



TOVUQ SUYAK CHIQINDILARI TARKIBIDAN GIDROKSIAPATIT OLIISH USULLARINI TADQIQ QILISH

Jo'rayev Sh.T.¹[0009 0002 0839 5994], Shodiev A.F.²[0000-0002-0915-9929],
Roziqov I.O'.³[0009 0002 2134 9941]

¹Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Agronomiya kafedrası professori,
E-mail: shoxa299090@gmail.com

²Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Agronomiya kafedrası dotsenti
E-mail: shodiyevasliddin22@gmail.com

³Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Agronomiya kafedrası assistenti
E-mail: roziqovismoiljon43@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada xona haroratida tovuq suyagi chiqindilarini qayta ishlash va ulardan kalsiy-fosfat asosidagi materiallar, xususan, gidroksiapatit olish jarayonining dastlabki bosqichi sifatida ishqoriy modifikatsiyalash jarayoni olib borildi. Bunda dastlabki xomashyo 100×150 mm o'lchamdagi bo'laklarga maydalab uni turli konsentratsiyali 10;15;20; 25;30% li NaOH eritmaları yordamida ishqoriy ishlodvan o'tkazilgan. Ishqorlash suyakning organik tarkibiy qismlarini, jumladan, oqsil va kollagen tabiatli birikmalarni parchalash hamda mineral komponentlarning nisbiy ulushini oshirishga yordam berdi. Ishqorlash jarayoni yakunlangach, hosil bo'lgan namunalar qoldiq ishqoriy komponentlarni bartaraf etish maqsadida yuvildi va keyingi texnologik bosqichlarga tayyorlandi. Namunalarning namligini kamaytirish hamda quritilgan mineral xomashyo olish uchun ular 100°C haroratli quritish pechida 2-3 soat davomida ushlab turildi namunalardagi mavjud namlikning bir qismini chiqarish, ularning massasini barqarorlashtirish uchun termik ishlov berildi. Ishqor konsentratsiyasining suyak mineral fazasi tarkibi, organik komponentlarning ajralish darajasi va hosil bo'ladigan gidroksiapatitning xossalari ta'siri aniqlandi.

Kalit so'zlar: Tovuq suyak chiqindilari, gidroksiapatit, kollagen, modifikatsiya, natriy gidroksid, ishqoriy ishlov berish, gazo'tkazuvchanlik, suv yutish, g'ovaklik, termik ishlov berish, quritish, ekologik xavfsizlik, chiqindilarni qayta ishlash.

Аннотация. В данном исследовании изучена щелочная модификация отходов куриных костей при комнатной температуре в качестве начального этапа переработки костных отходов и получения материалов на основе фосфата кальция, в частности гидроксиапатита. Исходное сырьё измельчали до фрагментов размером 100 × 150 мм и подвергали щелочной обработке с использованием растворов NaOH различной концентрации: 10, 15, 20, 25 и 30%. Щелочная обработка способствовала разложению органических компонентов костной ткани, включая соединения белковой и коллагеновой природы, а также увеличению относительной доли минеральных компонентов. После завершения щелочной обработки полученные образцы промывали с целью удаления остаточных щелочных компонентов и подготавливали к последующим технологическим этапам. Для снижения содержания влаги и получения высушенного минерального сырья образцы выдерживали в сушильном шкафу при температуре 100 °С в течение 2–3 часов. Данная термическая обработка проводилась с целью удаления части влаги, содержащейся в образцах, и стабилизации их массы. Исследовано влияние концентрации NaOH на состав минеральной фазы костного сырья, степень удаления органических компонентов и свойства получаемого гидроксиапатита.

Ключевые слова: Отходы куриных костей, гидроксиапатит, коллаген, модификация, гидроксид натрия, щелочная обработка, газопроницаемость, водопоглощение, пористость, термическая обработка, сушка, экологическая безопасность, переработка отходов.

Abstract. This study investigated the alkaline modification of chicken bone waste at room temperature as an initial stage in the processing of chicken bone waste and the production of calcium phosphate-based materials, particularly hydroxyapatite. The initial raw material was crushed into pieces measuring 100 × 150 mm and subjected to alkaline treatment using NaOH solutions at different concentrations of 10, 15, 20, 25, and 30%. Alkaline treatment facilitated the decomposition of organic components in the bone, including protein- and collagen-based compounds, and contributed to an increase in the relative proportion of mineral components. Following the alkaline treatment, the resulting samples were washed to remove residual alkaline components and prepared for subsequent technological stages. To reduce moisture content and obtain dried mineral raw material, the samples were heated in a drying oven at 100 °C for 2–3 hours. This



thermal treatment was carried out to remove a portion of the moisture present in the samples and stabilize their mass. The effect of NaOH concentration on the mineral phase composition of the bone, the degree of organic component removal, and the properties of the resulting hydroxyapatite was investigated.

Keywords: Chicken bone waste, hydroxyapatite, collagen, modification, sodium hydroxide, alkaline treatment, gas permeability, water absorption, porosity, thermal treatment, drying, environmental safety, waste recycling.

Kirish.

Bugungi kunda qishloq xo'jaligi va oziq-ovqat sanoati chiqindilarini qayta ishlash, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish hamda ikkilamchi xomashyo sifatida sanoat korxonalarida qo'llash ekologik va texnologik jihatdan muhim ilmiy-amaliy yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortishi, oziq-ovqat mahsulotlariga bo'lgan talabning kengayishi va parrandachilik sanoatining jadal rivojlanishi natijasida hosil bo'ladigan suyak chiqindilarining miqdori ham ortib bormoqda. Ushbu chiqindilarni samarali qayta ishlash texnologiyalarini ishlab chiqish nafaqat atrof-muhitga tushadigan chiqindi yuklamasini kamaytirish, balki ularning tarkibidagi qimmatli mineral komponentlardan ikkilamchi xomashyo sifatida foydalanish imkonini beradi. Xususan, tovuq suyaklari tarkibida kalsiy va fosfor elementlariga boy mineral fazaning mavjudligi ularni kalsiy-fosfat asosidagi funksional materiallar, jumladan, gidroksiapatit olish uchun istiqbolli tabiiy xomashyo sifatida ko'rib chiqishga asos bo'ladi. Gidroksiapatit $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kimyoviy formulasiga ega bo'lgan kalsiy-fosfat birikmasi bo'lib, biologik mineral fazaga yaqin kimyoviy tarkibi va strukturaviy xususiyatlari bilan ajralib turadi. Ushbu material polimerlar uchun to'ldiruvchi, adsorbentlar sifatida qo'llash imkoniyatlari sababli zamonaviy materialshunoslik va noorganik kimyo sohalarida keng tadqiq qilinmoqda. Tabiiy xomashyolar, xususan, hayvon suyaklari asosida gidroksiapatit sintez qilish yoki ajratib olish usullari sintetik reagentlar sarfini kamaytirish, mahalliy resurslardan foydalanish va chiqindilarni yuqori qiymatli mahsulotga aylantirish hamda amlayotda qo'llash. Shu bilan birga, xomashyoning organik va mineral tarkibi, dastlabki ishlov berish sharoitlari hamda keyingi termik jarayonlarning boshqarilishi olinadigan gidroksiapatitning fazaviy tarkibi, kristallik darajasi va funksional xossalariga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Tovuuq suyagi chiqindilaridan gidroksiapatit olish jarayonida dastlabki xomashyoni tayyorlash, organik komponentlarni ajratish, quritish, maydalash va termik ishlov berish bosqichlari texnologik jarayonning muhim tarkibiy qismlarini tashkil etadi suyakning organik qo'shimchalari asosan, kollagen va boshqa oqsil tabiatli birikmalardan iborat bo'lib, ularni mineral fazadan ajratish maqsadida kimyoviy, termik mexanik usullar qo'llanilishi mumkin. Ushbu usullar orasida ishqoriy modifikatsiyalash organik komponentlarning gidrolitik parchalanishini jadallashtirish hamda mineral fraksiyani keyingi qayta ishlashga tayyorlash imkoniyati bilan ahamiyatlidir[1-3].

NaOH eritmasidan foydalanish jarayonida ishqor konsentratsiyasi, ishlov berish harorati, davomiyligi va xomashyoning disperslik darajasi kabi texnologik parametrlar organik moddalarning ajralish samaradorligiga hamda mineral komponentlarning saqlanish holatiga ta'sir qiluvchi asosiy omillar sifatida qaraladi.

Tadqiqotning ilmiy-amaliy ahamiyati natriy gidroksid eritmasining turli konsentratsiyalaridan foydalanish orqali tovuq suyagi tarkibidagi organik komponentlarning ajralish jarayonini, mineral fazaning holatini va keyinchalik olinadigan gidroksiapatit asosidagi materiallarning xossalarini o'rganish bilan belgilanadi xususan, ishqor konsentratsiyasining o'zgarishi suyak namunalari tarkibidagi organik moddalarning kamayish darajasi, g'ovaklik, suv yutish, gazo'tkazuvchanlik va mineral komponentlarning nisbiy ulushiga ta'sir qilishi mumkin. Shu sababli, ishqoriy ishlov berish sharoitlarini ilmiy asosda tanlash va ularning material xossalariga ta'sirini kompleks baholash tovuq suyagi



chiqindilaridan gidroksiapatit olishning samarali, resurs-tejamkor va ekologik jihatdan maqbul texnologiyasini ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi.[4-9].

Ushbu tadqiqot natijalari mahalliy biologik chiqindilarni qayta ishlash asosida kalsiy-fosfat materiallar olish imkoniyatlarini kengaytirishga hamda chiqindisiz yoki kam chiqindili texnologik jarayonlarni takomillashtirishga xizmat qilishi mumkin.

Tadqiqot materiallari. Tadqiqotda gidroksiapatit olish uchun asosiy xomashyo sifatida hayvon suyaklari chiqindilaridan foydalanildi. Suyak namunalarini dastlabki kimyoviy tozalash va mineral komponentlarini ajratish jarayonida natriy gidroksid 10;15;20;25;30% li (NaOH, GOST 4328-77; ISO 13779-3:2018) ishlatildi.

Tadqiqot natijalari

Olib borilgan tadqiqot natijalar ishqoriy ishlov berish sharoitlarining granularlarning strukturaviy va ekspluatatsion xossalari ko'rsatilgan.

1-jadval

Tovuq suyagi chiqindilarini ishqoriy ishlov berishning texnologik jarayoni

1	Xomashyoni tayyorlash	Qiymatlari	Tasnifi
2	Ishqoriy modifikatsiyalash	NaOH: 10; 15; 20; 25; 30%	Qo'shimcha organik komponentlar, jumladan kollagen va oqsil tabiatli birikmalarni ajratish
3	Yuvish	Ishqoriy ishlovdan keyin	Namuna tarkibida qolgan qoldiq ishqorlarni chiqarish va keyingi bosqichga tayyorlash
4	Quritish	100 °C, 2–3 soat	Namlikni kamaytirish, namunalar massasini barqarorlashtirish va quritilgan mineral xomashyo olish
5	Granulash	70-80 °C	Kukun holatidagi namunalarni granula holatiga o'tkazish

Ishqoriy ishlovdan so'ng namunalarni yuvish orqali qoldiq NaOH va eruvchan reaksiya mahsulotlarini chiqarish, shuningdek, keyingi qayta ishlash bosqichlariga tayyorlash ko'zda tutiladi. 100 °C haroratda 2 - 3 soat davomida quritish jarayoni namlik miqdorini kamaytirish va quritilgan xomashyoning massasini barqarorlashtirishga yo'naltiriladi. Keyingi fizik-kimyoviy tadqiqotlarda ishqor konsentratsiyasining mineral faza tarkibi, organik komponentlarning ajralish darajasi, g'ovaklik, suv yutish va gazo'tkazuvchanlik kabi ko'rsatkichlarga ta'siri baholanishi mumkin. ASTM G171-24 qattqlik darajasini aniqlash uchun alohida maxsus olmos uchli stilusdan foydalanadi bu usul Mohsning oddiy etalon-mineral sinovidan farq qiladi va turli materiallar sirtiga nisbatan chidamliligini miqdoriy baholashga mo'ljallangan. Tovuq suyagi granularlarining suv yutishi Suv yutishi quruq namunaning suvni shimishi natijasida massasining qancha foizga oshganini ifodalab quyidagi formula orqali hisoblandi.

$$W = m_1 - m_0 / m_0 \times 100$$

bu yerda; m_0 -quruq namuna massasi, gr; m_1 suvda saqlangandan keyingi massa, gr; W - suv yutishi, % da hisoblangan. Shunday qilib, mazkur texnologik ketma-ketlik tovuq suyagi chiqindilaridan gidroksiapatit olish uchun dastlabki xomashyoni tayyorlash va ishqoriy modifikatsiyalash sharoitlarini ilmiy asoslashga xizmat qiladi. Bundan tashqari olingan granularlarni gaz o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti quyidagicha hisoblab topildi.



$$k=Q \mu L/A \Delta P$$

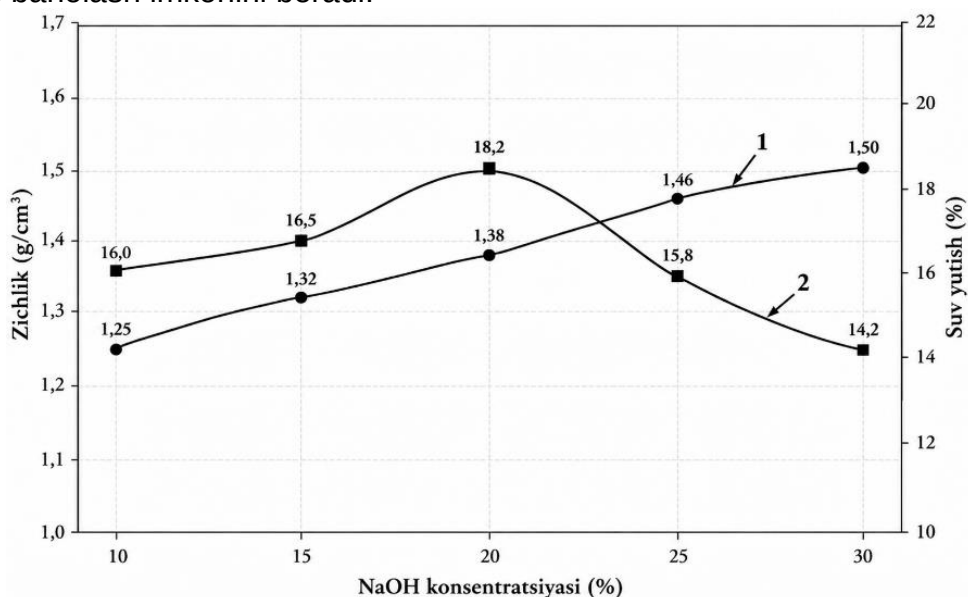
bu yerda: k - gaz o'tkazuvchanligi, m^2 , Q - gazning hajmiy sarfi, m^3/s , μ - gaz qovushqoqligi, $Pa \cdot s$, L - granula qatlamining qalinligi, m , A - kesim yuzasi, m^2 , ΔP - bosim farqi, Pa bilan hisoblandi.

2-jadval

Tayyorlab olingan granulalarni fizik-mexanik xossalari

№	Nomi	Zichlik(gr/sm^3)	Qattiqlik darajasi (kgs/mm^2)	Suv yutish (%)	Gaz o'tkazuvchanlik (m^2)
1	№-1	1,25	3,0	16	1,50
2	№-2	1,32	3,6	16,5	1,80
3	№-3	1,38	4,1	18,2	3,00
4	№-4	1,46	4,3	15,8	2,50
5	№-5	1,50	4,4	14,2	1,75

bu yerda: №-1; №-2; №-3; №-4; №-5lar mos ravishda 10,15,20,25,30%li namunalar. Yuqoridagi jadval ma'lumotlariga asosan, NaOH konsentratsiyasining 10 dan 30% gacha oshirilishi natijasida granulalarning zichligi 1,25 dan 1,50 g/cm^3 gacha ortgan. Qattiqlik ko'rsatkichi 3,0 dan 4,4 kg/mm^2 gacha oshib, modifikatsiya jarayonida granulalarning mexanik xossalari yaxshilanganini ko'rsatadi. Suv yutish darajasi 20% li NaOH namunasida maksimal 18,2% ni tashkil etib, 30% konsentratsiyada 14,2% gacha kamaygan. Gaz o'tkazuvchanligi 20% li namunada 3,00 m^2 qiymatiga yetgan, keyinchalik 30% da 1,75 m^2 gacha pasaygan. Olingan natijalar NaOH konsentratsiyasining granulalarning zichligi, qattiqligi, namlikni yutishi va gaz o'tkazuvchanligiga ta'sirini kompleks baholash imkonini beradi.

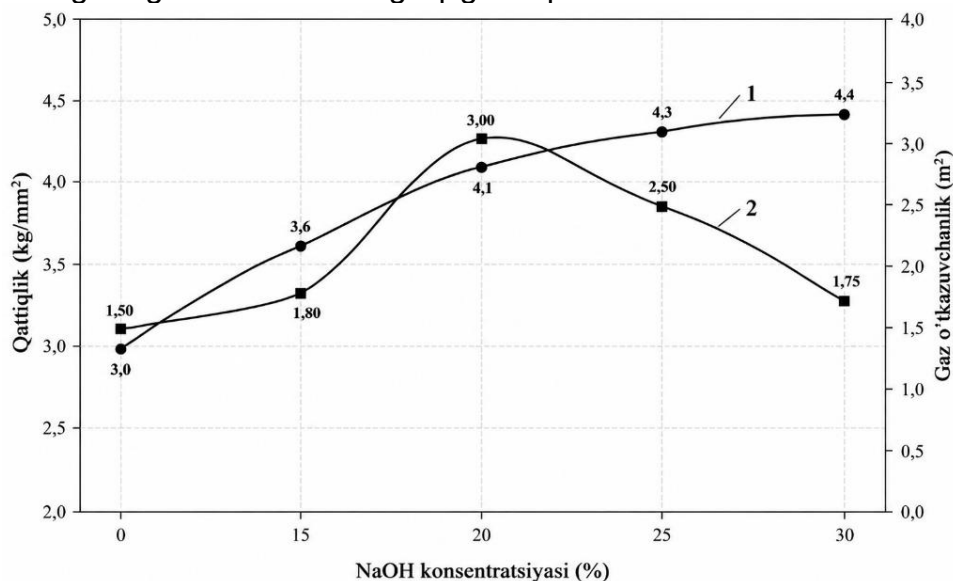


1-rasm. Namuna zichligini suv yutish darajasiga bog'liqligi
(1-zichlik: 2-suv yutish darajasi)

Ushbu rasmda NaOH konsentratsiyasining 10 dan 30% gacha oshishi natijasida tovuq suyagi granulalarining zichligi 1,25 dan 1,50 g/cm^3 gacha ortgan, suv yutish ko'rsatkichi



esa 20% li eritmada 18,2% bilan maksimal qiymatga erishgan. 30% li NaOH eritmasida suv yutish 14,2% gacha kamayishi materialning mineral tarkibi va g'ovaklik xususiyatlaridagi o'zgarishlar bilan bog'liqligi aniqlandi.



2-rasm. Namuna qattqilik darajasining gaz o'tkazuvchanlik xossasiga bog'liqligi (1-qattiqlik darajasi: 2-gaz o'tkazuvchanlik)

Yuqoridagi rasm asosida NaOH konsentratsiyasi 10 dan 30% gacha oshirilganda namunalarning qattiqligi 3,0 dan 4,4 kg/mm² gacha ortgan. Gaz o'tkazuvchanligi 20% li NaOH konsentratsiyasida maksimal 3,00 m² qiymatga yetib, keyingi konsentratsiyalarda kamaygan. Ushbu natijalar ishqoriy modifikatsiya sharoitlarining granulalarning mexanik va strukturaviy xossalriga ta'sirini ko'rsatadi. Olib borilgan tadqiqot natijalariga ko'ra, tovuq suyagi chiqindilarini 10–30% li NaOH eritmali bilan ishqoriy modifikatsiyalash granulalarning fizik-mexanik xossalriga sezilarli ta'sir ko'rsatishi hamda NaOH konsentratsiyasi oshishi bilan zichlik 1,25 dan 1,50 g/cm³ gacha, qattiqlik esa 3,0 dan 4,4 kg/mm² gacha ortishi kabi xossalari hamda suv yutishi ko'rsatkichi 20% li NaOH namunasida 18,2% ga yetib, 30% li namunada 14,2% gacha kamayishi aniqlandi. Bundan tashqari gaz o'tkazuvchanligining maksimal qiymati 20% li namunada 3,00 m² ni tashkil etdi.

Xulosa

Tovuq suyaklari chiqindilaridan foydalanib, gidroksiapatit olishning dastlabki bosqichi sifatida ishqoriy modifikatsiyalash jarayonining texnologik va fizik-mexanik jihatlarini o'rganildi. Natriy gidroksidning 10, 15, 20, 25, 30% li eritmali yordamida suyak xomashyosiga ishlov berish, keyinchalik yuvish, quritish va granulatlash jarayonlarining ketma-ketligi asoslandi. Olingan natijalarga ko'ra, NaOH konsentratsiyasining 10 dan 30% gacha oshirilishi granular zichligining 1,25 dan 1,50 g/cm³ gacha, qattiqlik ko'rsatkichining esa 3,0 dan 4,4 kgf/mm² gacha ortishiga olib kelgan. Bu holat ishqoriy ishlov berish natijasida organik komponentlarning kamayishi va mineral fraksiyaning nisbiy ulushi ortishi bilan bog'liq bo'lishi aniqlandi. Suv yutish ko'rsatkichi 10% li namunada 16%, 15% li namunada 16,5%, 20% li namunada 18,2%, 25% li namunada 15,8% va 30% li namunada 14,2% ni tashkil etdi. Eng yuqori suv yutish 20% li NaOH eritmasi bilan ishlov berilgan namunada, eng past qiymat esa 30% li namunada qayd etildi. [10-13]. Bu natijalar materialning g'ovakligi, yuzasi va tarkibiy o'zgarishlari suv yutish xususiyatiga ta'sir qilishi tadqiq qilindi. Gaz o'tkazuvchanlik qiymatlari 1,50–3,00



m² oraliq'ida o'zgarganligini ko'rishimiz mumkin. Umuman olganda, tovuq suyagi chiqindilarini NaOH eritmalari bilan ishqoriy modifikatsiyalash gidroksiapatit asosidagi materiallar olish uchun dastlabki xomashyoni tayyorlash imkonini beradi.[13-15].

Olingan ma'lumotlar asosida ishqoriy ishlov berishning optimal texnologik sharoitlarini tanlash va tovuq suyagi chiqindilarini qayta ishlashning resurs-tejamkor texnologiyasini takomillashtirishda tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

- [1] Foroutan R. et al. Hydroxyapatite biomaterial production from chicken (femur and beak) and fishbone waste through a chemical less method for Cd²⁺ removal from shipbuilding wastewater //Journal of Hazardous Materials. – 2021. – T. 413. – C. 125428.
- [2] Adji D. et al. Sustainable synthesis of hydroxyapatite from poultry waste for veterinary applications: A calcination approach //Open Veterinary Journal. – 2025. – T. 15. – №. 4. – C. 1695.
- [3] Abd Rahman M. R. et al. Hydroxyapatite powders from chicken bone waste: Effect of low and high-temperature calcination //International Journal of Integrated Engineering. – 2024. – T. 16. – №. 8. – C. 236-245.
- [4] Setiawan R. B. et al. Synthesis of Hydroxyapatite From Chicken Bones Using the High Temperature Method //AJARCDE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment). – 2026. – T. 10. – №. 1. – C. 1-6.
- [5] Macavei M. G. et al. Thermochemical conversion of animal-derived waste: a mini-review with a focus on chicken bone waste //Processes. – 2024. – T. 12. – №. 2. – C. 358.
- [6] Антипова Л. В., Алла Е. Опыт получения ХС из побочных продуктов переработки пресноводных рыб //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2025. – Т. 87. – №. 4.
- [7] Рудикова И. С. М., Цай С. Н. ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА.
- [8] Суйчинов А. К., Есимбеков Ж. С., Капашева Г. А. Исследование Физико-Химических Свойств Мясо-Костного Сырья Птицы После Ферментативной Обработки Пепсином //Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. – 2026. – Т. 1. – №. 1 (21). – C. 364-374.
- [9] Pu'ad N. A. S. M. et al. Synthesis method of hydroxyapatite: A review //Materials Today: Proceedings. – 2020. – T. 29. – C. 233-239.
- [10] Kareem R. O. et al. Hydroxyapatite biomaterials: a comprehensive review of their properties, structures, medical applications, and fabrication methods //J. Chem. Rev. – 2024. – T. 6. – №. 1. – C. 1-26.
- [11] Özkan E. Hidroksiapatit Biyoseramiklerin Elektrokimyasal Çöktürme Yöntemi ile Üretimi //Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. – 2023. – T. 6. – №. Ek Sayı. – C. 245-262.
- [12] KUTLU T. Mekanik Karıştırma Yöntemi İle Hidroksiapatit Nano Köpük Üretimi Ve Karakterizasyonu. – 2025.
- [13] ÇAVUŞ A. A. Mikroemülsiyon tekniği ile nano kristalin hidroksiapatit üretimi ve Ti6Al4V alaşımı üzerine elektroforetik kaplanması. – 2026.
- [14] Варыгина В. П., Давыдова А. И. Переработка отходов рыбного производства //Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли. – 2021. – C. 192-197.
- [15] Kiyomidinovich M. M. Oziq-Ovqat Sanoatida Chiqindilarni Qayta Ishlash Va Ulardan Foydalanish //Scientific Journal of Actuarial Finance and Accounting. – 2025. – T. 5. – №. 05. – C. 99-107.