приводит к увеличению жесткости пульпы и ухудшению флотации барита [4].

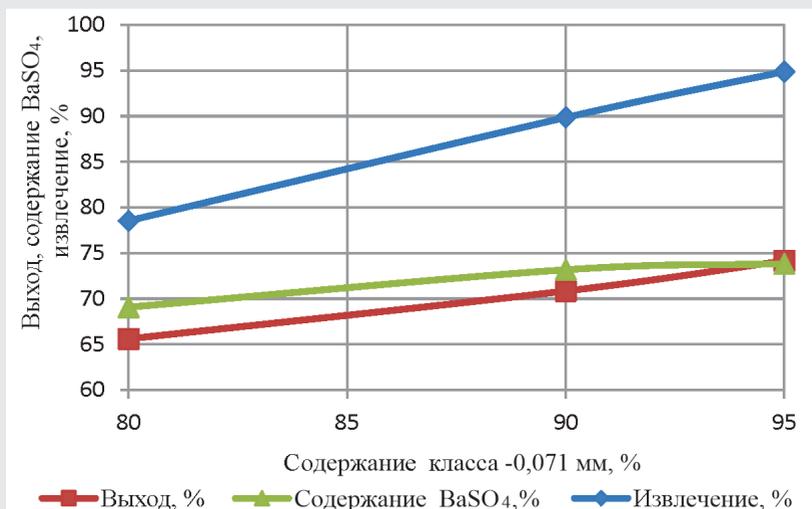


Рисунок 3 – График зависимости выхода, содержания, извлечения сульфата бария от тонины помола

Из рисунка 4 видно, что при $pH = 8,35$ (расход соды 0 г/т) содержание сульфата бария 66,47% при извлечении 75,59% и выходе 65,63%; при $pH = 9,22$ (расход соды 500 г/т) содержание сульфата бария 70,65% при извлечении 86,34% и выходе 70,53%; при $pH = 9,60$ (расход соды 800 г/т) содержание сульфата бария 73,84% при извлечении 94,88% и выходе 74,15%; при $pH = 9,85$ (расход соды 1100 г/т) содержание сульфата бария 72,51% при извлечении 88,82% и выходе 70,69%. При повышении pH с 9,85 до 10,00 наблюдается снижение извлечения барита.

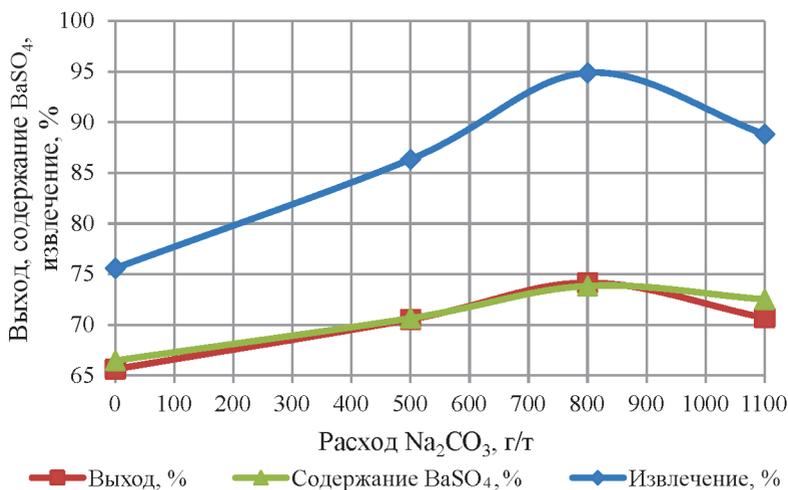


Рисунок 4 – Зависимости выхода, содержания и извлечения сульфата бария при различных значениях рН

В отходах обогащения баритовой руды главными минеральными формами являются барит и кварц, подчиненное значение имеют каолинит, пиролюзит, браунит, псиломелан, гидроксиды железа, пирит. Кварц распространен повсеместно, его содержание в пробе отходов составляет 43,52%. Для депрессии нерудных минералов используют жидкое стекло, который избирательно депрессирует кварц и при малых расходах активирует барит. Однако при наличии в растворе ионов Ca^{2+} , который адсорбируется на барите, при добавлении жидкого стекла флотация барита замедляется [4].

На рисунке 5 приведен график зависимости выхода, содержания и извлечения сульфата бария от расхода жидкого стекла.

Из рисунка 6 видно, что при расходе олеиновой кислоты 100 г/т содержание сульфата бария 75,22% при извлечении 78,14% и выходе 59,95%; при расходе 120 г/т содержание сульфата бария 73,25% при извлечении 85,59% и выходе 67,43%; при расходе 140 г/т содержание сульфата бария 73,84% при извлечении 94,88% и выходе 74,15%; при расходе 160 г/т содержание сульфата бария 73,29% при извлечении 94,84% и выходе 74,68%.

В результате проведенных исследований определены оптимальные расходы реагентов: рН пульпы = 9,4-9,6, расход депрессора в

основную флотацию – 1000 г/т, общий расход собирателя – 220 г/т. В отработанном режиме проведен опыт в замкнутом цикле по схеме, приведенной на рисунке 7 [5]. В таблице 2 приведены результаты замкнутого опыта.

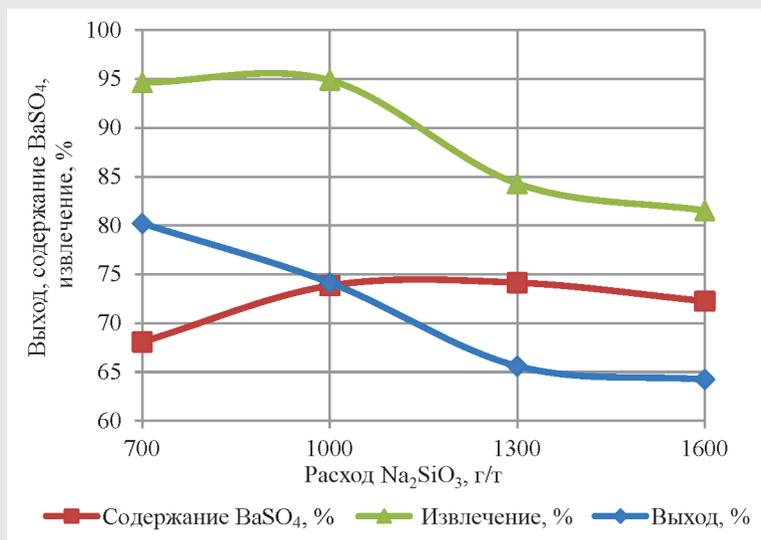


Рисунок 5 – График зависимости выхода, содержания и извлечения сульфата бария от расхода жидкого стекла.

Из рисунка 5 видно, что при расходе жидкого стекла 700 г/т содержание сульфата бария 68,08% при извлечении 94,64% и выходе 80,22%; при расходе жидкого стекла 1000 г/т содержание сульфата бария 73,84% при извлечении 94,88% и выходе 74,15%. Увеличение расхода жидкого стекла от 1000 до 1600 г/т приводит к снижению выхода и извлечения за счет депрессии сернокислого бария.

Барит BaSO_4 – наиболее легко флотируемый из щелочноземельных минералов. Он хорошо флотируется с жирными кислотами, алкилсульфатами, катионными собирателями [4].

В качестве основного собирателя барита использовали олеиновую кислоту. На рисунке 6 приведен график зависимости выхода, содержания и извлечения сернокислого бария от расхода олеиновой кислоты.

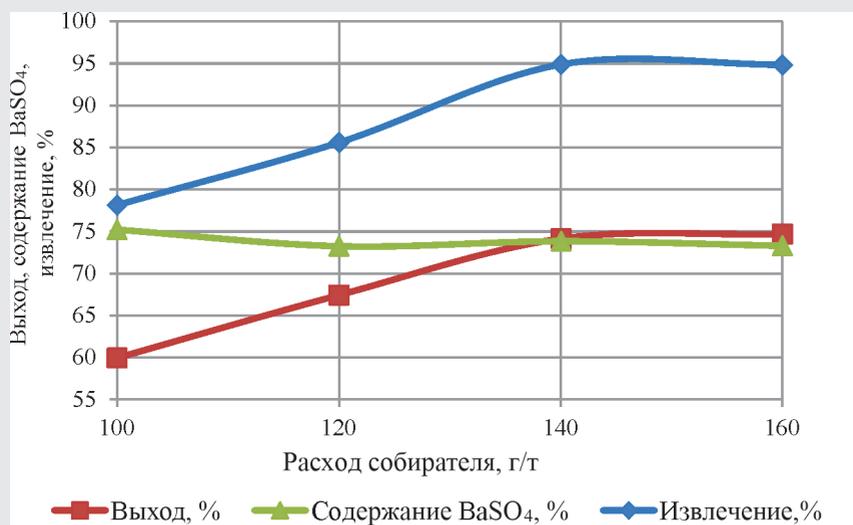


Рисунок 6 – График зависимости выхода, содержания и извлечения от расхода олеиновой кислоты

Таблица 2 – Результаты замкнутого опыта

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание BaSO ₄ , %	Распределение, %
-2,0+1,0	25,60	42,81	18,99
-1,0+0,5	17,87	45,82	14,19
-0,50+0,25	14,00	54,97	13,34
-0,25+0,10	12,80	64,96	14,41
-0,10+0,071	11,49	71,29	14,19
-0,071+0,045	8,54	78,35	11,59
-0,045+0	9,70	79,08	13,29
Итого	100,0	57,71	100,0

Из таблицы 2 следует, что при переработке отходов обогащения баритовой руды получен баритовый концентрат с содержанием 89,97% при извлечении 51,69%. Получен баритовый концентрат КБ-3, соответствующий ГОСТу 4682-84.

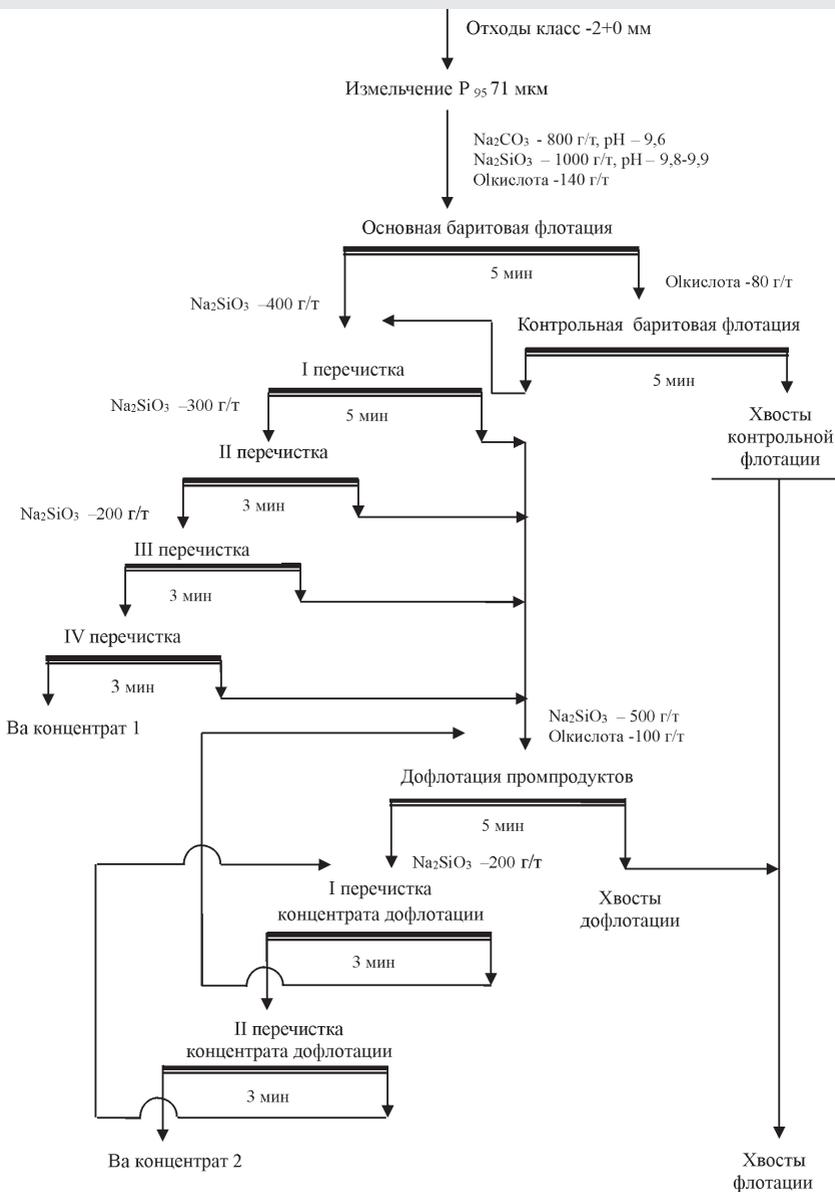


Рисунок 7 – Флотационная схема переработки отходов обогащения баритовой руды

Обсуждение результатов. Известны применение гравитационного процесса в сочетании с флотационной схемой обогащения. Гравитационным методом выделяют промпродукт и при флотации промпродукта получен флотационный баритовый концентрат. Перерабатывают баритовые руды по комбинированной гравитационно-флотационной схеме: класс $-5+0,5$ мм - отсадке, а класс $-0,5+0$ мм – флотации. В данной работе разработана гравитационно-флотационная схема с получением гравитационного концентрата, а из отходов обогащения баритовой руды - флотационного концентрата (рисунок 7) [5].

Вывод. На основании проведенных исследований на отходах обогащения баритовой руды в оптимально подобранных режимах проведен замкнутый опыт.

Получены: баритовый концентрат 1 с содержанием сульфата бария 90,17% при извлечении 33,41% и выходе 20,15%; баритовый концентрат 2 с содержанием сульфата бария 89,60% при извлечении 18,27% и выходе 11,09%; суммарный баритовый концентрат с содержанием сульфата бария 89,97% при извлечении 51,69% и выходе 31,24%.

Источник финансирования исследований. Данное исследование финансируется Комитетом промышленности Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан в рамках целевого финансирования научных исследований на 2024-2026 годы, BR23991563: «Создание инновационных ресурсосберегающих технологий для добычи и комплексной переработки минерального и техногенного сырья».

Список литературы

- 1 Кузнецов Д.С., Бурцев И.Н., Кузнецов С.К. Рынок баритового сырья и перспективы освоения месторождений Республики Коми // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2022. №3.
- 2 Студенцов В.В., Ниязов А.А., Абевова Т.А. Тенденция развития переработки баритосодержащих руд в отечественной и зарубежной практике. Аналитический обзор. Казахский Государственный научно-исследовательский институт научно-технической информации. – А.: 1999.
- 3 Митрофанов С.И., Барский Л.А., Самыгин В.Д. Исследования руд на обогатимость. – М.: Недра, 1974.
- 4 Митрофанов С. И. Селективная флотация. – М.: Недра, 1967.
- 5 Акишев К.С., Исмагулов Д.С., Чирков С.В., Ли Э.М. Шалгымбаев, С.Т. Способ получения баритового концентрата из монобаритовых руд. – Алматы, 2022. Удостоверение автора №110526.

Василевская О.Ф.¹, Василевская Е.О.¹, Бахшян А.И.¹

¹«Полифлоркс», г. Алматы, Казахстан

ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИНТЕНСИФИКАЦИИ СГУЩЕНИЯ И ОСАЖДЕНИЯ ШЛАМОВЫХ ОТХОДОВ ГРАВИНАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ СВИНЦОВО-БАРИТОВЫХ РУД НА ОФ АО «ЖАЙРЕМСКИЙ ГОК»

Аннотация. Проведенный анализ состояния рабочих карт шламоотстойника показал, что практически все секции 4-ой карты заполнены шламами хвостов гравитации. Установлено, что на сбрасываемой 3-ей секции глубина осветленной воды составляет не более 10-15 см, при этом верхний слой хвостов очень подвижный и при каждом изменении потока хвостов происходит взмучивание. Данная вода является оборотной и поступает на фабрику для обогащения руды месторождения Ушкатын-3. Существующая ситуация является предаварийной, т.к. в ближайшее время в течение 6-8 мес. фабрика может остаться без емкостей для сброса шламов и оборотной воды, несмотря на начатые работы по очистке секций карты №4. В лабораторных условиях проведены эксперименты по влиянию плотности на сгущаемость хвостов гравитации. Установлено, что при разбавлении хвостовой пульпы оборотной водой до 120 г/л при аналогичных расходах флокулянта позволяет снизить объем сгущенных хвостов в 2 раза, при этом осуществляется четкое разделение на фазы с первых секунд без замутненной зоны. В результате исследований по подбору оптимальных дозировок флокулянта марки Flopat UG 934 было установлено, что для эффективности разделения фаз при сгущении хвостов гравитационного обогащения свинцово-баритовых руд необходимо установить расход данного полимерного реагента на уровне 30 г/т сгущаемого материала. Перед проведением промышленных испытаний изменена точка ввода флокулянта в связи с тем, что в настоящее время дозирование флокулянта марки Flopat UG 934 не обеспечивает полного контакта реагента со сгущаемыми хвостами. В результате промышленных испытаний установлено, что соотношения водных потоков по объектам карьерных вод можно держать в соответствии с потребностями водооборота обогатительной фабрики разделения фаз хвостов при гравитационном обогащении свинцово-баритовых руд на АО «Жайремский ГОК».

Ключевые слова: очистка промышленных вод, шламоотстойники, Жайремское месторождение, хвосты обогащения свинцово-баритовых руд, утилизация шламов, осаждение шламовых отходов.

Введение. Процессы разделения фаз при обогащении руд являются одними из лимитирующих переделов всего технологического цикла. Наличие в перерабатываемом сырье таких компонентов, как глинистые включения, кремнийсодержащие минералы, гидрометаллургические пульпы и т.д. приводит к ухудшению процессов сгущения как концентратов, так и хвостов обогащения [1,2].

В последнее время для интенсификации процессов обезвоживания широкое применения нашли полимерные реагенты, класса «флокулянты». В основном они представлены полимерами или сополимерами на основе полиакриловой кислоты. Мировые лидеры по выпуску данной продукции производят данный класс реагентов с высокой молекулярной массой и стабильными свойствами. Наличие высокой молекулярной массы характеризует расход применяемых реагентов для процессов сгущения производственных пульп, очистки промышленных стоков и питьевой воды от взвесей [3,4].

При переходе предприятий на внутренний водооборот возникают проблема с процессами обезвоживания. Наличие глинистых составляющих в минеральном сырье приводит к увеличению поверхности, тем самым увеличивает количество частиц и его дисперсионную характеристику. Увеличивается и количество коллоидных составляющих минерального сырья. Интенсификаторами данных процессов являются синтетические флокулянты, позволяющие улучшить показатели разделения фаз и сократить площади сгущения, снизить содержание влаги при фильтрации концентратов, увеличить объем оборотной воды и производительность фильтровального оборудования [5-8].

Цель исследования - интенсификация разделения фаз шламовых отходов при гравитационном обогащении свинцово-баритовых руд для увеличения объема оборотной воды для нужд обогатительной фабрики.

Методы исследований. Проведены лабораторные исследования по эффективности разделения фаз с применением различных расходов лучшего образца полимерного реагента марки Flopat UG 934. На основании проведенных исследований [8] разработана схема растворения и дозирование 0,1% водного раствора флокулянта в магистраль питания 4 карты для отстоя хвостов при гравитационном обогащении свинцово-баритовых руд.

Результаты лабораторных исследований. Для проведения исследований по оптимизации сгущения шламовых отходов грави-

тационного обогащения свинцово-баритовых руд на ОФ АО «Жайремский ГОК» была отобрана пробы пульпы в размере 50 литров. Исследования проводили на опытном участке.

Перед экспериментами снимали характеристику данной пульпы. Было установлено, что плотность пульпы составила 8% при содержании твердого 52,2 г/дм³.

Таблица 1- Грансостав хвостов гравитации

№ п/п	Крупность, ммк	Содержание, %
1	74,00	97,52
2	44,00	89,32
3	30,00	75,34
4	20,00	56,31
5	10,00	31,04
6	5,00	18,00
7	3,00	10,97

Как показано в таблице 1, хвосты гравитации имеют тонкодисперсную характеристику из-за высокого содержания глинистых включений. Наличие значительного количества мелких классов приведет к увеличению расхода дозируемого флокулянта.

Эксперименты проводили на применяемом, в настоящее время, эффективном флокулянте марки Flopat UG 934. Готовили 0,05% водный раствор флокулянта. Рассчитывали тестируемые расходы. Опыты проводили в литровых цилиндрах. После перемешивания пульпы дозировали рассчитанный объем флокулянта и засекали время осаждения хвостов гравитации. Окончательное уплотнение замеряли через 15 мин. сгущения.

Как показано в таблице 2, скорость разделения фаз напрямую зависит от расхода флокулянта. С увеличением количества подаваемого полимерного реагента, начиная с дозировки 30 г/т эффективность разделения возрастает в 5 раз, а при расходе 70 г/т эта величина возрастает в 24 раза.

Установлено, что начиная с расхода 30,0 г/т через 15 мин. отстоев достигаются максимальные показатели уплотнения шламовых отходов гравитационного обогащения свинцово-барито-

вых руд и, как показано на рисунке 1, улучшается качество осветления водной фазы.

Таблица 2- Сгущение хвостов гравитации с применением флокулянта Flopat UG 934

№ п/п	Расход 0,05%		Время достижения объема сгущенных хвостов; мин,сек							Объем через 15 мин.
	г/т	мл/дм ³	900	800	700	600	500	400	300	
1	Контроль		4,45	9,20	14,20	-	-	-	-	670
2	10,0	1,0	3,00	5,40	9,20	13,55	-	-	-	555
3	15,0	1,5	2,35	5,10	8,20	12,10	-	-	-	515
4	20,0	2,0	2,27	4,43	7,40	11,00	14,23	-	-	490
5	25,0	2,5	2,20	4,18	7,11	10,19	13,50	-	-	480
6	30,0	3,0	0,45	1,30	2,25	3,25	4,40	6,18		260
7	40,0	4,0	0,28	0,35	1,30	2,15	2,46	3,10	4,00	220
8	50,0	5,0	0,18	0,23	0,46	1,05	1,20	2,55	3,35	200
9	60,0	6,0	0,10	0,20	0,30	0,39	0,48	1,05	2,02	190
10	70,0	7,0	0,09	0,17	0,26	0,34	0,43	0,57	1,49	180



Расход, г/т
Контроль

10,0 15,0 20,0 25,0



30,0 40,0 50,0 60,0 70,0

Рисунок 1 - Сгущение хвостов гравитации с применением различных дозировок флокулянта Flopat UG 934

Таким образом, для подготовки к проведению промышленных испытаний по интенсификации сгущения и осаждения шламовых отходов гравитационного обогащения принимаем расход флокулянта 0,05% раствора Floрам UG 934 на уровне 30 г/т хвостов.



Рисунок 2 - Вид пляжа шламоотстойника

Результаты промышленных испытаний. На рисунке 2 показано состояние секций карты №4. Как видно из рисунка 2 в шламоотстойнике практически отсутствует водная фаза, что является оборотной водой для обогатительной фабрики. Здесь показан врез в пульпопровод для дозирования 0,05% водного раствора флокулянта марки Floрам UG 934 (рисунок 2 Б). На следующем рисунке 3 показана установка для растворения полимерного реагента. В соответствии с мероприятиями по оптимизации сгущения хвостов гравитационного обогащения в шламоотстойнике был перенесен узел растворения флокулянта марки Floрам UG 978 непосредственно к магистрали транспортировки указанного материала.

Обсуждение результатов. В результате проведенных исследований по подбору оптимальных дозировок флокулянта марки Floрам UG 978 установлено, что для эффективности разделения фаз при сгущении хвостов гравитационного обогащения свинцово-баритовых руд необходимо установить расход данного полимерного реагента на уровне 30 г/т сгущаемого материала. Изменить точку ввода флокулянта в связи с тем, что в настоящее время дозирование флокулянта марки Floрам UG 978 не обеспечивает

полного контакта реагента со сгущаемыми хвостами. Проведенные промышленные испытания по оптимизации разделения фаз хвостов гравитационного обогащения свинцово-баритовых руд на ОФ АО «Жайремский ГОК» показали возможность интенсифицировать скорость и качество разделения фаз с возможностью увеличения эксплуатации карты для отбора водной фазы для нужд фабрики.



Рисунок 3 - Установка для приготовления 0,1% раствора флокулянта



Вид шламаотстойника через 7 суток



Вид шламаотстойника через 14 суток

Рисунок 4 - Образование зон разделения фаз после дозирования флокулянта Floparm UG 934.

Вывод. Показана возможность повышения срока эксплуатации различных типов шламаотстойников и(или) хвостохранилищ за счет уплотнения сгущенных хвостов, увеличения объема и качества осветленной водной фазы для использования в качестве оборотной воды.

Источник финансирования исследований. Работа выполнена на основании финансирования утвержденных ежегодных Планов проведения НИР для АО «Жайремский ГОК» ТОО «Казцинк».

Список литературы

- 1 Дуденков С.В., Шубов Л.Я. Обогащение руд цветных и редких металлов. Москва, «Недра», 1976.
- 2 Василевская О.Ф. Интенсификация процессов обезвоживания с применением высокоэффективных синтетических флокулянтов.// Комплексное использование минерального сырья. 1996. №4.- С. 10-12
- 3 Елизаров А.Г. Экономическое применение эффективности применения флокулянтов при фильтровании суспензий// Цветные металлы, Москва, 2010, №5, С 5-6
- 4 Фролов В.С.// В ст.: //Труды научно-практической конференции //«Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности» - Кемерово, 2019, С. 64-65
- 5 Лотош В.Е. Экология природопользования. Екатеринбург: Изд-во Урал.гос. экон.ун-та, 2009.- 540с.
- 6 Ковязина О.,Ковязин Ю.,Ушнурцева С.//Комплексная технология очистки промышленных сточных вод,// М., Менеджер-эколог, №4, 2008, с. 22-24.
- 7 Кривошеин Д.А., Кунин П.П., Лапин В.Л. //Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков//. М.: Высшая школа, 2003. 344с.
- 8 Василевская О.Ф., Василевская Е.О. , Смолькова (Бахшян) А.И., Ли Э.М //Международная научно-практическая конференция «Инновации в комплексной переработке минерального сырья//Использование полимерных реагентов для интенсификации процессов обогащения//Алматы: «НЦ КПМС РК»19.10.2018. - с. 46-49

Василевская О.Ф.¹, Василевская Е.О.¹ Бахшян А.И.¹

¹ «Полифлоркс», Алматы қ, Қазақстан

«ЖӘЙРЕМ ТКБК» АҚ ҚОРФАСЫН-БАРИТ КЕНДЕРІН ГРАВИНАЦИЯЛЫҚ БАЙЫТУДЫҢ ШЛАМ ҚАЛДЫҚТАРЫН ҚОЮЛАТУ МЕН ТҰНДЫРУДЫ ҚАРҚЫНДАТУ БОЙЫНША ЗЕРТТЕУЛЕР ЖҮРГІЗУ

Түйіндеме. Шламды тұндырғыштың жұмыс карталарының жай-күйіне жүргізілген талдау 4-ші картаның барлық дерлік бөлімдерінің гравитация қалдықтарымен толтырылғанын көрсетті. Шығарылатын 3-ші бөлімде тазартылған судың тереңдігі 10-15 см-ден аспайтыны анықталды, ал қалдықтардың жо-

ғарғы қабаты тым жылжымалы және қалдық ағынының әр өзгеруімен лайланып отырады. Бұл су айналып келіп, Үшқатын-3 кен орнына байытуға зауытқа қайта құяды. Қазіргі жағдай төтенше жағдай болып есептеледі, өйткені №4 карта секцияларын тазалау жұмыстары басталғанына қарамастан, жақын арада 6-8 ай ішінде зауыт шламдар мен айналмалы суды төгетін контейнерлерсіз қалуы мүмкін.

Зертханалық жағдайда тығыздықтың гравитация қалдықтарының қоюлану тығыздығына әсері бойынша эксперименттер жүргізілді. Флокулянттың осы сияқты шығындары кезінде қалдық пульпасын 120 г/л-ге дейін қайта өңделген сумен сұйылту барысында қоюландырылған қалдық көлемін 2 есе азайтуға мүмкіндік беретіні анықталды, бұл жағдайда алғашқы секундтардан бастап аймақтың ешқандай лайлануынсыз фазаларға бөліне бастайды. Flopam UG 934 маркалы флокулянттың оңтайлы дозаларын таңдау бойынша жүргізілген зерттеулер нәтижесінде қорғасын-барит кендерінің гравитациялық байыту қалдықтарын қоюлату кезінде фазаларды бөлудің тиімділігі үшін осы полимерлі реагенттің шығынын қоюландырылған материалдың 30 г/т деңгейінде белгілеу қажет екендігі анықталды.

Қазіргі уақытта Flopam UG 934 маркалы флокулянтты мөлшерлеу реагенттің қоюланатын қалдықтармен толық жанасуын қамтамасыз етпейтін болғандықтан, өнеркәсіптік сынақтарды өткізер алдында флокулянтты өңгізу нүктесі өзгертілді. Өнеркәсіптік сынақтардың нәтижесінде карьер сулары объектілері бойынша су ағындарының арақатынасын «Жәйрем ТКБК» АҚ-да қорғасын-барит кендерін гравитациялық байыту кезінде қалдық фазаларын бөлуді байыту фабрикасының су айналымының қажеттіліктеріне сәйкес ұстауға болатындығы анықталды.

Түйінді сөздер: өнеркәсіптік суларды тазарту, шлам тұндырғыштар, Жәйрем кен орны, қорғасын-барит кендерін байыту қалдықтары, шламды кәдеге жарату, шлам қалдықтарын тұндыру.

* * *

Vasilevskaya O.F.¹, Vasilevskay E.O.¹, Bahshan A.I.¹

¹«Poliflox», Almaty c., Kazakhstan

CONDUCTING RESEARCH ON INTENSIFICATION OF THICKENING AND SEDIMENTATION OF SLUDGE WASTE FROM GRAVITY ENRICHMENT OF LEAD-BARITE ORES AT THE «ZHAIREMSKIY GOK» JSC

Abstract. The analysis of the condition of the working maps of the sludge settling tank showed that almost all sections of the 4th map are filled with sludge from gravity tailings. It was established that in the discharged 3rd section, the depth of clarified water is no more than 10-15 cm, while the upper layer of tailings is very mobile and with each change in the flow of tailings, stirring occurs. This water is recycled and is supplied to the plant for enrichment of ore from the Ushkatyn-3 deposit. The current situation is pre-emergency, since in the near future, within 6-8 months, the plant may be left without tanks for discharge of sludge and recycled water, despite the work that has begun to clean sections of map No. 4. Experiments on the effect of density on the thickening

of gravity tailings were conducted in laboratory conditions. It was found that diluting the tailing pulp with recycled water to 120 g/l with similar flocculant consumption allows reducing the volume of thickened tailings by 2 times, while a clear separation into phases is achieved from the first seconds without a turbid zone. As a result of studies on the selection of optimal dosages of the flocculant brand Flopam UG 934, it was established that for the efficiency of phase separation during thickening of tailings from gravity enrichment of lead-barite ores, it is necessary to set the consumption of this polymer reagent at a level of 30 g/t of the thickened material. Before conducting industrial tests, the flocculant injection point was changed due to the fact that the current dosing of the Flopam UG 934 flocculant does not ensure full contact of the reagent with the thickened tailings. As a result of industrial tests, it was established that the ratios of water flows through quarry water objects can be maintained in accordance with the needs of the water circulation of the beneficiation plant for separating tailings phases during gravity enrichment of lead-barite ores at JSC «Zhairemsky GOK».

Keywords: industrial water treatment, sludge settling tanks, Zhairer's field, lead-barite ore enrichment tailings, sludge utilization, sludge waste sedimentation.

Авторлар туралы мәліметтер

Василевская Ольга Федоровна – техника ғылымдарының кандидаты, «Полифлор» ЖШС, Алматы қ., Қазақстан, polifloks@gmail.com

Жұмысқа қосқан үлесі: мақалаға ағынды суларды тазарту технологиясын жасау.

Василевская Екатерина Олеговна – «Полифлор» ЖШС, Алматы қ., Қазақстан, polifloks@gmail.com

Жұмысқа қосқан үлесі: зертханалық және тәжірибелік сынақтар кезінде реагенттерді таңдау арқылы тазарту дәрежесін бақылау.

Бахшиян Арина Игоревна – магистр, «Полифлор» ЖШС, Алматы қ., Қазақстан, polifloks@gmail.com

Жұмысқа қосқан үлесі: зертханалық, тәжірибелік-өндірістік сынақтарды жүргізу және мақала жоспарын құру.

Сведения об авторах

Василевская Ольга Федоровна – кандидат технических наук, ТОО «Полифлор», г. Алматы, Казахстан, polifloks@gmail.com

Вклад в работу: разработка технологии очистки сточной воды для статьи.

Василевская Екатерина Олеговна – ТОО «Полифлор», г. Алматы, Казахстан, polifloks@gmail.com

Вклад в работу: мониторинг степени очистки по подбору реагентов при проведении лабораторных и опытно-промышленных испытаний.

Бахшян Арина Игоревна – магистр, ТОО «Полифлор», г. Алматы, Казахстан, poliflors@gmail.com

Вклад в работу: проведение лабораторных, опытно-промышленных испытаний и составление плана статьи.

Information about the authors

Vasilievskaya Olga Fedorovna – Candidate of Technical Sciences, LLP “Poliflor,” Almaty c., Kazakhstan, poliflor@gmail.com

Contribution to the work: Development of wastewater treatment technology for the article.

Vasilievskaya Ekaterina Olegovna – LLP “Poliflor,” Almaty c., Kazakhstan, poliflor@gmail.com

Contribution to the work: Monitoring the degree of purification through the selection of reagents during laboratory and pilot industrial tests.

Bakhshyan Arina Igorevna – Master’s degree holder, LLP “Poliflor,” Almaty c., Kazakhstan, poliflor@gmail.com

Contribution to the work: Conducting laboratory and pilot industrial tests and drafting the article plan.

Reference

- 1 *Dudnikov S.V., Shubov L.Ya.* Obogashhenie rud cvetny`x i redkix metallov. Moskva, «Nedra», 1976.
- 2 *Vasilevskaya O.F.* Intensifikaciya processov obezvozhivaniya s primeneniem vy`sokoe`ffektivny`x sinteticheskix flokulyantov.// Kompleksnoe ispol`zovanie mineral`nogo sy`r`ya. 1996. №4.- S. 10-12
- 3 *Elizarov A.G.* E`konomicheskoe primeneniye e`ffektivnosti primeneniya flokulyantov pri fil`trovanii suspenzij// Cvetny`e metally`, Moskva, 2010, №5, S. 5-6
- 4 *Frolov V.S.*// V st.: //Trudy` nauchno-prakticheskoy konferencii //«E`nergeticheskaya bezopasnost` Rossii. Novy`e podxody` k razvitiyu ugol`noj promy`shlennosti» - Kemerovo, 2019, S. 64-65
- 5 *Lotosh V.E.* E`kologiya prirodopol`zovaniya. Ekaterinburg: Izd-vo Ural.gos. e`kon.un-ta, 2009. - 540s.
- 6 *Kovyazina O., Kovyazin Yu., Ushnurceva S.*//Kompleksnaya texnologiya ochistki promy`shlenny`x stochny`x vod, // M., Menedzher-e`kolog, №4, 2008, S. 22-24.
- 7 *Krivoshin D.A., Kunin P.P., Lapin V.L.* //Inzhenernaya zashhita poverxnostny`x vod ot promy`shlenny`x stokov//. M.: Vy`sshaya shkola, 2003. 344s.
- 8 *Vasilevskaya O.F., Vasilevskaya E.O., Smol`kova (Baxshyan) A.I., Li E`.* M // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Innovacii v kompleksnoj pererabotke mineral`nogo sy`r`ya//Ispol`zovanie polimerny`x reagentov dlya intensifikacii processov obogashheniya//Almaty`: «NCz KPMS RK»19.10.2018. - S. 46-49

Li E.M.¹, Smailova A.B.¹, Beisembaev E.B.¹, Daulet B.E.²

¹SSIAIE “Kazmekhanobr“, Almaty c., Kazakhstan

²LLP «VCP», Almaty c., Kazakhstan

RESEARCH ON COPPER PROCESSING PLANT TAILINGS TO INCREASE COPPER RECOVERY

Abstract. The object of the study is the waste tailings from the copper processing plant. During the study, the material composition of the source material was studied and flotation reagents were tested with the aim of increasing copper extraction into the concentrate. The optimal reagent regime was selected for testing all collectors under equal conditions. During the tests, not only traditional collectors for sulphide minerals were tried, but also foreign reagents. The experiments were carried out at different collector flow rates, both with each collector fed separately and in combination with xanthate. As a result of the experiments, reagents were selected that allow for the highest-grade concentrate and the highest copper recovery in the concentrate. To improve flotation performance, the addition of gangue depressants and a sulphide mineral flotation activator was tested.

Keywords: waste tailings, enrichment, flotation studies, concentrate, grade, extraction.

Introduction. Kazakhstan's mineral resources are gradually being depleted. Millions of tons of mining and mineral processing waste are being stored in the country every year [1]. The constantly increasing amount of mining waste each year requires increased capacity in tailings dump and causes ecological harm by contaminating the environment with heavy metal ions. As a result of intensive use of mineral resources, the republic has accumulated over 30 billion tons of production and consumption waste. 700 million tons of industrial waste are generated annually. About 90% of the generated waste consists of mining and mineral processing waste. The total volume of the mining industry waste in 2021 amounted to 470 million tons [2].

As reserves of high-grade and easily-enrichable ores are becoming scarce, it is necessary to develop improved technologies for processing low-grade and difficult-to-enrich ores. Some areas of tailings dump at processing plants contain almost industrial concentrations of valuable

metals and represent man-made deposits suitable for secondary processing [3-5].

Thus, waste tailings, previously of no industrial interest, can now be economically processed to produce concentrates suitable for metallurgical plants. The secondary use of mining waste solves the problems of resource depletion and negative environmental impact. The development of technology for processing waste tailings will lead to a high economic effect due to a reduction in the cost of the concentrates. This is achieved through cheaper transportation of the raw material, reduced grinding costs and the use of existing equipment. It will become possible to restart non-operational production facilities that are currently mothballed, thereby increasing the number of jobs and improving the socioeconomic situation of the region. [6]

The material studied for the research is waste tailings from the tailings dump of copper processing plants. The technological scheme for processing copper ores is typical and includes: crushing, wet grinding, rough copper flotation and scavenger flotation, as well as cleaning of the copper concentrate. The resulting copper concentrate is conditioned and sent for further metallurgical processing to produce a commercial grade metal. The chamber product of the scavenger copper flotation is waste tailings, and after thickening, it is sent for storage in the tailings dump. As a result of copper ore processing, conditioned concentrates with a copper content of at least 15% (grade KM7) and above are obtained. The resulting waste tailings contain about 0.10-0.40% copper.

In addition to copper, valuable components in tailings include gold, silver, lead and zinc, which can be recovered at the same time. The majority of tailings, however, consists of rock-forming minerals, including silicon dioxide and oxides of magnesium, calcium, aluminium and others. Iron can be present as sulfides (pyrite, pyrrhotite) or iron oxides (magnetite, hematite, etc.). Thus, copper tailings are now of industrial interest as a raw material for secondary processing.

The aim of the study. Testing various collectors in the flotation scheme for processing copper tailings from beneficiation plants to improve the technological parameters of the resulting copper concentrate suitable for further hydrometallurgical processing. The study was conducted as part of the research program "Development of innovative resource-saving technologies for the mining and complex processing of mineral and man-made raw materials.

Materials and methods of Research. Laboratory studies were conducted on the flotation of copper tailings to determine the optimal grinding fineness, flotation pH and dosage of flotation reagents. Sodium sulfide (Na_2S) was used as a sulfidizer. The following copper mineral collectors were tested: potassium butyl xanthate, potassium amyl xanthate, sodium ethyl xanthate, butyl aerofloat, Aerophine 3418A, AERO 3894, AERO MX 3715 (Syensqo), and combinations of the reagents AERO 9863, AERO 3894, AERO MX 3715, AERO 400 with potassium butyl xanthate. Flotation tests were conducted on the selected collector to assess the feasibility of using a gangue depressant (Na_2SiO_3 , AERO 650) and a copper mineral activator (CuSO_4). The experimental scheme is shown in Figure 1.

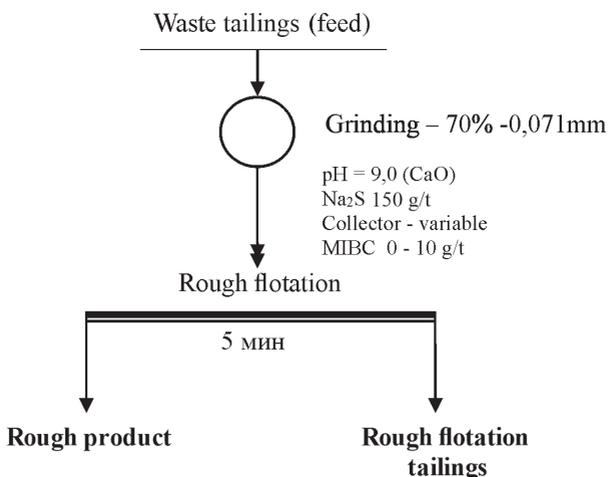


Figure 1 – The experimental scheme

Results and discussions. During the study of the material composition of the source material, the contents of the main elements were determined (Table 1): gold – 0.04 g/t, silver – 0.55 g/t, copper – 0.20%, lead – 0.05%, zinc – 0.25%, total iron – 6.01%, total sulphur – 0.90%, silicon – 30.82%, aluminium – 2.52%, magnesium – 0.51, calcium – 3.60%, manganese – 0.11%.

According to the results of phase analysis indicate that copper is represented by 58.75% sulfide and 41.25% oxidized minerals. The sulfide minerals, in turn, consist of primary (18.97%) and secondary minerals (39.78%), while the oxidized minerals are comprised of chrysocolla (18.94%) and malachite (22.31%). Based on the ratio of sulfide and oxi-

dized copper minerals, the tailings sample under study can be classified as mixed type.

Table 1 – Chemical composition and fire assay of the initial tailings sample

Elements and compounds	Au, g/t	Ag, g/t	Cu	Pb	Zn	Fe	S	Si	Al	Mg	Ca	Mn
Content, %	0,04	0,55	0,20	0,05	0,25	6,01	0,90	30,82	2,52	0,51	3,60	0,11

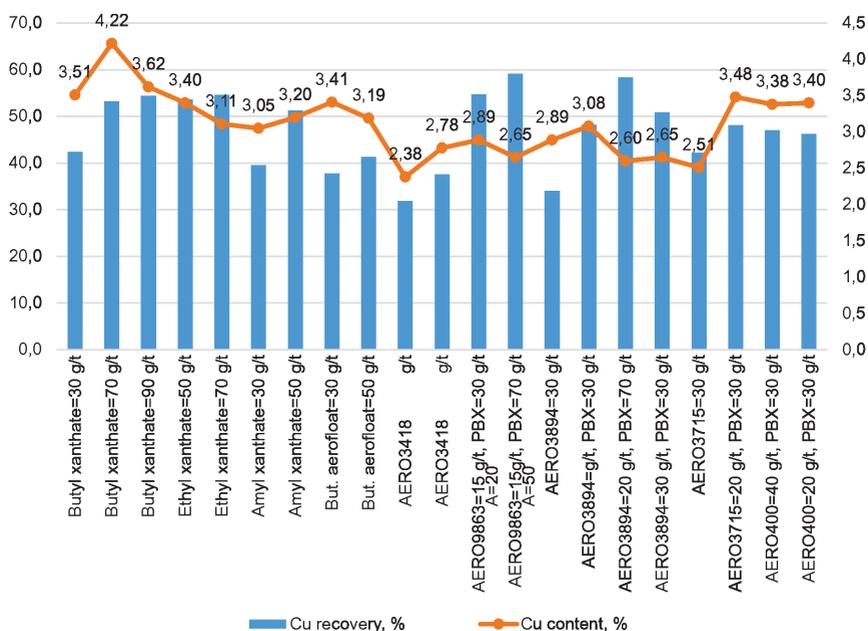


Figure 2 - Results of experiments with various collectors

The optimal conditions for rough flotation were determined experimentally: grinding fineness –70% minus 0.071 mm, pulp pH – 9.0, and Na₂S sulfidizer dosage – 150 g/t. Methyl isobutyl carbinol (MIBK) was used as a frother. The flotation time for all tests was 5 minutes. Various collectors were tested using the scheme shown in Figure 1, the results are shown in Figure 2. The best results for each collector in the test series are presented in Table 2.

Table 2 – Consolidated results of experiments for each collector series

Name and consumption of the collector, g/t	Product	Yield, %	Cu content, %	Cu recovery, %	Efficiency coefficient, %
Butyl xanthate – 70	Rough product	2,63	4,22	53,26	50,74
	Flotation tailings	97,37	0,10	46,74	
	Feed	100,00	0,21	100,00	
Ethyl xanthate – 70	Rough product	3,54	3,11	54,59	51,15
	Flotation tailings	96,46	0,10	45,41	
	Feed	100,00	0,20	100,00	
Amyl xanthate – 50	Rough product	3,24	3,20	51,24	48,10
	Flotation tailings	96,76	0,10	48,76	
	Feed	100,00	0,20	100,00	
Butyl aerofloat – 50	Rough product	2,58	3,19	41,32	38,82
	Flotation tailings	97,42	0,12	58,68	
	Feed	100,00	0,20	100,00	
AERO 3418A – 50	Rough product	2,74	2,78	37,61	34,94
	Flotation tailings	97,26	0,13	62,39	
	Feed	100,00	0,20	100,00	
AERO 9863 – 15, Butyl xanthate – 70	Rough product	4,49	2,65	59,17	54,79
	Flotation tailings	95,51	0,09	40,83	
	Feed	100,00	0,20	100,00	
AERO 3894 – 20, Butyl xanthate – 70	Rough product	4,62	2,60	58,33	53,82
	Flotation tailings	95,38	0,09	41,67	
	Feed	100,00	0,21	100,00	

AERO MX 3715 – 20, Butyl xanthate – 30	Rough product	2,85	3,48	48,13	45,37
	Flotation tailings	97,15	0,11	51,87	
	Feed	100,00	0,21	100,00	
AERO 400 – 20, Butyl xanthate – 30	Rough product	2,71	3,40	46,26	43,64
	Flotation tailings	97,29	0,11	53,74	
	Feed	100,00	0,20	100,00	

According to the experimental results, the highest grade of the rough product (copper content 4.22%) was achieved using potassium butyl xanthate (with a dosage of 70 g/t). In this process, the copper recovery into the rough product was 53.26%, product yield was 2.63%, and efficiency coefficient was 50.74%.

The maximum copper recovery into the rough product (59.17%) was achieved with the combined use of AERO 9863 (15 g/t) and potassium butyl xanthate (70 g/t). In this case, the copper content in the rough product was 2.65%, the product yield – 4.49% and the efficiency coefficient – 54.79%. This combination of collectors was selected as optimal for the flotation of copper minerals from the initial tailings.

Based on the chemical composition results, it was determined that the rough copper product has a silicon content of 10.24%, a calcium content of 2.67%, and a magnesium content of 0.39%. To reduce these levels, studies were conducted on the feasibility of using gangue depressants in rough flotation. “Liquid glass” (Na_2SiO_3) and AERO 650 (from the company “Syensqo”) were tested as depressants. Tests were also conducted with the addition of a sulfide mineral flotation activator – copper sulfate (CuSO_4).

It is known that copper cation has the main influence on the collector’s adsorption onto the surface of copper minerals. Therefore, the more copper atoms are on the mineral surface, the higher adsorption activity and the greater floatability [7]. For this purpose, the addition of copper sulfate was tested. The experimental results are presented in Table 3.

According to the obtained results, the use of depressants Na_2SiO_3 and AERO 650 in rough copper flotation doesn’t have a positive effect on improving the technological parameters of the flotation process. The addition of copper sulfate to the rough flotation also does not increase copper recovery into the rough product. Consequently, the use of depressant and activator in the rough flotation is ineffective.

Table 3 – Results on the feasibility of using depressant and activator

Name and consumption of the collector, g/t	Product	Yield, %	Cu content, %	Cu recovery, %	Efficiency coefficient, %
Base test	Rough product	4,49	2,65	59,17	54,79
	Flotation tailings	95,51	0,09	40,83	
	Feed	100,00	0,20	100,00	
With the addition of gangue depressant					
Na ₂ SiO ₃ – 100	Rough product	5,08	2,22	54,31	49,33
	Flotation tailings	94,92	0,10	45,69	
	Feed	100,00	0,21	100,00	
Na ₂ SiO ₃ – 150	Rough product	5,08	2,23	54,42	49,44
	Flotation tailings	94,92	0,10	45,58	
	Feed	100,00	0,21	100,00	
AERO 650 – 100	Rough product	5,13	2,37	57,44	52,42
	Flotation tailings	94,87	0,095	42,56	
	Feed	100,00	0,21	100,00	
AERO 650 – 150	Rough product	4,46	2,47	53,57	49,21
	Flotation tailings	95,54	0,10	46,43	
	Feed	100,00	0,21	100,00	
With the addition of copper mineral activator					
CuSO ₄ – 100	Rough product	5,13	2,21	54,44	49,41
	Flotation tailings	94,87	0,10	45,56	
	Feed	100,00	0,21	100,00	

CuSO ₄ – 200	Rough product	4,96	1,92	47,67	42,80
	Flotation tailings	95,04	0,11	52,33	
	Feed	100,00	0,20	100,00	

Conclusion. Thus, the studies have established that butyl xanthate is the most selective collector for the flotation of copper minerals from tailings of mineral processing plant, resulting in the highest-grade copper concentrate. Furthermore, the combined use of AERO 9863 and butyl xanthate demonstrated the best results for increasing copper recovery into the concentrate. Reagent consumption was 15 g/t of AERO 9863 and 70 g/t of butyl xanthate. The addition of gangue depressant and sulfide mineral activator did not improve flotation technological parameters. After 5 minutes of rough flotation of copper tailings the resulting product grade was 2.65%, product yield was 4.49%, and copper recovery was 59.17%.

Research funding source. This research is funded by the Committee of Industry of the Ministry of Industry and Construction of the Republic of Kazakhstan under program-targeted funding for scientific research for 2024-2026, BR23991563: “Creation of Innovative Resource-Saving Technologies for Mining and Integrated Processing of Mineral and Technogenic Raw Materials.”

References

- 1 Prospects for the development of man-made mineral formations in Kazakhstan. “Mining Industry. Central Asia”. <https://dprom.kz/> <https://dprom.kz/pererabotka/tyehnyyenniyee-meenyeralniyee-obrazovaneeya-rk/> 23.08.2023.
- 2 Sabekov S. How much hazardous waste has accumulated in Kazakhstan. Kazinform International Information Agency. https://www.inform.kz/ru/skol-ko-opasnyh-otnodov-nakopilos-v-rk_a4004554 21.11.2022
- 3 Golik V.I., Dmitrak Yu.V., Komashchenko V.I., Razorenov Yu.I. Ecological aspects of ore tailings storage in the mining region // Ecology and industry of Russia. – 2018. – Vol. 22. – №6. – PP. 35-39.
- 4 Li G., Zhou Q., Zhu Z., Luo J., Rao M., Peng Z., Jiang T. Selective leaching of nickel and cobalt from limonitic laterite using phosphoric acid: An alternative for value-added processing of laterite // Journal of Cleaner Production. – 2018. – №189. – PP. 620-626.
- 5 Dushin A.V., Valiev N.G., Lagunova Yu.A., Shorin A.G. Ural Mining University and Moscow Mining University: interaction of universities. // Mining Journal. - 2018. - No. 4. - P. 4-10.

6 Aleksandrova T.N. Complex and deep processing of mineral raw materials of natural and man-made origin: state and prospects // Notes of the Mining Institute. - 2022. - No. 256. - P. 503-504.

7 Abramov A.A. Technology for beneficiation of oxidized and mixed non-ferrous metal ores. – М.: Nedra, 1986.

Ли Э.М.¹, Смайлова А.Б.¹, Бейсембаев Э.Б.¹, Дәулет Б.Е.²

¹«Қазмеханообр» МӨЭФӨБ, Алматы қ., Қазақстан

²«VCP» ЖШС, Алматы қ., Қазақстан

МЫС БАЙЫТУ ФАБРИКАСЫНЫҢ ҚАЛДЫҚТАРЫНДА МЫС АЛУ ДЕҢГЕЙІН АРТТЫРУҒА БАҒЫТТАЛҒАН ЗЕРТТЕУЛЕР

Түйіндеме. Зерттеу нысаны – мыс байыту фабрикасының үйінді қалдықтары болып табылады. Зерттеу барысында бастапқы материалдың минералдық құрамы зерттеліп, мыстың концентратқа алыну деңгейін арттыру мақсатында флотациялық реагенттер сыналды. Барлық жинағыштарды бірдей жағдайда апробациялау үшін оңтайлы реагенттік режим таңдалды. Сынақтарда сульфидті минералдарға арналған дәстүрлі жинағыштармен қатар шетелдік реагенттер де қолданылды. Тәжірибелер әртүрлі реагент шығынында жүргізілді: әрбір жинағышты жеке беру кезінде де, сондай-ақ оны ксантогенатпен үйлестіре қолданғанда да. Жүргізілген тәжірибелер нәтижесінде концентраттың жоғары сапасы мен мыстың концентратқа алыну дәрежесін қамтамасыз ететін реагенттер анықталды. Флотациялық көрсеткіштерді жақсарту үшін бос жыныстың депрессорларын және сульфидті минералдардың флотациясы белсендіргіштерін енгізу сынақтан өткізілді.

Түйінді сөздер: үйінді қалдықтары, байыту, флотациялық зерттеулер, концентрат, құрамы, алыну дәрежесі.

Ли Э.М.¹, Смайлова А.Б.¹, Бейсембаев Э.Б.¹, Дәулет Б.Е.²

¹ГНПОПЭ «Казмеханообр», г. Алматы, Казахстан

²ТОО «VCP», г. Алматы, Казахстан

ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ХВОСТАХ МЕДНОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ

Аннотация. Объектом исследования являются отвальные лежалые хвосты медной обогатительной фабрики. В ходе исследования проведено изучение вещественного состава исходного материала и испытания флотационных реагентов с целью повышения извлечения меди в концентрат. Был подобран оптимальный реагентный режим для апробации всех собирателей в равных условиях. В ходе испытаний были пробованы не только традиционные собиратели для сульфидных минералов, но и зарубежные реагенты. Опыты проводились при различных расходах собирателей, как при отдельной подаче каждого собирателя, так и в сочетании с ксантогенатом. В результате проведенных опытов выделены реагенты, позволяющие получить наибольшее

качество концентрата и наибольшее извлечение меди в концентрат. Для повышения флотационных показателей опробовано добавление депрессоров пустой породы и активатора флотации сульфидных минералов.

Ключевые слова: лежалые хвосты, обогащение, флотационные исследования, концентрат, содержание, извлечение.

Information about the authors

Li Era Mengukovna – Head of the Department of mineral processing and semi-industrial testing, State Scientific-Industrial Association of Industrial Ecology “Kazmekhanobr”, Almaty c., Kazakhstan, li-era@mail.ru

Smailova Alina Batyrkanovna – senior researcher at the Department of mineral processing and semi-industrial testing, State Scientific-Industrial Association of Industrial Ecology “Kazmekhanobr”, Almaty c., Kazakhstan, smiles_alina2009@mail.ru

Beisembaev Eldar Bulatovich – director of the State Scientific-Industrial Association of Industrial Ecology “Kazmekhanobr”, Almaty c., Kazakhstan, kazmekhanobr@mail.ru

Daulet Bakyt Ertasuly – Director of “VCP” LLP, Almaty c., Kazakhstan, vcp.corp.main@gmail.com

Авторлар туралы мәліметтер

Ли Эра Менгуковна – «Қазмеханобр» МӨЭФӨБ Минералды шикізатты байыту және жартылай өндірістік сынақ бөлімі бастығы, Алматы қ., Қазақстан, li-era@mail.ru

Смайлова Алина Батырканқызы – «Қазмеханобр» МӨЭФӨБ Минералды шикізатты байыту және жартылай өндірістік сынақ бөлімі аға ғылыми қызметкері, Алматы қ., Қазақстан, smiles_alina2009@mail.ru

Бейсембаев Эльдар Булатұлы – «Қазмеханобр» МӨЭФӨБ директоры, Алматы қ., Қазақстан, kazmekhanobr@mail.ru

Дәулет Бақыт Ертасұлы – «VCP» ЖШС директоры, Алматы қ., Қазақстан, vcp.corp.main@gmail.com

Сведения об авторах

Ли Эра Менгуковна – начальник Отдела обогащения минерального сырья и полупромышленных испытаний ГНПОПЭ «Казмеханобр», г. Алматы, Казахстан, li-era@mail.ru

Смайлова Алина Батыркановна – старший научный сотрудник Отдела обогащения минерального сырья и полупромышленных испытаний ГНПОПЭ «Казмеханобр», г. Алматы, Казахстан, smiles_alina2009@mail.ru

Бейсембаев Эльдар Булатович – директор ГНПОПЭ «Казмеханобр», г. Алматы, Казахстан, kazmekhanobr@mail.ru

Даулет Бақыт Ертасұлы – директор ТОО «VCP», г. Алматы, Казахстан, vcp.corp.main@gmail.com

ПЕРЕВОД СТАТЬИ / МАҚАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ

Ли Э.М.¹, Смайлова А.Б.¹, Бейсембаев Э.Б.¹, Даулет Б.Е.²

¹ГНПОПЭ «Казмеханобр», г. Алматы, Казахстан

²«УСР», г. Алматы, Казахстан

«ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ХВОСТАХ МЕДНОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ»

Аннотация. Объектом исследования являются отвальные лежалые хвосты медной обогатительной фабрики. В ходе исследования проведено изучение вещественного состава исходного материала и испытания флотационных реагентов с целью повышения извлечения меди в концентрат. Был подобран оптимальный реагентный режим для апробации всех собирателей в равных условиях. В ходе испытаний были пробованы не только традиционные собиратели для сульфидных минералов, но и зарубежные реагенты. Опыты проводились при различных расходах собирателей, как при отдельной подаче каждого собирателя, так и в сочетании с ксантогенатом. В результате проведенных опытов выделены реагенты, позволяющие получить наибольшее качество концентрата и наибольшее извлечение меди в концентрат. Для повышения флотационных показателей опробовано добавление депрессоров пустой породы и активатора флотации сульфидных минералов.

Ключевые слова: лежалые хвосты, обогащение, флотационные исследования, концентрат, содержание, извлечение

Введение. Минерально-сырьевая база Казахстана постепенно истощается, ежегодно в стране складываются миллионы тонн отходов добычи и обогащения полезных ископаемых [1]. С каждым годом постоянно увеличивающееся количество отходов горнодобывающих предприятий требует увеличения объемов хвостохранилищ и наносит экологический вред, загрязняя окружающую среду ионами тяжелых металлов. В результате интенсивного использования продуктов недр в республике накоплено более 30 млрд. т отходов производства и потребления. Ежегодно образуется 700 млн. т промышленных отходов. Около 90% образовавшихся отходов составляют отходы добычи и обогащения полезных ископаемых. Общий объем отходов горнодобывающей промышленности за 2021 год составил 470 млн. т [2].

Поскольку запасов богатых и легкообогатимых руд с каждым годом становится все меньше, приходится разрабатывать усовер-

шенствованные технологии переработки бедных и труднообогатимых руд. Отдельные участки хвостохранилищ обогатительных фабрик содержат практически промышленные концентрации ценных металлов и представляют собой техногенные месторождения, пригодные для вторичной переработки [3-5].

Таким образом, отвальные хвосты, которые ранее не представляли промышленный интерес, теперь могут быть экономически рентабельно переработаны с получением концентратов, пригодных для металлургических предприятий. Вторичное использование отходов горного производства решает проблемы истощения недр и негативного воздействия на экологию. Разработка технологии переработки лежалых хвостов позволит получить высокий экономический эффект вследствие уменьшения себестоимости получаемых концентратов за счет удешевления процесса транспортировки исходного сырья, уменьшения расходов на измельчение, использования имеющегося оборудования. Станет возможным запуск нефункционируемых производств, находящихся на консервации, с увеличением числа рабочих мест и улучшением социально-экономической сферы региона. [6]

Исходным материалом для проведения исследования являются отвальные хвосты с хвостохранилищ медных обогатительных фабрик. Технологическая схема переработки медных руд является типовой и включает: дробление, мокрое измельчение, основную медную и контрольную флотации, а также перечистки медного концентрата. Получаемый медный концентрат является кондиционным и направляется на дальнейшую металлургическую переработку с получением товарного металла. Камерный продукт контрольной медной флотации является отвальными хвостами и после сгущения направляется для складирования в хвостохранилище. В результате обогащения медных руд получают кондиционные концентраты с содержанием меди не менее 15% (марка КМ7) и выше. А получаемые отвальные хвосты содержат ~0,10-0,40% меди.

Ценными компонентами в хвостах помимо меди являются золото, серебро, свинец и цинк, которые могут быть попутно извлечены. Основная же часть хвостов представлена порообразующими минералами, в состав которых входят диоксид кремния, оксиды магния, кальция, алюминия и т.д. Железо может присутствовать в виде сульфидов (пирит, пирротин) или оксидов железа (магнетит, гематит и т.д.). Таким образом, медные хвосты, представляя промышленный интерес как сырье для вторичной переработки.

Цель исследования. Испытание различных собирателей по флотационной схеме переработки лежалых медных хвостов обогатительных фабрик для повышения технологических показателей получаемого медного концентрата, пригодного для дальнейшей гидрометаллургической переработки. Исследование проводилось в рамках проведения исследований по программе «Создание инновационных ресурсосберегающих технологий добычи и комплексной переработки минерального и техногенного сырья».

Материалы и методы исследований. Проведены лабораторные исследования по флотации отвальных медных хвостов с подбором оптимальной степени измельчения, pH флотации и расходов флотационных реагентов. В качестве сульфидизатора применялся сернистый натрий (Na_2S). Испытаны следующие собиратели медных минералов: бутиловый ксантогенат калия, амиловый ксантогенат калия, этиловый ксантогенат натрия, бутиловый аэрофлот, Aerophine 3418A, AERO 3894, AERO MX 3715 (компании Syensqo), а также сочетания реагентов AERO 9863, AERO 3894, AERO MX 3715, AERO 400 с бутиловым ксантогенатом калия. На подобранном собирателе проведены флотационные испытания по целесообразности применения депрессора пустой породы (Na_2SiO_3 , AERO 650) и активатора медных минералов (CuSO_4). Схема проведения опытов представлена на рисунке 1.

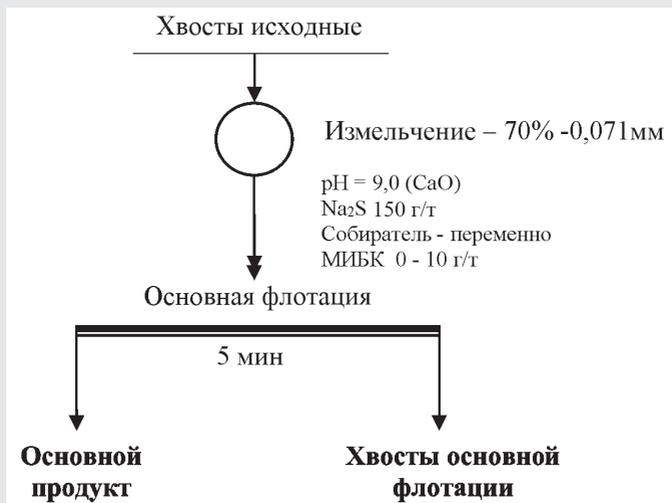


Рисунок 1 – Схема проведения опытов

Результаты исследований и обсуждения. В ходе изучения вещественного состава исходного материала определены содержания основных элементов (таблица 1): золота – 0,04 г/т, серебра – 0,55 г/т, меди – 0,20%, свинца – 0,05%, цинка – 0,25%, железа общего – 6,01%, серы общей – 0,90%, кремния – 30,82%, алюминия – 2,52%, магния – 0,51, кальция – 3,60%, марганца – 0,11%.

Таблица 1 – Химический и пробирный анализ исходной пробы хвостов

Элементы и соединения	Au, г/т	Ag, г/т	Cu	Pb	Zn	Fe	S	Si	Al	Mg	Ca	Mn
Содержание, %	0,04	0,55	0,20	0,05	0,25	6,01	0,90	30,82	2,52	0,51	3,60	0,11

По результатам фазового анализа следует, что медь на 58,75% представлена сульфидными и 41,25% окисленными минералами. В свою очередь сульфидные минералы представлены первичными (18,97%) и вторичными минералами (39,78%), а окисленные минералы – хризокolloй (18,94%) и малахитом (22,31%). Исходя из соотношения сульфидных и окисленных минералов меди исследуемую пробу хвостов можно отнести к смешанному типу.

Опытным путем подобраны оптимальные условия основной флотации: степень измельчения исходного материала – 70% класса минус 0,071 мм, значение pH пульпы 9,0, расход сульфидизатора Na_2S – 150 г/т. В качестве пенообразователя применялся метил изобутил карбинол (МИБК). Время флотации во всех опытах составляет 5 минут. По схеме, представленной на рисунке 1, проведены испытания различных собирателей, результаты которых приведены на рисунке 2. Наилучшие результаты по серии опытов для каждого собирателя приведены в таблице 2.

Согласно результатам опытов наибольшее качество основного продукта (содержание меди 4,22%) достигнуто с применением бутилового ксантогената калия (расход 70 г/т). При этом извлечение меди в основной продукт составило 53,26%, выход продукта – 2,63%, а коэффициент эффективности составил 50,74%.

Максимальное извлечение меди в основной продукт (59,17%) получено при совместном использовании AERO 9863 - 15 г/т с бу-

тиловым ксантогенатом калия - 70 г/т. При этом содержание меди в основном продукте составило 2,65%, выход продукта – 4,49%, а коэффициент эффективности - 54,79%. Данное сочетание собирателей выбрано как оптимальное для флотации медных минералов из исходных хвостов.

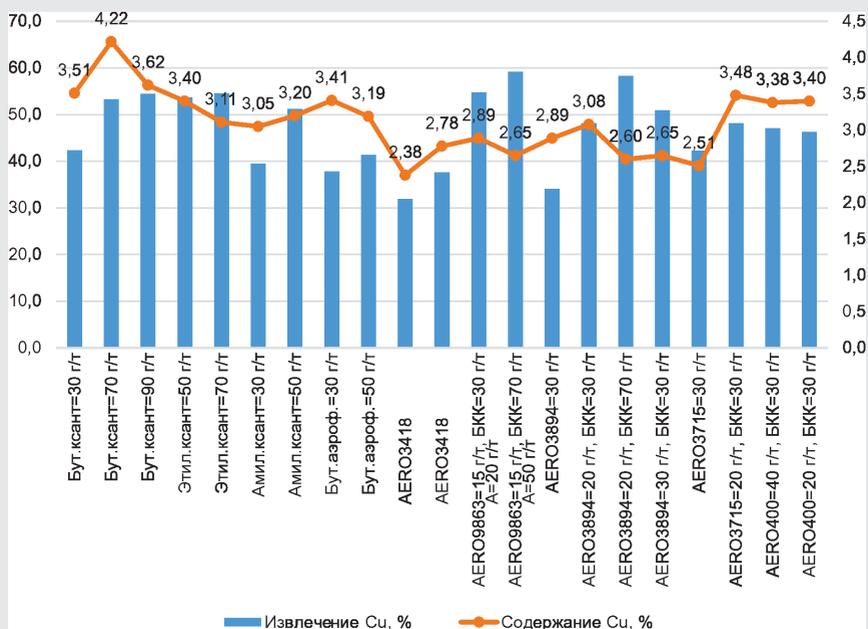


Рисунок 2 – Результаты опытов с различными собирателями

Таблица 2 – Сводные результаты опытов для каждой серии собирателя

Наименование и расход собирателя, г/т	Продукты	Выход, %	Содержание меди, %	Извлечение меди, %	Кoeff-т эфф-ти, %
Бут. ксант. – 70	Основной пр-т	2,63	4,22	53,26	50,74
	Хвосты фл-ции	97,37	0,10	46,74	
	Исх. хвосты	100,00	0,21	100,00	

Этил. ксант. – 70	Основной пр-т	3,54	3,11	54,59	51,15
	Хвосты фл-ции	96,46	0,10	45,41	
	Исх. хвосты	100,00	0,20	100,00	
Амил. ксант. – 50	Основной пр-т	3,24	3,20	51,24	48,10
	Хвосты фл-ции	96,76	0,10	48,76	
	Исх. хвосты	100,00	0,20	100,00	
Бут. аэрофлот – 50	Основной пр-т	2,58	3,19	41,32	38,82
	Хвосты фл-ции	97,42	0,12	58,68	
	Исх. хвосты	100,00	0,20	100,00	
AERO 3418A – 50	Основной пр-т	2,74	2,78	37,61	34,94
	Хвосты фл-ции	97,26	0,13	62,39	
	Исх. хвосты	100,00	0,20	100,00	
AERO 9863 – 15Бут.ксант. – 70	Основной пр-т	4,49	2,65	59,17	54,79
	Хвосты фл-ции	95,51	0,09	40,83	
	Исх. хвосты	100,00	0,20	100,00	
AERO 3894 – 20Бут.ксант. – 70	Основной пр-т	4,62	2,60	58,33	53,82
	Хвосты фл-ции	95,38	0,09	41,67	
	Исх. хвосты	100,00	0,21	100,00	
AERO MX 3715 – 20Бут. ксант. – 30	Основной пр-т	2,85	3,48	48,13	45,37
	Хвосты фл-ции	97,15	0,11	51,87	
	Исх. хвосты	100,00	0,21	100,00	

AERO 400 – 20Бут.ксант. – 30	Основной пр-т	2,71	3,40	46,26	43,64
	Хвосты фл-ции	97,29	0,11	53,74	
	Исх. хвосты	100,00	0,20	100,00	

Из результатов химического анализа установлено, что в основном медном продукте содержание кремния составляет – 10,24%, кальция – 2,67%, магния – 0,39%. Для снижения их содержания проведены исследования по целесообразности применения депрессоров пустой породы в основной флотации. В качестве депрессоров пустой породы испытаны жидкое стекло (Na_2SiO_3) и AERO 650 (компании «Syensqo»). Также проведены испытания с добавлением активатора флотации сульфидных минералов – медного купороса (CuSO_4). Известно, что основное влияние на адсорбцию собирателя поверхностью медных минералов оказывает катион меди. Поэтому, чем больше на поверхности минерала находится атомов меди, тем выше адсорбционная активность и тем больше флотируемость [7]. С этой целью было испытано добавление медного купороса. Результаты опытов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты по целесообразности применения депрессора и активатора

Наименование и расход реагентов, г/т	Продукты	Выход, %	Содержание меди, %	Извлечение меди, %	Кэфф-т эфф-ти, %
Базовый опыт	Основной пр-т	4,49	2,65	59,17	54,79
	Хвосты фл-ции	95,51	0,09	40,83	
	Исх. хвосты	100,00	0,20	100,00	
С добавлением депрессора пустой породы					
Na_2SiO_3 – 100	Основной пр-т	5,08	2,22	54,31	49,33
	Хвосты фл-ции	94,92	0,10	45,69	
	Исх. хвосты	100,00	0,21	100,00	

Na ₂ SiO ₃ – 150	Основной пр-т	5,08	2,23	54,42	49,44
	Хвосты фл-ции	94,92	0,10	45,58	
	Исх. хвосты	100,00	0,21	100,00	
AERO 650 – 100	Основной пр-т	5,13	2,37	57,44	52,42
	Хвосты фл-ции	94,87	0,095	42,56	
	Исх. хвосты	100,00	0,21	100,00	
AERO 650 – 150	Основной пр-т	4,46	2,47	53,57	49,21
	Хвосты фл-ции	95,54	0,10	46,43	
	Исх. хвосты	100,00	0,21	100,00	
С добавлением активатора медных минералов					
CuSO ₄ – 100	Основной пр-т	5,13	2,21	54,44	49,41
	Хвосты фл-ции	94,87	0,10	45,56	
	Исх. хвосты	100,00	0,21	100,00	
CuSO ₄ – 200	Основной пр-т	4,96	1,92	47,67	42,80
	Хвосты фл-ции	95,04	0,11	52,33	
	Исх. хвосты	100,00	0,20	100,00	

Согласно полученным результатам, применение депрессоров Na₂SiO₃ и AERO 650 в основной медной флотации не оказывает положительного эффекта на повышение технологических показателей флотации. Добавление медного купороса в основную флотацию также не повышает извлечения меди в основной продукт. Следовательно, подача депрессора и активатора в основную флотацию малоэффективна.

Вывод. Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что наиболее селективным собирателем для

флотации медных минералов из хвостов обогатительной фабрики является бутиловый ксантогенат, позволяющий получить наибольшее качество медного концентрата. При этом для повышения извлечения меди в концентрат наилучшие результаты показала совместная подача собирателей: AERO 9863 и бутилового ксантогената. Расход реагентов составил AERO 9863 – 15 г/т, бутилового ксантогената – 70 г/т. При этом добавление депрессора пустой породы и активатора сульфидных минералов не повышает флотационные показатели. Качество полученного продукта после 5 мин. основной флотации медных хвостов составило 2,65%, выход продукта – 4,49%, извлечение меди – 59,17%.

Источник финансирования исследований. Данное исследование финансируется Комитетом промышленности Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан в рамках целевого финансирования научных исследований на 2024-2026 годы, BR23991563: «Создание инновационных ресурсосберегающих технологий для добычи и комплексной переработки минерального и техногенного сырья».

Список литературы/References

- 1 Перспективы освоения техногенных минеральных образований Казахстана. «Добывающая промышленность. Центральная Азия». <https://dprom.kz/> <https://dprom.kz/pererabotka/tyehnoyenyiye-meenyeralniye-obrazovaneeya-rk/> 23.08.2023.
- 2 *Сабеков С.* Сколько опасных отходов накопилось в РК. «Международное информационное агентство «Казинформ» https://www.inform.kz/ru/skol-kopasnyh-othodov-nakopilos-v-rk_a4004554 21.11.2022
- 3 *Golik V.I., Dmitrak Yu.V., Komashchenko V.I., Razorenov Yu.I.* Ecological aspects of ore tailings storage in the mining region // Ecology and industry of Russia. – 2018. – Vol. 22. – №6. – PP. 35-39.
- 4 *Li G., Zhou Q., Zhu Z., Luo J., Rao M., Peng Z., Jiang T.* Selective leaching of nickel and cobalt from limonitic laterite using phosphoric acid: An alternative for value-added processing of laterite // Journal of Cleaner Production. – 2018. – №189. – PP. 620-626.
- 5 *Душин А.В., Валиев Н.Г., Лагунова Ю. А., Шорин А.Г.* Уральский горный университет и Московский горный университет: взаимодействие вузов. // Горный журнал. – 2018. – №4. – С. 4-10.
- 6 *Александрова Т.Н.* Комплексная и глубокая переработка минерального сырья природного и техногенного происхождения: состояние и перспективы // Записки Горного института. – 2022. – № 256. – С. 503–504.
- 7 *Абрамов А.А.* Технология обогащения окисленных и смешанных руд цветных металлов. – М. Недра, 1986.

ПИЩЕВАЯ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

IRSTI 65.35.33

https://doi.org/10.53939/1560-5655_2026_1_69

**Mukhamadiev B.T.¹, Mirzaeva Sh.U.²,
Razhabova G.A.², Khalilova F.M.²**

¹Bukhara State Technical University, Bukhara c., Uzbekistan

²Bukhara State University, Bukhara c., Uzbekistan

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES AND ORGANOLEPTIC CHARACTERISTICS OF LODGES FROM FIG FRUITS (*Ficus carica* L.)

Abstract. Fig fruits (*Ficus carica* L.), also known as the fig tree, is fruit subtropical A deciduous plant that is widely consumed as food in many countries, figs have a wide range of culinary uses, being consumed fresh, dried, candied, and candied. Their inclusion in the diet is characteristic of the Mediterranean diet, which is recognized as one of the healthiest diets and is associated with an increased lifespan. Due to the short shelf life of ripe figs, their production or processing into a new end product, such as pastilles, could contribute to the use and popularization of this tropical fruit and provide a wide range of products. Therefore, the aim of this study was to develop fig pastilles and determine the physicochemical properties and sensory characteristics of fig pastilles. A total of six pastille formulations were developed, based on different amounts of added fig puree (10%, 12%, 14%, 16%, 18%, and 20% fig puree). Texture profile, water activity, total soluble solids, color, pH, moisture, ash, fiber, and antioxidant activity were analyzed. The results showed that Formulation F (20% fig puree) demonstrated the highest moisture (18.59%), ash (2.43%), fiber (2.65%), and antioxidant activity (36.58%) values. The production of this product will be in high demand in the international functional food market, since no synthetic preservatives or artificial colors were used. The fig pastilles were successfully developed and are brownish-orange in color, round in shape, 1.0-1.2 cm in diameter, and weigh approximately 1.2-1.5 g. Formulation B (12% fig fruit puree) has a Brix value of 62.7^o at a pH of 4.3, a sweet taste, and a water activity of 0.54. Color analysis revealed L* (59.76), a* (23.71), and b* (34.33) values, which gave the fig fruit pastilles a brownish-orange color. Composition B (12% fig fruit puree) was highly rated by tasters and retained its good texture and color after refrigeration for two months at temperatures below 18°C. Thus, the analysis showed that the physicochemical properties of the resulting fig fruit pastilles were improved, they were rich in antioxidants, and received the approval of the

tasters. Therefore, figs may be a potential natural ingredient for the production of pastilles, promoting their use in the food industry.

Keywords: Fig fruits, dry matter, pastille, antioxidants, physicochemical properties, sensory characteristics, formulation, moisture, fiber, water activity.

Introduction. Fruits play an important role in human health, providing protection against the effects of high levels of free radicals and supporting the digestive system. They also contain numerous antioxidants, such as vitamin C, polyphenols, and carotenoids.

For those who care about their health, figs are an indispensable food. They provide the body with essential minerals, vitamins, and dietary fiber without adding excess fat or cholesterol. Their unique amino acid profile further enhances their nutritional value.

Figs stand out for their rich nutritional composition. They are an outstanding source of phenolic compounds such as proanthocyanidins, surpassing even such well-known beverages as red wine and tea. Furthermore, figs exhibit higher fiber, potassium, calcium, and iron content compared to common fruits, including bananas, grapes, oranges, strawberries, and apples. Figs contain up to 88.9% of their dry matter, 20% of sugars, 0.5% of organic acids, and 2.8% of ascorbic acid.

Overall, over the past decade, there has been a trend toward increasing the use of plant genetic resources for the food industry and agriculture in crop improvement research. Worldwide, including fruit improvement through the selection of superior genotypes from existing local varieties. Although figs are not as popular as other climacteric fruits, their potential in the food industry is undeniable. Rapid softening of the fruit is primarily the result of the high activity of several oxidative enzymes and the release of ethylene. Rapid ripening is characterized by a significant increase in respiration products and ethylene, making the storage and sale of this fruit very challenging. Due to the short shelf life of ripe figs, one alternative method for preserving their health and nutritional value is to manufacture or process them into a new end product, such as fig pastilles. The development of fig pastilles that maximize the use of figs is essential for popularizing this fruit and providing a variety of healthy food products [1].

Gott (1985) noted that pastilles are products made by reducing sugar to the desired state and then kneading it through the interaction of sugar

syrup and colloidal materials. They are characterized as softer than gums, but not as soft as jellies. As people have become aware of the importance of consuming natural foods, they are seeking products that are processed but retain their nutrients. One such nutrient-dense product is pastilles. Research into producing pastilles using local fruits is expected to lead to the creation of healthier candy-like products. Products containing natural fruits, instead of products high in sugar, artificial colors and flavors, and other food additives that can have long-term negative effects on the human body. Furthermore, the research has great potential to increase the diversity of natural products on the market. It will also provide additional nutritional benefits to consumers without losing the physical properties of lozenges, which have a sticky texture.

Figs are rich in flavonoids, particularly leuco- and anthocyanins. These substances strengthen blood vessel walls, making them less permeable and fragile. Flavonoids also have a wide range of beneficial properties: they protect against oxidation, radiation, tumor development, and inflammation, relieve spasms, lower blood pressure, and fight bacteria. Regular consumption of figs, which contain these compounds, significantly reduces the risk of cardiovascular disease. Furthermore, flavonoids help the body cope with foreign substances. The recommended daily intake of flavonoids for adults is 250 mg, and for children aged 7 to 18, 150 to 250 mg. Just 63 grams of figs covers the daily flavonoid requirement for adults. Importantly, flavonoids work best in combination with vitamin C (ascorbic acid), which they protect from destruction. Vitamin C, in turn, plays a key role in metabolism, including lipid metabolism, and influences blood health. Therefore, **the aim of this study** was to produce fig-containing lozenges and determine the physicochemical properties and organoleptic acceptability of the product [2-5].

Materials and methods of Research.

1 *Materials*: Fruit Figs were collected in the Bukhara region (Uzbekistan). The fruits were washed, peeled, and blanched and pureed in a mechanical food processor. The fig puree was packaged in plastic wrap, sealed, and stored at -21°C.

Frozen fig puree was thawed at 4°C for production

Fig lozenges. Fig puree, glucose syrup, sorbitol, and gelatin were primarily used to produce fig lozenges. The starch coating for the lozenges was prepared from corn flour. Six recipes and one control were prepared based on the ratios of each of the different recipes (Table 1).

Table 1 - Composition of fig pastille

Ingredients	A	B	C	D	E	F
Fig puree	10	12	14	16	18	20
Gelatin	15	13	11	9	7	5
Sorbitol	20	20	20	20	20	20
Glucose syrup	30	30	30	30	30	30
Stabilizer, emulsifier	14	14	14	14	14	14
Water	7	7	7	7	7	7
Corn flour	3	3	3	3	3	3
Citric acid	1	1	1	1	1	1
General (%)	100	100	100	100	100	100
Exit	200 g					
Brix value (dry matter)	62.5°	62.7°	63.6°	61.1°	67.3°	63.6°

2 Preparation of fig fruit lozenges:

Ripe figs were washed to remove any debris or impurities before rinsing with tap water and then simmered for 5 minutes. To make fig pastilles, an emulsifier solution was prepared by diluting the powder in water at a ratio of 1:70. Sorbitol and glucose were heated to 120°C and cooled to 75°C, after which the stabilizer solution and cornstarch were added to the sorbitol and glucose syrup mixture. Gelatin was dissolved in warm water (less than 50°C), then added to the previous mixture, followed by the fig puree.

The mixture was then boiled for 10 minutes, achieving a Brix reading of 60°Brix. Citric acid was then added to the cooled mixture (60°C). Finally, the mixtures were formed into round shapes using a press. The formed pastilles were dried in an electric dehydrator at 45°C for 4 hours.

3 Chemical analysis:

The moisture, ash, fat, fiber, and crude protein contents of fig pastilles were determined according to standard procedures. All analyses were performed in triplicate.

3.1 Determination of antioxidant capacity using 2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl hydrate assay

An approximately 0.1 ml methanol solution was prepared by dissolving 1.9 mg of the reagent in 100 ml of methanol. The mixture was allowed to

react by incubation in the dark. A 4 ml aliquot of this solution was added to 10 ml of diluted extracts (50 mg of sample in 100 ml of distilled water), 10 ml of distilled water (control), and 10 ml of a standard solution of ascorbic acid, α -tocopherol, and butylated hydroxytoluene. The entire prepared mixture was then allowed to incubate in the dark at room temperature for 60 min. The absorbance was then measured at 517 nm using a UV spectrophotometer.

3.2 Analysis of the results of the study on the caloric content of fig pastilles

The caloric content of fig marshmallow was determined using bomb calorimetry after pre-drying the samples to constant weight. The study was conducted in triplicate, ensuring the reliability of the results.

Based on measurements, the average energy value of fig pastilla is 245–265 kcal per 100 g of product. The range of values is explained by differences in the moisture content of the raw materials and the content of natural sugars.

The high calorie content of pastilla is due to:

- significant content of carbohydrates (mainly fructose and glucose)
- the presence of dietary fiber
- concentration of dry matter after the drying process.

Compared to fresh figs, the energy value of pastilla increases by 2.5-3 times, due to the removal of moisture and the concentration of organic matter. At the same time, the calorie content of fig pastilla remains lower than that of sugar- and fat-based confectionery products, making the product preferable from a nutritional standpoint.

The obtained data indicate that fig pastille can be considered as a natural high-energy product, recommended for the nutrition of individuals with increased energy expenditure, as well as a functional product when consumed in moderation.

The results of the study are consistent with the literature data presented in the works of domestic and foreign authors who studied the caloric content of fruit pastilles and dried fruits [6].

4 *Physical analysis*

4.1 pH

Fig lozenges were prepared by thoroughly mixing and homogenizing approximately 5 g of fig lozenges with 20 ml of distilled water. Before analysis, the pH meter was calibrated using standard buffer solutions of pH 7.0 and pH 4.0. The sample was placed in a beaker with enough liquid to cover the tip for the most accurate reading. The pH value was recorded,

after which the electrode was removed from the sample. The pH meter was rinsed with distilled water and then blotted with a paper towel. The probe was then placed in a buffer solution of pH 7.0.

4.2 Total Soluble Solids Analysis

Brix was determined to measure evaporation and concentration to assess the firmness of foods. This is based on the principle that light entering a prism has a unique characteristic. This characteristic is represented by a value on a scale in units known as °Brix.

The homogenized fig puree was filtered through Whatman No. 1 filter paper and a digital refractometer was used to evaluate the filtered contents.

4.3 Color profile analysis

A chromameter was used to determine the color of the fig lozenges. Minolta CR 300 (Japan). The instrument was calibrated using a white calibration plate before beginning the process. Fig pastilles were crushed and placed on the measuring plate until they covered the entire plate before reading the data. This was done to prevent errors in readings.

4.4 Water activity analysis

Free moisture or water activity is the water available to support micro-biological growth in a food product.

Two grams of sample were crushed into small pieces, placed in a disposable cup and placed in the sample compartment of the water activity meter, and then analyzed.

An infrared beam focused on a tiny mirror determined the dew point, after which the data was extracted and the water activity value was recorded.

4.5 Texture analysis

The analysis was carried out using the texture analyzer. Plus (Stable Microsystems (UK) was used to determine the hardness, elasticity, cohesivity, stickiness, chewiness, and elasticity of fig pastilles based on mechanical properties. The material was subjected to a controlled force along a stress-strain curve. The specimen was centered under the probe of a 3-point bending machine until the probe contacted the specimen. The stress-strain curves were then recorded.

4.6 Sensory analysis

The sensory evaluation session was conducted using a 7-point hedonic scale (higher scores indicate better quality attributes; 1 = strongly dislike, 7 = strongly like). The color, texture, flavor, and overall accepta-

bility of the fig pastilles were assessed. All attributes were independently rated by five untrained tasters based on their similarity. The sample was packaged and coded with a three-digit code. The average score for each attribute was reported.

5 Statistical analyses

All results of chemical analysis, physical analysis, and sensory evaluation were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and Fisher's multiple comparison test. Significant differences ($p < 0.05$) were further analyzed, and data with $p < 0.05$ were considered significant. Data were analyzed using MatLab / Simulink software, and full-factorial design of experiments and process optimization methods using response surface methodology were applied. Surface Methodology), and all data obtained were presented as mean \pm standard deviation [7].

Results and discussion

1 Development of fig lozenges

Fig lozenges (*Ficus carica* L.) have been successfully developed, having a round shape with a diameter of 1.0-1.2 cm, weighing approximately 1.2-1.5 g (Figure 1).

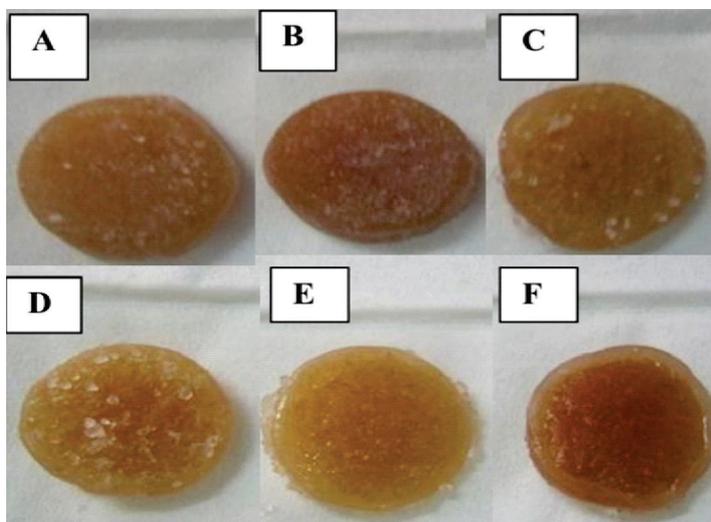


Figure 1 – Fig pastille recipes:

- A) 10% fig puree, B) 12% fig puree, C) 14% fig puree, D) 16% fig puree,
E) 18% fig puree, F) 20% fig puree

Uneven diameter and weight were caused by manually spreading the

cornstarch, which acts as a pastille mold, on the dehydrator trays, and by manually punching holes in the flour. Azuan and colleagues (2020) hypothesized that increasing the size of the plant-based product would ultimately lead to an increase in the product's size. This may be due to the interaction of the puree with other ingredients in the study's formulation.

2 Chemical analysis:

2.1 Moisture content

From a food quality perspective, the moisture content of a food sample, especially in pastilles, is important because it affects the freshness, shelf life, and resistance to spoilage of the product.

Lees and Jackson (1973) noted that a broad class of confectionery products includes chewing gums, jellies, and pastilles, which can be produced with many interesting variations. Table 2 shows that the moisture level for all fig pastille formulations was less than 20%. If the moisture percentage exceeds 20%, the shelf life of the pastilles may be reduced. Formulation F (20% fig puree) has the highest moisture content among the six formulations, which is 18.59%, which is significantly different ($P < 0.05$) compared to other formulations. This is likely due to the high fig puree content of 20%, since the moisture content of raw figs was 70.07% (Ahmed et al., 2011). The safe moisture content for pastilles ranges from 12% to 18% (Razak, 2013). All formulations are kept within the safe moisture content range by using sorbitol, which protects the lozenges from moisture loss [8,9].

2.2 Ash content:

Formula F (20% fig puree) showed a significantly higher ($P < 0.05$) ash content (2.42%) among the six formulas, compared to the lowest ash content in Formula A (1.77%). The data show that the higher the percentage of fig puree used in the pastille formula, the higher the ash content.

Ash consists of accumulated minerals after high-temperature combustion (over 500°C) in a muffle furnace. The data correspond to the National Nutrient Database of the international GOST standard, which cites: raw figs contain 20.3 g of carbohydrates, 0.7–1.6 g of protein, 0.2–0.4 g total fat and 5.3 g dietary fiber.

2.3 Crude fiber content:

Formulation F (20% fig puree) (2.65%) had significantly the highest ($P < 0.05$) fiber content among the six formulations, while the lowest fiber content was found in formulation A (0.43%). The more fig puree included in the pastilles, the higher the fiber content. 100 g of fresh figs contained 14% of the dietary fiber (USDA, 2013). Since Formulation F used 20% fig

puree, the resulting fiber content seemed reasonable. In contrast, Prase-tiovati et al. (2014) reported that the fiber content of the pastille samples was not significantly affected by the formulation used, but a combination of carrot and emulsifier was used instead of fig puree and gelatin.

2.4 Antioxidant activity using 2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl hydrate

The radical scavenging activity of fig puree is shown in Table 2. Antioxi-dant activity was used because it is a stable free radical that accepts an electron or hydrogen radical, becoming a stable diamagnetic molecule. To assess the amount of antioxidant retained in fig pastilles, its radical scavenging activity was tested.

Formulation F (20% fig puree) showed significantly ($P<0.05$) the high-est radical scavenging activity (36.58%) among the six formulations pro-duced, which was comparable to that used (positive standard) (31.7%).

Although the reference antioxidant activity value is lower than that of Pastille F, the comparison is still reliable. The higher the free radical scavenging activity, the better the product retains its antioxidant content. Similarly, Concha-Meyer et al. (2016) reported adding strawberries and kiwi to improve the antioxidant activity of fruit pastilles. The resulting in-crease in free radical scavenging activity can be attributed to the content of phenolic compounds, which improved the antioxidant properties of fig puree [10].

2.5 Water activity:

Water activity reflects the energetic state of water in a food system, providing valuable information about microbial spoilage, chemical stabil-ity, and physical stability. Most products with a water activity above 0.95 will provide sufficient moisture to support the growth of bacteria, yeasts, and molds. Water activity in food products should be controlled at 0.85 or below in the finished product. Table 2 shows that all fig pastille samples had water activity values less than 0.85. Formulation F (20% fig puree) showed the highest water activity value of 0.81 ± 0.01 and was significantly different from formulations A, B, C, and D ($p<0.05$). The results showed that moisture content increased with increasing amounts of fig puree in the formulations, while water activity decreased with increasing gelatin concentration [10-15]. The data are consistent with studies noting an in-crease in water activity in mulberry pastilles as the amount of mulberry in the pastille formulation increased. Moisture content and water activity are interrelated, and a clear understanding of the relationship between these two parameters, called the moisture sorption isotherm, is complex and unique to each type of food product.

3 *Physical analysis:*

3.1 Total soluble solids:

Total soluble solids ($^{\circ}$ Brix) is used to measure evaporation and concentration to assess the firmness, sweetness, and texture of final products. The data showed somewhat similar total soluble solids values of 60.5 to 67.3 $^{\circ}$ Brix for all recipes. The same amount of sweetener – 60 g for glucose syrup and 40 g for sorbitol – in all fig lozenge recipes explains why the values showed no significant differences.

3.2 Color analysis:

The effect of adding fig puree on color change in gelatin lozenges. Color is one of the most important quality indicators of lozenge products, as it directly influences consumer perception of the product. This study examined the effect of adding fig puree to gelatin-based lozenges on the color characteristics of the finished product.

It was found that with an increase in the proportion of fig puree in the recipe, the color of the pastille's changes from light yellow to light brown and amber. This change is due to the natural color of the fig, as well as the presence of phenolic compounds, sugars, and pigments, which affect the color saturation.

During heat treatment of the mixture and the drying process, non-enzymatic browning occurs due to Maillard reactions between the reducing sugars of the figs and the amino groups of the gelatin. This process intensifies the color of the pastilles, especially with a high fruit puree content.

Furthermore, the addition of fig puree reduces lightness (L^*) and increases yellowness (b^*), resulting in a more saturated and natural color. However, pastilles without added puree are characterized by a paler and less pronounced color, which reduces their organoleptic appeal.

It should be noted that a moderate amount of fig puree ensures a uniform color of the product without signs of excessive darkening, whereas an excessive amount can lead to an excessively dark color, perceived by the consumer as a sign of overheating or deterioration in quality.

Thus, the addition of fig puree has a significant impact on the color formation of gelatin pastilles, improving their appearance and giving the product a natural color without the use of artificial colors.

Adding fig puree to gelatin-based pastilles helps alter the color of the finished product, enhancing its richness and naturalness. The optimal fig puree content allows for the production of pastilles with an attractive color and stable consumer properties.

3.3 Texture profile analysis:

The complexity of eating, or even chewing, places high demands on texture measurement instruments. Ideally, one would want to measure the structure, displacement, and force acting on the object. Texture is a complex property determined by the structure, shape, chemical composition, viscosity, and other physical properties of the product (Shchesnyak, 2002). The overall results of texture profile analysis for fig pastilles were examined.

As a sensory property, hardness is defined as the force required to compress a substance between the molars or between the tongue and palate. The hardness value shows that formulation F (20% fig puree) had a significantly higher value ($p < 0.05$) compared to the other formulations. The high percentage of pectin-containing gelatin was harder than the low-pectin gelatin gels. The presence of pectin can shorten the gelatin network. Regarding elasticity, no significant differences were observed between the formulations ($p > 0.05$), as the amount of gelatin used in each formulation was 15% or less, which can be considered a low amount of gelatin. The presence of pectin in the fig puree is also one of the reasons why the results were not significantly altered. Formulations A (10% fig puree) and B (12% fig puree) showed high cohesivity values, but no significant differences were observed between the formulations ($p > 0.05$), as all lozenges had the same structure after compression and flattening with a moving probe. Formulation B (12% fig puree) had the highest cohesivity value and was significantly different from formulations C (14% fig puree), D (16% fig puree), E (18% fig puree), and F (20% fig puree). On the other hand, chewiness is defined as the time required to chew a sample at a constant rate of force to reduce its consistency to a state suitable for swallowing. Composition C has the highest chewiness value (6661.5 ± 132.7 g/mm), which differs significantly from compositions A (10% fig puree), E (18% fig puree), and F (20% fig puree) [16-18]. Springiness is a measure of how a sample recover from deformation depending on the speed and force of the impact. Composition C (14% fig puree) has the highest springiness value (0.48 ± 0.01) and differs significantly from the other compositions [19-21].

4 Sensory evaluations:

The paper presents the results of a sensory evaluation of fig pastilles by five untrained panelists. Four attributes were assessed: color, texture, flavor, and overall acceptability. These attributes are key sensory tools that can aid in investigating the nutritional or functional benefits of natural products. It is also important to highlight and enhance the sensory prop-

erties of products to ultimately attract consumer attention: no matter how healthy and nutritious a product is, if it does not appeal to its target end consumer, it is unlikely to succeed in today's market.

Regarding the color characteristics, all the recipes showed no significant differences: recipe E (18% fig puree) showed the highest score (5.82 ± 1.68), while recipe C (14% fig puree) showed the lowest (5.24 ± 1.81). The differences between the highest and lowest values are still comparable. The L^* , a^* , and b^* values obtained with a colorimeter also showed no differences in color, which had a brownish-orange tint for all recipes. Since gelatin is yellowish-orange and fig puree is dark brown, the brownish-orange color is the color of fig pastilles.

The texture of fig pastilles should not be too stringy or too sticky, as most panelists rated Formulation B (12% puree), which used 13% gelatin, highly (6.86 ± 1.74) and did not rate Formulation D (16% puree), which used 9% gelatin (4.54 ± 1.77). These results showed that panelists prefer to use half the amount of gelatin used in pastilles. Using a large amount of gelatin makes the texture of the pastilles too stringy, while using very little gelatin makes it less stringy. Texture has long been considered a secondary sensory attribute of food products. Texture is a sensory attribute that is a complex of parameters related to rheological properties.

The taste of fig pastilles is important because it is an indicator of repeat purchase; if the taste is unacceptable, the product cannot be commercialized. It is also found that formulation B (12% fig puree) has the highest taste score (5.74 ± 1.77), while the lowest taste score was observed in formulation D (16% fig puree) (4.5 ± 1.71). The overall quality assessment of fig pastilles is shown, where formulation B (12% fig puree) showed the best overall score (5.82 ± 1.79), while formulation C (14% fig puree) received the lowest score in the overall assessment (4.22 ± 1.69).

Conclusion. Fig lozenges of brownish-orange color, round shape with a diameter of 1.0-1.2 cm and a weight of approximately 1.2-1.5 g have been successfully developed.

Composition B (12% fig puree) has a Brix value of 62.7° at a pH of 4.3, a very sweet aftertaste and a water activity of 0.54.

In the color analysis, the L^* value was 59.76, the a^* value was 23.71, and the b^* value was 34.33, which caused the brownish-orange color of the chiku pastilles. The total soluble solids content of all formulations was at least 60° Brix and did not exceed 68° Brix. Formulation F showed the highest value in the four analyses as it contained the highest amount of fig

fruit puree (20% fig puree). The sensory evaluation showed that in terms of texture, taste, and overall acceptability among untrained tasters, the pastilles from Formulation B (12% fig puree) were the most acceptable. The results indicate that the highest overall quality rating of the pastilles is due to the addition of approximately 12% fig puree. Thus, fig fruits may be a potential natural ingredient for the production of lozenges, which promotes their use in the food industry.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest in conducting this study.

References

- 1 *Nuraliyev Yu.N.* Medicinal plants. Healing properties of fruits and vegetables. – Dushanbe: “Maorif”. – 1989. – 288 p.
- 2 *Pleshkov B.P.* Practical training in plant biochemistry. - Moscow: Kolos, 1985. - 256 p. 3. Processed fruit and vegetable products. Methods of analysis: collection of GOSTs. - Moscow: Publishing house of standards, 2002. - 200 p.
- 4 *Richter A.A.* Improving the quality of fruits of southern crops. – Simferopol: Tavria, 2001. – 426 p.
- 5 *Starostenko I.E., Belokurova E.S.* Processed fruit and vegetable products – sources of functional ingredients in baby food // Technical and technological problems of service.- 2015.- Issue 3 (33).- P. 24 - 27
- 6 *Khamurzaev S.M., Borzaev R.B., Anasov I.M., Tuntaev K.A.* Figs for processing // Bulletin of the Chechen State University. - 2017. - No. 2 (26). - P. 29 - 31.
- 7 Chemical composition of Russian food products: Handbook / Edited by I.M. Skurikhin, V.A. Tutelyan. – M.: DeLi print, 2002. – 236 p.
- 8 *Shlenskaya T.V., Antonova I.A.* On the issue of using figs in canned products for functional nutrition // Modern science: current problems and ways to solve them. - 2014. - No. 10. - P. 62 - 64.
- 9 *Al- Hameedawi A.M.S.* Evaluating some characters of leaves, physical and quality fruits of three Fig, *Ficus carica* L., cultivars of second crop that harvested at two maturity stages // Theoretical & applied science. – 2015. – Vol.3, No. 23. – P. 171 – 175.
- 10 *Bachir Bey M., Louaileche H.* A comparative study of phytochemical profile and in vitro antioxidant activities of dark and light dried fig (*Ficus carica* L.) varieties // The Journal of Phytopharmacology. – 2015. – Vol. 4, No. 1. – P. 41 – 48.
- 11 *Mawa S., Husain K., Jantan I.* *Ficus carica* L. (Moraceae): Phytochemistry, Traditional Uses and Biological Activities // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine Volume. – 2013. – <https://www.hindawi.com/journals/ecam/2013/974256/>
- 12 *Slavin JL* Figs: Past, Present, and Future // Nutrition Today. – 2006. – Vol.41, No. 4. – P. 180 – 184.

13 *Mirzaeva Sh. U., Muxamadiev B. T.*, Perspective Theoretical Foundations of the Extraction Process, Sulfur Dioxide Chemistry and Environmental Impact, 2024, IntechOpen.

14 *Gafurov K.X., Muxammadiyev B.T, Kuldosheva F.S.*, Obtaining extracts from plant raw materials using carbon dioxide, Food Science and Technology, Scientific and Production Journal Odessa, Vol. 14 No. 1 (2023), Web of science journal.

15 *Khalilov I., Abdullayeva F., Xodjiyeva N., Mirzaeva Sh.* Optimization of the process CO₂ - extraction of plant raw material, BIO Web of Conferences 141, 01030 (2024) AGRICULTURAL SCIENCE 2024.

16 *Mirzaeva Sh., Yuldoshov L., Xodjiyeva N.* CO₂ - extraction of glycyrrhizic acid from licorice root: optimization of extraction conditions using RSM, BIO Web Conferences 113, 01004 <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411301004>.

17 *Solomon A., Golubowicz S., Yablowicz Z., Grossman S., Bergman M., Gottlieb HE, Altman A., Kerem Z., Flaishman MA* Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.) // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2006. – Vol.4, No. 20. – P. 7717 – 7723.

18 *Trichopoulou A., Vasilopoulou E., Georga K., Soukara S., Dilis V.* Traditional foods: Why and how to sustain them // Trends in Food Science & Technology. – 2006. – Vol.17, No. 9. – P. 498 – 504.

15 *Malik N.H., Mohd Zin, Z., Abd Razak S.B., Ibrahi K. and Zainol M.K.* (2017). Antioxidant activity and flavonoids contents in leaves of selected Mangrove species in Setiu Wetland. Journal of Sustainability Science and Management, 3, 24-34.

19 *Peksel A., Celiki C., Ocal N. and Yanardag R.* (2013). Antioxidant and radical scavenging activities of some norcantharidin and bridged perhydroisoindole derivatives. Journal of Serbian Chemical Society, 78 (1) 15–25. <https://doi.org/10.2298/JSC120123036P>.

20 *Prasetyowati D. A., Widowati E. and Nursiwi A.* (2014). The effect of Arabic gum in addition to physicochemical and sensory properties of pineapple (*Pineapple comosus* L. Merr). Jurnal Technology Pertanian, 15(2), 139-148.

21 *Szczesniak A. S.* (2002). Texture is a sensory property. Food Quality and Preference, 13(4), 215–225. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8).

Мухамадиев Б.Т.¹, Мирзаева Ш.У.², Ражабова Г.А.², Халилова Ф.М.²

¹Бўқара мемлекеттік техникалық университети, Бўқара қ., Өзбекстан

² Бўқара мемлекеттік университети, Бўқара қ., Өзбекстан

ІНЖІР ЖЕМІСТЕРІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ ОРГАНО-ЛЕПТИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ (ІНЖІР (*Ficus carica* L.))

Түйіндеме. Інжір жемісі (*Ficus carica* L.), сондай-ақ інжір ағашы ретінде белгілі, көптеген елдерде кеңінен қолданылатын субтропикалық жапырақты өсімдіктің жемісі. Інжір жаңа піскен, кептірілген, консервіленген және кәмпиттер түрінде тұтынылатын тағам дайындауда кеңінен қолданылады. Оның диеталық

ға енуі денсаулыққа ең пайдалы және өмір сүру ұзақтығын арттырады деп танылған Жерорта теңізі диетасына тән.

Піскен інжір жемістерінің аз уақытқа ғана сақталуына байланысты оларды пастилкалар сияқты соңғы жаңа өнімге айналдыру немесе өңдеу осы тропикалық жемісті пайдалануға, танымал етуге және өнімнің кең ассортиментін қамтамасыз етуге көмектеседі. Сондықтан бұл зерттеудің мақсаты інжір пастилкаларын жасау және інжір пастилкаларының физикалық-химиялық қасиеттері мен сенсорлық сипаттамаларын анықтау болды. Інжір қосылған пюренің әртүрлі мөлшеріне негізделген барлығы алты пастилка рецепті әзірленді (10%, 12%, 14%, 16%, 18% және 20% інжір пюресі).

Текстуралық профиль, су белсенділігі, еритін қатты заттардың жалпы мазмұны, түс талдауы, рН, ылғал, күл, талшық мазмұны және антиоксиданттық белсенділік талдаулары жүргізілді. Нәтижелер F (20% інжір пюресі) формуласы ылғалдылықтың (18,59%), күлдің (2,43%), талшықтың (2,65%) және антиоксиданттық белсенділіктің (36,58%) ең жоғары мәндерін көрсетті. Синтетикалық консерванттар мен жасанды бояғыштар қолданылмағандықтан, бұл өнімді өндіру мүмкіндігі зор. Інжір пастилкалары сәтті жасалып, қоңыр-қызыл сары түсті, дөңгелек пішінді, диаметрі 1,0-1,2 см және салмағы шамамен 1,2-1,5 г болды. В құрамы (12% інжір пюресі) РН 4,3, тәтті дәмі мен су белсенділігі 0,54 Брикс 62, 7 ° көрсеткіштеріне ие. Түстерді талдау I* (59,76), a* (23,71) және b* (34,33) мәндерін көрсетті, олар қоңыр інжір ағашының жеміс пастилкаларына қоңыр-қызыл сары түсті берді.

В құрамы (12% інжір пюресі) дәм татушылар тарапынан жоғары бағаланды және тоңазытқышта 18°C-тан төмен температурада 2 ай сақтағаннан кейін де құрылымы мен түсін жақсы сақтап қалды. Осылайша, талдау нәтижесінде алынған інжір жемістерінің пастилкаларының физикалық-химиялық қасиеттері жақсарғанын, олар антиоксиданттарға бай екенін және дәм татушылар тарапынан мақұлданғанын көрсетті. Демек, інжір жемістері пастилаларды өндіру үшін әлеуетті табиғи ингредиент бола алады, бұл олардың тамақ өнеркәсібінде қолданылуына ықпал етеді.

Түйінді сөздер: інжір жемістері, құрғақ заттар, пастила, антиоксиданттар, физикалық-химиялық қасиеттері, органолептикалық сипаттамалары, құрамы, ылғалдылығы, талшықтары, су белсенділігі.

Мухамадиев Б.Т.¹, Мирзаева Ш.У.², Ражабова Г.А.², Халилова Ф.М.²

¹Бухарский государственный технический университет, г. Бухара, Узбекистан

²Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАСТИЛОК ИЗ ПЛОДОВ ИНЖИРА (*Ficus carica* L.)

Аннотация. Плоды Инжира (*Ficus carica* L.), также известные как смоковница – это фрукт субтропического листопадного растения, широко употребляемый в пищу во многих странах. Инжир находит широкое применение в кулинарии, будучи употребляемым в свежем, сушеном, консервированном и засахаренном виде. Его включение в рацион характерно для средиземноморской

диеты, которая признана одной из наиболее благоприятных для здоровья и ассоциируется с увеличением продолжительности жизни.

Из-за короткого периода хранения созревших плодов инжира, производство или переработка их в новый конечный продукт, такой как пастилки, может способствовать использованию и популяризации этого тропического фрукта и обеспечить широкий ассортимент продукции. Поэтому целью данного исследования было разработать пастилки из инжира и определить физико-химические свойства и сенсорные характеристики пастилок из инжира. Всего было разработано шесть рецептур пастилок, основанных на различном количестве добавленного пюре из инжира (10%, 12%, 14%, 16%, 18% и 20% пюре из инжира). Были проведены анализы профиля текстуры, активности воды, общего содержания растворимых сухих веществ, анализа цвета, pH, содержания влаги, золы, клетчатки и антиоксидантной активности. Результаты показали, что рецептура F (20% пюре из инжира) продемонстрировала самые высокие значения влажности (18,59 %), золы (2,43%), клетчатки (2,65%) и антиоксидантной активности (36,58%). Производство этого продукта весьма вероятно, поскольку не использовались синтетические консерванты и искусственные красители. Пастилки из инжира были успешно разработаны, имеют коричневато-оранжевый цвет, круглую форму, диаметр 1,0-1,2 см и весят приблизительно 1,2-1,5 г. Состав В (12% пюре из плодов инжира) имеет показатель Брикс 62,7^o при pH 4,3, сладкий привкус и активность воды 0,54. Анализ цвета показал значения L* (59,76), a* (23,71) и b* (34,33), которые придали пастилкам из плодов смоковницы коричневато-оранжевый цвет. Состав В (12% пюре из плодов инжира) был высоко оценен дегустаторами и сохранил свою хорошую текстуру и цвет после хранения в холодильнике в течение 2 месяцев при температуре ниже 18^oC. Таким образом, анализ показал, что физико-химические свойства полученных пастилок из плодов инжира улучшились, они оказались богатыми антиоксидантами и получили одобрение дегустаторов. Следовательно, плоды инжира могут стать потенциальным натуральным ингредиентом для производства пастилок, способствуя их использованию в пищевой промышленности.

Ключевые слова: Плоды инжира, сухие вещества, пастилла, антиоксиданты, физико-химические свойства, органолептические характеристики, рецептура, влажность, клетчатка, активность воды.

Information about the authors

Mukhamadiev Bakhodir Timurovich – PhD, Associate Professor, Department of Industrial Ecology, Bukhara State Technical University, Bukhara c., Uzbekistan, shohista.m@rambler.ru

Mirzaeva Shokhista Usmonovna – Doctor of Technical Sciences (PhD), Associate Professor, Department of Biotechnology and Food Safety, Bukhara State University, Bukhara c., Uzbekistan, shohista.m@rambler.ru

Rajabova Gulnur Atabek-kizi – Master's Student, Bukhara State University, Bukhara c., Uzbekistan, qilichqalam@gmail.com

Khalilova Feruza Mamatkulovna – Lecturer, Bukhara State University, Department of Biology, Bukhara c., Uzbekistan, ilkhom2002@yahoo.com

Авторлар туралы мәліметтер

Мухамадиев Баходир Тимурұлы – PhD, Бұқара мемлекеттік техникалық университетінің Өнеркәсіптік экология кафедрасының доценті, Бұқара қ, Өзбекстан, shohista.m@rambler.ru

Мирзаева Шохиста Усмоновна – техника ғылымдарының докторы (PhD), Бұқара мемлекеттік университетінің Биотехнология және тамақ қауіпсіздігі кафедрасының доценті, Бұқара қ, Өзбекстан, shohista.m@rambler.ru

Раджабова Гүлнұр Атабек-қызы – Бұқара мемлекеттік университетінің магистранты, Бұқара қ, Өзбекстан, qilichqalam@gmail.com

Халилова Феруза Маматқұловна – Бұқара мемлекеттік университетінің Биология кафедрасының оқытушысы, Бұқара қ, Өзбекстан, ilkhom2002@yahoo.com

Сведения об авторах

Мухамадиев Баходир Тимурович – кандидат биологических наук доцент кафедры Промышленная экология Бухарский государственный технический университет, г. Бухара, Узбекистан, shohista.m@rambler.ru

Мирзаева Шохиста Усмоновна – доктор технических наук (PhD), доцент кафедры Биотехнология и пищевая безопасность, Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан, shohista.m@rambler.ru

Ражабова Гулнур Атабек кизи – магистрантка Бухарского государственного университета, г. Бухара, Узбекистан, qilichqalam@gmail.com

Халилова Феруза Маматқұловна – преподаватель, Бухарский государственный университет, кафедра «Биология», г. Бухара, Узбекистан. ilkhom2002@yahoo.com

ПЕРЕВОД СТАТЬИ / МАҚАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ

Мухамадиев Б.Т.¹, Мирзаева Ш.У.², Ражабова, Г.А.², Халилова Ф.М.²

¹Бухарский государственный технический университет,
г. Бухара, Узбекистан

²Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАСТИЛОК ИЗ ПЛОДОВ ИНЖИРА (*Ficus carica* L.)

Аннотация. Плоды Инжира (*Ficus carica* L.), также известные как смоковница, – это фрукт субтропического листопадного растения, широко употребляемый в пищу во многих странах. Инжир находит широкое применение в кулинарии, будучи употребляемым в свежем, сушеном, консервированном и засахаренном виде. Его включение в рацион характерно для средиземноморской диеты, которая признана одной из наиболее благоприятных для здоровья и ассоциируется с увеличением продолжительности жизни.

Из-за короткого периода хранения созревших плодов инжира, производство или переработка их в новый конечный продукт, такой как пастилки, может способствовать использованию и популяризации этого тропического фрукта и обеспечить широкий ассортимент продукции. Поэтому целью данного исследования было разработать пастилки из инжира и определить физико-химические свойства и сенсорные характеристики пастилок из инжира. Всего было разработано шесть рецептур пастилок, основанных на различном количестве добавленного пюре из инжира (10%, 12%, 14%, 16%, 18% и 20% пюре из инжира). Были проведены анализы профиля текстуры, активности воды, общего содержания растворимых сухих веществ, анализа цвета, pH, содержания влаги, золы, клетчатки и антиоксидантной активности. Результаты показали, что рецептура F (20% пюре из инжира) продемонстрировала самые высокие значения влажности (18,59%), золы (2,43%), клетчатки (2,65%) и антиоксидантной активности (36,58%). Производство этого продукта весьма вероятно, поскольку не использовались синтетические консерванты и искусственные красители. Пастилки из инжира были успешно разработаны, имеют коричневато-оранжевый цвет, круглую форму, диаметр 1,0-1,2 см и весят приблизительно 1,2-1,5 г. Состав В (12% пюре из плодов инжира) имеет показатель Брикс 62,7° при pH 4,3, сладкий привкус и активность воды 0,54. Анализ цвета показал значения L^* (59,76), a^* (23,71) и b^* (34,33), которые придали пастилкам из плодов смоковницы коричневато-оранжевый цвет. Состав В (12% пюре из плодов инжира) был высоко оценен дегустаторами и сохранил свою хорошую текстуру и цвет после хранения в холодильнике в течение 2 месяцев при температуре ниже 18°C. Таким образом, анализ показал, что физико-химические свойства полученных пастилок из плодов

инжира улучшились, они оказались богатыми антиоксидантами и получили одобрение дегустаторов. Следовательно, плоды инжира могут стать потенциальным натуральным ингредиентом для производства пастилок, способствуя их использованию в пищевой промышленности.

Ключевые слова: Плоды инжира, сухие вещества, пастилла, антиоксиданты, физико-химические свойства, органолептические характеристики, рецептура, влажность, клетчатка, активность воды.

Введение. Фрукты играют важную роль в здоровье человека, обеспечивая защиту от воздействия высоких уровней свободных радикалов и помогая пищеварительной системе. Они также содержат множество антиоксидантов, таких как витамин С, полифенолы и каротиноиды.

Для тех, кто заботится о своём здоровье, инжир станет незаменимым продуктом. Он обеспечивает организм необходимыми минералами, витаминами и пищевыми волокнами, при этом не добавляя лишних жиров или холестерина. Его уникальный аминокислотный профиль дополнительно подчёркивает его питательную ценность.

Инжир выделяется своим богатым питательным составом. Он является выдающимся источником фенольных соединений, таких как проантоцианидины, превосходя по этому показателю даже такие известные напитки, как красное вино и чай. Помимо этого, инжир демонстрирует более высокое содержание клетчатки, калия, кальция и железа по сравнению с распространенными фруктами, включая бананы, виноград, апельсины, клубнику и яблоки. В сухом веществе инжира содержится до 88,9%, сахаров – 20%, органических кислот – 0,5%, аскорбиновой кислоты – 2,8%.

В целом, за последние десять лет наблюдается тенденция к увеличению использования генетических ресурсов растений для пищевой промышленности и сельского хозяйства в исследованиях по улучшению сельскохозяйственных культур в мире, включая улучшение плодов путем отбора превосходных генотипов из существующих местных сортов. Хотя плоды инжира не так популярны, как другие климатические фрукты, их потенциал в пищевой промышленности нельзя отрицать. Быстрое размягчение плодов в основном является результатом высокой активности нескольких окислительных ферментов и выделения этилена. Быстрое созревание характеризуется значительным увеличением продуктов дыхания и этилена, что делает очень сложным хранение и продажу этого фрукта. Из-за ко-

роткого времени хранения созревших плодов инжира, одним из альтернативных методов сохранения их полезности и питательных веществ является изготовление или переработка их в новый конечный продукт, например, в виде пастилок. Разработка пастилок из плодов инжира, максимально использующих плоды инжира, необходима для популяризации этого фрукта и обеспечения разнообразия полезных пищевых продуктов [1].

Готт (1985) отметил, что пастилки – это продукты, которые изготавливаются путем восстановления сахара до желаемого состояния, а затем разминаются в результате взаимодействия сахарного сиропа и коллоидных материалов. Они характеризуются как более мягкие, чем камеди, но не такие мягкие, как желе. Поскольку люди теперь осознали важность потребления натуральной пищи, они стремятся найти продукты, которые подвергаются обработке, но сохраняют свои питательные вещества. Одним из таких продуктов с высоким содержанием питательных веществ являются пастилки. Исследование производства пастилок с использованием местных фруктов, как ожидается, позволит создать более здоровые конфетоподобные продукты, содержащие натуральные фрукты, вместо продуктов с высоким содержанием сахара, искусственных красителей и ароматизаторов, и других пищевых добавок, которые могут оказывать долгосрочное негативное воздействие на организм человека. Кроме того, исследование имеет большой потенциал для увеличения разнообразия натуральных продуктов на рынке. Оно также обеспечит дополнительные питательные преимущества для потребителя, не теряя при этом физических свойств пастилок, которые имеют липкую текстуру.

Инжир богат флавоноидами, в частности лейко- и антоцианами. Эти вещества укрепляют стенки кровеносных сосудов, делая их менее проницаемыми и хрупкими. Флавоноиды также обладают широким спектром полезных свойств: они защищают от окисления, радиации, развития опухолей и воспалений, снимают спазмы, снижают давление и борются с бактериями. Регулярное употребление инжира, содержащего эти соединения, значительно снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, флавоноиды помогают организму справляться с чужеродными веществами. Для взрослых рекомендуется потреблять 250 мг флавоноидов в день, а для детей от 7 до 18 лет – от 150 до 250 мг. Всего 63 гр. инжира покрывают дневную норму флавоноидов для взрослых. Важно отметить, что

флавоноиды лучше работают вместе с витамином С (аскорбиновой кислотой), который они защищают от разрушения. Витамин С, в свою очередь, играет ключевую роль в обмене веществ, включая жировой, и влияет на состояние крови.

Цель данного исследования – производство пастилок, содержащих плоды инжира, и определение физико-химических свойств, а также органолептической приемлемости продукта [2-5].

2. Материалы и методы исследования.

1 Материалы:

Плоды инжира были собраны в Бухарской области (Узбекистан). Плоды измельчали в механическом кухонном комбайне после мойки, очистки и бланширования. Пюре из инжира было упаковано в полиэтиленовую пленку, герметично закрыто и хранилось при -21°C .

Замороженное пюре из инжира размораживали при 4°C для производства пастилок. В основном, для производства пастилок из инжира использовали пюре из плодов инжира, глюкозный сироп, сорбит и желатин. Крахмал для покрытия пастилок был приготовлен из кукурузной муки. Было приготовлено шесть рецептур и одна контрольная на основе соотношений каждой из различных рецептур (Таблица 1).

Таблица 1 - Состав инжирной пастилки

Ингредиенты	A	B	C	D	E	F
Пюре из инжира	10	12	14	16	18	20
Желатин	15	13	11	9	7	5
Сорбитол	20	20	20	20	20	20
Сироп глюкозы	30	30	30	30	30	30
Стабилизатор, эмульгатор	14	14	14	14	14	14
Вода	7	7	7	7	7	7
Кукурузная мука	3	3	3	3	3	3
Лимонная кислота	1	1	1	1	1	1
Общий (%)	100	100	100	100	100	100
Выход	200 гр					
Значение Брикса (сухие вещества)	62,5°	62,7°	63,6°	61,1°	67,3°	63,6°

2 Приготовление пастилок из плодов инжира:

Спелые плоды инжира промывали для удаления мусора или примесей перед промыванием водопроводной водой, а затем варили на медленном огне в течение 5 мин. Для приготовления пастилок из плодов инжира готовили раствор эмульгатора, разбавляя порошок в воде в соотношении 1:70. Сорбит и глюкозу нагревали до 120°C и охлаждали до 75°C, после чего добавляли раствор стабилизатора и кукурузный крахмал в смесь сорбита и глюкозного сиропа. Желатин растворяли в теплой воде (менее 50°C), затем добавляли к предыдущей смеси и добавляли пюре из плодов инжира.

Затем смесь варили в течение 10 мин., устанавливая значение Брикса на уровне 60°Брикс. После этого в охлажденную смесь (60°C) добавляли лимонную кислоту. Наконец, смеси были сформированы в круглые формы с помощью пресса. При температуре 45°C сформированные пастилки сушили в электрическом дегидрататоре в течение 4 часов.

3 Химический анализ:

Содержание влаги, золы, жира, клетчатки и сырого белка в пастилках инжира определяли в соответствии со стандартными процедурами. Все анализы проводились в трех повторениях.

3.1 Определение антиоксидантной способности с использованием анализа 2,2-дифенил-2-пикрилгидразилгидрата

Приблизительно 0,1 мл раствор в метаноле готовили путем растворения 1,9 мг реагента в 100 мл метанола. Смесь оставляли для реакции путем инкубации в темноте. Аликвота объемом 4 мл из этого раствора была добавлена к 10 мл разбавленных экстрактов (50 мг образца в 100 мл дистиллированной воды), 10 мл дистиллированной воды (контроль) и 10 мл стандартного раствора аскорбиновой кислоты, α -токоферола и бутилированного гидрокситолуола. Вся приготовленная смесь была затем оставлена для инкубации в темноте при комнатной температуре в течение 60 мин. Затем абсорбция измерялась при 517 нм с помощью УФ-спектрофотометра.

3.2 Анализ результатов исследования калорийности инжирной пастилы

Калорийность инжирной пастилы была определена методом бомбовой калориметрии после предварительного высушивания образцов до постоянной массы. Исследование проводили в трехкратной повторности, что обеспечивало достоверность полученных результатов.

По результатам измерений установлено, что средняя энергетическая ценность инжирной пастилы составляет 245–265 ккал на 100 г продукта. Разброс значений объясняется различиями во влажности исходного сырья и содержании природных сахаров.

Высокая калорийность пастилы обусловлена:

- значительным содержанием углеводов (преимущественно фруктозы и глюкозы),
- наличием пищевых волокон,
- концентрацией сухих веществ после процесса сушки.

По сравнению со свежим инжиром, энергетическая ценность пастилы увеличивается в 2,5-3 раза, что связано с удалением влаги и концентрацией органических веществ. При этом калорийность инжирной пастилы остается ниже, чем у кондитерских изделий на основе сахара и жиров, что делает продукт более предпочтительным с точки зрения рационального питания.

Полученные данные свидетельствуют о том, что инжирная пастила может рассматриваться как натуральный высокоэнергетический продукт, рекомендованный для питания лиц с повышенными энергетическими затратами, а также как функциональный продукт при условии умеренного потребления.

Результаты исследования согласуются с литературными данными, представленными в работах отечественных и зарубежных авторов, изучавших калорийность фруктовых пастил и сушеных плодов.

4 Физический анализ:

4.1 pH

Пастилки из инжира были приготовлены путем тщательного смешивания и гомогенизации приблизительно 5 г пастилок из инжира с 20 мл дистиллированной воды. Перед анализом pH-метр был откалиброван с помощью стандартных буферных растворов с pH 7,0 и pH 4,0. Образец помещали в стакан, с достаточным количеством жидкости, чтобы покрыть кончик для получения наиболее точного показания. Записывали значение pH, после чего электрод извлекали из образца. Для промывки pH-метра использовали дистиллированную воду, а затем промакивали бумажной салфеткой. Зонд затем помещали в буферный раствор с pH 7.

4.2 Анализ общего содержания растворимых твердых веществ:

Определяли значение Брикса для проверки испарения и концентрации с целью оценки твердости продуктов. Это основано на принципе, что свет, попадающий в призму, обладает уникальной харак-

теристикой. Эта характеристика представлена значением по шкале в единицах, известных как °Брикс.

Гомогенизированное пюре из инжира фильтровали через фильтровальную бумагу Whatman № 1, а для оценки отфильтрованного содержимого использовали цифровой рефрактометр.

4.3 Анализ цветового профиля:

Для определения цвета пастилок инжира использовался хроматометр Minolta CR 300 (Япония). Прибор был откалиброван с использованием белой калибровочной пластины перед началом процесса. Пастилки инжира измельчали и помещали в измерительную пластину до тех пор, пока они не покрывали всю пластину, перед считыванием данных. Это было сделано для предотвращения ошибок при снятии показаний.

4.4 Анализ активности воды:

Свободная влага или активность воды – это вода, доступная для поддержания микробиологического роста в пищевом продукте.

Два грамма образца измельчали на мелкие кусочки, помещали в одноразовый стаканчик и помещали в отсек для образцов измерителя активности воды, после чего проводили анализ.

Инфракрасный луч, сфокусированный в крошечном зеркале, определял точку росы, после чего данные извлекались, и регистрировалось значение активности воды.

4.5 Анализ текстуры:

Анализ проводился с использованием анализатора текстуры. Plus (Stable Microsystems, Великобритания) для определения твердости, упругости, когезивности, липкости, жевательности и эластичности пастилок инжира на основе механических характеристик, при которых материал подвергался контролируемому воздействию силы по кривой деформации. Образец помещался в центр под зондом 3-точечного изгибного стенда до тех пор, пока зонд не соприкасался с образцом. Затем регистрировались кривые деформации.

4.6 Сенсорный анализ:

Сеанс сенсорной оценки проводился на основе 7-балльной гедонической шкалы (более высокий балл указывает на лучшие качественные характеристики (1 – очень не нравится, 7 – очень нравится)). Оценивались цвет, текстура, вкус, и общая приемлемость пастилок инжира. Все характеристики оценивались независимо пятью неподготовленными дегустаторами на основе их сходства. Образец

был упакован и закодирован трехзначным кодом. Средний балл по каждой характеристике был сообщен.

5 Статистический анализ:

Все результаты химического анализа, физического анализа и сенсорной оценки были проанализированы с использованием дисперсионного анализа (ANOVA) и множественного сравнения Фишера. Значимые различия ($p < 0,05$) были дополнительно проанализированы, и данные с $p < 0,05$ считались значимыми. Данные были проанализированы с использованием программного обеспечения MatLab/Simulink, а также применены методы полнофакторного планирования экспериментов и оптимизации технологических процессов с использованием методологии поверхности отклика (Response Surface Methodology), и все полученные данные были представлены в виде среднего значения \pm стандартное отклонение [7].

Результаты и обсуждение.

1 Разработка пастилок из инжира:

Пастилки из инжира (*Ficus carica* L.) были успешно разработаны, имеющие круглую форму диаметром 1,0-1,2 см, весом приблизительно 1,2-1,5 г (Рисунок 1).

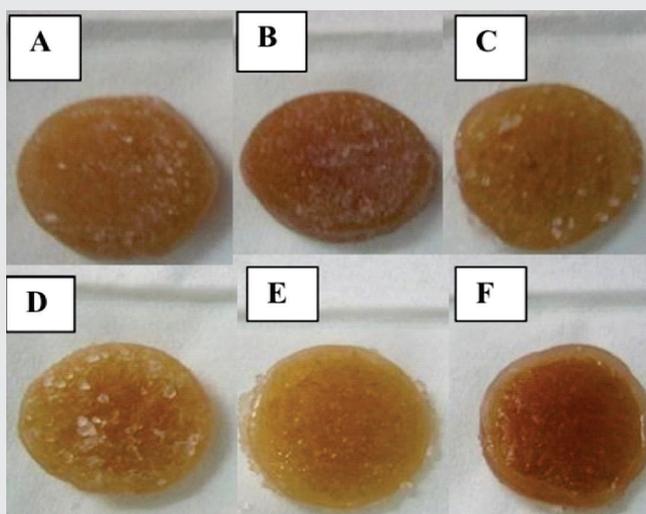


Рисунок 1 - Рецептуры пастилы инжира: А) 10% пюре инжира, В) 12% пюре инжира, С) 14% пюре инжира, D) 16% пюре инжира, E) 18% пюре инжира, F) 20% пюре инжира

Неравномерный диаметр и вес были вызваны ручным распределением кукурузного крахмала, который действует как формовщик пастилы на лотках дегидрататора, и ручным проделыванием отверстий в муке. Азуан и его коллеги (2020) предположили, что увеличение размера растительного продукта в конечном итоге приведет к увеличению размера продукта. Это может произойти из-за того, что пюре взаимодействует с другими ингредиентами в рецептуре исследования.

2 Химический анализ.

2.1 Содержание влаги:

С точки зрения качества пищевых продуктов, содержание влаги в образце пищевого продукта, особенно в пастилках, имеет важное значение, поскольку оно влияет на свежесть, долговечность и устойчивость к порче продукта.

Лис и Джексон (1973) отметили, что к широкому классу кондитерских изделий относятся жевательные резинки, желе и пастилки, которые могут быть произведены со множеством интересных вариаций. В таблице 2 показано, что уровень влажности для всех рецептур пастилок из инжира не превышал 20%. Если процентное содержание влаги превышает 20%, срок годности пастилок может быть сокращен. Рецептура F (20% пюре из инжира) имеет самое высокое содержание влаги среди шести рецептур, которое составляет 18,59% и существенно отличается ($P < 0,05$) по сравнению с другими рецептурами. Вероятно, это связано с высоким содержанием пюре из инжира, составляющим 20%, поскольку содержание влаги в сырых плодах инжира составляло 70,07% (Ахмед и др., 2011). Безопасное содержание влаги в пастилках колеблется от 12% до 18% (Разак, 2013). Все рецептуры находятся в пределах безопасного диапазона содержания влаги благодаря использованию сорбитола, который защищает пастилки от потери влаги [8,9].

2.2 Содержание золы:

Рецептура F (20% пюре из инжира) показала значительно самое высокое ($P < 0,05$) содержание золы (2,42%) среди шести рецептур по сравнению с самым низким содержанием золы в рецептуре A (1,77%). Данные показывают, что чем выше процентное содержание пюре из плодов инжира, используемого в рецептуре пастилок, тем выше содержание золы.

Зола состоит из накопленных минералов после высокотемпературного сжигания (более 500°C) в муфельной печи. Данные соот-

ветствуют Национальной базе данных питательных веществ международного ГОСТа, в которой приведены, сырые плоды инжира содержат 20,3 г углеводов, 0,7–1,6 г белка, 0,2–0,4 г общего жира и 5,3 г пищевых волокон.

2.3 Содержание сырой клетчатки:

Рецептура F (20% пюре из плодов инжира) (2,65%) имеет значительно самое высокое ($P < 0,05$) содержание клетчатки среди шести рецептов, в то время как самое низкое содержание клетчатки было обнаружено в рецептуре A (0,43%). Чем больше пюре из инжира включено в состав пастилок, тем выше содержание клетчатки. В 100 г свежих инжира содержалось 14% пищевой клетчатки (USDA, 2013). Поскольку в рецептуре F использовалось 20% пюре из инжира, полученное содержание клетчатки казалось разумным. В отличие от этого, Прасетиовати и др. (2014) указали на то, что содержание клетчатки в образцах пастилок существенно не зависело от используемой рецептуры, но вместо пюре из инжира и желатина использовалась комбинация моркови и эмульгатора.

2.4 Антиоксидантная активность с использованием 2,2-дифенил-2-пикрилгидразилгидрата:

Активность пюре из инжира по нейтрализации радикала показана в таблице 2. Анализ антиоксидантной активности использовался, поскольку это стабильный свободный радикал, который принимает электрон или водородный радикал, становясь стабильной диамагнитной молекулой. Анализ для оценки количества антиоксиданта, сохранившегося в пастилках из инжира, проводился путем проверки его активности по нейтрализации радикала.

Состав F (20% пюре из инжира) показал значительно ($P < 0,05$) самую высокую активность по нейтрализации радикала (36,58%) среди шести произведенных составов, что было сопоставимо с использованным (положительный стандарт) (31,7%).

Хотя эталонное значение антиоксидантной активности ниже, чем значение активности пастилки F, сравнение все же является надежным. Чем выше активность поглощения свободных радикалов, тем лучше продукт сохраняет антиоксидантное содержание. Аналогично, Конча-Мейер и др. (2016) сообщили о добавлении клубники и киви для улучшения антиоксидантной активности в фруктовой пастиле. В результате увеличение активности поглощения свободных радикалов можно объяснить содержанием фенольных соединений, которые улучшили антиоксидантные свойства пюре из инжира [10].

2.5 Активность воды:

Активность воды отражает энергетическое состояние воды в пищевой системе, предоставляя ценную информацию о микробной порче, химической стабильности и физической стабильности. Большинство продуктов с активностью воды выше 0,95 обеспечат достаточное количество влаги для поддержания роста бактерий, дрожжей и плесени. Активность воды в пищевых продуктах должна контролироваться на уровне 0,85 или ниже в готовом продукте. В таблице 2 показано, что все образцы пастилок из инжира имели значения активности воды менее 0,85. Состав F (20% пюре из инжира) показывает самое высокое значение активности воды $0,81 \pm 0,01$ и значительно отличается от составов А, В, С и D ($p < 0,05$). Результаты показали, что содержание влаги увеличивалось с увеличением количества пюре из инжира в составах, в то время как активность воды уменьшалась с увеличением концентрации желатина [10-15]. Данные согласуются с исследованиями, отмечено увеличение активности воды в пастилках из шелковицы по мере увеличения количества шелковицы в составе пастилок. Содержание влаги и активность воды взаимосвязаны, и четкое понимание взаимосвязи этих двух параметров, называемой изотермой сорбции влаги, является сложным и уникальным для каждого типа пищевого продукта.

3 Физический анализ.

3.1 Общее содержание растворимых сухих веществ:

Значение общего содержания растворимых сухих веществ или °Brix используется для проверки испарения и концентрации с целью оценки твердости конечных продуктов, а также сладости и текстуры конечного продукта. Данные показали несколько схожие значения от 60,5 до 67,3° Brix общего содержания растворимых сухих веществ, полученные для всех рецептур. Одинаковое количество подсластителя, составляющее 60 г для глюкозного сиропа и 40 г для сорбитола во всех рецептурах пастилок инжира, объясняет, почему значения не показали существенной разницы.

3.2 Анализ цвета:

Влияние добавления пюре из инжира на изменение цвета желатиновых пастилок. Цвет является одним из важнейших показателей качества пастилочных изделий, поскольку он напрямую влияет на потребительское восприятие продукта. В настоящем исследовании изучалось влияние добавления пюре из инжира в пастилки на основе желатина на изменение цветовых характеристик готового продукта.

Установлено, что с увеличением доли пюре из инжира в рецептуре наблюдается изменение окраски пастилок от светло-желтой к светло-коричневой и янтарной. Данное изменение обусловлено природным цветом инжира, а также наличием в его составе фенольных соединений, сахаров и пигментов, которые оказывают влияние на цветовую насыщенность.

При тепловой обработке смеси и процессе сушки происходит неферментативное потемнение, связанное с реакциями Майяра между редуцирующими сахарами инжира и аминокетонами желатина. В результате этого процесса усиливается интенсивность окраски пастилок, особенно при высоком содержании фруктового пюре.

Кроме того, добавление инжирного пюре способствует снижению светлоты (L^*) и увеличению показателей желтизны (b^*), что свидетельствует о формировании более насыщенного и естественного цвета. При этом пастилки без добавления пюре характеризуются бледной и менее выраженной окраской, что снижает их органолептическую привлекательность.

Следует отметить, что умеренное количество пюре из инжира обеспечивает равномерную окраску продукта без признаков чрезмерного потемнения, тогда как избыточное его содержание может приводить к чрезмерно темному цвету, воспринимаемому потребителем как признак перегрева или ухудшения качества.

Таким образом, добавление пюре из инжира оказывает существенное влияние на формирование цвета желатиновых пастилок, улучшая их внешний вид и придавая продукту натуральную окраску без использования искусственных красителей.

Добавление пюре из инжира в пастилки на основе желатина способствует изменению цветовых характеристик готового продукта, повышая насыщенность и естественность окраски. Оптимальное содержание инжирного пюре позволяет получить пастилки с привлекательным цветом и стабильными потребительскими свойствами.

3.3 Анализ профиля текстуры:

Сложность процесса еды или даже жевания предъявляет высокие требования к инструменту измерения текстуры. В идеале хотелось бы провести измерения структуры, смещения и силы, действующей на объект. Текстура – это сложное свойство, определяемое структурой, формой, химическим составом, вязкостью и другими физическими свойствами продукта (Щесняк, 2002). Были изучены общие результаты анализа профиля текстуры для пастилок из инжира.

В качестве сенсорного свойства твердость определяется как сила, необходимая для сжатия вещества между коренными зубами или между языком и нёбом. Показатель твердости демонстрирует, что состав F (20% пюре из инжира) обладал значительно более высоким значением ($p < 0,05$) по сравнению с другими составами. Высокий процент желатина, содержащего пектин, был тверже, чем желатиновые гели с низким содержанием пектина. Присутствие пектина может «укоротить» желатиновую сетку. Что касается эластичности, существенных различий между рецептурами не наблюдалось ($p > 0,05$), поскольку количество желатина, используемого в каждой рецептуре, составляет 15% и менее, что можно считать низким количеством желатина. Присутствие пектина в пюре из инжира также является одной из причин, почему результаты не были существенно изменены. Рецептуры А (10% пюре из инжира) и В (12% пюре из инжира) показали высокое значение когезивности, но существенных различий между рецептурами не наблюдалось ($p > 0,05$), поскольку все пастилки имели одинаковую структуру после сжатия и сплющивания движущимся зондом. Состав В (12% пюре из инжира) имел наивысшее значение клейкости и значительно отличался от составов С (14% пюре из инжира), D (16% пюре из инжира), E (18% пюре из инжира) и F (20% пюре из инжира) [16-18]. С другой стороны, жевательность определяется как время, необходимое для пережевывания образца с постоянной скоростью приложения силы, чтобы уменьшить его консистенцию до состояния, подходящего для глотания. Состав С имеет наивысшее значение жевательности ($6661,5 \pm 132,7$ г/мм), значительно отличающееся от составов А (10% пюре из инжира), E (18% пюре из инжира) и F (20% пюре из инжира). Упругость — это показатель того, как образец восстанавливается после деформации в зависимости от скорости и силы воздействия. Состав С (14% пюре из инжира) имеет наивысшее значение упругости ($0,48 \pm 0,01$) и существенно отличается от других составов [19-21].

4 Сенсорная оценка.

В работе приведены результаты сенсорной оценки пастилок из инжира среди пяти неподготовленных дегустаторов. Были оценены четыре атрибута: цвет, текстура, вкус и общая приемлемость. Эти атрибуты являются основными сенсорными методами, которые могут помочь в исследовании питательных или функциональных преимуществ натуральных продуктов. Также важно подчеркнуть и улучшить сенсорные свойства продуктов, чтобы в конечном итоге

привлечь внимание потребителей: независимо от того, насколько полезен и питателен продукт, если он не привлекает своего целевого конечного потребителя, он вряд ли добьется успеха на современном рынке.

Что касается цветовых характеристик, то все рецептуры не показали существенных различий: рецептура Е (18% пюре из инжира) показала наивысшую оценку ($5,82 \pm 1,68$), а наименьшая – рецептура С (14% пюре из инжира) ($5,24 \pm 1,81$). Различия между наивысшим и наименьшим значениями все еще сопоставимы. Значения L^* , a^* и b^* , полученные с помощью колориметра, также не показали различий в цвете, который для всех рецептур имеет коричневато-оранжевый оттенок. Поскольку желатин имеет желтовато-оранжевый цвет, а пюре из инжира – темно-коричневый, коричневато-оранжевый цвет – это цвет пастилок из инжира.

Текстура пастилок из инжира не должна быть слишком тягучей и не слишком клейкой, поскольку большинство участников дегустации высоко оценили рецептуру В (12% пюре), в которой использовалось 13% желатина ($6,86 \pm 1,74$), и не оценили рецептуру D (16% пюре), в которой использовалось 9% желатина ($4,54 \pm 1,77$). Эти результаты показали, что участники дегустации предпочитают использовать половину количества желатина, используемого в пастилках. При использовании большого количества желатина текстура пастилок становится слишком тягучей, а при использовании очень малого количества желатина – менее тягучей. Текстура долгое время считалась второстепенным сенсорным признаком пищевых продуктов. Текстура – это сенсорный признак, представляющий собой комплекс параметров, связанных с реологическими свойствами.

Вкус пастилок из инжира важен, поскольку он является показателем повторной покупки; если вкус неприемлем, этот продукт не может быть коммерциализирован. Также определено, что рецептура В (12% пюре из инжира) имеет наивысшую оценку вкуса ($5,74 \pm 1,77$), в то время как самая низкая оценка вкуса наблюдалась в рецептуре D (16% пюре из инжира) ($4,5 \pm 1,71$). Показана общая оценка качества пастилье из инжира, где, рецептура В (12% пюре из инжира) показала наилучшую общую оценку ($5,82 \pm 1,79$), в то время как рецептура С (14% пюре из инжира) получила самую низкую оценку по общей оценке ($4,22 \pm 1,69$).

Вывод. Успешно разработаны пастилки из инжира коричневато-оранжевого цвета, круглой формы диаметром 1,0-1,2 см и весом

приблизительно 1,2-1,5 г. Состав В (12% пюре из инжира) имеет показатель Брикс 62,7⁰ при рН 4,3, очень сладким послевкусии и активности воды 0,54. В анализе цвета значение L* составило 59,76, значение a* – 23,71, а значение b* – 34,33, что и обусловило коричнево-оранжевый цвет пастилок из чику. Общее содержание растворимых сухих веществ во всех составах составляло не менее 60⁰ Брикс и не превышало 68⁰ Брикс. Состав F показал наивысшее значение в этих четырех анализах, поскольку он содержит наибольшее количество пюре из плодов инжира (20% пюре из инжира). Сенсорная оценка показала, что с точки зрения текстуры, вкуса и общей приемлемости среди неподготовленных дегустаторов, пастилки из состава В (12% пюре из инжира) были наиболее приемлемыми. Результаты показывают, что наивысшая оценка общего качества пастилок обусловлена добавлением приблизительно 12% пюре из инжира. Таким образом, плоды инжира могут быть потенциальным натуральным ингредиентом для производства пастилок, что способствует их использованию в пищевой промышленности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов при проведении данного исследования.

References /Список литературы (см. страница 81)

**Oripov M.A.¹, Mirzaeva Sh.U.¹, Mukhamadiev B.T.²,
Rakhmatov Kh.M.¹**

¹Bukhara State University, Bukhara c., Uzbekistan

²Bukhara State Technical University, Bukhara c., Uzbekistan

USE OF BIOLOGICALLY ACTIVE FEED ADDITIVES IN FARM ANIMALS FEEDING

Abstract. Animal feed additives are used worldwide for various livestock species, including poultry, for many reasons, including providing essential nutrients, enhancing feed palatability, improving growth performance, and optimizing feed utilization. Animals with high growth rates require high levels of health, and the use of appropriate additives is a key consideration in such cases. With rising industry standards, heightened consumer awareness, and demand for healthy animal-based foods, the industry is under increasing pressure to find more natural and residue-free alternatives to the traditional feed additives used until recently in animal feed products. Consumer and animal welfare are the primary drivers for valuable alternatives to animal feed additives. Some of the alternatives used as animal feed additives include probiotics, prebiotics, enzymes, and herbs. This choice of feed additives is supported by scientific and empirical research on these alternatives, as herbs and their extracts (plant components) possess a broad spectrum of activity that can not only stimulate feed intake but also stimulate endogenous secretions and exhibit antimicrobial, coccidiostatic, and anthelmintic activity. The ban on the use of antibiotics as growth promoters, cost-effectiveness, and increased awareness of harmful residual effects are leading to the increasing importance of plant-based feed additives in sustainable livestock production. The livestock sector benefits from the use of a range of feed additives, such as ascorbic acid, prebiotics, probiotics, and plant extracts.

Keywords: feed additives, phytogetic products, probiotics, prebiotics, enzymes, herbs, plant extracts, quality control.

Introduction. One of the greatest challenges facing farm managers, livestock producers, animal science professionals, and nutritionists working in the animal feed industry or research is developing balanced diets for high-producing animals while maintaining an optimal cost-benefit ratio. Therefore, it is important to consider the fact that the cost of meat, dairy products, and animal by-products is volatile and varies depending on various factors, one of which is the cost of feed (Thornton, 2010). Feed costs constitute the largest expense in livestock production (estimated at

35–50%). While it is generally believed that animals feed on plants, grass, or other “food” that naturally constitutes their diet, the reality is that feeding livestock and poultry on modern farms is a complex process, fraught with controversy and conflicting opinions. Feed additives are considered a group or class of feed ingredients that, while not nutrients, can elicit a desired response in an animal. Such a response may include pH changes, growth, or modification of the animal’s metabolic response (Hutjens, 1991). According to the European Commission, feed additives are products used in feed production to improve feed quality and the quality of animal products or to enhance animal performance and health, for example, by increasing the digestibility of feed materials. Some feed additives may contain various nutrients, such as sodium and protein, which are part of sodium bicarbonate or yeast culture, respectively [1]. Technically, feed additives are not considered essential and do not guarantee high animal productivity or economic profitability in animal production (Animal Feed Additives 2018, web source). Demand from the dairy and meat industries is rapidly growing due to growing population pressure. Food security, which is the second Sustainable Development Goal in the form of “zero hunger”, and the 12th Sustainable Development Goal, which is “responsible consumption and production”, are both of great importance to the animal feed industry [2-5].

The importance of feed additives is growing daily due to the benefits they can provide, such as promoting animal growth, controlling infectious diseases, and improving feed digestibility (Specialty Feed Additives Report, 2016). [6]. The animal feed additives market is experiencing steady growth and is expected to continue to grow in the future, driven by rapidly increasing demand for meat, meat products, and dairy products worldwide (Animal Feed Additives Report, 2014). Due to frequent epidemics such as avian influenza, other diseases such as foot-and-mouth disease, environmental concerns, and increased concerns about animal health worldwide, the general perception of feed quality and associated certifications has increased among beef and dairy farmers [7-10].

The largest consumers of feed additives globally are North America and the Asia-Pacific region. They account for over 60% of global animal feed consumption (Animal Feed Additives Report, 2014). The Asia-Pacific region is estimated to be the fastest-growing region by revenue. Growth is particularly strong in emerging economies such as India, China, and Brazil, driven by a gradual increase in income levels due to industrialization and the rapid development of the service sector, which has also fueled the

growth of the feed industry through rising per capita meat consumption (Ruminant Feed Market Report, 2018). By animal species, poultry feed additives account for the largest market share, followed by swine feed additives (Animal Feed Additives Report, 2014).

The key factors driving the global animal feed additives market can be categorized as follows:

- (a) Growing global meat consumption
- (b) Increasing awareness of meat quality and safety
- (c) Increased mass meat production
- (d) Recent outbreaks of disease in livestock

Rising raw material costs and regulatory frameworks are limiting the market. However, the rising cost of natural feed products creates opportunities for feed additives as a low-cost alternative [11]. Leading manufacturers are focused on expanding their businesses in various regions and establishing new factories to increase their production capacity.

While there are various definitions of feed additives, the comprehensive definition proposed by the European Commission is: "Feed additives are products used in animal feeding to improve the quality of feed and the quality of feed of animal origin, or to improve animal performance and health, for example, by increasing the digestibility of feed materials."

With increasing regulatory oversight and the increasing influence of social media, there is little opportunity to violate the standards set for the industry. Any animal feed additive intended for sale must undergo a rigorous process of scientific evaluation and validation to establish the presence or absence of any adverse effects on human and animal health or on the environment (European Commission, 2018) [12-16].

Classification of Animal Feed Additives. Feed additives are classified into various categories based on various parameters. Feed additives can be of different types:

- According to European Commission regulations
- According to a holistic approach
- According to their origin and function

Feed additives can be divided into the following categories: feed antioxidants, complex acidifiers, complex enzymes, mycotoxin adsorbents, mold preventives, vitamins and electrolytes, L-carnitine hydrochloride, diluted chromium nicotinate, finishing agents, amino acids, antibiotics, binders, minerals, herbs, and premixes. A widely accepted classification of animal feed additives, based on European Commission regulations and guidelines, is provided below.

Another class of feed additives used to designate technological interventions applied to feed additives is technological additives.

Based on European Commission Regulation

Sensory additives. This group of additives improves the palatability (i.e., voluntary intake) of feed by stimulating appetite, usually by affecting the taste or color of the feed. For example, feed flavorings or sweeteners, such as vanilla extract, can effectively encourage calves to consume their diet [17].

Nutritional Additives. Additives provide animals with specific nutrients for optimal growth. Examples include vitamins, amino acids, or trace minerals.

In most cases, these supplements are simply concentrated forms of naturally occurring nutrients, ingredients in the diet.

Zootechnical Additives. These supplements improve the nutritional status and performance of livestock not only by providing specific nutrients but also by promoting more efficient utilization of the nutrients present in the diet. Examples of such supplements include enzymes or direct-acting microbial products, which improve intestinal health, thereby ensuring more efficient nutrient extraction from the diet. In this regard, they are often referred to as pronutrients, i.e., products that improve the nutritional value of the diet without necessarily providing direct nutrient supply. Other supplements are used to improve the environmental benefits they provide to livestock, while others are targeted to perform specific physiological functions.

Coccidiostats and Histomonostats. These additives control poultry health through direct action. These compounds are used to control the intestinal health of poultry and directly affect parasitic organisms inhabiting the intestines. They are not classified as antibiotics (2018 Classification of Feed Additives) [18-22].

Technological Additives. This classification refers to a group of additives that influence the technological aspects of feed. These additives do not directly affect the nutritional value of the feed, but may do so indirectly by improving its handling or hygienic properties. An example of such an additive is an organic acid for feed preservation (Figure 1).

Based on a Holistic Approach. In addition to the European classification, there is a more holistic classification proposed by the Agricultural Council.

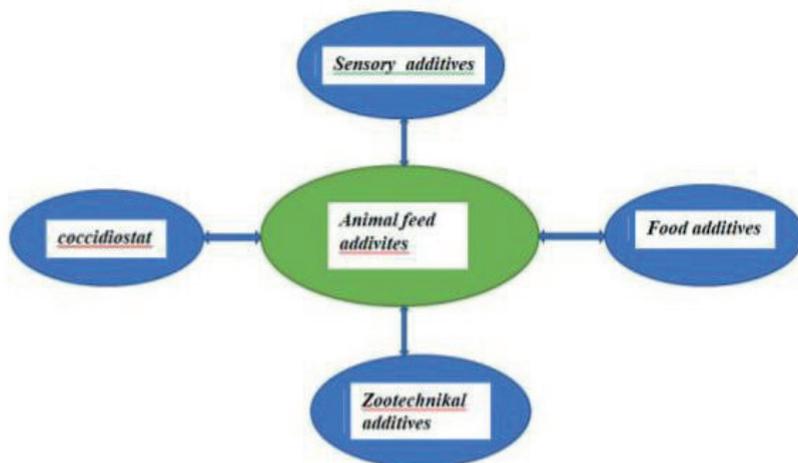


Figure 1 - Classification of technological feed additives

The aim of the study is to evaluate the properties of herbs and dietary supplements in animal feeding Additives Affecting Feed Stability, Feed Production, and Feed Properties

- (a) Antifungals
- (b) Antioxidants
- (c) Pellet Binders

Additives Modifying Animal Growth, Feed Efficiency, Metabolism, and Performance [23].

- (a) Feed Flavorings
- (b) Digestion Modifiers

- I. Enzymes
- II. Prebiotics
- III. Buffers
- IV. Acidifiers
- V. Ionophores
- VI. Antibloaters
- VII. Isoacids
- VIII. Salivation Stimulants
- IX. Probiotics
- X. Defaunation Agents
- (c) Metabolic Modifiers

- I. Hormones
- II. Beta-Adrenergic Agents (Repartitioning Agents)
- (d) Growth Promoters
- I. Antibiotics
- II. Chemotherapeutic Agents
- III. Prebiotics and Probiotics

Additives Modifying Animal Health

- (e) Medicinal Products
- (f) Immunomodulators

Additives Modifying Consumer Acceptability

- (a) Xanthophylls

To create a comprehensive classification that encompasses all types and subtypes of animal feed additives, including those included in the above classification based on the primary functional activity performed by a particular class, we propose the following detailed classification.

1. Based on Origin and Function
2. Additives Enhance Feed Intake

Antioxidants. Antioxidants are compounds that prevent the oxidative rancidity of polyunsaturated fats. Rancidity, if it has already occurred, can lead to the destruction of vitamins A, D, and E, as well as some B-complex vitamins. The breakdown products of rancid substances can react with lysine, thereby affecting the protein content of the diet. Ethoxyquin or BHT (butylated hydroxytoluene) can serve as antioxidants in feed [24-26].

Efficient animal production depends on the use of advanced housing and feeding technologies, and timely implementation of veterinary and preventive measures. It is known that one of the most important causes of weak calves is unfavorable feeding conditions for pregnant dry cows, which do not correspond to the biological characteristics of fetal growth. To achieve high-quality livestock products, various products are successfully used to improve feed palatability and digestibility, as well as the quantity and quality of the product. Many authors note that adequate animal feeding is achieved both through plant-based feed and the widespread use of non-traditional sources of biologically active substances in the form of various additives [1-5]. Currently, to maximize the genetic potential of farm animals, biologically active substances are widely used, which help improve the nutritional value and digestibility of feed, normalize metabolism, and enhance natural resistance factors [2]. Biologically active substances include vitamins, macro- and microelements, enzymes, antioxidants, etc. [2-5]. Some of these biologically active feed additives are fodder

yeast, pumpkin cake, and rice husks. Fodder yeast is a protein-vitamin concentrate obtained by microbiological processing of hydrolysates, sulfite liquors, after alcohol hydrolysis and sulfite stillage. Their energy value is close to grain feed, and they significantly exceed them in protein content [6-7]. In terms of protein and vitamin content, fodder yeast is comparable to soybean meal and other traditional feed additives. Yeast is a source of protein, essential amino acids, B vitamins, vitamins E, C, and vitamins A and D. It also contains provitamin D2, carbohydrates, minerals (Ca, P, Si), natural growth factors (inositol, biotin, etc.), and hydrolase enzymes, which help animals digest and assimilate feed more efficiently. Yeast biomass has an optimal fiber content, which plays an important role in improving intestinal motility [4, 6, 7, 8]. Fodder yeast appears as a flaky powder, ranging in color from light yellow to brown. It contains no more than 10% moisture, at least 43% crude protein, no more than 10% ash, 2% lipids, 0.5% fiber, 39% non-essential fatty acids, and 18% carbohydrates. The protein complex in yeast represents the greatest nutritional value, containing a high protein content and essential amino acids [9].

According to literature, many dairy producers use fodder yeast to ensure the smooth functioning of rumen digestion, normalize the composition of microflora, and prevent rumen acidosis in ruminants. Due to its fermentation properties, fodder yeast has become widely used in cow nutrition. In the rumen of ruminants, it creates an anaerobic environment that promotes the development of beneficial microflora. Fodder yeast utilizes rumen oxygen for growth, thereby improving conditions for the growth of cellulolytic bacteria - anaerobes. Additionally, fodder yeast produces enzymes that break down feed nutrients, including fiber. Consistent and rapid fermentation of crude fiber increases bacterial protein production, enhances the formation of free fatty acids - an energy source for the body - and reduces ammonia levels in the rumen, as it is used to form bacterial protein [10]. Thus, introducing fodder yeast into the diet of lactating cows enhances metabolic processes, which improves the digestibility and assimilation of nutrients and, consequently, stimulates increased milk production in cows and improves the nutritional value of milk. Thus, studies by Gulyaev E.G., Shumov A.V., and Maksimova A.S. (2009) found that the inclusion of fodder yeast in the main diet increased milk productivity of cows in the first half of lactation by 9.7%, i.e., an additional 3 kg of milk was obtained daily from each animal. Arzin I.V. (2016) conducted research on pregnant dry cows three weeks before calving and concluded that the inclusion of Optisaf fodder yeast in the amount of 30 g per head per day contributed to the activation of metabolic processes in their body, as well as an increase in milk yield of natural fat content in the lactation of cows following calving [21-26].

The literature contains data on the production of sorbents from rice

straw and husks and their extraction of metal ions such as iron, lead, copper, cadmium, nickel, cobalt, and selenium [16], which actively interact with DNA when entering the body from the environment and lead to irreversible damage to the DNA structure, causing mutations and reproductive dysfunction in animals. Thus, based on a brief review of the literature, it can be argued that it is advisable to include BAFA in the diets of farm animals to improve the body's natural resistance and the quality of livestock products.

Materials and Research methods. The use of natural ingredients as feed additives is expected to impact livestock productivity and health, but over time, this must meet consumer demands for livestock products that are free of synthetic chemicals and maintain product stability. Today, consumers are interested in improving their health, for example, by consuming nutritionally dense, protein-rich, and low-cholesterol foods. It is hoped that functional feed additives will not only impact livestock performance but also enable the production of livestock products that provide health benefits to consumers [17-20]. Feeding grass supplemented with flaxseed oil and clover leaves can increase the polyunsaturated fatty acid (PUFA) content of beef, making it a functional food. Adding flavonoids, hesperitin, and naringenin, extracted from orange peel, as a feed supplement has antioxidant properties and improves the productivity of laying hens while producing low-cholesterol eggs. Low-cholesterol eggs will improve human health or be associated with functional foods. In the future, providing supplemental feed as functional feed may become a functional food source for populations in developing countries.

In industrial livestock farming, for dry and fresh cows (2 months before calving and 10 days after) and for rearing calves (1-30 days old), it is advisable to use biologically active feed additives - micronized pumpkin cake, micronized feed yeast, and micronized rice hulls - intermittently, taking into account the physiological development and specific management practices of the animals, to enhance their natural resistance and improve their physiological condition.

Dry and fresh cows should be given micronized pumpkin cake, micronized feed yeast, and micronized rice hulls in their diet once daily with their main ration at a dose of 1 g per 1 kg of live weight for 3 days at 4-day intervals for 2 months before calving and 10 days after. 3. Calves kept in a calf barn should be given micronized pumpkin cake, micronized feed yeast, and micronized rice hulls for preventive purposes in their diet once daily with colostrum or milk at a dose of 1 g per 1 kg of live weight for 3 days at 4-day intervals from birth to 30 days of age.

In addition, the microclimate in the barns was studied, which represents a combination of the physical state of the air, its gas, microbial, and dust

contaminants, taking into account the condition of the building and process equipment. The results of the studies on the physical parameters of the air in the barn and the health center where the scientific and production experiment was conducted are presented in Table 1.

Table 1 – Microclimate indicators in a room for keeping dry cows

Period of the year	Air temperature, °C, min-max	Relative humidity, %, min-max	Air speed, m/s, min-max	Ammonia content, mg/m ³ , min-max	Carbon dioxide content, %, min-max
1	2	3	3	4	5
Winter	9,1-13,9	71,2-85,0	0,18-0,54	10,3-12,0	0,17-0,19
Spring	11,8-14,5	69,6-87,2	0,26-0,59	10,7-16,3	0,16-0,23
Summer	13,3-15,7	65,4-83,7	0,31-0,69	10,1-17,9	0,15-0,19

The data provided show that the temperature and humidity conditions in the dry cow housing were variable throughout the study period and were characterized by the following parameters: the air temperature in winter ranged from 9.1 to 13.9 °C, averaging 12.2 °C; in spring, 13.9 °C, with fluctuations from 11.8 to 14.5 °C; in summer, 14.3 °C, with fluctuations of 13.3 to 15.7 °C. The relative humidity in the housing in winter averaged 77.1%, with fluctuations ranging from 71.2 to 85.0%; in spring, it averaged 75.3%, with fluctuations from 69.6 to 87.2%; and in summer, it ranged from 65.4 to 83.7%, averaging 74.3%. Throughout the experimental period, the air speed ranged from 0.18 to 0.69 m/s, averaging 0.23 m/s. The average air cooling capacity was 7.59 µcal/(s*cm²). The carbon dioxide content did not exceed 0.23%. The ammonia level in the barn air ranged from 10.1 to 17.9 mg/m³, averaging 11.7 mg/m³. No hydrogen sulfide was detected in the barn air. The illumination level directly in the animal areas ranged from 41 to 327 lux during the day. The average illumination level in the barn was 56.17 lux. An analysis of the microbial contamination of the air in the barn revealed that the total microbial count (TMC) ranged from 17,500 to 27,300 microbial bodies per 1 m³ of air. On average, the number of microorganisms in the air of the barn was 23.2 thousand microbial bodies per 1 m³.

Conclusion. Most developing countries, particularly Uzbekistan, have abundant agricultural products and by-products that can be used as feed additives with functional feed properties. This could change the misconception that important feed ingredients should only be added to commercial feeds. Instead, progress should be made in identifying such products and their nutritional and antimicrobial properties for use

in resource-poor communities in developing countries. In the future, the incorporation of functional ingredients into functional feeds could become a viable alternative in developing countries. Natural products that are readily available and locally accessible have the potential to replace the use of antibiotics as feed ingredients, which could improve livestock productivity and health. These natural products are safe for livestock, humans, and the environment; they can be used continuously and have various mechanisms of action. Research and production trials on cows 2 months before and 10 days after calving, and on calves in a livestock farm, demonstrated that intermittent addition of the studied BAFAs to the main diet increased the calves' average daily weight gain and improved their body condition, which generally contributes to enhancing their natural resilience. The medicinal properties of herbs, which improve antimicrobial, anti-inflammatory, antioxidant, digestibility, and immunostimulatory activity, should be studied in animal nutrition, as well as as a safe food product for humans. Standardizing the correct dosage and application regimens for herbal feed additives to perform a specific function is a requirement of the situation, so further research is needed.

Thus, various areas such as health, environmental sustainability, regulatory requirements, and even climate change are part of the production, marketing, and post-use impacts that are closely intertwined with the feed industry.

References

- 1 *Shvetsov N.N.* Raising young cattle using rhythmic feeding / Shvetsov N.N., Shvetsova M.R., Ryltsev A.A. // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – 2014. – No. 3. – P. 59-60.
- 2 *Adams M.C.* Selection of a novel direct-fed microbial to enhance weight gain in intensively reared calves / M.C. Adams, J. Luo, S. King, D. Rayward, R. Gibson, G.H. Moghaddam // Animal feed science and technology. – 2008. – T. 145. – No. 1-4. – P. 41-52.
- 3 *Chawla G.C.* Use of buttercakes in the ration of livestock, Judian Dairymen / G.C. Chawla, T. Rat. – 1986, 38. – P. 187-189.
- 4 *Hicks R.B.* Effects of programmed feed intake on performance and carcass characteristics of feedlot steers / R.B. Hicks, T.N. Owens, D.R. Gill // Misc. Publ. / Oklahoma State Univ. Agr. Exper. Stat, Stillwater. Okla. – 1988. – No. 125. – P. 147.
- 5 *Jkurior S.A.* Equi-protein substitution of cottonseed meal for groundnut cake in diets for weaner – grower pigs / S.A. Jkurior, B.Z.H. Fetuda. – J.Sc. Found. Agr., 1988.
- 6 *Mazur K.* Ventilation and constructional solutions influencing microclimate in livestock buildings for dairy cattle / K. Mazur, J. Barwicki, M. Majchrzak, W.J. Wardal, K. Borek. – 2016. – No. 18. – P. 257-261.
- 7 *Pivtorak Y.* Use of mineral feed additive in silage-pulp fattening young cattle / Y.

- Pivtorak, O. Sloboda, I. Golodyuk, V. Mateush. – 2012. – Т. 14 – No. 3-3 (53). – P. 153-157.
- 8 *Schroeder, G.E.* Chemical and protein quality parameters of heat processed sunflower buttercake for dairy cattle / G.E. Schroeder, L.J. Erasmus, H.H. Meissner // Animal feed science and technology. – 1996. – Т. 58. - No. 3-4. – P. 249-265.
- 9 *Stermer R.* Feeder cattle stress during handling and transportation / R. Stermer (et al.) // Trans. ASAE. – St. Joseph, Mich. – 1982. – Vol. 25. – No. 1. – P. 246.
- 14 *Mirzaeva S. U., Bakhodir T. M.,* Perspective Theoretical Foundations of the Extraction Process, Sulfur Dioxide Chemistry and Environmental Impact, 2024, IntechOpen.
- 15 *Gafurov K.H., Muhammadiev B.T., Mirzaeva Sh.U.,* Supercritical [SC] CO₂ Extraction of Glycyrrhizic Acid from Licorice Roots, Butlerov Communications No. 1, Vol. 49. 2017, Tatarstan, pp. 108-114.
- 16 *Mirzaeva Sh. U., Gafurov K. Kh., Zhumaev Zh.,* Certificate of Official Registration of the Program for Electronic Computers. Computer Program Optimization of the Process of Obtaining CO₂ Extract from Licorice Root. DGU 09833 (2021)
- 17 *Gafurov K. Kh., Muxammadiyev B. T., Kuldosheva F. S.,* Obtaining Extracts from Plant Raw Materials Using Carbon Dioxide, Food Science and Technology, Scientific and Production Journal Odessa, Vol. 14, No. 1 (2023), Web of Science Journal.
- 18 *Khalilov I., Abdullayeva F., Khodjiyeva N., Mirzaeva Sh,* Optimization of the process CO₂ - extraction of plant raw material, BIO Web of Conferences 141, 01030 (2024) AGRICULTURAL SCIENCE 2024.
- 19 *Ezhkova A.M., Yapparov A.Kh., Ezhkov V.O., Bikkinina L.M.-Kh., Yapparov I.A., Gerasimov A.P.,* Doklady Biolog. Sci., 467(1), 65–67 (2016)
- 20 *Donnik I.M., Voronin B.A.,* Agrar. Bull. of the Urals, 5(147), 101–107 (2016)
- 21 *Ovsyannikov A.I.,* Fundamentals of experimental work in animal husbandry (Moscow, 1976)
- 22 *Kalashnikov A.P., Scheglov V.V., Pervov N.G.,* Norms and diets for feeding farm animals (Moscow, 2003)
- 23 *Tyurin V.G.* Realization of the bioresource potential of black-and-white cattle against the background of immunocorrection / V.G. Tyurin V.G. Semenov D.A. Nikitin // Modern problems of veterinary pathology and biotechnology in the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference, dedicated to the 95th anniversary of the RUE “Institute of Experimental Veterinary Medicine named after S.N. Vysheslenskogo” / Biotechnological aspects in modern animal husbandry. - Minsk, 2017. - Pp. 344-348.
- 24 *Tyurin V.G.* Ecological and hygienic aspects in the operation of livestock enterprises / V.G. Tyurin N.N. Potemkina I.I. Kochish // Environmental problems of the use of organic fertilizers in agriculture: Proc. All-Russian scientific-practical. conf. with international participation. - 2015. - Pp. 339-343
- 25 *Filippova O.B.* Natural sorbent in calf feed / O.B. Filippova A.N. Zazulya A.I. Frolov, V.I. Vigdorovich // Science in central Russia. - 2017. - No. 1 (25). - Pp. 63-68.
- 26 *Shalina M.N.* Improving the technology of raising calves under wet-nurse cows / M.N. Shalina // Bulletin of the Altai State Agrarian University. - 2003. - No. 4 (12). - P. 104-105.

Орипов М.А.¹, Мирзаева Ш.У.¹, Мухамадиев Б.Т.², Рахматов Х.М.¹

¹ Бўқара мемлекеттік университеті, Бўқара қ., Өзбекстан

² Бўқара мемлекеттік техникалық университеті, Бўқара қ., Өзбекстан

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЖАНУАРЛАРЫН АЗЫҚТАНДЫРУДА БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЖЕМШӨП ҚОСПАЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ

Түйіндеме. Жануарларға арналған жемшөп қоспалары бүкіл әлемде көптеген себептерге байланысты, оның ішінде қажетті қоректік заттармен қамтамасыз ету, жемнің дәмін жақсарту, өсу қарқынын жақсарту және жемді пайдалануды оңтайландыруға байланысты әртүрлі малдарға, соның ішінде құс етіне қолданылады. Тез өсетін жануарлардың денсаулық деңгейін сақтау қажет, сондықтан мұндай жағдайларда тиісті қоспаларды қолдану негізгі дәлел болып табылады. Салалық стандарттардың және тұтынушылардың хабардар болуының жоғарылауына, сондай-ақ пайдалы тағамдарға, жануарлардан алынатын өнімдерге сұраныстың артуына байланысты бұған дейін қолданылып келген дәстүрлі жем қоспаларына қарағанда бүгінде ауылшаурашылық саласына табиғи және қалдықсыз баламаларды қолдануға қатысты қысым артып келеді. Тұтынушылар мен жануарлардың әл-ауқаты жануарларға арналған азық қоспаларына құнды баламаларды анықтайтын негізгі фактор болып табылады. Жануарларға арналған тағамдық қоспалар ретінде қолданылатын кейбір баламаларға пробиотиктер, пребиотиктер, ферменттер және шөптер қосылады. Жемшөп қоспаларының бұл таңдауы осы баламалардың ғылыми және эмпирикалық зерттеулерімен расталады, өйткені шөптер мен олардың сығындылары (өсімдік компоненттері) жемді тұтынуды ынталандырып қана қоймайды, сонымен қатар эндогендік секрецияларды ынталандыратын, сондай-ақ микробқа қарсы, кокцидиостатикалық немесе антигельминтикалық белсенділігі жоғары спектрге ие. Антибиотиктерді өсу стимуляторы ретінде қолдануға тыйым салу, экономикалық тиімділік және зиянды қалдық әсерлер туралы хабардарлықты арттыру өсімдік негізіндегі жемшөп қоспаларының тұрақты мал шаруашылығындағы маңыздылығын арттырады. Мал шаруашылығы секторы бірқатар аскорбин қышқылы, пребиотиктер, пробиотиктер, және өсімдік сығындылары жемшөп сияқты қоспаларды қолданудан пайда көреді.

Түйінді сөздер: жем қоспалары, фитогендік өнімдер, пробиотиктер, пребиотиктер, ферменттер, шөптер, өсімдік сығындылары, сапаны бақылау.

Орипов М.А.¹, Мирзаева Ш.У.¹, Мухамадиев Б.Т.², Рахматов Х.М.¹

¹Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан

²Бухарский государственный технический университет, г. Бухара, Узбекистан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Аннотация. Кормовые добавки для животных используются во всем мире для различных видов скота, включая птицу, по многим причинам, включая обеспечение необходимыми питательными веществами, повышение вкусовых качеств корма, улучшение показателей роста, а также оптимизацию использования корма. Животные с высокими показателями роста нуждаются в поддержании высокого уровня здоровья, и использование соответствующих добавок является основным аргументом, в таких случаях. С повышением отраслевых стандартов и повышенной осведомленностью потребителей, а также спросом на здоровые продукты питания, животного происхождения, на отрасль оказывается все большее давление в отношении более натуральных и не содержащих остатков альтернатив, чем традиционные кормовые добавки, используемые до недавнего времени, кормовые продукты для животных. Благополучие потребителей и животных является основным фактором, определяющим ценные альтернативы кормовым добавкам для животных. Некоторые из альтернатив, используемых в качестве кормовых добавок для животных, включают пробиотики, пребиотики, ферменты и травы. Такой выбор кормовых добавок подкреплен научными и эмпирическими исследованиями этих альтернатив, поскольку травы и их экстракты (растительные компоненты) обладают широким спектром действия, которое может не только стимулировать потребление корма, но и стимулировать эндогенные секреции, а также обладать антимикробной, кокцидиостатической или антигельминтной активностью. Запрет на использование антибиотиков в качестве стимуляторов роста, экономическая эффективность и повышение осведомленности о вредных остаточных эффектах приводят к тому, что растительные кормовые добавки приобретают все большее значение в устойчивом животноводстве. Сектор животноводства получает выгоду от использования ряда кормовых добавок, таких как аскорбиновая кислота, пребиотики, пробиотики, и растительные экстракты.

Ключевые слова: Кормовые добавки, фитогенные продукты, пробиотики, пребиотики, ферменты, травы, растительные экстракты, контроль качества

Information about the authors

Oripov Mahmud Ashurovich – Doctor of Technical Sciences (PhD) and an Associate Professor at the Department of Green Economy and Agribusiness, Bukhara State University, Bukhara c., Uzbekistan, maorif@mail.ru.

Mukhamadiev Bakhodir Timurovich – PhD, Associate Professor, Department of

Industrial Ecology, Bukhara State Technical University, Bukhara c., Uzbekistan, shohista.m@rambler.ru

Mirzaeva Shohista Usmonovna – Doctor of Technical Sciences (PhD), Associate Professor, Department of Biotechnology and Food Safety, Bukhara State University, Bukhara c., Uzbekistan, shohista.m@rambler.ru

Rakhmatov Khamro – Master's Student, Bukhara State University, Bukhara c., Uzbekistan, hamrorahmatov0@gmail.com

Авторлар туралы мәліметтер

Орипов Махмуд Ашурович – техника ғылымдарының докторы (PhD), Бұқара мемлекеттік университетінің «Жасыл экономика және агробизнес» кафедрасының доценті, Бұқара қ., Өзбекстан, maorif@mail.ru

Мұхамдиев Баходир Тимурұлы – биология ғылымдарының кандидаты, Бұқара мемлекеттік техникалық университетінің өнеркәсіптік экология кафедрасының доценті, Бұқара қ., Өзбекстан, shohista.m@rambler.ru

Мирзаева Шохиста Усмоновна – техника ғылымдарының докторы (PhD), Бұқара мемлекеттік университетінің биотехнология және тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі кафедрасының доценті, Бұқара қ., Өзбекстан, shohista.m@rambler.ru

Рахматов Хамро – Бұқара мемлекеттік университетінің магистранты, Бұқара қ., Өзбекстан, hamrorahmatov0@gmail.com

Сведения об авторах

Орипов Махмуд Ашурович - доктор технических наук (PhD), доцент кафедры «Зелёная экономика и агробизнес», Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан, maorif@mail.ru

Мухамдиев Баходир Тимурович – кандидат биологических наук доцент кафедры Промышленная экология Бухарский государственный технический университет, г. Бухара, Узбекистан, shohista.m@rambler.ru

Мирзаева Шохиста Усмоновна – доктор технических наук (PhD), доцент кафедры Биотехнология и пищевая безопасность, Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан, shohista.m@rambler.ru

Рахматов Хамро – магистрант Бухарского государственного университета, г. Бухара, Узбекистан, hamrorahmatov0@gmail.com

ПЕРЕВОД СТАТЬИ / МАҚАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ

*Орипов М.А.¹, Мирзаева Ш.У.¹, Мухамадиев Б.Т.²,
Рахматов Х.М.¹*

¹Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан

²Бухарский государственный технический университет, г. Бухара, Узбекистан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Аннотация. Кормовые добавки для животных используются во всем мире для различных видов скота, включая птицу, по многим причинам, включая обеспечение необходимыми питательными веществами, повышение вкусовых качеств корма, улучшение показателей роста, а также оптимизацию использования корма. Животные с высокими показателями роста нуждаются в поддержании высокого уровня здоровья, и использование соответствующих добавок является основным аргументом, в таких случаях. С повышением отраслевых стандартов и повышенной осведомленностью потребителей, а также спросом на здоровые продукты питания, животного происхождения, на отрасль оказывается все большее давление в отношении более натуральных и не содержащих остатков альтернатив, чем традиционные кормовые добавки, используемые до недавнего времени, кормовые продукты для животных. Благополучие потребителей и животных является основным фактором, определяющим ценные альтернативы кормовым добавкам для животных. Некоторые из альтернатив, используемых в качестве кормовых добавок для животных, включают пробиотики, пребиотики, ферменты и травы. Такой выбор кормовых добавок подкреплен научными и эмпирическими исследованиями этих альтернатив, поскольку травы и их экстракты (растительные компоненты) обладают широким спектром действия, которое может не только стимулировать потребление корма, но и стимулировать эндогенные секреты, а также обладать антимикробной, кокцидиостатической или антигельминтной активностью. Запрет на использование антибиотиков в качестве стимуляторов роста, экономическая эффективность и повышение осведомленности о вредных остаточных эффектах приводят к тому, что растительные кормовые добавки приобретают все большее значение в устойчивом животноводстве. Сектор животноводства получает выгоду от использования ряда кормовых добавок, таких как аскорбиновая кислота, пребиотики, пробиотики, и растительные экстракты.

Ключевые слова: Кормовые добавки, фитогенные продукты, пробиотики, пребиотики, ферменты, травы, растительные экстракты, контроль качества

Введение. Одна из самых больших проблем, с которыми сталкиваются управляющие фермами, животноводы, специалисты по животноводству, а также диетологи, работающие в индустрии кормов для животных или в области исследований, – это разработка сбалан-

сированных рационов для высокопродуктивных животных, а также поддержание оптимального соотношения затрат и выгод. Поэтому необходимо учитывать тот факт, что стоимость мяса, молочных продуктов и побочных продуктов животного происхождения нестабильна и варьируется в зависимости от различных факторов, и одной из таких причин является стоимость кормов (Торнтон, 2010). Затраты на корма составляют наибольшую статью расходов в животноводстве (оцениваются в 35–50%). В целом, существует мнение, что животные питаются растениями, травой или какой-либо другой «пищей», естественной для их рациона, но в действительности на современных фермах кормление скота и птицы – это сложный процесс, полный споров и противоречивых мнений. Кормовые добавки рассматриваются как группа или класс кормовых ингредиентов, которые, не являясь питательными веществами, могут вызывать желаемую реакцию животного. Такая реакция может включать изменение pH, рост или модификацию метаболической реакции животного (Хутженс, 1991). Согласно Европейской комиссии, кормовые добавки — это продукты, используемые в кормопроизводстве для улучшения качества корма и качества продуктов животного происхождения или для улучшения продуктивности и здоровья животных, например, для повышения усвояемости кормовых материалов. Некоторые кормовые добавки могут содержать различные питательные вещества, такие как натрий и белок, которые являются частью бикарбоната натрия или дрожжевой культуры соответственно [1]. Технически, кормовые добавки не считаются обязательными и не гарантируют высокой продуктивности животных или экономической рентабельности в животноводстве (Animal Feed Additives 2018, веб-источник). Наблюдается быстрый рост спроса со стороны молочной и мясной промышленности в связи с растущим демографическим давлением. Продовольственная безопасность, которая является второй в списке Целей устойчивого развития в виде «нулевого голода», и 12-й Целью устойчивого развития, которая является «ответственным потреблением и производством», обе являются в большей степени востребованными в индустрии кормов для животных [2-5].

Важность кормовых добавок сегодня растет с каждым днем благодаря преимуществам, которые они могут обеспечить, таким как стимулирование роста животных, контроль инфекционных заболеваний, а также повышение усвояемости корма (Отчет о специальных кормовых добавках, 2016) [6]. Наблюдается устойчивый рост рынка кормовых добавок для животных, который, как ожидается, будет расти и в будущем, благодаря быстрому увеличению спроса на мясо, мясные продукты, а также молочные продукты во всем мире (Отчет о кормовых добавках для животных, 2014). В связи с частыми эпиде-

миями, такими как птичий грипп, другими заболеваниями, такими как ящур, и экологическими проблемами, увеличением обеспокоенности по поводу здоровья животных во всем мире, среди фермеров, занимающихся разведением мясного и молочного скота, возросло общее мнение о качестве кормов и связанных с ними сертификатах [7-10].

Основные факторы, движущие глобальный рынок кормовых добавок для животных, можно классифицировать следующим образом:

- (а) Рост мирового потребления мяса
- (б) Повышение осведомленности о качестве и безопасности мяса
- (в) Увеличение массового производства мяса
- (г) Недавние вспышки заболеваний среди скота

Ограничивающими факторами рынка являются растущие затраты на сырье и нормативно-правовая база. [11]. Однако рост стоимости натуральных кормовых продуктов создает возможности для использования кормовых добавок в качестве дешевой альтернативы. Ведущие производители сосредоточены на расширении бизнеса в различных регионах и создании новых заводов для увеличения своих производственных мощностей.

Хотя существуют различные определения кормовых добавок, всеобъемлющее определение, предложенное Европейской комиссией, звучит так: «Кормовые добавки — это продукты, используемые в кормлении животных, с целью улучшения качества корма и качества корма животного происхождения, или для улучшения его продуктивности и здоровья животных, например, для повышения усвояемости кормовых материалов».

В условиях ужесточения контроля со стороны регулирующих органов и усиления влияния социальных сетей практически нет возможности нарушать нормы, установленные для промышленности. Для любых кормовых добавок для животных, предназначенных для продажи, необходимо строго соблюдать процесс научной оценки, и валидации для установления наличия или отсутствия каких-либо вредных воздействий на здоровье человека и животных или на окружающую среду (Европейская комиссия, 2018) [12-16].

Классификация кормовых добавок для животных. Кормовые добавки классифицируются по различным категориям по различным параметрам. Кормовые добавки могут быть различных типов:

- В соответствии с правилами Европейской комиссии
- В соответствии с целостным подходом
- В соответствии с их происхождением и функцией

Кормовые добавки можно разделить на следующие категории: антиоксиданты для кормов, сложные подкислители, комплексные ферменты, адсорбенты микотоксинов, средства предотвращения плесени, витамины и электролиты, гидрохлорид L-карнитина, раз-

бавленный никотинат хрома, откормочные агенты, аминокислоты, антибиотики, связующие вещества, минералы, травы, и премиксы. Широко признанная классификация кормовых добавок для животных, основанная на правилах Европейской комиссии и руководящих принципах, приведена ниже.

Еще один класс кормовых добавок, используемый для обозначения технологических вмешательств, применяемых в кормовых добавках, — это технологические добавки.

На основании Регламента Европейской комиссии:

Сенсорные добавки. Это группа добавок, которые улучшают вкусовые качества (т.е. добровольное потребление) корма, стимулируя аппетит, обычно за счет воздействия этих продуктов на вкус или цвет корма. Например, ароматизаторы корма или подсластители, такие как ванильный экстракт, вполне могут побудить телят съесть рацион [17].

Пищевые добавки. Добавки обеспечивают животное определенными питательными веществами для оптимального роста. Примером может служить витамин, аминокислота или микроэлемент.

В большинстве случаев такие добавки представляют собой просто концентрированные формы питательных веществ, поступающих из природы, ингредиенты в рационе.

Зоотехнические добавки. Эти добавки улучшают питательный статус и продуктивность скота не только за счет обеспечения определенными питательными веществами, но и за счет содействия более эффективному использованию питательных веществ, присутствующих в рационе. Примером такой добавки могут служить ферменты или микробные продукты прямого действия, которые улучшают состояние кишечного тракта, тем самым обеспечивая более эффективное извлечение питательных веществ из рациона. В этом отношении их часто называют пронутриентами, т.е. продуктами, которые улучшают пищевую ценность рациона, не обязательно обеспечивая непосредственное поступление питательных веществ. Другие добавки используются для улучшения экологической обстановки, которую они обеспечивают животноводству, а другие нацелены на выполнение конкретных физиологических функций.

Кокцидиостатики и гистомоноостаты. Эти добавки контролируют здоровье птицы посредством прямого воздействия. Эти соединения используются для контроля здоровья кишечника птицы и непосредственно воздействуют на паразитические организмы, населяющие кишечник, и не классифицируются как антибиотики (Классификация кормовых добавок 2018) [18-22].

Технологические добавки. Данная классификация относится к группе добавок, которые влияют на технологические аспекты корма.

Эти добавки не оказывают прямого влияния на питательную ценность корма, но могут делать это косвенно, улучшая его характеристики при обращении или гигиенические свойства. Примером такой добавки может служить органическая кислота для консервации корма (рисунок 1).

На основе целостного подхода:

Помимо европейской классификации, существует более целостная классификация, предложенная сельскохозяйственным советом.



Рисунок 1 - Классификация технологических кормовых добавок

Цель исследования – оценить свойства трав и биодобавок при кормлении животных. Добавки, влияющие на стабильность корма, производство кормов и свойства кормов:

- (a) Противогрибковые средства
- (b) Антиоксиданты
- (c) Связующие вещества для гранул

Добавки, изменяющие рост животных, эффективность корма, метаболизм и продуктивность [23]:

- (a) Ароматизаторы корма
- (b) Модификаторы пищеварения

- I. Ферменты
- II. Пребиотики
- III. Буферы

- IV. Подкислители
- V. Ионофоры
- VI. Противовздутие живота
- VII. Изокислоты
- VIII. Стимуляторы слюноотделения
- IX. Пробиотики
- X. Дефаунирующие агенты
- (с) Модификаторы метаболизма
- I. Гормоны
- II. Бета-адренергические агенты (перераспределяющие агенты)
- (d) Стимуляторы роста
- I. Антибиотики

- II. Химиотерапевтические средства
- III. Пребиотики и пробиотики

Добавки, изменяющие здоровье животных:

- (e) Лекарственные препараты
- (f) Иммуномодуляторы

Добавки, изменяющие потребительскую приемлемость:
(a) Ксантофиллы

Для создания целостной классификации, включающей все типы и подтипы кормовых добавок для животных, в том числе те, которые включены в вышеуказанную классификацию на основе основной функциональной активности, выполняемой определенным классом, предлагаем следующую подробную классификацию.

На основе их происхождения и функции:

Добавки, повышающие потребление корма. Антиоксиданты — это соединения, предотвращающие окислительное прогоркание полиненасыщенных жиров. Прогоркание, если оно уже произошло, может привести к разрушению витаминов А, D и E и некоторых витаминов группы B комплекса. Продукты распада прогорклых веществ могут реагировать с лизином и, таким образом, влиять на содержание белка в рационе. Этоксихин или БГТ (бутилированный гидрокситолуол) могут служить антиоксидантом в корме [24-26].

Эффективное выращивание животных зависит от применения прогрессивных технологий содержания, кормления, своевременного проведения ветеринарно-профилактических мероприятий. Известно, что одной из важнейших причин рождения слабых телят является небла-

гоприятные условия кормления стельных сухостойных коров, которые не соответствуют биологическим особенностям роста плода. Для достижения высокого качества продукции животноводства успешно применяют различные препараты, которые улучшают поедаемость и усвояемость кормов, улучшают количество и качество продукции. Многие авторы отмечают, что полноценное кормление животных достигается как за счёт кормов растительного происхождения, так и широкого использования нетрадиционных источников биологически активных веществ в виде различных добавок. В настоящее время для максимальной реализации генетического потенциала продуктивности сельскохозяйственных животных широкое применение находит использование биологически активных веществ, которые способствуют повышению питательности и усвоению корма, нормализации обмена веществ, усилению факторов естественной резистентности. Биологически активные вещества включают витамины, макро- и микроэлементы, ферменты, антиоксиданты и др. Одними из таких биологически активных кормовых добавок являются кормовые дрожжи, тыквенный жмых и рисовая шелуха. Кормовые дрожжи – являются белково-витаминным концентратом, который получают путём микробиологической переработки гидролизатов, сульфитных щелоков, после спиртовой гидролизной и сульфитной барды. Энергетическая ценность их близка к зерновым кормам, а по содержанию протеина они значительно превосходят их. По содержанию протеина и витаминов кормовые дрожжи не уступают шроту семян сои и другим традиционным кормовым добавкам. Дрожжи являются источником белка, незаменимых аминокислот и витаминов группы В, витамина Е, С и витаминов А и D. А также содержит провитамин D₂, углеводы, минеральные вещества (Ca, P, Si), натуральные вещества, которые способствуют росту (инозит, биотин и др), а также ферменты класса гидролазы, которые помогают животным более эффективно переваривать и усваивать корма. Биомасса дрожжей имеет оптимальное содержание клетчатки, что играет важную роль в улучшении перистальтики кишечника. По внешнему виду кормовые дрожжи – порошок-чешуйки, от светло жёлтого до коричневого цвета. Массовая доля влаги в них составляет не более 10%, сырого протеина не менее 43%, золы не более 10%, липидов 2%, 0,5% клетчатки, 39% БЭВ, 18% углеводов. Протеиновый комплекс в дрожжах, представляет наибольшую кормовую ценность, в его состав входит много белка и незаменимые аминокислоты.

Согласно литературным данным, многие производители молока используют кормовые дрожжи, для обеспечения ритмичного функционирования рубцового пищеварения, нормализации состава микрофлоры и профилактики ацидоза рубца у жвачных. Благодаря своей способности к брожению, кормовые дрожжи получили широкое

распространение в кормлении коров. В рубце жвачных они создают анаэробную среду, которая способствует развитию полезной микрофлоры. Для своего роста кормовые дрожжи используют кислород рубца, тем самым улучшая условия для роста целлюлозолитических бактерий – анаэробов. Кроме этого, кормовые дрожжи продуцируют ферменты, которые расщепляют питательные вещества кормов, в том числе клетчатку. Последовательная и быстрая ферментация грубой клетчатки увеличивает производство бактериального белка, повышает образование свободных жирных кислот – источника энергии для организма, снижает содержание аммиака в рубце, так как он расходуется на образование бактериального белка. Таким образом, введение в рацион лактирующих коров кормовых дрожжей усиливает обменные процессы, что способствует улучшению переваримости и усвояемости питательных веществ и, следовательно, стимулирует повышение молочной продуктивности коров и улучшение питательной ценности молока. Так, исследованиями Гуляева Е.Г., Шумова А.В., Максимовой А.С. (2009) установлено, что включение к основному рациону кормовых дрожжей вызывает повышение молочной продуктивности коров в первой половине лактации на 9,7 %, т. е. дополнительно ежедневно от каждого животного было получено 3 кг молока. Арзин И.В. (2016) провёл исследования на стельных сухостойных коровах за три недели до отела и сделал выводы, что включение кормовых дрожжей Оптисаф в количестве 30 г на голову в сутки способствовало активизации обменных процессов в их организме, а также увеличению надоя молока натуральной жирности в последующую после отела коров лактацию.

В литературе имеются данные по получению сорбентов из соломы и шелухи риса и извлечению ими ионов таких металлов, как железо, свинец, медь, кадмий, никель, кобальт, селен, которые активно взаимодействуют с ДНК при попадании в организм из окружающей среды и приводят к необратимым повреждениям структуры ДНК, вызывая мутации и нарушения репродуктивной функции животных. Таким образом, на основании краткого обзора литературных источников, можно утверждать о целесообразности включения БАКД в рационы сельскохозяйственных животных с целью повышения естественной резистентности организма и качества продукции животноводства.

Материалы и методы исследований. Использование натуральных ингредиентов в качестве кормовых добавок, как ожидается, повлияет на продуктивность и здоровье скота, но со временем это должно соответствовать потребительским требованиям к продуктам животноводства, которые не содержат синтетических химикатов и могут сохранять стабильность продукта. Сегодня потребители заинтересованы в улучшении своего здоровья, например, в продуктах питания с

высокой питательной ценностью, богатых белком и с низким содержанием холестерина. Есть надежда, что функциональные кормовые добавки не только повлияют на скот, но и позволят производить продукты животноводства, имеющие полезную для здоровья ценность для потребителей. Кормление травой с добавками льняного масла и листьев клевера может увеличить содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в говядине, что делает ее функциональным продуктом питания. Добавление флавоноидов, гесперитина и нарингенина, извлеченных из апельсиновой кожуры, в качестве дополнительной кормовой добавки обладает антиоксидантными свойствами и улучшает продуктивность кур-несушек, производя при этом яйца с низким содержанием холестерина. Яйца с низким содержанием холестерина улучшат здоровье человека или будут коррелировать с функциональными продуктами питания. В будущем предоставление дополнительных кормов в качестве функционального корма может превратиться в функциональный источник пищи для населения развивающихся стран.

В промышленном скотоводстве для сухостойных и новотельных коров (за 2 месяца до отела и 10 суток после него) и при выращивании телят (в возрасте 1-30 суток) с целью повышения естественной резистентности и улучшения их физиологического состояния целесообразно применять биологически активные кормовые добавки – микронизированный тыквенный жмых, микронизированные кормовые дрожжи и микронизированную рисовую шелуху, прерывисто – учитываемая физиологическое развитие и особенности технологии содержания животных.

Сухостойным и новотельным коровам следует вводить в рацион микронизированный тыквенный жмых, микронизированные кормовые дрожжи и микронизированную рисовую шелуху, один раз в сутки с основным рационом, в дозе 1 г на 1 кг живой массы, в течение 3-х дней с интервалом в 4 дня, на протяжении 2-х месяцев до отела и 10 дней после него. 3.Телятам, содержащимся в телятнике-профилактики, в профилактических целях следует вводить в рацион микронизированный тыквенный жмых, микронизированные кормовые дрожжи и микронизированную рисовую шелуху, один раз в сутки с молозивом или молоком, в дозе 1 г на 1 кг живой массы в течение 3-х дней с интервалом в 4 дня на протяжении от рождения до 30 дневного возраста.

Кроме этого, изучался микроклимат в коровниках и представляет собой совокупность физического состояния воздушной среды, его газовой, микробной и пылевой загрязнённости, с учётом состояния здания и технологического оборудования. Результаты исследований по изучению физических параметров воздушной среды в коровнике

и профилактории, где проводился научно производственный опыт, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели микроклимата в помещении для содержания сухостойных коров

Период года	Температура воздуха, °С, min-max	Относительная влажность, %, min-max	Скорость движения воздуха, м/с, min-max	Содержание аммиака, мг/м ³ , min-max	Содержание углекислого газа, %, min-max
1	2	3	3	4	5
Зимний	9,1-13,9	71,2-85,0	0,18-0,54	10,3-12,0	0,17-0,19
Весенний	11,8-14,5	69,6-87,2	0,26-0,59	10,7-16,3	0,16-0,23
Летний	13,3-15,7	65,4-83,7	0,31-0,69	10,1-17,9	0,15-0,19

Из приведённых данных видно, что в помещении для содержания сухостойных коров температурно-влажностной режим в течение всего периода исследований был неодинаков и характеризован следующими показателями: температура воздуха в зимний период была от 9,1-13,9 °С и составила в среднем 12,2 °С, в весенний 13,9 °С, при колебаниях от 11,8-14,5 °С, в летний 14,3 °С, при колебаниях 13,3-15,7 °С. Относительная влажность воздуха в помещении в зимний период в среднем была 77,1 % при колебаниях в пределах от 71,2-85,0 %, в весенний период в среднем она составила 75,3% при колебаниях от 69,6 87,2 %, а в летний период изменялась от 65,4 до 83,7 % и в среднем составила 74,3%. На протяжении всего подопытного периода скорость движения находилась в пределах от 0,18 до 0,69 м/с и в среднем составила 0,23 м/с. Охлаждающая способность воздуха в среднем составляла 7,59 ккал/(с*см²). Содержание углекислого газа не превышало 0,23 %. Количество аммиака в воздухе коровника колебалось от 10,1 до 17,9 мг/м³ и в среднем составляло 11,7 мг/м³. Наличие сероводорода в воздухе коровнике не отмечали. Уровень освещенности непосредственно в местах нахождения животных варьировал от 41 до 327 лк в дневное время. В среднем в коровнике уровень освещенности составил 56,17 лк. В ходе анализа микробной обсеменённости воздуха в коровнике установлено, что общее микробное число (ОМЧ) колебалось от 17,5 до 27,3 тыс. микробных тел в 1 м³ воздуха. В среднем количество микроорганизмов в воздухе коровника составило – 23,2 тыс. микробных тел в 1 м³.

Вывод. Большинство развивающихся стран, в том числе Узбекистан, обладают обильным количеством сельскохозяйственной про-

дукции и побочных продуктов, которые могут использоваться в качестве кормовых добавок с функциональными кормовыми свойствами.

Это может изменить ошибочное представление о том, что важные кормовые ингредиенты следует добавлять только на уровне коммерческих кормов. Вместо этого следует продвигаться в выявлении альтернативных продуктов и их питательных и антимикробных свойств для использования их в развивающихся странах, испытывающих нехватку ресурсов. В будущем включение функциональных ингредиентов в функциональные корма может стать жизнеспособной альтернативой в развивающихся странах. Натуральные продукты, которые легко доступны и имеются на местном уровне, потенциально могут заменить использование антибиотиков в качестве кормовых ингредиентов, что может улучшить продуктивность и здоровье скота. Эти натуральные продукты безопасны для скота, людей и окружающей среды; их можно использовать постоянно, и они обладают различными механизмами действия.

Научно-производственные опыты на коровах за 2 мес. до отела и 10 дн. после него и телятах в условиях скотоводческого комплекса показали, что прерывистое введение к основному рациону исследуемых БАКД способствовало увеличению среднесуточных приростов массы тела телят и улучшению показателей состояния их организма, что в целом способствует повышению естественной устойчивости организма.

Лечебные свойства трав, улучшающие антимикробную, противовоспалительную, антиоксидантную, усвояемость и иммуностимулирующую активность, должны быть изучены в кормлении животных, а также в качестве безопасного продукта питания для человека. Стандартизация правильной дозировки режимов применения растительных кормовых добавок для выполнения определенной функции является требованием ситуации, поэтому необходимо провести дополнительные исследования в этом направлении.

Таким образом, различные области, такие как здоровье, экологическая устойчивость, нормативные требования и даже изменение климата, являются частью производства, маркетинга и воздействия после использования, которые тесно связаны с индустрией производства кормов.

References

- 1 *Shvetsov N.N.* Raising young cattle using rhythmic feeding / *Shvetsov N.N., Shvetsova M.R., Ryltsev A.A.* // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy.* – 2014. – No. 3. – P. 59-60.
- 2 *Adams M.C.* Selection of a novel direct-fed microbial to enhance weight gain in intensively reared calves / *M.C. Adams, J. Luo, S. King, D. Rayward, R. Gibson, G.H. Moghaddam* // *Animal feed science and technology.* – 2008. – T. 145. – No. 1-4. – P. 41-52.
- 3 *Chawla G.C.* Use of buttercakes in the ration of livestock, *Judian Dairyman / G.C. Chawla, T. Rat.* – 1986, 38. – P. 187-189.
- 4 *Hicks R.B.* Effects of programmed feed intake on performance and carcass characteristics of feedlot steers / *R.B. Hicks, T.N. Owens, D.R. Gill* // *Misc. Publ. / Oklahoma State Univ. Agr. Exper. Stat, Stillwater. Okla.* – 1988. – No. 125. – P. 147.
- 5 *Jkurior S.A.* Equi-protein substitution of cottonseed meal for groundnut cake in diets for weaner – grower pigs / *S.A. Jkurior, B.Z.H. Fetuda.* – *J.Sc. Found. Agr.,* 1988.
- 6 *Mazur K.* Ventilation and constructional solutions influencing microclimate in livestock buildings for dairy cattle / *K. Mazur, J. Barwicki, M. Majchrzak, W.J. Wardal, K. Borek.* – 2016. – No. 18. – P. 257-261.
- 7 *Pivtorak Y.* Use of mineral feed additive in silage-pulp fattening young cattle / *Y. Pivtorak, O. Sloboda, I. Golodyuk, V. Mateush.* – 2012. – T. 14 – No. 3-3 (53). – P. 153-157.
- 8 *Schroeder, G.E.* Chemical and protein quality parameters of heat processed sunflower buttercake for dairy cattle / *G.E. Schroeder, L.J. Erasmus, H.H. Meissner* // *Animal feed science and technology.* – 1996. – T. 58. – No. 3-4. – P. 249-265.
- 9 *Stermer R.* Feeder cattle stress during handling and transportation / *R. Stermer (et al.)* // *Trans. ASAE.* – St. Joseph, Mich. – 1982. – Vol. 25. – No. 1. – P. 246.
- 14 *Mirzaeva S. U., Bakhodir T. M.,* Perspective Theoretical Foundations of the Extraction Process, Sulfur Dioxide Chemistry and Environmental Impact, 2024, IntechOpen.
- 15 *Gafurov K.H., Muhammadiev B.T., Mirzaeva Sh.U.,* Supercritical [SC] CO₂ Extraction of Glycyrrhizic Acid from Licorice Roots, *Butlerov Communications* No. 1, Vol. 49. 2017, Tatarstan, pp. 108-114.
- 16 *Mirzaeva Sh. U., Gafurov K. Kh., Zhumaev Zh.,* Certificate of Official Registration of the Program for Electronic Computers. Computer Program Optimization of the Process of Obtaining CO₂ Extract from Licorice Root. DGU 09833 (2021)
- 17 *Gafurov K. Kh., Muxammadiyev B. T., Kuldosheva F. S.,* Obtaining Extracts from Plant Raw Materials Using Carbon Dioxide, *Food Science and Technology, Scientific and Production Journal Odessa*, Vol. 14, No. 1 (2023), *Web of Science Journal.*
- 18 *Khalilov I., Abdullayeva F., Khodjiyeva N., Mirzaeva Sh,* Optimization of the process CO₂ - extraction of plant raw material, *BIO Web of Conferences* 141, 01030 (2024) *AGRICULTURAL SCIENCE* 2024.
- 19 *Ezhkova A.M., Yapparov A.Kh., Ezhkov V.O., Bikkinina L.M.-Kh., Yapparov I.A., Gerasimov A.P.,* *Doklady Biolog. Sci.,* 467(1), 65–67 (2016)
- 20 *Donnik I.M., Voronin B.A.,* *Agrar. Bull. of the Urals,* 5(147), 101–107 (2016)

- 21 Ovsyannikov A.I., Fundamentals of experimental work in animal husbandry (Moscow, 1976)
- 22 Kalashnikov A.P., Scheglov V.V., Pervov N.G., Norms and diets for feeding farm animals (Moscow, 2003)
- 23 Tyurin V.G. Realization of the bioresource potential of black-and-white cattle against the background of immunocorrection / V.G. Tyurin V.G. Semenov D.A. Nikitin // Modern problems of veterinary pathology and biotechnology in the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference, dedicated to the 95th anniversary of the RUE "Institute of Experimental Veterinary Medicine named after S.N. Vyshesleskogo" / Biotechnological aspects in modern animal husbandry. - Minsk, 2017. - Pp. 344-348.
- 24 Tyurin V.G. Ecological and hygienic aspects in the operation of livestock enterprises / V.G. Tyurin N.N. Potemkina I.I. Kochish // Environmental problems of the use of organic fertilizers in agriculture: Proc. All-Russian scientific-practical. conf. with international participation. - 2015. - Pp. 339-343
- 25 Filippova O.B. Natural sorbent in calf feed / O.B. Filippova A.N. Zazulya A.I. Frolov, V.I. Vigdorovich // Science in central Russia. - 2017. - No. 1 (25). - Pp. 63-68.
- 26 Shalina M.N. Improving the technology of raising calves under wet-nurse cows / M.N. Shalina // Bulletin of the Altai State Agrarian University. - 2003. - No. 4 (12). - P. 104-105.

***Khalilov I.M.¹, Muxamadiyev B.T.², Khalilova F.M.³,
Mirzayeva Sh.U.³, Isomova I.P.³,***

¹Institute of Microbiology of the Academy of Sciences of the Republic of
Uzbekistan, Bukhara c., Uzbekistan

²Bukhara State Technical University, Bukhara,

³Bukhara State University, Bukhara c., Uzbekistan

PECULIARITIES OF EXTRACTING INGREDIENTS FROM PLANT MATERIALS

Abstract. This article provides a review of carbon dioxide extraction, the specifics of the extraction process from plant materials, and an analysis of the properties of liquid carbon dioxide as a solvent for extracting ingredients from plant materials. This article is intended for scientists, engineers, and technicians in the food and processing industries, as well as the pharmaceutical industry. The development of energy-saving technologies that enable the production of new, high-quality products in the pharmaceutical, perfume, and food industries is driven by the pressing public demand for high-quality medicines and food products, as well as environmentally friendly production. One solution to this problem is the use of liquefied and compressed carbon dioxide as an extractant. Extraction with liquefied carbon dioxide significantly expands the range of biologically active compounds extracted and enables the production of concentrations of biologically active substances in the final product that are impossible to achieve using any other known extraction method. The structural features of our region's plant materials - fruit pits, grape seeds, pumpkin, melon, etc. - require the development of technological extraction modes using liquid and supercritical carbon dioxide, the kinetics and dynamics of the extraction process, and the determination of the effect of the extraction process on the yield and quality of the resulting product.

Keywords: Plant materials, extraction of plant materials, properties of extracted material, obtaining bioactive components, CO₂ extraction process, oil quality analysis.

Introduction. Extraction is the primary technological process for extracting biologically active components from plant materials. Extraction (from the late Latin *extractio* - extraction) is the process of extracting substances from solutions or dry mixtures using selective solvents (extractants) that are immiscible with the solution but in which the substance dissolves better than in the primary solvent [1].

In a typical extraction process in a "liquid + solid" system, mass trans-

fer occurs, characterized by the transition of one or more substances from one phase (raw material) to another (extractant) by diffusion. A distinction is made between the following types of diffusion: 1) molecular and 2) convective.

Molecular diffusion is the process of gradual interpenetration of substances (liquid or gaseous) adjacent to each other and at macroscopic rest, caused by the chaotic motion of molecules. The intensity of diffusion depends on the kinetic energy of the molecules. The higher it is, the more intense the diffusion process. For example, gases easily diffuse into each other because their molecules move at high speeds. Liquids and solutions in which molecular movement is more restricted diffuse significantly more slowly [2].

Materials and Research methods. The driving force behind diffusion is the difference in concentrations of dissolved substances in contacting liquids. The greater the concentration difference, the greater the amount of substance that will migrate, all other things being equal, in a given time. The rate of diffusion increases with increasing temperature, as this increases the speed of molecular movement. The rate of diffusion depends on the relative molecular mass of the substance. Diffusion is naturally influenced by the size of the surface area separating the substances, as well as the thickness of the layer through which diffusion occurs. Obviously, the larger the surface area separating the substances, the more substances diffuse, and the thicker the layer, the slower the concentration equalization. Finally, the movement of a substance requires a certain amount of time. The longer diffusion takes, the more substance passes from one medium to another [1]. **The aim of the study** is to analyze review materials on carbon dioxide extraction and extraction from plant materials.

The influence of factors on diffusion processes can be expressed mathematically by the following equation:

$$\frac{dM}{d\tau} = DF \frac{y_{cur} - y}{d}, \quad (1.1)$$

here dM- is the amount of substance diffused during diffusion time dτ; $y_{cur} - y$ is the concentration difference; F - is the phase boundary surface; d is the thickness of the layer through which diffusion occurs; D- is the molecular diffusion coefficient, showing the amount of substance in kg that diffuses in 1 s through a surface of 1 m², with a layer thickness of 1 m and a concentration difference of 1 kg/m³.

According to this equation, known as Fick's law of diffusion, the amount of diffused substance is directly proportional to the concentration difference, the phase boundary, the diffusion time, the diffusion coefficient, and inversely proportional to the layer thickness [2].

As for the diffusion coefficient, its mathematical expression was given by Einstein:

$$D = \frac{RT}{N_0} \cdot \frac{1}{6\pi\eta r}, \quad (1.2)$$

here R - gas constant 8,32 J/(deg·mol); T - absolute temperature; N_0 - Avogadro's number ($6,06 \cdot 10^{23}$); η - viscosity in $\text{н}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$; r - radius of diffusing particles in m.

From the above equation, it is clear that the diffusion coefficient increases with increasing temperature and decreases with increasing viscosity of the medium and particle size of the substance. In other words, the smaller the radius of the diffusing particles, the faster the diffusion. For example, solutions of proteins, mucus, and the like diffuse very slowly because, as high-molecular compounds, they have very low diffusion coefficients. A completely different picture is observed in solutions of substances in a state of molecular or ionic-molecular dispersion. These substances, having relatively small particle sizes, diffuse incomparably faster.

In practice, numerical values for molecular diffusion coefficients are taken from reference books or specifically calculated.

In the flow core, matter moves toward the phase boundary primarily due to the movement of molar (composed of a large number of molecules) components of the medium, i.e., convective diffusion. In the boundary layer, it moves due to molecular diffusion. The total transfer of matter from (or to) the phase boundary is called mass transfer [2].

The rate of the process in this case is:

$$\frac{dM}{d\tau} = \beta F (y_{cur} - y_{avr}) \quad (1.3)$$

here β - convective diffusion coefficient, which is the amount of substance transported 1 c through the surface in 1 м^2 , with a concentration difference equal to 1 $\text{кг}/\text{м}^3$; F - phase boundary; $y_{cur} - y_{avr}$ - the difference between the saturation concentration of the solution and the average concentration in the bulk.

Convective transfer of matter occurs as a result of vibration, temperature changes, mixing, etc. - that is, factors that cause the movement of the liquid, and along with it, the dissolved substance, in a turbulent flow. In other words, the mechanism of convective diffusion involves the transfer of matter in the form of individual small volumes of its solution, with molecular diffusion also occurring within these small volumes.

Convective diffusion obeys law (1.3), according to which the rate of

convective diffusion increases with increasing phase contact area, concentration difference, process duration, and convective diffusion coefficient.

In convective diffusion, the size of the diffusing substance molecules, the viscosity of the solvent, and the kinetic energy of the molecules become secondary. Hydrodynamic conditions, i.e., the velocity and mode of fluid motion, become primary factors determining the rate of convective transfer of substances. Thus, molecular and convective transfers differ from each other not only in their mechanisms but also in that their rates depend on diverse groups of factors. Typically, the rate of convective transfer is many times greater than the rate of molecular transfer.

The above discussion pertains to so-called free diffusion, i.e., to the case where there are no barriers between contacting solutions or liquids; in other words, when molecular and convective diffusion proceed freely, unimpeded.

However, when extracting ingredients from plant materials with a porous structure, substances diffuse from the internal structures of the material particle, and the extraction process is complicated by a number of factors [2].

The structure of plant substances subject to extraction is based on capillary-porous systems [2].

The tissues that make up oilseed fruits and seeds are composed of hundreds of cells, which are the fundamental functional units of higher plants. Significant differences can be observed between cells of tissues with different specializations. These differences allow us to determine the tissue's identity and specialization, and sometimes even the plant species, using morphological characteristics [3].

The specialization of the underlying tissue determines the development of intracellular structures that ensure the synthesis of cellular reserve substances. At the same time, individual cells, while varying in shape, size, and chemical composition depending on the physiological functions of the tissue, the type of oilseed plant, and age, retain a structural plan common to all plant cells:

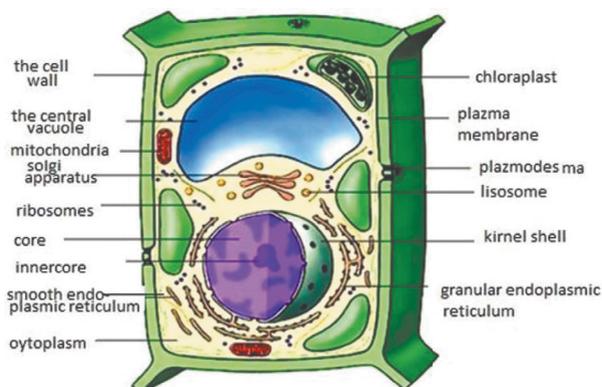


Figure 1 - Diagram of the structure of a plant cell [3].

A distinctive feature of plant cells is the presence of a membrane that is impermeable to solid particles. The hard membrane, acquired by plants at very early stages of evolution, provided the necessary protection for intracellular contents, but also determined the specific nature of plant nutrition: nutrients can only enter the cell from the environment in a dissolved state [3].

Beneath the cell membrane is the cytoplasm, which contains the nucleus and numerous organelles of varying structure and function (Figure 1). When observed under an optical microscope, the cytoplasm of growing plant cells, such as during seed maturation or germination, appears as a transparent, semi-liquid, granular mass within which individual organelles are visible. The nucleus is located in the center of a young cell, while in an adult cell, it is located near the cell wall.

A characteristic feature of plant cells is the presence of a rigid (hard) cell wall. The cell wall determines the cell's shape, provides mechanical strength and support to plant cells and tissues, and protects the cytoplasmic membrane from destruction under the hydrostatic pressure generated within the cell. However, this cell wall cannot be considered solely as a mechanical framework.

The cell membrane has properties that allow it to withstand intracellular water pressure while also being extensible and capable of growth. It acts as an anti-infective barrier and is involved in the absorption of minerals, acting as a kind of ion exchanger. The cell membrane is composed of cellulose, hemicelluloses, pectin, lipids, and a small amount of protein.

The components of the cell membrane are waste products of the cell. They are secreted from the cytoplasm and undergo transformations on the surface of the plasma membrane. Primary cell walls contain, on a dry matter basis, 25% cellulose, 25% hemicellulose, 35% pectin, and 1-8% structural proteins. However, these figures vary considerably. For example, the cell walls of cereal coleoptiles contain up to 60-70% hemicellulose, 20-25% cellulose, and 10% pectin. At the same time, endosperm cell walls contain up to 85% hemicellulose. Secondary cell walls contain more cellulose. The backbone of the cell wall is made up of intertwined micro- and macrofibrils of cellulose. Cellulose, or fiber ($C_6H_{10}O_5$)_n, is long, unbranched chains consisting of 3,000-10,000 D-glucose residues linked by β -1,4-glycosidic bonds. Cellulose molecules are combined into micelles, micelles are combined into microfibrils, and microfibrils are combined into macrofibrils. Macrofibrils, micelles, and microfibrils are linked into bundles by hydrogen bonds. The diameter of a micelle is 5 nm, the diameter of a microfibril is 25–30 nm, and that of a macrofibril is 0.5 mkm. The structure of micro- and macrofibrils is heterogeneous (Figure 2) [2].

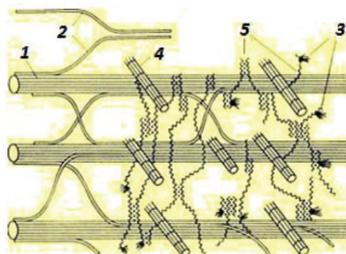


Figure 2 - Cell wall structure (according to Nach Lucasund Wolf, 1993) [2]
 1-cellulose microfibrils; 2-hemicellulose; 3-rhamnogalacturonan; 4-extension protein; 5-pectin substances.

The mechanical oil extraction method requires grinding the raw material to partially disrupt the cellular structure and improve the subsequent heat-moisture treatment process.

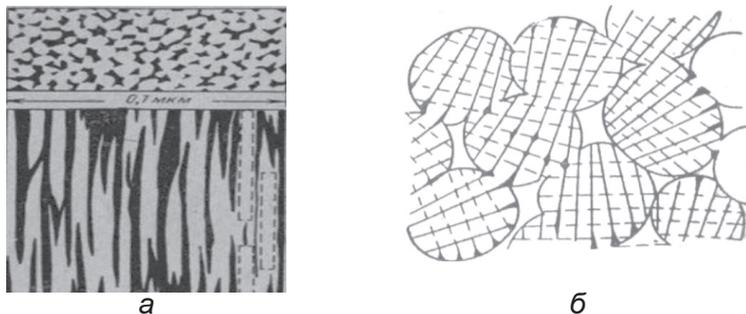
However, after grinding, the maximum passage through a 1 mm sieve is 60%, whereas for cottonseed meal, according to [3], the plant cell size is 33.5 x 17.5 μ m, for soybean 75.0 x 24.4 mkm, for sunflower 45.5 x 30.0 mkm, and the cell wall thickness of oil-containing tissues ranges from 0.9 to 1.3 mkm. Therefore, at a kernel moisture content of 9–10%, rolling does not ensure maximum disruption of the cellular structure, and prolonged heat-moisture treatment degrades the quality of the oil and other kernel components.

All these structural elements of the plant cell create an obstacle to the diffusion of substances dissolved in the vacuole. Diffusion (mass transfer) phenomena predominate during the extraction process, based on the concentration equalization between the solvents (extractant) and the solution of substances contained within the cell. The peculiarities of extracting substances from materials with a cellular structure are related to the fact that the cell wall, whose physiological state can vary, stands in the way of the substances contained within the cell. For example, a living plant cell has a parietal layer of protoplasm of a certain thickness (Figure 2). It leaves a special imprint on the properties of the cell wall, which acts as a barrier separating the solution inside the cell (cell sap) from the fluid outside the cell.

Until the protoplasm is destroyed (denatured), the cell wall is a semi-permeable barrier, preventing substances dissolved in the cell sap from escaping. Substance transport within the tissue occurs at an extremely low rate. In this case, only the penetration of the extractant into the cell (osmosis) is possible.

Therefore, plant tissue in which the protoplasm is not destroyed must undergo special treatment (crushing, heating, freezing, fermentation, etc.) before or during the initial stages of the extraction process.

After this treatment, the primary diffusion resistance is created by the cell membranes of plant tissue. Microfibrils and macrofibrils, which form the basis of cell membranes, are intricately intertwined and form pores of varying sizes (from 0.5 nm to 20-25 nm), through which the primary transport of substances from the cell occurs (Figures 2 and 3). Microfibrils, in turn, are constructed from bundles of cellulose macromolecules (Figures 2 and 4).



Figures 3 - Schematic diagram of the structure of the cellulose membrane of a plant cell [2]. *a* — transverse and longitudinal sections of a bundle of macrofibrils; *b* — cross section at high magnification.

Due to the small size of the pores of cell membranes and the cells themselves (5-50 μm), the substance in the liquid filling the pores is transferred solely by molecular diffusion. The total cross-sectional area of the pores through which the transfer process occurs is smaller than the total cross-sectional area of the particle in the plane under consideration; the diffusion path is longer (due to the tortuosity of the pores); furthermore, additional resistance arises due to the more frequent collisions of particles with the pore walls. Therefore, the diffusion rate in a solid particle is lower than in a pure liquid. Thus, the molecular diffusion coefficient in plant tissue (the so-called constrained diffusion coefficient), which should more accurately be called the mass conductivity coefficient, will be numerically smaller than in the corresponding solution in a free state.

Due to the destruction of protoplasm (plasmolysis), the cell wall loses its semipermeable barrier properties and begins to allow substances to pass in both directions (dialysis). In other words, the cell wall acquires the properties of a porous barrier through which biologically active substances whose molecules do not exceed the pore size can diffuse.

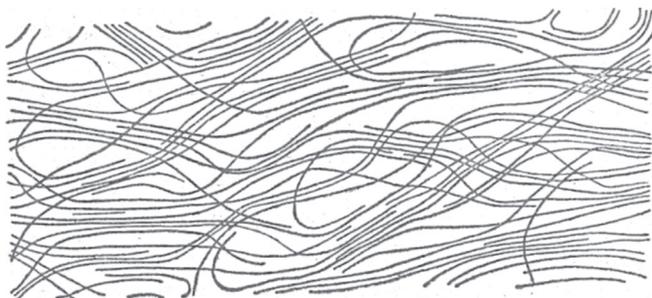


Figure 4 - Diagram of the structure of a stack of macromolecules [2].

Finally, there is another significant feature - the phenomenon of desorption observed in the cell after the extractant has penetrated it. Since the substances within the cell are bound by attractive forces, these adsorption forces must first be overcome.

Let's represent a particle of material in an extractant as a diagram (Figure 5), and denote the average concentration of extractable substances within the particle as y_1 , and on its surface as y_2 .

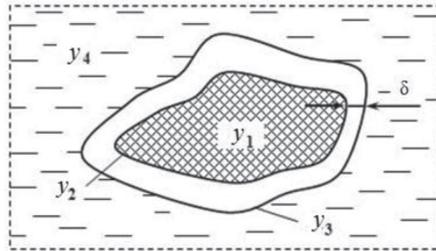


Figure 5 - Raw material particle in the extractant (diagram)

Then the amount of substance diffused from the internal structures of the particle to its surface (the first stage) is proportional to its internal diffusion coefficient D_{int} , the surface of the particle of material F , time τ , the difference in concentration inside the particle y_1 and on its surface y_2 , inversely proportional to the particle size of the plant material l and can be written in the form of an equation:

$$dM = D_{int} F \frac{y_1 - y_2}{l} d\tau \quad (1.4)$$

Here D_{int} – internal diffusion coefficient, m^2/s ; F – phase separation surface, m^2 ; l – thickness of a material particle through which substances diffuse m ; y_1, y_2 – concentration of a substance, kg/m^3 .

To express the diffusion coefficient in the pores of plant material, a correction factor B is introduced into Einstein's equation (1.2) for free diffusion, accounting for all the complications of the process. The equation for the internal diffusion coefficient in this case will be:

$$D_{int} = \frac{RT}{N_0} \cdot \frac{1}{6\pi\eta r} B, \quad (1.5)$$

For a material with a cellular structure, the internal diffusion coefficient is significantly smaller than the free diffusion coefficient. For example, the free diffusion coefficient for many natural compounds is in the range of $10^{-4} - 10^{-5} m^2/s$. For these same compounds, the diffusion coefficient in the pores of a material with a cellular structure is 2–3 orders of magnitude smaller, i.e., $10^{-6} - 10^{-8} m^2/s$ [1].

In the second stage, substances diffuse from the particle surface (concentration y_2) to the outer surface of the diffusion boundary layer (concentration y_3).

tration y_3). It is now generally accepted that a layer of extractant, called the diffusion boundary layer, exists on the surface of raw material particles. This boundary diffusion layer exerts significant resistance to the further transfer of extractable substances into the extractant. The thickness of this layer depends on the hydrodynamics of the process and, primarily, on the stirring rate of the extractant. The greater the mixing rate, the thinner the boundary layer thickness. Within the diffusion boundary layer δ , the transfer of substances occurs according to the law of free diffusion and can be written as Fick's first law (1.1):

$$\frac{dM}{d\tau} = DF \frac{(y_{cur} - y_{avr.})}{\delta}$$

Next, the extracted substance is transferred by the moving extractant from the phase interface and distributed throughout the entire mass of the extractant (convective diffusion).

If we denote the average concentration of the extractant in the volume surrounding the particle by y_4 , then the amount of substance transferred into the extractant by convective diffusion can be calculated from equation (1.3).

Typically, the convective diffusion coefficient β is many times greater than the molecular diffusion coefficient D .

The overall process of substance transfer from a particle of material to the extractant is expressed by the fundamental mass transfer equation:

$$M = K_y F (y - y^*), \quad (1.6)$$

here y^* - the equilibrium concentration in a given phase, corresponding to the concentration of the distributed substance in the bulk (core) of another phase; K_y is the mass transfer coefficient (m/s), which takes into account all the quantities that are quantitative characteristics of the three stages of the extraction process and is determined from the equation

$$K_y = \frac{1}{\frac{l}{D_{int}} + \frac{\delta}{D} + \frac{1}{\beta}} \quad (1.7)$$

The diffusion coefficient depends on temperature, concentration, structure of the material, physical properties of the extracted material and the solvent.

Characteristics of carbon dioxide as a solvent. Carbon dioxide. Other names are carbon dioxide, carbon dioxide, carbon dioxide, carbonic anhydride, dry ice (solid). Formula - CO_2 . A colorless gas with a slightly

sour odor and taste. Molar mass 44,0095(14) g/mol; in solid form - dry ice; type - colorless gas; CAS number [26-27]; properties: density and phase state 1,98 kg/m³, at normal conditions; 771 kg/m³, liquid; 1512 kg/m³, hard; solubility in water 1.45 kg/m³; specific heat of fusion 25.13 kJ/mol; melting point -57°C (216 K), under pressure; boiling point -78 °C (195 K), sublimates; acid dissociation constant (pKa) 6,35 and 10,33; viscosity 0,07 poz at -78°C; structure: the shape of the molecule is linear, symmetrical O=C=O with a C=O distance of 1,162 Å; chemical bonds between atoms of a molecule are covalent and polar; dipole moment is zero; The crystal lattice is quartz-shaped [4,5].

Carbon dioxide is non-toxic but does not support respiration. High concentrations in the air cause suffocation (hypercapnia), while a lack of carbon dioxide is also dangerous (hypocapnia). The concentration of carbon dioxide in the Earth's atmosphere is 0.038%.

Dehydrated carbon dioxide, both gaseous and liquid, does not corrode metals, but when watered it can cause quite severe corrosion.

Carbon dioxide is not flammable and does not support combustion due to the fact that it reduces the concentration of oxygen at the site of combustion. In high concentrations, it does not support respiratory processes, which can be used as a sterilizing factor.

Chemical properties [6,7,8]. According to its chemical properties, carbon dioxide is classified as an acidic oxide. When dissolved in water, it forms carbonic acid. Reacts with alkalis to form carbonates and hydrocarbons.

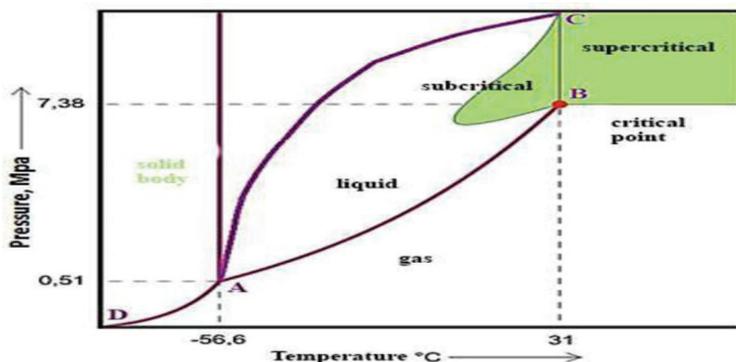


Figure 6 - Phase equilibrium diagram of CO₂:
(A – triple point, B – critical point)

From the phase equilibrium diagram of carbon dioxide it follows that this substance has a rather high triple point A. It is characterized by:

$$t_t = -56.57 \pm 0.010\text{C}, P_t = 518.6 \pm 3 \text{ kPa}, r_t = 1501 \pm 9 \text{ kg/m}^3 [6].$$

The critical point is low (B). Its parameters: $t_{cr} = 31.05 \pm 0.020\text{C}$, $P_{cr} = 7383 \pm 5 \text{ kPa}$, $r_{cr} = 468.16 \pm 3 \text{ kg/m}^3$ [1-5].

At atmospheric pressure and room temperature, carbon dioxide exists only as a gas. Under pressure in the temperature range of -56.6 to 31.10°C , it readily liquefies. When cooled below its triple point or throttled above its melting point, it transforms into a solid, snow-like mass.

Under certain thermodynamic conditions, the interaction of gaseous carbon dioxide with water results in the formation of crystalline hydrates in the form of a wet, snow-like mass.

The viscosity of a liquid is a physical quantity that determines many properties of a substance, among which the potential movement of molecules of another substance within it plays a significant role. The lower the viscosity of a liquid, all other things being equal, the more intense its ability to attract particles during diffusion and mass transfer. The influence of viscosity is determined by the cohesive forces between molecules and is closely related to the magnitude of the energy barrier that diffusing molecules must overcome.

The viscosity of liquid carbon dioxide is the lowest in comparison with the viscosity of other common solvents. Thus, at 200C , the viscosity of liquid carbon dioxide is $6330 \text{ ppm} \cdot 107$, which is 16.7 times lower than that of water, 17.8 times lower than that of ethyl alcohol, 16 times lower than that of carbon tetrachloride, 5.5 times lower than that of n-hexane, 4.5 times lower than that of freon-12, 2.7 times lower than that of butane, and 2 times lower than that of propane (Frank-Kamensky, 1947; Staskevich et al., 1994). This comparison speaks in favor of the technical advantages of liquid carbon dioxide as a solvent with good diffusion properties [6-12].

The subcritical region is characterized by a smooth increase in density, provided that the temperature of the medium is maintained. A decrease in temperature leads to an increase in density, even with little or no increase in pressure. These factors must be taken into account when planning the use of carbon dioxide in its liquid or solid state.

The dissolving power of liquid carbon dioxide in the subcritical region is directly dependent on the density of the solvent. There are observations (Bork M., 2000; Maeyer V.S., 1999) that as the molecular weight of the dissolved substances increases, their solubility in liquid carbon dioxide increases with increasing density of the dioxide. In this situation, this is associated with a decrease in temperature. It is known that the highest solubility of a number of carotenoids and fatty acid components occurs at a temperature of $10\text{-}12^\circ\text{C}$ (Kas'yanov, Shaftan, 1997) [13-15].

Liquid carbon dioxide is highly soluble in alcohol and ether.

Liquid carbon dioxide is a moderately selective solvent for many non-polar aromatic compounds (Frensis, 1994). This is consistent with the well-known rule that like dissolves like, the solubility of non-polar compounds in the same non-polar solvent increases proportionally with the molecular weight of the solute, and, finally, low solubility implies high solvent selectivity, and vice versa. The above also applies to liquid carbon dioxide. It dissolves most terpenoids, high-molecular-weight fatty acids and their esters, phenols, coumarins, carbonyl compounds, waxes and wax-like substances, medium-molecular-weight resins, and, to some extent, alkaloids, azulenogens, ethers, and esters. Among the substances dissolved in liquid carbon dioxide, fat-soluble vitamins and provitamins such as carotenoids, tocopherols, sterols, essential fatty acids, some hormonal substances, groups of compounds with bactericidal or bacteriostatic activity, and natural phytopcides are present in significant quantities. It is also worth noting the cosolubility of a number of substances with noticeable polarity in solutions of non-polar components in liquid carbon dioxide. The latter phenomenon is widely used in extraction technology (Kas'yanov, Kvasenkov, 1998) [15-20].

In the boundary region around the critical point, the solubility of carbon dioxide drops sharply. Here, the condition clearly applies: at the transition point, the liquid's properties have already been exhausted, while the compressed gas has not yet fully acquired its properties as a working fluid.

CO₂ is used for the extraction of plant materials in the following states [9,10]:

- liquid subcritical at $t < t_{cr}$, $P < P_{cr}$;
- critical $t = t_{cr}$, $P = P_{cr}$;
- liquid supercritical $t < t_{cr}$, $P > P_{cr}$;
- gaseous supercritical $t > t_{cr}$, $P > P_{cr}$.

A substance in a supercritical state is a substance at a temperature and pressure above the critical point (a certain temperature T_{cr} and pressure P_{cr} , at which the difference between liquid and gas disappears). At the critical point, the density of the liquid and its saturated vapor become equal, and the surface tension of the liquid drops to zero, so the liquid-vapor phase boundary disappears [21].

Although the substance externally resembles a liquid, a special term is now used to describe it: supercritical fluid (from the English word fluid, meaning "capable of flowing"). In modern literature, the abbreviated designation of supercritical fluids (SCF) is accepted. A large number of

substances are capable of existing in a supercritical state; in fact, the transition to a supercritical state is limited by the decomposition temperature of the substance [21-26].

Thus, the supercritical state of a substance is a state at a temperature and pressure above critical ($T > T_{cr}$, $P > P_{cr}$), and in a confined space below critical (V_{kp}).

The properties of a substance in a supercritical state are intermediate between those of the gas and liquid phases. For example, an SCF has a high density, close to that of a liquid, and a low viscosity like gases. Thus, the density of a supercritical fluid differs slightly from that of a liquid, i.e. The fluid has significant capacity, viscosity close to that of a gas, and an intermediate diffusion coefficient, which significantly accelerates mass transfer processes. This combination of properties makes supercritical fluids extremely effective as substitutes for organic solvents in laboratory and industrial processes [27].

One of the most important properties of the supercritical state is its ability to dissolve substances.

The main advantages of supercritical fluids as solvents are [3,4,9]:

- a combination of the properties of gases at high pressures (low viscosity, high diffusion coefficient) and liquids (high dissolving power);
- rapid mass transfer due to low viscosity and high diffusion coefficient;
- a combination of negligible interfacial tension with low viscosity and a high diffusion coefficient, allowing supercritical fluids to penetrate porous media more easily than liquids;
- high sensitivity of the dissolving power of supercritical fluids to changes in pressure or temperature;
- ease of separation of supercritical fluids and their dissolved substances upon pressure release.

By varying the temperature or pressure of a fluid, its properties can be altered over a wide range. Thus, it is possible to obtain a fluid with properties similar to either a liquid or a gas. The dissolving power of a fluid increases with increasing density (at a constant temperature). Since density increases with increasing pressure, varying the pressure can influence the dissolving power of the fluid (at a constant temperature). In the case of temperature, the dependence of fluid properties is somewhat more complex: at a constant density, the dissolving power of the fluid also increases, but near the critical point, a slight increase in temperature can lead to a sharp drop in density, and, consequently, dissolving power. Supercritical fluids mix with each other without limitation, so when the critical point of

the mixture is reached, the system will always be single-phase.

In a supercritical state, as noted above, a substance expands, occupying the entire available volume like a gas, but has a high density like a liquid.

It is the unique properties of CO₂ in a supercritical state that enable its application in various industries: petrochemical, food, perfume, pharmaceutical, and others. Supercritical CO₂ (SC CO₂) exhibits faster mass movement than traditional liquid organic solvents due to its low viscosity and high diffusion coefficient (10 times higher than that of a liquid) at a density only slightly different from that of a liquid. Thus, supercritical CO₂ can penetrate the extracted material significantly better than a classic solvent, absorbing and transporting dissolved components. This property of supercritical gases is widely used in the extraction of various organic compounds. Furthermore, the solvent capacity of a fluid in the near-critical region undergoes significant changes with small changes in temperature and pressure. This, in turn, enables fractionation of the feedstock and solvent regeneration without additional energy consumption. Simply changing pressure and temperature parameters allows for the concentration of substances in the extract to be controlled. This ensures the most complete extraction of substances, while the use of carbon dioxide allows for its complete and gentle separation from the extract and carrier material, unlike conventional solvents [15-21].

The use of carbon dioxide allows for its complete and gentle separation from the extract and carrier material, unlike conventional solvents, whose removal is not always complete. In other words, extracts obtained using this method are completely solvent-free.

The energy consumption for solvent regeneration is in many cases lower than with traditional extraction. Furthermore, excess pressure in the system prevents oxygen penetration during extraction, eliminating oxidation processes.

Conclusion. The use of carbon dioxide allows for its complete and gentle separation from the extract and carrier material, unlike traditional solvents, which are not always completely removed. In other words, ingredients obtained using this method are completely solvent-free.

The energy consumption for solvent regeneration is often lower than with traditional extraction. And the excess pressure in the system prevents oxygen penetration during extraction, eliminating oxidation processes.

Based on the results of our work, we developed and manufactured a laboratory setup for CO₂ extraction research, designed for local raw

materials. The laboratory setup for studying the extraction of ingredients from plant materials using SC-CO₂ consists of a tank, a heat exchanger, a high-pressure extractor, a separator, a compressor, a condenser, a CO₂ gas cylinder, and a coil extract heater. The chemical and physical characteristics of the test subjects (local oil-containing raw materials) and target products (oils, lipid complexes) were studied. Methods for analyzing the quality of the resulting oils were determined.

References

- 1 *José M. del Valle*. Extraction of natural compounds using supercritical CO₂: Going from the laboratory to the industrial application // *Journal of Supercritical Fluids*. Volume 96. January 2015. Pages 180-199
- 2 *Rahoma S. Mohamed, G. Ali Mansoori*. The Use of Supercritical Fluid Extraction Technology in Food Processing // *Food Technology Magazine*, June 2002. The World Markets Research Centre, London, UK
- 3 *Pourmortazavi SM, Hajimirsadeghi SS*. Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis. // *Journal Chromatogr A*. 2007 Sep 7; #1163(1-2): p.2-24
- 4 *Fornari T., Vicente G., Vázquez E., García-Risco MR., Reglero G*. Isolation of essential oil from different plants and herbs by supercritical fluid extraction.// *J Chromatogr A*. 2012 Aug 10;#1250: p.34-48.
- 5 *Vodyanik A. R., Shadrin A. Yu., Sinev M. Yu*. Supercritical fluid extraction of natural raw materials: world experience and the situation in Russia // "Supercritical Fluids: Theory and Practice". Vol. 3. No. 2. 2008, pp.58-69.
- 6 Supercritical CO₂ extraction - possibilities and prospects// *Lepeshkov A.G., Vodyanik A.R., Averin K.M*. Research Center of Ecological Resources "GORO", Rostov-on-Don. <http://www.extract.ru/index.php?id=91>
- 7 *Zalepugin D. Yu., Tiikunova N. A., Chernyshova I. V., Polyakov V. S*. Development of technology based on the use of supercritical fluids // "Supercritical Fluids: Theory and Practice", Vol. 1, No. 1, 2006, pp. 27-51.
- 8 *Koshevoy E. P*. Carbon dioxide extraction in food technology / E. P. Koshevoy, H. R. Blagoz. - Maykop, 2000. 495 p.
- 9 *Kasyanov G. A*. Theory of gas-liquid technologies // <http://krkgi.ru/glav/co2tech/extraction.htm>
- 10 *Blagoz H. R*. Development of scientific foundations and development of processes and techniques for carbon dioxide extraction in the food industry. // Diss. for the degree of Doctor of Technical Sciences - Krasnodar, 2002, 390 p.
- 11 *Díaz-Maroto MC., Pérez-Coello MS., Cabezudo MD*. Supercritical carbon dioxide extraction of volatiles from spices. Comparison with simultaneous distillation-extraction. // *J. Chromatogr A*. 2002 Feb 15; #947(1): p.9-23.
- 12 *Mirzaeva Sh. U., Muxamadiev V. T*. Perspective Theoretical Foundations of the Extraction Process, Sulfur Dioxide Chemistry and Environmental Impact, 2024, IntechOpen.
- 13 *Gafurov K.Kh., Mukhammadiev B.T., Mirzaeva Sh.U*. Supercritical [SC] CO₂

Extraction of Glycyrrhizic Acid from Licorice Roots, Butlerov Communications No. 1, Vol. 49. 2017, Tatarstan, pp. 108-114.

14 *Mirzaeva Sh.U., Gafurov K.Kh., Zhumaev Zh.* Certificate of official registration of the program for electronic computers. Computer program Optimization of the process of obtaining CO₂ extract from licorice root. DGU 09833 (2021)

15 *Gafurov K.X., Muxammadiyev B.T., Kuldosheva F.S.* Obtaining extracts from plant raw materials using carbon dioxide, Food Science and Technology, Scientific and Production Journal Odessa, Vol. 14 No. 1 (2023), Web of science journal.

16 *Khalilov I., Abdullayeva F., Xodjiyeva N., Mirzaeva S.* Optimization of the process CO₂ - extraction of plant raw material, BIO Web of Conferences 141, 01030 (2024) AGRICULTURAL SCIENCE 2024.

17 *Mirzaeva S., Yuldoshov L., Xodjiyeva N.* CO₂ - extraction of glycyrrhizic acid from licorice root: optimization of extraction conditions using RSM, BIO Web Conferences 113, 01004 <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411301004>.

18 *Akselrud G.A., Lysyansky V.M.* Extraction (solid-liquid system). - L.: Chemistry, 1974.-256 p.

19 Processes and equipment for food production. Stabnikov N.S., Popov V.D., Lysyansky V.M., Redko F.A. - Moscow: Food Industry, 1976.-663 p.

20 *Lobanov V.G., Shcherbakov V.G.* Biochemistry and commodity science of oil-seed raw materials. - Moscow: KolosS, 2012.-360 p.

21 Supercritical state of matter: fluids and supercritical fluid technologies. Source - "<http://ru.wikipedia.org/wiki/>" Categories: Thermodynamics | Chemical technology

22 *Kasyanov G.I.* Technology of CO₂ processing of plant raw materials (Theory and practice). Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences in the form of a scientific report. Moscow: Russian Agricultural Academy, 1994.

23 <http://www.comodity.ru/nonsoftalco/carbondioxide/22.html>

24 <http://techlekform.ru/tehnologiya-summarniyih-galenoviyih-preparatov/ekstraktyi/primeneniye-szhizhennogo-uglekisloga-gaza-dlya-polucheniya-ekstr.html> Categories: Thermodynamics | Chemical Engineering

25 <http://www.comodity.ru/nonsoftalco/carbondioxide/22.html>

26 https://ru.wikipedia.org/wiki/Диоксид_проблемы

27 *Ozmen S.* Characterization and refining of black cumin oil by supercritical carbon dioxide extraction. Proc. 8 th city Bodeaux 1, -2002.

¹*Халилов И.М.,* ²*Мухамадиев Б.Т.,* ³*Халилова Ф.М.,* ³*Мирзаева Ш.У.,*
³*Исомова И.П.*

¹ Өзбекстан Республикасы Ғылым Академиясының микробиология институты, Бұқара қ., Өзбекстан

² Бұқара мемлекеттік техникалық университеті, Бұқара қ., Өзбекстан

³ Бұқара мемлекеттік университеті, Бұқара қ., Өзбекстан

ӨСІМДІК ШИКІЗАТЫНАН ИНГРЕДИЕНТТЕРДІ АЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Түйіндеме. Мақалада көмірқышқыл газын экстракциялаудың шолу материалдары, өсімдік шикізатынан заттарды алу процесінің ерекшеліктері, сұйық

көмірқышқыл газының өсімдік шикізатынан ингредиенттер алу үшін еріткіш ретіндегі қасиеттеріне талдау жасалады. Мақала тамақ және қайта өңдеу өнеркәсібі салаларының, сондай-ақ фармацевтика саласының ғылыми және инженерлік-техникалық қызметкерлеріне арналған. Фармацевтика, парфюмерия және тамақ өнеркәсібінде жаңа сапалы өнімдер алуға мүмкіндік беретін энергия-ресурс үнемдеу технологияларының әдістерін дамыту жоғары сапалы дәрі-дәрмектер мен азық-түлікке, сондай-ақ экологиялық таза өндірістерге деген қоғамдық қажеттілікке байланысты болып отыр.

Бұл мәселенің шешімдерінің бірі сұйытылған және сығылған көмірқышқыл газын экстрагент ретінде қолдану болып табылады. Сұйытылған күйдегі көмірқышқыл газын алу бөлінетін биологиялық белсенді қосылыстардың спектрін едәуір кеңейтеді, сонымен қатар басқа белгілі экстракция әдістерінің ешқайсысын ала алмайтын соңғы өнімдегі биологиялық белсенді заттардың концентрациясын алуға мүмкіндік береді. Өзбекстанның өсімдік шикізаты – жеміс тұқымдары, жүзім тұқымдары, асқабақ, қауын және т.б., құрылымының ерекшеліктері сұйық және суперкритикалық көмірқышқыл газын қолдана отырып, экстракцияның технологиялық режимдерін, экстракция процесінің кинетикасы мен динамикасын, экстракция процесінің алынған өнімнің шығымы мен сапасына әсерін анықтайды.

Түйінді сөздер: өсімдік шикізаты, өсімдік шикізатын алу, экстракцияланатын материалдың қасиеттері, биоактивті компоненттерді алу, CO₂-экстракция процесі, майлардың сапасын талдау.

* * *

Халилов И.М.¹, Мухамадиев Б.Т.², Халилова Ф.М.³, Мирзаева Ш.У.³, Исомова И.П.³

¹Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан, г. Бухара, Узбекистан

²Бухарский государственный технический университет, г. Бухара, Узбекистан

³Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан

ОСОБЕННОСТИ ЭКСТРАКЦИИ ИНГРЕДИЕНТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Аннотация. В статье приведены обзорные материалы экстракции углекислотой, особенности процесса экстракции веществ из растительного сырья, проведен анализ свойств жидкого углекислого газа как растворителя для получения ингредиентов из растительного сырья. Статья предназначена для научных и инженерно-технических работников отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности, а также фармацевтической отрасли. Развитие методов энерго-ресурсосберегающих технологий, позволяющие получить новые качественные продукты в фармацевтической, парфюмерной и пищевой промышленности, обусловлено острой общественной потребностью на высококачественных лекарствах и в продовольствиях, а также в экологически чистых производствах. Одним из решений данной проблемы является применение в качестве экстрагента сжиженного и сжатого углекислого газа. Экстракция углекислым газом в сжиженном состоянии

существенно расширяет спектр выделяемых биологически активных соединений, а также позволяет получать такие концентрации биологически активных веществ в конечном продукте, которые невозможно получить ни одним из других известных методов экстракции. Особенности структуры растительного сырья Узбекистана - плодовых косточек, семян винограда, тыквы, дыни и др., предполагают разработки технологических режимов экстракции с применением жидкого и сверхкритического углекислого газа, кинетики и динамики процесса экстракции, определения влияния процесса экстракции на выход и качество получаемого продукта.

Ключевые слова: растительное сырьё, экстракция растительного сырья, свойства экстрагируемого материала, получение биоактивных компонентов, процесс CO₂-экстракции, анализ качества масел.

Information about the authors

Khalilov Ilkhom Mamatkulovich – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Institute of Microbiology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Bukhara c., Uzbekistan, ilkhom2002@yahoo.com

Mukhamadiev Bakhodir Timurovich – Candidate of Biological Sciences. Associate Professor of the Department of Industrial Ecology of the Bukhara State Technical University, Bukhara c., Uzbekistan, shohista.m@rambler.ru

Mirzaeva Shohista Usmonovna – Doctor of Technical Sciences (PhD), Associate Professor of the Department of Biotechnology and Food Safety, Bukhara State University, Bukhara c., Uzbekistan, shohista.m@rambler.ru

Isomova Ikbolabonu Pulot kizi – master's student of Bukhara State University, Bukhara c., Uzbekistan, qilichqalam@gmail.com

Khalilova Feruza Mamatkulovna – teacher, Bukhara State University, Department of Biology, Bukhara c., Uzbekistan, ilkhom2002@yahoo.com

Авторлар туралы мәліметтер

Халилов Илхом Маматкулович – биология ғылымдарының докторы, Өзбекстан Республикасы Ғылым академиясы Микробиология институтының профессоры, Бұхара қ., Өзбекстан, ilkhom2002@yahoo.com

Мұхамадиев Баходир Тимурулы – биология ғылымдарының кандидаты. Бұқара мемлекеттік техникалық университетінің Өнеркәсіптік экология кафедрасының доценті, Бұхара қ., Өзбекстан, shohista.m@rambler.ru

Мирзаева Шохиста Усмоновна – техника ғылымдарының докторы (PhD), Бұқара мемлекеттік университетінің Биотехнология және тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі кафедрасының доценті, Бұхара қ., Өзбекстан, shohista.m@rambler.ru

Исомова Икболабону Пулотқызы – Бұқара мемлекеттік университетінің магистранты, Бұхара қ., Өзбекстан, qilichqalam@gmail.com

Халилова Феруза Маматкуловна – оқытушы, Бұқара мемлекеттік университеті, Биология кафедрасы, Бұқара қ., Өзбекстан, ilkhom2002@yahoo.com

Сведения об авторах

Халилов Илхом Маматкулович – доктор биологических наук, профессор, Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан, г. Бухара, Узбекистан, ilkhom2002@yahoo.com

Мухамадиев Баходир Тимурович – кандидат биологических наук, доцент, кафедра Промышленная экология, Бухарский государственный технический университет, г. Бухара, Узбекистан, shohista.m@rambler.ru

Мирзаева Шохиста Усмоновна – доктор технических наук (PhD), доцент, кафедра Биотехнология и пищевая безопасность, Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан, shohista.m@rambler.ru

Исомова Икболабону Пулот-кизи – магистрантка, Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан, qilichqalam@gmail.com

Халилова Феруза Маматкуловна – преподаватель, Бухарский государственный университет, кафедра «Биология», г. Бухара, Узбекистан, ilkhom2002@yahoo.com

ПЕРЕВОД СТАТЬИ / МАҚАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ

*Халилов И.М.¹, Мухамадиев Б.Т.², Халилова Ф.М.³,
Мирзаева Ш.У.³, Исомова И.П.³*

¹Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан,
г. Бухара, Узбекистан

²Бухарский государственный технический университет,
г. Бухара, Узбекистан

³Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан

ОСОБЕННОСТИ ЭКСТРАКЦИИ ИНГРЕДИЕНТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Аннотация. В статье приведены обзорные материалы экстракции углекислотой, особенности процесса экстракции веществ из растительного сырья, проведен анализ свойств жидкого углекислого газа как растворителя для получения ингредиентов из растительного сырья. Статья предназначена для научных и инженерно-технических работников отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности, а также фармацевтической отрасли. Развитие методов энерго-ресурсосберегающих технологий, позволяющие получить новые качественные продукты в фармацевтической, парфюмерной и пищевой промышленности, обусловлено острой общественной потребностью на высококачественных лекарствах и в продовольствиях, а также в экологически чистых производствах. Одним из решений данной проблемы является применение в качестве экстрагента сжиженного и сжатого углекислого газа. Экстракция углекислым газом в сжиженном состоянии существенно расширяет спектр выделяемых биологически активных соединений, а также позволяет получать такие концентрации биологически активных веществ в конечном продукте, которые невозможно получить ни одним из других известных методов экстракции. Особенности структуры растительного сырья Узбекистана – плодовых косточек, семян винограда, тыквы, дыни и др., предполагают разработки технологических режимов экстракции с применением жидкого и сверхкритического углекислого газа, кинетики и динамики процесса экстракции, определения влияния процесса экстракции на выход и качество получаемого продукта.

Ключевые слова: растительное сырьё, экстракция растительного сырья, свойства экстрагируемого материала, получение биоактивных компонентов, процесс CO₂-экстракции, анализ качества масел.

Введение. Основным технологическим процессом, позволяющим извлекать биологически активные компоненты из растительного сырья, является экстракция. Экстракция (от позднелат. *extractio* – извлечение) - процесс извлечения веществ из растворов или сухой смеси с помощью избирательных (селективных) растворителей (экстрагентов), не смешивающиеся с этим раствором, но в которых вещество растворяется лучше, чем в первом растворителе [1]. В обычном процессе экстрагирования в системе «жидкость + твердое тело» происходит массопередача, характеризующаяся переходом одного или нескольких веществ из одной фазы (сырья) в другую (экстрагент) путем диффузии. Различают диффузию: 1) молекулярную и 2) конвективную.

Молекулярной диффузией называется обусловленный хаотическим движением молекул процесс постепенного взаимного проникновения веществ (жидких или газообразных), граничащих друг с другом и находящихся в макроскопическом покое. Интенсивность диффузии зависит от кинетической энергии молекул. Чем она выше, тем интенсивнее протекает диффузионный процесс. Например, газы легко диффундируют друг в друга, поскольку молекулы их движутся с большими скоростями. Жидкости и растворы, движение молекул в которых более ограничено, диффундируют значительно медленнее [2].

Материалы и методы исследований. Движущей силой диффузионного процесса является разность концентраций растворенных веществ в соприкасающихся жидкостях. Чем больше будет разница концентраций, тем большее количество вещества переместится при всех прочих равных условиях за одно и то же время. Скорость диффузии увеличивается при повышении температуры, поскольку при этом возрастает скорость движения молекул. Скорость диффузии зависит от относительной молекулярной массы вещества. На диффузионный процесс, естественно, влияет величина поверхности, разделяющей вещества, а также толщина слоя, через который происходит диффузия. Очевидно, чем больше поверхность раздела, тем больше диффундируют вещества, и чем толще слой, тем медленнее идет выравнивание концентрации. Наконец, перемещение вещества требует определенного времени. Чем дольше длится диффузия, тем больше вещества переходит из одной среды в другую [1]. **Цель исследований** - анализ обзорных материалов по экстракции углекислотой и экстракции веществ из растительного сырья.

Влияние факторов на процессы диффузии может быть выражено математически следующим уравнением:

$$\frac{dM}{d\tau} = DF \frac{y_{\text{нас}} - y}{d}, \quad (1.1)$$

где dM – количество продиффундировавшего вещества за время диффузии $d\tau$; $y_{\text{нас}} - y$ – разность концентраций; F – поверхность раздела фаз; d – толщина слоя, через который происходит диффузия; D – коэффициент молекулярной диффузии, показывающий количество вещества в кг, которое продиффундирует за 1 с через поверхность в 1 м^2 , при толщине слоя 1 м и разности концентраций в 1 кг/м^3 .

Согласно этому уравнению, называемому *законом диффузии Фика*, количество про-диффундировавшего вещества прямо пропорционально разности концентраций, поверхности раздела фаз, времени диффузии, коэффициенту диффузии и обратно пропорционально толщине слоя [2].

Что касается коэффициента диффузии, то его математическое выражение было дано А. Эйнштейном:

$$D = \frac{RT}{N_0} \cdot \frac{1}{6\pi\eta r}, \quad (1.2)$$

где R – газовая постоянная $8,32 \text{ Дж/(град}\cdot\text{моль)}$; T – абсолютная температура; N_0 – число Авогадро ($6,06 \cdot 10^{23}$); η – вязкость в $\text{н/(с}\cdot\text{м}^2)$; r – радиус диффундирующих частиц в м.

Из приведенного уравнения видно, что коэффициент диффузии увеличивается с повышением температуры и уменьшается с увеличением вязкости среды и размера частиц вещества. Иначе говоря, чем меньше радиус диффундирующих частиц, тем быстрее идет диффузия. Например, растворы белков, слизи и т.п. диффундируют очень медленно, потому что они как высокомолекулярные соединения имеют очень низкие коэффициенты диффузии. Совершенно другая картина наблюдается в растворах веществ, находящихся в состоянии молекулярной или ионно-молекулярной дисперсии. Эти вещества как имеющие относительно малые размеры частиц диффундируют несравнимо быстрее.

В практике численные значения коэффициентов молекулярной диффузии берут из справочников или специально рассчитывают.

В ядре потока вещество перемещается к границе раздела фаз главным образом за счет перемещения молярных (состоящих из

большого количества молекул) частей среды, т.е. *конвективной диффузии*. В пограничном слое — за счет молекулярной диффузии. Суммарный перенос вещества от границы (или к границе) раздела фаз носит название *массоотдачи* [2].

Скорость процесса в этом случае:

$$\frac{dM}{dt} = \beta F (y_{\text{нас}} - y_{\text{ср}}) \quad (1.3)$$

где β — коэффициент конвективной диффузии, представляющий собой количество вещества, переносимое за 1 с через поверхность в 1 м^2 , при разности концентраций, равной 1 кг/м^3 ; F — поверхность раздела фаз; $y_{\text{нас}} - y_{\text{ср}}$ — разность между концентрации насыщения раствора и средней концентрации в основной массе.

Конвективный перенос вещества происходит в результате сотрясения, изменения температуры, перемешивания и т.д., т.е. причин, вызывающих перемещение жидкости, а вместе с ней и растворенного вещества в турбулентном потоке. Иначе говоря, механизм конвективной диффузии состоит в переносе вещества в виде отдельных небольших объемов его раствора, причем внутри этих малых объемов имеет место и молекулярная диффузия.

Конвективная диффузия подчиняется закону (1.3), согласно которому скорость конвективной диффузии возрастает с увеличением поверхности контакта фаз, разности концентраций, продолжительности процесса и коэффициента конвективной диффузии.

При конвективной диффузии размер молекул диффундирующего вещества, вязкость растворителя, кинетическая энергия молекул становятся второстепенными. Главными для скорости конвективного переноса вещества становятся гидродинамические условия, т.е. скорость и режим движения жидкости. Таким образом, молекулярный и конвективный переносы вещества отличаются друг от друга не только механизмом, но и тем, что скорость их протекания зависит от разнородных групп факторов. Обычно скорость конвективного переноса веществ во много раз больше скорости молекулярного переноса.

Разбираемые положения, приведенные выше, относятся к так называемой свободной диффузии, т.е. к такому случаю, когда между соприкасающимися растворами или жидкостями нет никаких перегородок, иначе говоря, когда молекулярная и конвективная диффузии протекают свободно, не встречая на своем пути каких-либо преград.

А при экстрагировании ингредиентов из растительного сырья с пористой структурой идет диффузия веществ из внутренних структур частицы материала и процесс извлечения веществ осложняется рядом особенностей [2].

Основу структуры растительных веществ, подвергаемых экстракции, составляют капиллярно-пористые системы [2].

Ткани, из которых состоят масличные плоды и семена, состоят из сотен клеток, являющихся основными функциональными единицами высших растений. Между клетками разных по специализации тканей прослеживается существенное различие. Это различие позволяет, пользуясь морфологическими признаками, устанавливать принадлежность ткани и ее специализацию, а иногда и вид растения [3].

Специализация основной ткани обуславливает развитие в них внутриклеточных структур, обеспечивающих синтез запасных веществ клетки. В то же время отдельно взятые клетки, различаясь по форме, величине и химическому составу в зависимости от физиологических функций ткани, вида масличного растения и возраста, сохраняют единый для растительной клетки план строения (рисунок 1):

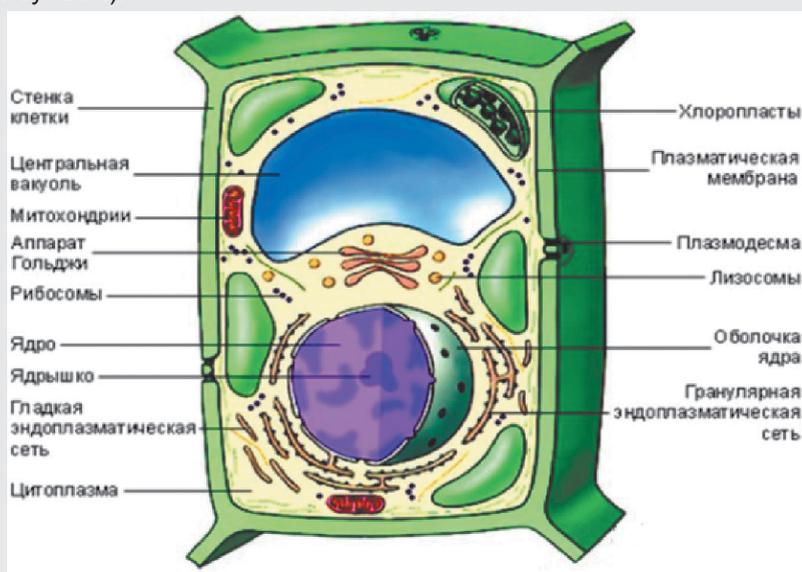


Рисунок 1 - Схема строения растительной клетки [3].

Специфической особенностью растительной клетки является наличие у нее оболочки, не способной пропускать твердые частицы. Твердая оболочка клетки, приобретенная растениями еще на очень ранних ступенях эволюции, обеспечивала необходимую защиту внутриклеточного содержимого, но обусловила также специфику питания растения – из окружающей среды в клетку питательные вещества могут попасть только в растворенном состоянии [3].

Под оболочкой клетки расположена цитоплазма, в нее погружены ядро клетки и многочисленные органоиды различного строения и функций (рисунок 1). При наблюдении в оптический микроскоп цитоплазма растущих растительных клеток, например при созревании или прорастании семян, представляет собой прозрачную полужидкую массу зернистого строения, в которой видны отдельные органоиды. Ядро в молодой клетке располагается в центре, а у взрослой – вблизи клеточной стенки.

Характерной особенностью растительной клетки является наличие жесткой (твердой) клеточной стенки. Клеточная оболочка определяет форму клетки, придает клеткам и тканям растений механическую прочность и опору, защищает цитоплазматическую мембрану от разрушения под влиянием гидростатического давления, развиваемого внутри клетки. Однако такую оболочку нельзя рассматривать только как механический каркас.

Клеточная оболочка обладает такими свойствами, которые позволяют противостоять давлению воды внутри клетки, и в то же время обладает растяжимостью и способностью к росту. Она является противоинфекционным барьером, принимает участие в поглощении минеральных веществ, являясь своеобразным ионообменником. В состав клеточной оболочки входят целлюлоза, гемицеллюлозы, пектиновые вещества, липиды и небольшое количество белка. Компоненты клеточной оболочки являются продуктами жизнедеятельности клетки. Они выделяются из цитоплазмы и претерпевают превращения на поверхности плазмалеммы. Первичные клеточные стенки содержат из расчета на сухое вещество: 25% целлюлозы, 25% гемицеллюлозы, 35% пектиновых веществ и 1-8% структурных белков. Однако цифры весьма колеблются. Так, в состав клеточных стенок колеоптилей злаков входит до 60-70% гемицеллюлоз, 20-25% целлюлозы, 10% пектиновых веществ. Вместе с тем клеточные стенки эндосперма содержат до 85% гемицеллюлоз. Во вторичных клеточных стенках больше целлюлозы. Остов клеточ-

ной оболочки составляют переплетенные микро- и макрофибриллы целлюлозы. Целлюлоза, или клетчатка ($C_6H_{10}O_5$) n , представляет собой длинные неразветвленные цепочки, состоящие из 3-10 тыс. остатков *D*-глюкозы, соединенных *b*-1,4-гликозидными связями. Молекулы целлюлозы объединены в мицеллу, мицеллы объединены в микрофибриллу, микрофибриллы объединены в макрофибриллу. Макрофибриллы, мицеллы и микрофибриллы соединены в пучки водородными связями. Диаметр мицеллы составляет 5 нм, диаметр микрофибриллы – 25-30 нм, макрофибриллы – 0,5 мкм. Структура микро- и макрофибрилл неоднородна [2].

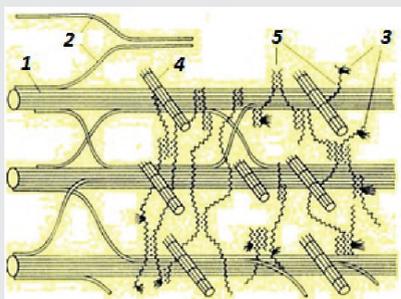


Рисунок 2 - Структура клеточной стенки (по Nach Lucasund Wolf,1993) [2]
1-микрофибриллы целлюлозы; 2-гемицеллюлоза; 3- рамногалактуронан;
4-белок экстензии; 5-пектиновые вещества.

Метод извлечения масла механическим способом заключается в том, что измельчение сырья необходимо для частичного разрушения клеточной структуры, а также для улучшения процесса дальнейшей его влаготепловой обработки.

Однако, после измельчения, максимальный проход через 1 мм сита составляет 60%, тогда как для хлопковой мятки размеры растительной клетки по данным [3] составляют 33,5x17,5 мкм, для сои 75,0x24,4 мкм, для подсолнечника 45,5x30,0 мкм, а толщина клеточной стенки маслосодержащих тканей находится в пределах от 0,9 до 1,3 мкм. В связи с этим при влажности ядра 9– 10% вальцеванием не обеспечивается максимальное разрушение клеточной структуры, а длительная влаготепловая обработка ухудшает качество масла и других компонентов ядра.

Все эти структурные элементы растительной клетки создают препятствие для диффузии веществ, растворенных в вакуоли.

В процессе извлечения преобладают диффузионные (массообменные) явления, основанные на выравнивании концентрации между растворителями (экстрагент) и раствором веществ, содержащихся в клетке.

Особенности извлечения веществ из материалов с клеточной структурой связаны с тем, что на пути к веществам, содержащимся в клетке, находится клеточная стенка, физиологическое состояние которой может быть различным. Так, живая растительная клетка имеет пристенный слой протоплазмы определенной толщины (рисунок 2). Он накладывает особый отпечаток на свойства клеточной стенки, как перегородки, отделяющей раствор внутри клетки (клеточный сок) от жидкости вне клетки.

Пока протоплазма не разрушена (денатурирована), клеточная стенка является полупроницаемой перегородкой, не пропускающей наружу вещества, растворенные в клеточном соке. Перенос вещества внутри ткани происходит с ничтожно малой скоростью. В этом случае возможно лишь проникновение экстрагента внутрь клетки (осмос). Поэтому растительная ткань, в клетках которой протоплазма не разрушена, должна перед проведением процесса экстракции или в начальной его стадии подвергаться специальной обработке (дроблению, нагреванию, замораживанию, ферментации и др.).

После такой обработки основное диффузионное сопротивление создают клеточные оболочки растительной ткани. Микрофибриллы и макрофибриллы, составляющие основу клеточных оболочек, сложным образом переплетаются между собой и образуют разного размера поры (от 0,5 нм до 20-25 нм), через которые осуществляется основной транспорт вещества из клетки (рисунок 2 и 3). Микрофибриллы в свою очередь построены из пачек макромолекул целлюлозы (рисунки 2 и 4).

Благодаря малому размеру пор клеточных оболочек и самих клеток (5-50 мкм) вещество в жидкости, заполняющей поры, переносится исключительно за счет молекулярной диффузии. Суммарная площадь сечения пор, через которую происходит процесс переноса, меньше, чем общая площадь сечения частицы в рассматриваемой плоскости, путь диффузии больше (из-за извилистости пор), кроме того, дополнительное сопротивление возникает из-за более частого соударения частиц со стенками пор. Поэтому скорость диффузии в твердой частице меньше, чем в чистой жидкости. Таким образом, коэффициент молекулярной диффузии в растительной ткани (так

называемый коэффициент стесненной диффузии), который точнее следовало бы называть *коэффициентом массопроводности*, будет численно меньшим, чем в соответствующем растворе, находящемся в свободном состоянии.

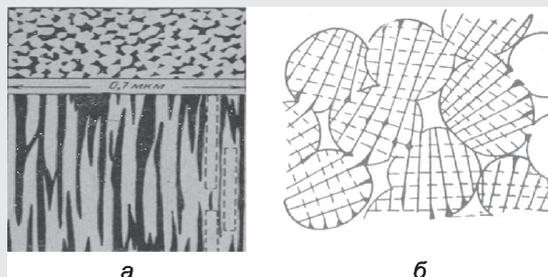


Рисунок 3 – Схема структуры целлюлозной оболочки растительной клетки [2].
а – поперечный и продольный разрезы пучка макрофибрилл;
б – поперечный разрез в большом увеличении.

Вследствие гибели протоплазмы (плазмолиза) клеточная стенка теряет характер полупроницаемой перегородки и начинает пропускать вещества в обе стороны (диализ). То есть клеточная стенка приобретает свойства пористой перегородки, через которую могут диффундировать биологически активные вещества, молекулы которых не превышают размера пор.



Рисунок 4 - Схема строения пачки макромолекул [2].

Наконец, имеется еще одна существенная особенность - явление десорбции, наблюдаемое в клетке после проникновения в нее экстрагента. Поскольку вещества внутри клетки связаны силами

притяжения, то необходимо прежде всего преодоление этих адсорбционных сил.

Представим в виде схемы (рисунок 5) частичку материала, находящуюся в экстрагенте, и обозначим среднюю концентрацию экстрагируемых веществ внутри частицы y_1 , а на ее поверхности – y_2 .

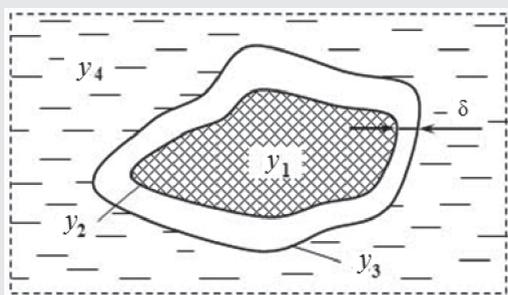


Рисунок 5 - Частица сырья в экстрагенте (схема)

Тогда количество продиффундировавшего вещества из внутренних структур частицы на ее поверхность (первая стадия) пропорционально его коэффициенту внутренней диффузии $D_{\text{вн}}$, поверхности частицы материала F , времени t , разности концентрации внутри частицы y_1 и на ее поверхности y_2 , обратно пропорционально размеру частиц растительного сырья l и может быть записано в виде уравнения:

$$dM = D_{\text{вн}} F \frac{y_1 - y_2}{l} d\tau \quad (1.4)$$

где $D_{\text{вн}}$ – коэффициент внутренней диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$; F – поверхность раздела фаз, м^2 ; l – толщина частицы материала, через которую диффундируют вещества m ; y_1, y_2 – концентрация вещества, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Для выражения коэффициента диффузии в порах растительного материала в уравнение А. Эйнштейна (1.2) для свободной диффузии вводят поправочный коэффициент B , учитывающий все осложнения процесса. Уравнение коэффициента внутренней диффузии в этом случае будет иметь вид:

$$D_{\text{вн}} = \frac{RT}{N_0} \cdot \frac{1}{6\pi\eta r} B, \quad (1.5)$$

Для материала с клеточной структурой значение коэффициента внутренней диффузии значительно меньше, чем значение коэффициента свободной диффузии. Так, величина коэффициента свободной диффузии для многих природных соединений находится в пределах 10^{-4} - 10^{-5} м²/с. Для этих же соединений значение коэффициента диффузии в порах материала с клеточной структурой на 2-3 порядка меньше, т.е. 10^{-6} - 10^{-8} м²/с [1].

На второй стадии идет диффузия веществ от поверхности частицы, (концентрация y_2) к наружной поверхности диффузионного пограничного слоя (концентрация y_3). В настоящее время общепризнано существование на поверхности кусочков сырья пристенного слоя экстрагента, называемого диффузионным пограничным слоем. Пограничный диффузионный слой оказывает большое сопротивление дальнейшему переносу экстрагируемых веществ в экстрагент. Толщина этого слоя зависит от гидродинамики процесса и, в основном, от скорости перемешивания экстрагента. Чем больше скорость перемешивания, тем меньше толщина пограничного слоя. В пределах диффузионного пограничного слоя δ перенос веществ осуществляется по закону свободной диффузии и может быть записан в виде первого закона Фика (1.1):

$$\frac{dM}{d\tau} = DF \frac{(y_{\text{нас}} - y_{\text{ср}})}{\delta}$$

Далее происходит перенос экстрагируемого вещества, движущимся экстрагентом от поверхности раздела фаз и распределение его по всей массе экстрагента (конвективная диффузия).

Если обозначить среднюю концентрацию экстрагента в объеме, омывающем частичку, через y_4 , то количество вещества, перенесенного в экстрагент за счет конвективной диффузии, может быть вычислено из уравнения (1.3).

Обычно коэффициент конвективной диффузии β во много раз больше коэффициента молекулярной диффузии D .

Суммарный процесс переноса вещества из частицы материала в экстрагент выражается основным уравнением массопередачи:

$$M = K_y F (y - y^*), \quad (1.6)$$

где y^* – равновесная концентрация в данной фазе, соответствующая концентрации распределяемого вещества в основной массе (ядре)

другой фазы; K_y – коэффициент массопередачи (м/с), который учитывает все величины, являющиеся количественными характеристиками трех стадий процесса экстракции и определяется из уравнения:

$$K_y = \frac{1}{\frac{l}{D_{\text{ВН}}} + \frac{\delta}{D} + \frac{1}{\beta}} \quad (1.7)$$

Коэффициент диффузии зависит от температуры, концентрации, структуры материала, физических свойств экстрагируемого материала и растворителя.

Характеристика углекислого газа как растворителя. *Диоксид углерода (Carbon dioxide)*. Другие названия – углекислый газ, углекислота, двуокись углерода, угольный ангидрид, сухой лед (твёрдый). Формула – CO_2 . Бесцветный газ со слегка кисловатым запахом и вкусом. Молярная масса 44,0095(14) г/моль; в твердом виде – сухой лед; вид – бесцветный газ; номер CAS; свойства: плотность и фазовое состояние 1,98 кг/м³, при н.у.; 771 кг/м³, жидкий; 1512 кг/м³, твёрдый; растворимость в воде 1.45 кг/м³; удельная теплота плавления 25,13 кДж/моль; точка плавления -57°C (216 К), под давлением; точка кипения -78°C (195 К), возгоняется; константа диссоциации кислоты (рКа) 6,35 и 10,33; вязкость 0,07 пз при -78°C ; строение: форма молекулы – линейная, симметричная $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ с расстоянием $\text{C}=\text{O}$ равным 1,162 А; химические связи между атомами молекулы ковалентны и полярны; дипольный момент равен нулю; кристаллическая решётка кварцевидная [4,5]. Диоксид углерода не токсичен, но не поддерживает дыхание. Большая концентрация в воздухе вызывает удушье (гиперкапния), недостаток углекислого газа тоже опасен (гипокапния). Концентрация углекислого газа в атмосфере Земли составляет 0,038%.

Обезвоженный диоксид углерода, как газообразный, так и жидкий не корродирует металлы, но при обводнении может вызывать довольно сильную коррозию.

Диоксид углерода не горюч и не поддерживает горения вследствие того, что снижает концентрацию кислорода в месте горения. В высоких концентрациях он не поддерживает и дыхательные процессы, что может быть использовано, как стерилизующий фактор.

Химические свойства [6-8]. По химическим свойствам диоксид углерода относится к кислотным оксидам. При растворении в воде

образует угольную кислоту. Реагирует со щелочами с образованием карбонатов.

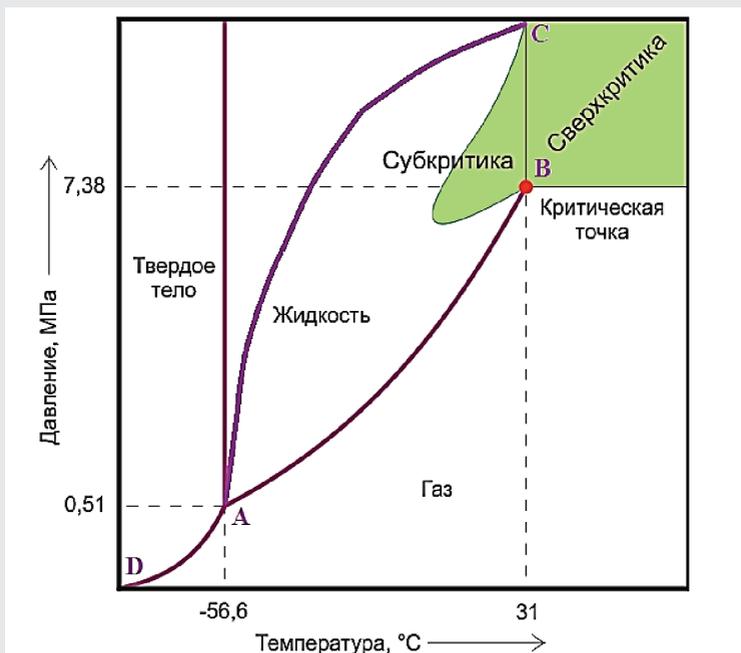


Рисунок 6 – Диаграмма фазового равновесия CO₂:
(А – тройная точка, В – критическая точка)

Из диаграммы фазового равновесия диоксида углерода следует, что данное вещество имеет довольно высокую тройную точку А. Ее характеризуют: $t_m = -56,57 \pm 0,01^\circ\text{C}$, $P_m = 518,6 \pm 3 \text{ кПа}$, $r_m = 1501 \pm 9 \text{ кг/м}^3$ [6].

Критическая точка низка (В). Ее параметры: $t_{кр} = 31,05 \pm 0,02^\circ\text{C}$, $P_{кр} = 7383 \pm 5 \text{ кПа}$, $r_{кр} = 468,16 \pm 3 \text{ кг/м}^3$ [1-5].

При атмосферном давлении и комнатной температуре диоксид углерода существует только в виде газа. Под действием давления в области температур от $-56,6$ до $31,1^\circ\text{C}$ он легко сжижается. При охлаждении до температуры ниже тройной точки или дросселировании в области выше линии плавления он трансформируется в твердую снегообразную массу.

При определенных термодинамических условиях в результате

взаимодействия диоксида углерода в газообразном состоянии с водой образуются кристаллогидраты в виде влажной снегообразной массы.

Вязкость жидкости – физическая величина, обуславливающая многие свойства вещества, среди которых немаловажную роль играет возможное передвижение молекул другого вещества в ней. Чем ниже вязкость жидкости при прочих равных условиях, тем интенсивнее проявляются ее захватывающие способности при диффузии и массопереносе. Влияние вязкости обусловлено силами сцепления между молекулами и тесно связано с величиной энергетического барьера, который необходимо преодолеть диффундирующим молекулам.

Вязкость жидкого диоксида углерода в сравнении с вязкостью других распространенных растворителей является наименьшей. Так при 20°C вязкость жидкого диоксида углерода составляет $6330 \text{ пз} \cdot 10^7$, что меньше вязкости воды в 16,7 раз, этилового спирта – в 17,8 раз, четыреххлористого углерода – в 16 раз, н-гексана – в 5,5 раза, фреона-12 – в 4,5 раза, бутана – в 2,7 раза, пропана – в 2 раза (Франк-Каменский, 1947; Стаскевич и др., 1994). Подобное сравнение говорит в пользу технических преимуществ жидкого диоксида углерода, как растворителя, с хорошими диффузионными возможностями [6-12].

Для докритической области характерно плавное увеличение плотности при условии сохранения температуры среды. Понижение температурного поля влечет за собой рост плотности даже при незначительном повышении давления или же без него. Эти обстоятельства необходимо учитывать при планировании условий использования диоксида углерода в жидком или твердом состоянии.

Растворяющая способность жидкого диоксида углерода в докритической области находится в прямой зависимости от плотности растворителя. Имеются наблюдения (Bork M., 2000; Mayer V.C., 1999), что по мере увеличения молекулярной массы растворяемых веществ их растворимость в жидком диоксиде углерода возрастает с увеличением плотности диоксида. В данной ситуации это связано с понижением температуры. Известно, что наибольшая растворимость ряда каротиноидов, жирно-кислотных компонентов приходится на температуру 10-12°C (Касьянов, Шафтан, 1997) [13-15].

Жидкий диоксид углерода хорошо растворяется в спирте и эфире.

Жидкий диоксид углерода является избирательным растворителем средней силы для многих неполярных ароматических веществ (Frensis, 1994). При этом действует известное правило, согласно которому подобное растворяется в подобном, растворимость неполярных соединений в одном и том же неполярном растворителе повышается соразмерно с ростом молекулярной массы растворяемого вещества и, наконец, малая способность растворения означает высокую селективность растворителя и наоборот. Вышесказанное полностью относится и к жидкому диоксиду углерода. В нем растворяются большинство терпеноидов, высокомолекулярные жирные кислоты и их эфиры, фенолы, кумарины, карбонильные соединения, воски и воскоподобные вещества, смолы со средней молекулярной массой, частично алкалоиды, азуленогены, простые и сложные эфиры. Среди растворяемых в жидком диоксиде углерода веществ в заметных количествах присутствуют жирорастворимые витамины и провитамины, такие как каротиноиды, токоферолы, стерины, незаменимые жирные кислоты, некоторые гормональные вещества, группы соединений с бактерицидной или бактериостатической активностью, естественные фитопциды. Стоит отметить и сорастворимость ряда веществ с заметной полярностью в растворах неполярных компонентов в жидком диоксиде углерода. Последнее явление широко используется в экстракционной технологии (Касьянов, Квасенков, 1998) [15-20].

В приграничной области вокруг критической точки резко падает растворяющая способность диоксида углерода. Здесь, очевидно, действует условие, когда в переходный момент свойства жидкости уже исчерпали себя, а сжатый газ еще не обрел свойств рабочего агента в полной мере.

Для экстракции растительного сырья CO_2 используется в следующих состояниях [9,10]:

- жидком докритическом при $t < t_{кр}$, $P < P_{кр}$;
- критическом $t = t_{кр}$, $P = P_{кр}$;
- жидком сверхкритическом $t < t_{кр}$, $P > P_{кр}$;
- газообразном сверхкритическом $t > t_{кр}$, $P > P_{кр}$.

Веществом в сверхкритическом состоянии называют вещество при температуре и давлении выше критической точки (определенной температурой $T_{кр}$ и давлением $P_{кр}$, при которых исчезает

различие между жидкостью и газом). В критической точке плотность жидкости и её насыщенного пара становятся равны, а поверхностное натяжение жидкости падает до нуля, потому исчезает граница раздела фаз жидкость-пар [21].

Несмотря на то, что внешне вещество напоминает жидкость, в применении к нему сейчас используется специальный термин – **сверхкритический флюид** – *supercritical fluid* (от английского слова *fluid*, то есть «способный течь»). В современной литературе принято сокращенное обозначение сверхкритических флюидов – СКФ. В сверхкритическом состоянии способны находиться большое количество веществ, фактически переход в сверхкритическое состояние ограничен температурой разложения вещества [21-27].

Таким образом сверхкритическое состояние вещества – это состояние при температуре и давлении выше критических

$(T > T_{кр}, P > P_{кр})$, в замкнутом объеме меньше критического ($V_{кр}$).

Свойства вещества в сверхкритическом состоянии промежуточные между его свойствами в газовой и жидкой фазе. Так, СКФ обладает высокой плотностью, близкой к жидкости, и низкой вязкостью как газы. Так, плотность сверхкритического флюида незначительно отличается от плотности жидкости, т.е. флюид обладает значительной емкостью, вязкость близка к вязкости газа, коэффициент диффузии имеет промежуточное значение, что существенно ускоряет процессы массопереноса. Такое сочетание свойств делает чрезвычайно эффективным использование сверх критических флюидов в качестве заменителей органических растворителей в лабораторных и промышленных процессах [27].

Одно из наиболее важных свойств сверхкритического состояния – это способность к растворению веществ. Основными преимуществами сверхкритических флюидов как растворителей являются [3,4,9]:

- сочетание свойств газов при высоких давлениях (низкая вязкость, высокий коэффициент диффузии) и жидкостей (высокая растворяющая способность);
- быстрый массоперенос, осуществляемый благодаря низкой вязкости и высокому коэффициенту диффузии;
- сочетание пренебрежимо малого межфазного натяжения с низкой вязкостью и высоким коэффициентом диффузии, позволяющее сверхкритическим флюидам проникать в пористые среды более легко по сравнению с жидкостями;

- высокая чувствительность растворяющей способности СКФ к изменению давления или температуры;
- простота разделения сверхкритических флюидов и растворённых в них веществ при сбросе давления.

Изменяя температуру или давление флюида можно менять его свойства в широком диапазоне. Так, можно получить флюид, по свойствам близкий либо к жидкости, либо к газу. Растворяющая способность флюида увеличивается с увеличением плотности (при постоянной температуре). Поскольку плотность возрастает при увеличении давления, то меняя давление можно влиять на растворяющую способность флюида (при постоянной температуре). В случае с температурой зависимость свойств флюида несколько более сложная — при постоянной плотности растворяющая способность флюида также возрастает, однако вблизи критической точки незначительное увеличение температуры может привести к резкому падению плотности, и, соответственно, растворяющей способности. Сверхкритические флюиды неограниченно смешиваются друг с другом, поэтому при достижении критической точки смеси система всегда будет однофазной.

В сверхкритическом состоянии, как указано выше, вещество расширяется, занимая весь предоставленный объем подобно газу, но имеет высокую плотность, как у жидкости.

Именно уникальные свойства CO_2 в сверхкритическом состоянии делают возможными его применения в различных индустриях: нефтехимической, пищевой, парфюмерной, фармацевтической и других отраслях промышленности. Так, сверхкритический CO_2 (СК CO_2) обладает характеристикой более быстрого массового передвижения по сравнению с традиционными жидкими органическими растворителями, благодаря низкой вязкости и высокому коэффициенту диффузии (в 10 раз выше, чем у жидкости) при плотности, незначительно отличающейся от жидкости. *Таким образом, сверхкритический CO_2 может принципиально лучше, чем классический растворитель проникать в экстрагируемый материал, поглощать и транспортировать растворяемые составляющие.* Это свойство сверхкритических газов широко применяется при экстракции различных органических соединений. Кроме того, растворяющая способность флюида в близкритической области претерпевает значительные изменения при малых изменениях температуры и давления. Это, в свою очередь, позволяет проводить

фракционирование исходного сырья и регенерацию растворителя без дополнительных энергетических затрат. Простое изменение параметров давления и температуры позволяет регулировать концентрацию веществ в экстракте. Все это обеспечивает наиболее полную экстракцию веществ, при этом применение углекислого газа позволяет полностью и в щадящем режиме отделять его от экстракта и материала - носителя в противовес классическим растворителям [15-21]. Применение углекислого газа позволяет полностью и в щадящем режиме отделять его от экстракта и материала - носителя в противовес классическим растворителям, выведение которых не всегда оказывается полным. Иными словами, экстракты, полученные при помощи данной методики, абсолютно свободны от растворителя. Потребление энергии для регенерации растворителя во многих случаях меньше, чем при традиционной экстракции. А избыточное давление в системе предотвращает проникновение кислорода во время экстракции, что приводит к исключению процессов окисления.

Вывод. Применение углекислого газа позволяет полностью и в щадящем режиме отделять его от экстракта и материала - носителя в противовес классическим растворителям, выведение которых не всегда оказывается полным. Иными словами, ингредиенты, полученные при помощи данной методики, абсолютно свободны от растворителя. Потребление энергии для регенерации растворителя во многих случаях меньше, чем при традиционной экстракции. А избыточное давление в системе предотвращает проникновение кислорода во время экстракции, что приводит к исключению процессов окисления. По результатам проведенных работ разработана и изготовлена лабораторная установка для проведения исследований процесса CO_2 -экстракции, рассчитанные на местное сырьё. Лабораторная установка для исследования получения ингредиентов из растительного сырья с применением СК- CO_2 состоит из ёмкости, теплообменника, экстрактора высокого давления, сепаратора, компрессора, конденсатора, баллона с газом CO_2 и змеевикового подогревателя экстракта. Изучены химико-физические характеристики объектов исследования (местное маслосодержащее сырьё) и целевых продуктов (масел, липидных комплексов). Определены методы анализа качества получаемых масел.

(Список литературы смотреть на стр. 143)

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ, ИНЖИНИРИНГ И ТЕХНОЛОГИИ

IRSTI 50.49.37

https://doi.org/10.53939/1560-5655_2026_1_166

Sychev Y. A.¹, Kim T. A.²

¹Kaspi Bank JSC, Almaty c., Kazakhstan

²Department of "Finance and Accounting",
Sh. Murtaza International Taraz University, Taraz c., Kazakhstan

MODERNIZATION OF A SHOPPING MALL MARKETING DATA ANALYTICS SYSTEM: TRANSITION TO A .NET MICROSERVICE ARCHITECTURE AND QUANTITATIVE ASSESSMENT OF RESULTS

Abstract. The paper presents the modernization of a shopping mall marketing data analytics system originally implemented as a monolithic web application on .NET Framework with a single MS SQL Server database and batch integrations via file exchange. The audit identified limitations of the legacy solution a delay of more than 24 hours before data appeared in reports, performance degradation during peak periods, and high coupling of modules, where failures of individual components led to downtime of the entire platform. To reduce risks, an iterative Strangler Fig strategy was adopted with parallel operation of the monolith and new services. The target architecture is built on ASP.NET Core microservices with domain-based data isolation, the use of PostgreSQL for transactional data and Redis for hot metrics, as well as an event pipeline on Apache Kafka for near-real-time data processing and aggregation, followed by publishing indicators to BI dashboards. Implementation results demonstrate a reduction in data latency to seconds, increased resilience and release manageability, reduced MTTR to a few minutes, lower operating costs, and the economic feasibility of the project with payback within a 12-24 month horizon, including expansion of analytics through social media monitoring.

Keywords: Modernization, microservices, architecture, analytics, streaming; scalability.

Introduction. In modern retail, competitive advantage is shifting toward managing customer experience based on data. Effective shopping mall marketing largely relies on a detailed understanding of visitor behavior. The business needs to track traffic flows, identify "dead zones", and evaluate audience response to promotions in real time. However, many shopping malls still rely on legacy systems originally designed for nightly batch data processing. Hereafter, a legacy system is understood as an outdated monolithic platform.

Such an architecture creates a critical gap between business needs and IT capabilities. The main barrier is high latency. Reports and metrics arrive with a delay of a day or more, depriving marketing of the ability to influence the situation promptly. In this regard, many companies are moving to microservice architecture. This approach implies splitting an application into a number of small services, each of which performs its own narrow function. Such modernization brings significant benefits such as improved scalability, flexibility, and maintainability [1].

The analytical system considered in this work had similar shortcomings of legacy systems. In addition to high delay, the problem was caused by data fragmentation. Data from CRM, ERP, and traffic sensors were stored in isolated systems without modern APIs, which made it impossible to assemble a holistic customer profile. The system also demonstrated low flexibility. Vertical scaling could not handle peak loads during sales periods, and introducing new functions could take months due to the risk of destabilizing the code.

In effect, the system operated on data as of the previous day and was not able to provide information on what is happening now and what measures need to be taken immediately. This led to missed profit, especially during promotions and sales.

The aim of the study is to develop and implement a modernization strategy for such a legacy system to ensure real-time analytics and support new types of data. To achieve the goal, the following tasks were set:

- conduct an audit of the initial architecture and record its baseline indicators;
- justify the choice of a phased migration methodology and the target technology platform;
- implement the transition to a .NET microservice architecture using modern distributed-systems patterns;
- compare quantitative performance indicators of the system before and after modernization;
- demonstrate new analytical capabilities enabled by architectural changes (for example, analysis of social media data).

Below, the materials used and the modernization methodology are presented, then results and their discussion are provided, and finally the main conclusions are formulated.

Materials and Research methods. The object of the study was a corporate marketing analytics system operating as a monolithic web application on the old .NET Framework stack with a single MS SQL

Server 2008 database. This database became a bottleneck because it served both operational transactions (OLTP) and analytical queries (OLAP), provoking constant resource conflicts. Integration with external systems, for example CRM and visitor counters, was carried out through scheduled file exchange. Before modernization, an audit of the legacy system was performed and key metrics were measured. The average time from event occurrence to the appearance of information in reports exceeded 24 hours, since data was processed in batch mode only once per day. During peak loads, the response time for analytical queries exceeded 5 seconds, and timeouts often occurred. System reliability was low because failure of any module led to downtime of the entire platform; the average recovery time was about 2 hours. Development flexibility also suffered updates and deployment of new functionality occurred approximately twice a month, and even small changes took weeks to implement. These indicators confirmed the need for a fundamental reconstruction of the system.

For migration, an iterative approach based on the “Strangler Fig” pattern was chosen [2]. Unlike a radical rewrite of the system “from scratch” this method made it possible to gradually introduce a new architecture on top of the old one, progressively taking over the legacy system’s functions. The approach has proven effective in similar .NET application migration projects. The essence of the methodology is that a “facade” layer is created around the existing application, through which all requests pass. Then, step by step, individual functional domains are “cut out” of the monolith and re-implemented as autonomous microservices. At each stage, facade routing is updated - traffic is redirected to the new service, and the corresponding module in the old system is decommissioned.

Such incremental refactoring made it possible to avoid a long service interruption, and business users continuously received improvements as migration progressed, which increased trust in the project. In the first stage, the priority area was visitor traffic analytics for it, a new service was developed, after which all requests in this topic began to be served by it. Gradually, other key domains were migrated as well-loyalty programs, customer profiles and fundamentally new capabilities unavailable in the legacy system were introduced, for example a service for collecting and analyzing social media data. This order of work made it possible to immediately demonstrate the business value of modernization, turning the project from forced IT expenses into an investment in new capabilities [3].

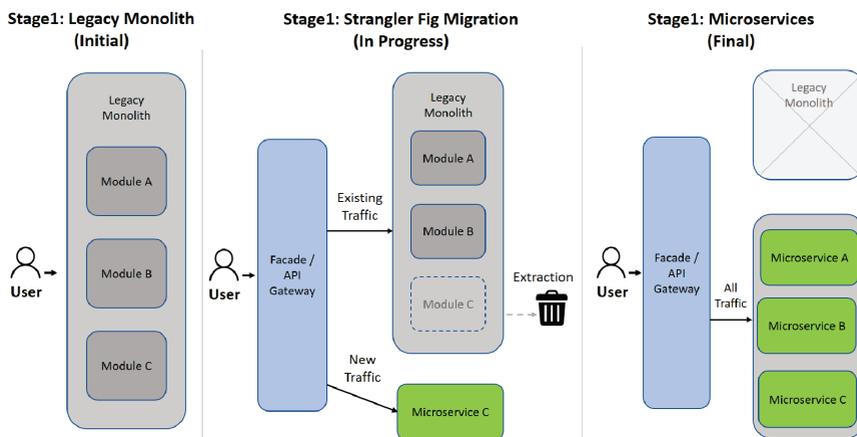


Figure 1 – Iterative migration using the Strangler Fig pattern

The new architecture was implemented as a set of cloud-independent microservices on ASP.NET Core. Each microservice corresponds to a separate area of business logic and its own data store. A combined approach was used for data storage. In particular, the transactional sales service uses a relational PostgreSQL database to ensure ACID properties of financial operations. To cache frequently requested analytical results, a high-performance Redis cluster is used, accelerating access to “hot” data, for example current sales indicators. All services interact via lightweight HTTP APIs or an asynchronous data exchange bus.

In addition to the OLTP microservices themselves, a separate pipeline was developed for near-real-time data processing. Its task is to offload operational services from heavy analytical computations and to ensure parallel processing of events as they arrive. The pipeline architecture includes several stages. All events are published to the distributed Apache Kafka message queue. Kafka can accept large event streams and guarantees reliable delivery. Next, at the processing stage, a special aggregator service subscribes to Kafka topics and performs transformation and enrichment of data. The computation results are stored in the main relational database PostgreSQL. This approach ensures load separation, where .NET microservices handle fast transactions, while a separate service in the background computes aggregates for analytics. At the final stage of data delivery, integration with a business intelligence tool was implemented, within which interactive dashboards were created for the marketing department.

They access either PostgreSQL directly to obtain up-to-date reports, or the Redis cache to access frequently updated metrics. Thus, the architecture combines the advantages of operational processing and deep analytics, meeting modern requirements of data-driven management.

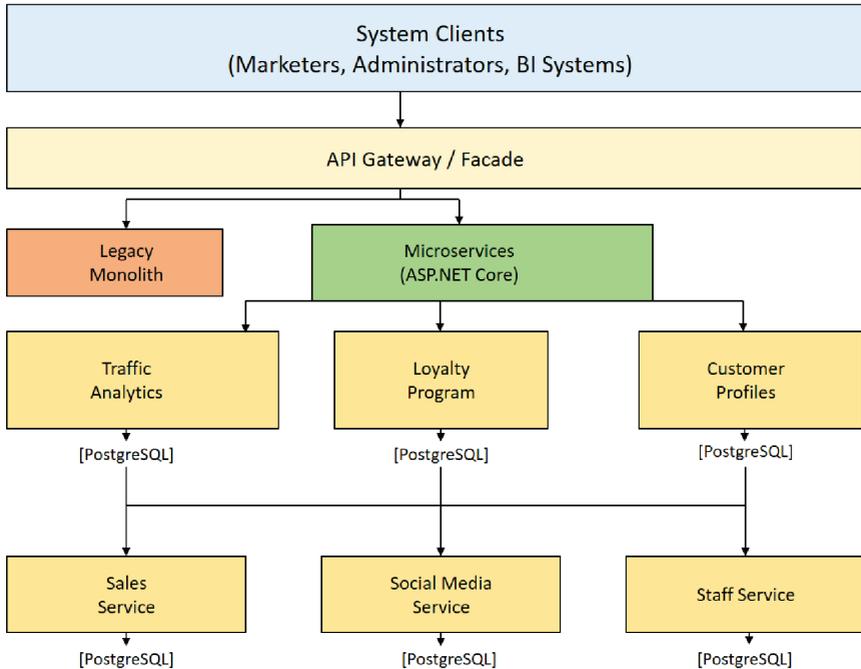


Figure 2 - Component interaction diagram

Results and discussion. Key system performance indicators improved after the transition to a microservice architecture. The time between data arrival and obtaining insight decreased from 24 hours to a few seconds, meaning analytics effectively became near real time.

Shopping mall management now has up-to-date dashboards reflecting the current situation rather than yesterday's results. The frequency of deploying updates increased from a few times per month to several times per week or even per day, which indicates increased development agility. The time to deliver a new report or metric to market decreased by approximately 80% from several weeks to several days. Due to the modularity

of microservices, each change can be tested and deployed in isolation, which significantly reduced regression testing efforts and made it possible to respond faster to business requests. Platform reliability increased, if a separate service fails, it is restarted automatically due to Docker/Kubernetes cluster orchestration; the average recovery time decreased to 8 minutes. Failure of one microservice no longer brings down the entire system, as in the monolith other services continue to operate. Flexibility of horizontal scaling appeared – under increasing load, it is possible to dynamically add instances only of those services where it arose, without scaling the entire system unnecessarily. This had a direct effect on costs - support OPEX decreased by approximately 50% due to abandoning the legacy platform and optimal use of resources microservices consume exactly as many resources as their function requires.

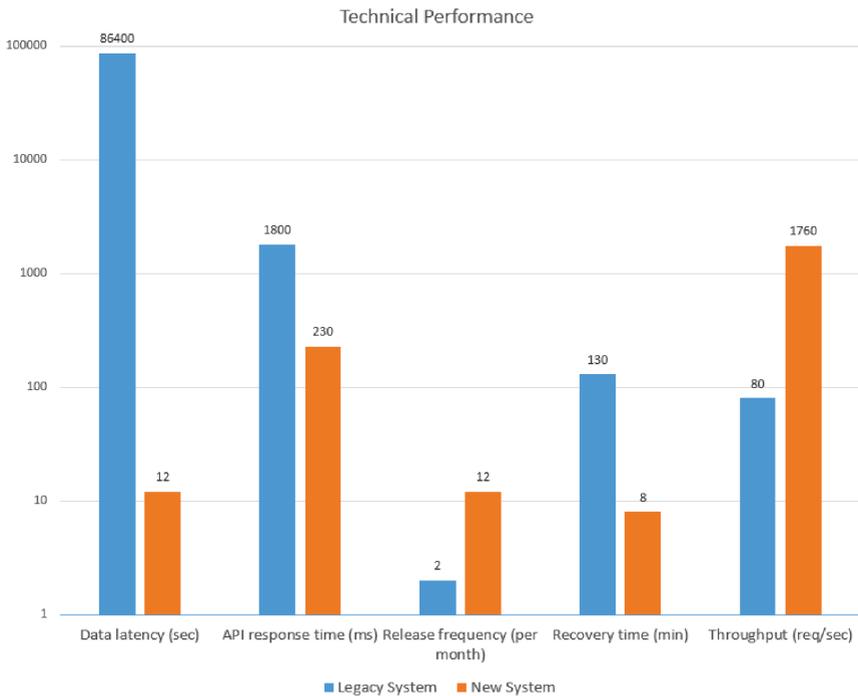


Figure 3 - Comparison of technical indicators of the Legacy System and the New System (data latency, API response time, release frequency, recovery time, throughput).

Table 1- Project budget

Expense item	Amount (USD)
Payroll (Senior Developer, 11 months)	36 440
Payroll (2 × Middle Developers Middle Developers, 11 months)	54 658
Cloud environment (Dev/Test)	7 845
License and software	4 290
Outsourcing	6 150

In addition, reducing the number and duration of system outages (by 60-80%) made it possible to reduce missed profit and costs associated with service unavailability. According to aggregated estimates, return on investment in modernization was achieved within 12-24 months of operating the new system.

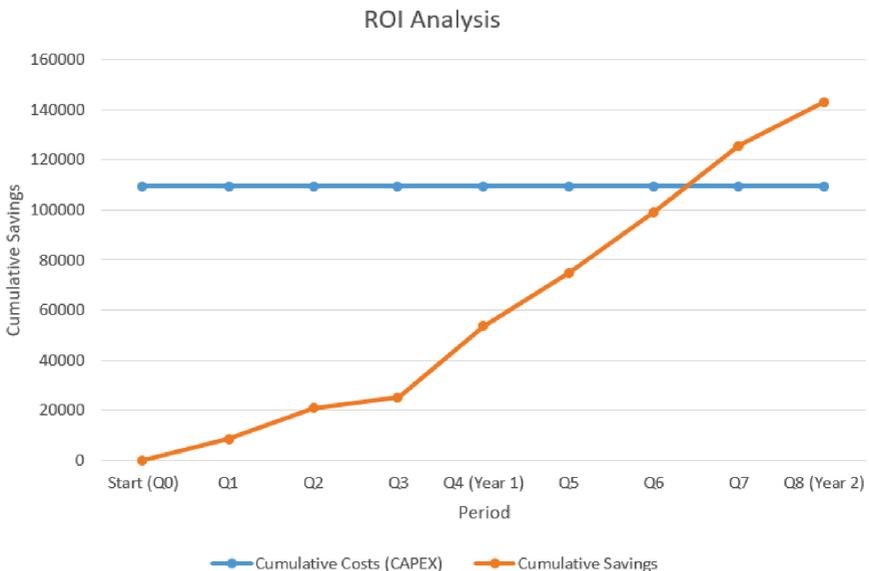


Figure 4 – ROI Analysis cumulative costs (CAPEX) and cumulative savings by periods (Q0-Q8).

These results are consistent with industry cases in which companies implementing modern architecture demonstrate improved scalability and

a high benefit-to-cost ratio [4]. Also, teams or individual developers can work independently of each other [5].

The new architecture not only improved the indicators of the old system, but also created qualitatively new possibilities for marketing analytics. One such result was the introduction of collecting data from social networks [6]. Within the microservice platform, a separate service was developed that, in real time, collects public mentions of the shopping mall and stores them in a database. This capability made it possible to implement monitoring of customer opinion; for example, if several negative reviews about a certain aspect appear in social networks within a short period of time, the system automatically generates a notification for the mall's operational service. The marketing and administrative departments get the chance to respond during the customer's visit, without waiting for loss of loyalty, and can manually analyze the collected reviews [7], where interaction with the visitor occurs continuously based on data.

Another new direction of analytics was deeper analysis of buyer behavior. The legacy system could answer the question "how many sales were there yesterday in store X?" The new platform answers questions of a new type, for example "How did sales dynamics change in store X immediately after launching an advertising campaign?" or "Which products are most often bought together in one receipt?" Such data synthesis reveals valuable insights. Marketers can promptly identify dead zones» areas with low traffic and immediately take measures, for example relocating advertising or events to those zones. In addition, the ability appeared for flexible management of rental rates based on actual foot traffic. These examples illustrate how the modernized architecture became an instrument for implementing advanced marketing analysis methods that were previously impossible. Moreover, the obtained results are consistent with trends in scientific research, according to which social media data are successfully applied to assess the attractiveness of urban commercial spaces [8]. Our system provides a technological foundation for implementing such analytical approaches in practice.

Conclusion. The conducted study demonstrated that the legacy architecture was a serious obstacle to implementing an operational, data-oriented marketing strategy in the shopping mall. Applying the phased Strangler Fig migration methodology made it possible to successfully replace the legacy system with a modern. NET microservice platform without critical downtime and risks. Key architectural decisions splitting the application into microservices, isolating each service's data in its

own database, and using diverse storage technologies depending on the nature of the data provided the required flexibility and scalability of the system. The new architecture is capable of effectively handling both transactional loads and complex analytical queries in real time, thereby eliminating the previously existing trade-off between responsiveness and depth of analysis.

Quantitative outcomes confirm the feasibility and effectiveness of modernization. Improvement of the main KPIs was noted - data latency decreased by an order of magnitude, recovery time decreased by more than 80%, release frequency increased sixfold, and horizontal scaling made it possible to eliminate performance bottlenecks. Economic analysis showed that reducing operating and infrastructure costs, as well as preventing losses from downtime, allowed recovering the invested funds in less than two years of operating the new system. These results are in line with global digital transformation trends. Transition to cloud microservices gives organizations a significant increase in efficiency and business performance [5].

The practical value of the work lies in the fact that the presented architectural strategy and the obtained metrics can serve as a guideline for other enterprises in retail and commercial real estate facing the problem of legacy systems. The modernization described in the paper demonstrates how modern technologies make it possible to put into practice concepts from current scientific literature. In particular, the work shows that modern IT architecture acts as a necessary catalyst for implementing proactive marketing approaches, such as digital customer guidance [4] and intelligent big data analytics [7].

References

- 1 Hossain M. D., Sultana T., Akhter S., Hossain M. I., Ngo T. T., Huynh L. N. T., Lee G.-W., Huh E.-N. The role of microservice approach in edge computing: Opportunities, challenges, and research directions // *ICT Express*. – 2023. – Vol. 9. – No. 3. – P. 1162–1182. – DOI: 10.1016/j.ict.2023.06.006.
- 2 Fowler M. Strangler fig application [Electronic resource]. – 2004. – URL: <http://martinfowler.com/bliki/StranglerApplication.html> (accessed: 18.02.2026).
- 3 Sychev Y. AN APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS IN APPLICATION ARCHITECTURE DESIGN: FROM REQUIREMENTS TO IMPLEMENTATION // *Universum: Technical Sciences: electronic scientific journal*. – 2025. – No. 9(138).

4 PingCap. Real-time vs batch processing: A comprehensive comparison for 2025 [Electronic resource]. – 2025. – URL: <https://pingcap.com/article/real-time-vs-batch-processing> (accessed: 18.02.2026).

5 Li X., Xu M., Zeng W., Tse Y. K., Chan H. K. Exploring customer concerns on service quality under the COVID-19 crisis: A social media analytics study from the retail industry // Journal of Retailing and Consumer Services. – 2023. – Vol. 70. – P. 103157. – DOI: 10.1016/j.jretconser.2022.103157.

6 Tumanov O. Aspects of using social media in research // Scientific Bulletin of the National Academy of Statistics, Accounting and Audit. – 2019. – No. 4. – P. 24–29. – DOI: 10.31767/nasoa.4.2019.03.

7 Olshanetskaya O. A., Kotova M. R. DIGITAL CUSTOMER GUIDANCE IN SHOPPING MALLS: STRATEGY AND IMPLEMENTATION METHODS // Industrial Economy. – No. 5. – P. 219–227. – DOI: 10.47576/2949-1886.2025.5.5.028.

8 Zhang Y., Wang M., Yang X., Zhang R. Urban commercial space vitality evaluation method based on social media data: The case of Shanghai // Land. – 2025. – Vol. 14. – No. 4. – P. 1–24. – DOI: 10.3390/land14040697.

Сычев Ю.А.¹, Ким Т. А.²

¹АО «Каспи Банк», Аға инженер-программашы, Алматы қ., Қазақстан

²Тараздағы Ш. Мұртаза атындағы Халықаралық университет, «Қаржы және бухгалтерлік есеп» кафедрасының оқытушысы, Тараз қ., Қазақстан

САУДА ОРТАЛЫҒЫНЫҢ МАРКЕТИНГТІК ДЕРЕКТЕРІН ТАЛДАУ ЖҮЙЕСІН ЖАҒЫРТУ: .NET МИКРОСЕРВИСТІК АРХИТЕКТУРАСЫНА КӨШУ ЖӘНЕ НӘТИЖЕЛЕРДІ САНДЫҚ БАФАЛАУ

Түйіндеме. Мақалада бастапқыда .NET Framework платформасында біртұтас монолит веб-қосымша ретінде іске асырылған, бір MS SQL Server дерекқорын және файл алмасу арқылы орындалатын пакеттік интеграцияларды пайдаланған сауда орталығының маркетингтік деректерін талдау жүйесін жаңғырту сипатталады. Аудит ескірген шешімнің шектеулерін анықтады: есептерде деректер пайда болғанға дейін 24 сағаттан астам кідіріс, ең жоғары кезеңдердегі өнімділіктің деградациясы және жеке компоненттердің істен шығуы бүкіл платформаның тоқтап қалуына алып келетін жоғары модульдік байланыс. Тәуекелдерді азайту үшін монолит пен жаңа қызметтердің параллель жұмысымен Strangler Fig итеративті стратегиясы таңдалды. Нысаналы сәулет доменге бағытталған деректерді оқшаулау ASP.NET Core микросервистеріне, транзакциялық деректер үшін PostgreSQL және «ыстық» көрсеткіштерге Redis, сондай-ақ нақты уақытқа жақын режимде деректерді өңдеу және біріктіру үшін Apache Kafka-дағы оқиға конвейеріне, содан кейін VІ бақылау тақталарында көрсеткіштерді жариялауға негізделген. Іске асыру нәтижелері деректер кідірісінің секундтарға дейін қысқарғанын, тұрақтылық пен релиздерді басқарудың жақсарғанын, MTTR көрсеткішінің бірнеше минутқа дейін төмендегенін, операциялық шығындардың азайғанын және

элеуметтік желілер мониторингі арқылы аналитиканы кеңейтуді қоса алғанда, жобаның 12–24 айлық көзжиекте өзін ақтайтынын көрсетеді.

Түйінді сөздер: жаңғырту, микросервистер, архитектура, аналитика, ағындық өңдеу, ауқымдылық.

* * *

Сычев Ю.А.¹, Ким Т. А.²

¹АО «Каспи Банк», г. Алматы, Казахстан

²Международный университет им. Ш. Муртазы, кафедра «Финансы и бухгалтерский учет», г. Тараз, Казахстан

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АНАЛИТИКИ МАРКЕТИНГОВЫХ ДАННЫХ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА: ПЕРЕХОД К МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЕ .NET И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Аннотация. В статье представлена модернизация системы аналитики маркетинговых данных торгового центра, изначально реализованной как монолитное веб-приложение на .NET Framework с единой базой данных MS SQL Server и пакетными интеграциями через файловый обмен. Аудит выявил ограничения устаревшего решения: задержку более 24 часов до появления данных в отчетах, деградацию производительности в пиковые периоды и высокую связанность модулей, при которой сбои отдельных компонентов приводили к простоям всей платформы. Для снижения рисков была выбрана итеративная стратегия Strangler Fig с параллельной работой монолита и новых сервисов. Целевая архитектура построена на микросервисах ASP.NET Core с доменно-ориентированной изоляцией данных, использованием PostgreSQL для транзакционных данных и Redis для “горячих” метрик”, а также событийным конвейером на Apache Kafka для обработки и агрегации данных в режиме, близком к реальному времени, с последующей публикацией показателей в BI-дашбордах. Результаты внедрения демонстрируют сокращение задержки данных до секунд, повышение отказоустойчивости и управляемости релизов, снижение MTTR до нескольких минут, уменьшение операционных затрат и экономическую целесообразность проекта с окупаемостью в горизонте 12-24 месяцев, включая расширение аналитики за счет мониторинга социальных сетей.

Ключевые слова: Модернизация, микросервисы, архитектура, аналитика, потоковая обработка, масштабируемость.

Information about the authors

Sychev Yegor Aleksandrovich – Senior Software Engineer, Kaspi Bank JSC, Almaty c., Kazakhstan; sigmadel10@gmail.com

Kim Tatiana Alekseevna – Master of Economics, Lecturer; tanechka-kim@internet.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Сычев Егор Александрович – Senior Software Engineer, АО Kaspi Bank JSC, Алматы қ., Қазақстан; sigmadel10@gmail.com

Ким Татьяна Алексеевна – экономика магистрі, оқытушы; tanechka-kim@internet.ru

Сведения об авторах

Сычев Егор Александрович – Senior Software Engineer, АО Kaspi Bank, г. Алматы, Казахстан; sigmadel10@gmail.com

Ким Татьяна Алексеевна – магистр экономики, преподаватель, tanechka-kim@internet.ru

ШАБЛОН НАПИСАНИЯ СТАТЬИ

ҚОЛЖАЗБАНЫ РӘСІМДЕУ ТАЛАПТАРЫ

Эксперименттік мақаланың көлемі – 7-ден 15 бетке дейін (A4 форматы), 4-6 сурет (кесте); үш тілдегі түйіндемелерді, кестелерді, суреттерді, Әдебиеттер тізімін, Әдебиеттер тізімінің сілтемелерін, Авторлар туралы мәліметтерді есептемегенде.

Шолу мақаласы – 7-15 бет, оның ішінде түйіндеме, кестелер, суреттер, әдебиеттер тізімі, әдебиеттер тізімінің сілтемелері, суреттер немесе кестелер саны 9-дан аспайды (3 сурет 1 бетке есептеледі); үш тілдегі авторлар туралы мәліметтер.

Қысқаша хабарлама – түйіндемелерді, кестелерді, суреттерді, әдебиеттер тізімін, әдебиеттер тізімінің сілтемелерін, үш тілдегі авторлар туралы мәліметтерді қоспағанда, суреттерді немесе кестелерді (үштен аспайтын) қоса алғанда 5-9 бет.

Мәтіндік файлдарды PDF және Word форматында (6.0 және одан кейінгі нұсқалары), қаріп – Times New Roman, өлшемі – 12pt, 1,15 интервалмен, бір бағанда ұсыну керек.

МАҚАЛА ЖАЗУ ҮЛГІСІ

ҒТАМА коды (Ғылыми-техникалық ақпараттың мемлекетаралық айдары)

Авторлардың тегі мен аты-жөні – 3 тілде (қазақ, орыс, ағылшын) (біріншісі – мәтіннің авторы, содан кейін бірлескен авторлар мен ғылыми жетекшілер);

Мекеменің атауы, қаласы, елі – 3 тілде (қазақ, орыс, ағылшын);

Егер мақаланың авторлары әртүрлі мекемелерден болса, онда әр фамилияның соңына жоғарғы жағына сан қойыңыз. Әр автордың жұмыс орнын көрсетіңіз және тиісті автордың жұмыс орны атауының басына үстіңгі санды қойыңыз.

Мысал: **А.К. Бериков¹, С.И. Васильев²**

¹Тау-кен ісі институты, Алматы қ., Қазақстан

²Академик Ө. Асаналиев атындағы Қырғыз тау-кен металлургиялық институты, Бішкек қ., Қырғызстан

Мақаланың тақырыбы – 3 тілде (қазақ, орыс, ағылшын);
– барынша қысқа, ақпараттық, қысқартусыз болуы тиіс;

Түйіндеме: 3 тілде жазылады (орыс, қазақ, ағылшын):

150-200 сөзден аспауы тиіс. (**Түйіндеме мазмұны:** Зерттеу мақсаты. Не істелді. Не табылды. Нәтижелері несімен маңызды, қолдану аясы, әлемде аналогтары бар ма);

Түйінді сөздер: 3 тілде (қазақ, орыс, ағылшын) жазылады – барлығы 5-6 жалғыз сөз және екі-үш сөз тіркесінен аспайды;

Мақала мәтіні: кестелер, суреттер, келтірілген әдебиеттер тізімі;

Кіріспе – соңғы онжылдықтарда осыған ұқсас немесе оған жақын зерттеулер жүргізілген отандық және шетелдік жұмыстарды міндетті түрде қарастырылған мәселенің тарихының қысқаша мазмұны.

Зерттеудің мақсаты – қысқаша сипаттама.

Зерттеу әдістері – жаңа әдістерді егжей-тегжейлі сипаттау керек; авторды және/немесе әдістің атауын көрсете отырып, әдебиеттер тізімінде бұрын жарияланған және белгілі әдістерге сілтеме жасау жеткілікті.

– **Кестелер** араб цифрларымен нөмірленіп, сипаттамалық атауы болуы керек. Сандық өлшемдер (бірліктер) баған тақырыбына қосылуы керек.

– Тек ең жақсы сападағы **суреттер** (графиктер, формулалар,

сызбалар және т.б.) және түрлі-түсті иллюстрациялар басып шығаруға қабылданады. Суреттерде ондағы кескінге нақты сипаттама беретін қысқаша тақырыптар болуы керек. Суреттердің тақырыптары иллюстрацияларға орналастырылмауы керек. Графика түріне қарамастан, сызбалар дюйміне 600 нүктеден төмен емес жоғары ажыратымдылыққа ие болуы керек. Суреттердің максималды мөлшері 120 × 210 мм. Ұсынылған сапасыз графикалық материалдарға редакция жариялау кезінде жауап бермейді.

Зерттеу нәтижелері – негізгі теориялық және эксперименттік нәтижелер, нақты деректер, анықталған қатынастар мен заңдылықтар келтіріледі. Бұл жағдайда жаңа нәтижелерге, маңызды жаңалықтарға, қолданыстағы теорияларды жоққа шығаратын тұжырымдарға, сондай-ақ практикалық маңызы бар мәліметтерге артықшылық беріледі.

Нәтижелерді талқылау – үздік отандық және әлемдік аналогтармен салыстыру жүргізіледі. Зерттеудің пікірталас сәттері және оларды шешуге деген көзқарасыңыз сипатталады.

Қорытынды – жұмыстың қорытындысын шығару, зерттеудің жаңалығы мен өзектілігін негіздеу, алынған нәтижелерді қолдану бойынша ұсыныстар.

Зерттеулерді қаржыландыру көзі – ведомстволар, қорлар, жеке адамдар және т.б. Пайдаланылған әдебиеттер тізімінің алдына қойылуы керек. Қаржыландырушы ұйымдардың атаулары толық жазылуы тиіс.

Алғыс – демеушілерге, ғылыми жетекшілерге, жұмысқа белсенді қатысқан адамдарға және т. б.

Әдебиеттер тізімі – мәтіндегі сілтемелер оларды еске түсіру ретімен есу бойынша нөмірленеді. Жарияланым туралы библиографиялық мәліметтер 7.1-2003 МЕМСТ-на сәйкес рәсімделеді. Әдебиеттер тізімін рәсімдеу үлгісі журналдың vestnik.nauka.kz сайтында ұсынылған. Әдебиеттер тізіміне нормативтік құжаттар, статистикалық жинақтар, газеттерден алынған мақалалар **кірмейді**. Олар мәтінде айтылғаннан кейін жақшаға алынады. Интернет-сайттарға сілтемелер 7.5-98 МЕМСТ-қа сәйкес жүргізіледі.

Өзіне-өзі сілтеме жасау жалпы тізімнің 20-30%-нан аспауы керек. 10-15 жылдан аспайтын, әсіресе қолданбалы сипаттағы мақалаларға арналған әдеби көздер тізімнің едәуір бөлігін құрауы керек.

References – (Әдебиеттер тізімін транслитерациялау) – 7.79-2000 МЕМСТ-қа сәйкес рәсімделеді және редакция талаптарына сәйкес орналастырылады.

Авторлар туралы мәліметтер 3 тілде (қазақ, орыс, ағылшын) жазылады.

- тегі, аты, әкесінің аты (бар болса), ғылыми атағы/дәрежесі,
- авторлардың әрқайсысының жұмысына қосқан үлесі – эксперимент, деректерді өңдеу, талқылау, қолжазба дайындау, әдебиет іздеу, зерттеу және т. б.
- электрондық пошта.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСИ

Экспериментальная статья — от 7 до 15 страниц (формат А4), 4–6 рисунков (таблиц), не считая аннотации, таблицы, рисунки, Список литературы, References списка литературы, Сведения об авторах на трех языках.

Обзорная статья – 7-15 страниц, включая аннотации, таблицы, рисунки, Список литературы, References списка литературы, количество рисунков или таблиц не более 9 (3 рисунка считаются за 1 страницу); Сведения об авторах на трех языках.

Краткое сообщение – 5-9 страниц, включая рисунки или таблицы (не больше трех), не считая аннотации, таблицы, рисунки, Список литературы, References списка литературы, Сведения об авторах на трех языках.

Текстовые файлы следует представлять в формате PDF и Word (версии 6.0 и более поздние), шрифт — Times New Roman, размер — 12pt, Интервал - 1,15, в одну колонку.

ШАБЛОН НАПИСАНИЯ СТАТЬИ

код МРНТИ (Межгосударственный рубрикатор научно-технической информации)

Фамилия и инициалы авторов – на 3-х языках (казахский, русский, английский) (первый — автор текста, затем соавторы и научные руководители);

Наименование места работы, город, страна – на 3-х языках (казахский, русский, английский);

достаточно сослаться в списке литературы, указав автора и/или название метода;

– **Таблицы** должны быть пронумерованы арабскими цифрами и иметь описательное название. Численные измерения (единицы) должны быть включены в заголовок столбца.

– **Рисунки** (графики, чертежи и пр.) и цветные иллюстрации принимаются к печати, только в лучшем качестве. Рисунки должны иметь краткие заголовки, дающие точное описание к изображению на рисунках. Заголовки рисунков не должны размещаться на иллюстрациях. Независимо от типа графики, рисунки должны обладать высоким разрешением, не ниже 600 точек на дюйм. Максимальный размер рисунков 120 × 210 мм. За предоставленные не качественные графические материалы, при публикации редакция ответственности не несёт.

Результаты исследования — приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, имеющим практическое значение.

Обсуждение результатов — производится сопоставление с лучшими отечественными и мировыми аналогами. Описываются дискуссионные моменты исследования, и ваше видение их разрешения.

Вывод – подведение итогов работы, обоснование новизны и актуальности исследования, рекомендации по применению полученных результатов.

Источник финансирования исследований – ведомства, фонды, отдельные люди и т.д. должны быть помещены перед списком использованной литературы. Наименования финансирующих организаций должны быть написаны полностью.

Благодарность – выражается благодарностью спонсорам, научным руководителям, лицам, принимавшим деятельное участие в работе и пр.

Список литературы — ссылки в тексте нумеруются по возрастанию в порядке их упоминания. Библиографические сведения о публикации оформляются согласно ГОСТ 7.1-2003. В список литературы **не включаются** нормативные документы, статистические сборники, статьи из газет, так как их оформляют в круглые скобки после упоминания в тексте. Ссылки на интернет-сайты производятся согласно ГОСТ 7.5-98, предпочтение отдаётся электронным журналам.

Самоцитирование не должно превышать 20-30% от общего списка. Литературные источники давностью не более 10-15 лет должны составлять значительную часть списка, особенно для статей прикладного характера.

References – (Транслитерация Списка литературы) — оформляется согласно ГОСТ 7.79-2000 и размещается в соответствии с требованиями редакции.

Сведения об авторах на 3-х языках (казахский, русский, английский):

- фамилия, имя и отчество полностью (если есть),
- научная степень/звание,
- место работы автора
- вклад в работу каждого из авторов – Эксперимент, Обработка Данных, Обсуждение, Подготовка Рукописи, Поиск Литературы, Исследования и пр.
- электронная почта.

Регистрационное свидетельство
№ 1332 от 07.06.1994г.
выдано Министерством печати
и массовой информации
Республики Казахстан

Главный редактор *Болезенова С.А.*
Редактор *Л.Н. Гребцова*
Ответственный секретарь *Е.С. Сухова*
Обложка *Гребцова Л.Н., Е.С. Сухова*
Редактор текста на казахском языке *Т.Т. Садырова*
Компьютерная верстка *Д.Р. Турысбек*

Подписано в печать 20.03.2026.
Формат 60x84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. п. л. 6,0. Тираж 350 экз. Заказ 160.

Редакционно-издательский отдел НЦ ГНТЭ.
050026, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 221

Индекс 75776