



KUMUSH NANOZARRACHALARINING JELATIN BARQARORLASHTIRUVCHI YORDAMIDA SINTEZI.

¹Lutpillayeva Masuda, ²Xoshimov Farxod

³Isxakova Gulchiroy

¹ Namangan davlat texnika universiteti doktoranti

E-mail: lutpillayeva@mail.ru. ORCID: 0009-0003-1079-5230

² Namangan davlat texnika universiteti professori

E-mail: xoshimovfarhod@gmail.com. ORCID: 0009-0005-4468-3223

³ Namangan davlat pedagogika instituti katta o‘qituvchi

E-mail: gulchiroyisxakova1@gmail.com. ORCID: 0009-0008-5287-6350

Annotatsiya. Ushbu maqolada jelatin barqarorlashtiruvchisi ishtirokida kumush nitrat (AgNO_3) asosida kumush nanozarrachalarini (AgNPs) kimyoviy sintez qilish jarayoni o‘rganilgan. Barqarorlashtiruvchi sifatida jelatinning turli konsentratsiyali (1%, 2%, 5%) eritmaları, qaytaruvchi vosita sifatida esa glyukoza, natriy sitrat va gidrazin qo‘llanildi. Sintez 20°C harorat sharoitida, yorug‘likdan izolyatsiyalangan muhitda amalga oshirildi. Hosil bo‘lgan kolloid tizimlarning barqarorligi vizual kuzatuv (rang o‘zgarishi), zarrachalar o‘lcham taqsimoti MasterSizer 3000 lazer difraksion analizatorida, optik xususiyatlari esa UB-Vis spektrofotometriyada (300–700 nm) tekshirildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, qaytaruvchining kimyoviy faolligi va jelatin konsentratsiyasi nanozarrachalar o‘lchami va eritma rangiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi: kuchsiz qaytaruvchilar (glyukoza, natriy sitrat) va yuqori jelatin konsentratsiyasi kombinatsiyasida barqarorroq, bir xil o‘lchamli nanozarrachalar hosil bo‘lgan. Olingan natijalar AgNPsni antibakterial va biotibbiyot maqsadlarida qo‘llash uchun optimal sintez shart-sharoitlarini tanlashda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: kumush nanozarrachalari, AgNPs, jelatin, barqarorlashtiruvchi, qaytaruvchi agent, natriy sitrat, kolloid tizim, UB-Vis spektroskopiya, nanotexnologiya

Abstract. This article investigates the chemical synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) based on silver nitrate (AgNO_3) using gelatin as a stabilizing agent. Gelatin solutions of various concentrations (1%, 2%, 5%) were used as stabilizers, while glucose, sodium citrate, and hydrazine served as reducing agents. Synthesis was carried out at 20°C under light-protected conditions. The stability of the resulting colloidal systems was assessed through visual observation (color change), particle size distribution was measured using a MasterSizer 3000 laser diffraction analyzer, and optical properties were examined via UV-Vis spectrophotometry (300–700 nm). The results demonstrated that both the chemical

reactivity of the reducing agent and the gelatin concentration significantly influence nanoparticle size and solution color: a combination of mild reducing agents (glucose, sodium citrate) with higher gelatin concentrations yielded more stable, uniformly sized nanoparticles. These findings are of practical significance for selecting optimal synthesis conditions for AgNPs intended for antibacterial and biomedical applications.

Keywords: silver nanoparticles, AgNPs, gelatin, stabilizing agent, reducing agent, sodium citrate, colloidal system, UV-Vis spectroscopy, nanotechnology

Аннотация. В данной статье исследован процесс химического синтеза наночастиц серебра (AgNPs) на основе нитрата серебра (AgNO_3) с использованием желатина в качестве стабилизирующего агента. В качестве стабилизатора применялись растворы желатина различной концентрации (1%, 2%, 5%), а в качестве восстановителей — глюкоза, цитрат натрия и гидразин. Синтез проводился при температуре 20°C в условиях, защищённых от воздействия света. Устойчивость полученных коллоидных систем оценивалась методом визуального наблюдения (изменение окраски), распределение частиц по размерам определялось с помощью лазерного дифракционного анализатора MasterSizer 3000, а оптические свойства изучались методом УФ-видимой спектрофотометрии (300–700 нм). Результаты показали, что химическая активность восстановителя и концентрация желатина существенно влияют на размер наночастиц и окраску раствора: сочетание слабых восстановителей (глюкоза, цитрат натрия) с высокой концентрацией желатина обеспечивало формирование более стабильных и однородных по размеру наночастиц. Полученные данные имеют важное значение для выбора оптимальных условий синтеза AgNPs, предназначенных для antibakterialного и биомедицинского применения.

Ключевые слова: наночастицы серебра, AgNPs, желатин, стабилизирующий агент, восстановитель, цитрат натрия, коллоидная система, УФ-видимая спектроскопия, нанотехнология

Kirish. Nanotexnologiya — bugungi kunda insoniyat faoliyatining ko'plab sohalariga chuqur kirib borayotgan, jadal sur'atlarda rivojlanayotgan istiqbolli fan yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Nanoo'lchamli zarrachalar, xususan, ekologiya va tibbiyot bilan bog'liq muammolarni hal etishda alohida ahamiyat kasb etmoqda. Kumush nanozarrachalarini (AgNPs) har xil xomashyo va usullar asosida hosil qilishga bag'ishlangan ishlar soni yildan-yilga ortib borayotgan bo'lsa-da, bu borada olib borilayotgan yangi izlanishlar tadqiqotchilar oldida hamon yangi-yangi imkoniyatlar va savollarni ochib bermoqda.

Olimlarning AgNPsga bo'lgan qiziqishi, birinchi navbatda, ularning antimikrob, optik, elektrofizik hamda biologik moslashuvchanlik (biokompatibillik) xususiyatlari bilan izohlanadi [1]. Ko'plab ilmiy manbalarda AgNPning bakteriyalarga qarshi yuqori samaradorlik ko'rsatishi va amaliyotda qo'llash imkoniyatlarining kengligi tasdiqlangan bo'lsa-da [2], ushbu ta'sirning aynan qaysi mexanizmlar orqali yuzaga kelishi haqidagi masala hozirgacha ilmiy muhokamalar mavzusi bo'lib qolmoqda.

Mavjud farazlarga ko'ra, AgNPsning bakteriyalarga zararli ta'sir ko'rsatishining asosiy sabablaridan biri — nanozarrachalardan ajralib chiqadigan kumush ionlari (Ag^+) bilan bakteriya hujayra pardasi o'rtasida yuzaga keladigan oksidlanish jarayoni (oksidlovchi stress) bilan bog'liq deb hisoblanadi [3]. Shunisi e'tiborliki, kumush ion shaklida bo'lganda uning mikroblarga qarshi kuchi ba'zan yaxlit (hajmiy) nanokompozit materiallarga qaraganda yuqoriroq bo'lishi mumkinligi qayd etilgan [4]. Aynan shu xususiyati tufayli AgNPs so'nggi ellik yildan ortiq vaqt mobaynida biotibbiyot yo'nalishida keng qo'llanilib, ilmiy jamoatchilikning e'tiborini o'ziga tortib kelmoqda.

Nanozarrachalarni har xil qaytaruvchi moddalar yordamida sintez qilish texnologiyasi ularning yakuniy fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari va amaliy xususiyatlarini shakllantirishda hal qiluvchi omillardan biri sanaladi [5]. Hozirgi kunda AgNPs juda keng doiradagi vazifalarni bajarish uchun qo'llanilmoqda: mikroorganizmlarga va hasharot lichinkalariga qarshi kurashda [6], onkologik kasalliklarni davolashda, yaralarni bitirish jarayonini tezlashtirishda, suvni ifloslanishdan tozalashda, katalizator sifatida turli kimyoviy reaksiyalarda, oziq-ovqat mahsulotlari uchun qadoqlash materiallari tarkibida, tish davolashda ishlatiladigan plomba vositalarida, tibbiy kateterlarda hamda boshqa ko'plab istiqbolli texnologik va tibbiy yo'nalishlarda [5, 7].

Kumush nanozarrachalarining tirik organizmlar fiziologiyasiga va zamonaviy tibbiyot amaliyotiga qo'shayotgan hissasi ularga bo'lgan ilmiy qiziqishni yanada kuchaytirmoqda. Xususan, klinik amaliyotda kumush va uning nanoshaklidagi birikmalari kuygan joylar hamda ochiq yaralarni infeksiyadan himoya qilishda samarali vosita ekanligi isbotlangan. Bundan tashqari, adabiyotlarda AgNPsning zamburug'larga, viruslarga qarshi ta'sir ko'rsatishi, shuningdek, qon ivishiga (trombotsitlar faolligiga) ta'sir etuvchi xususiyatga ega ekanligi haqida ham dalillar keltirilgan.

Yuqorida bayon etilgan omillarni inobatga olib, mazkur ishda kimyoviy usul bilan sintez qilingan AgNPs namunalari jelatin yordamida barqarorlashtirilgan holda olingan AgNPs bilan qiyosiy tahlil qilindi.

Tadqiqot metodologiyasi. Kumush nanozarralari (AgNZ) sintezini amalga oshirish uchun dastlabki (prekursor) modda sifatida kumush nitrat (AgNO_3) qo'llanildi, qaytaruvchi vosita vazifasini natriy sitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) bajardi, barqarorlashtiruvchi komponent sifatida esa jelatindan foydalanildi. Tajribada ishlatilgan barcha kimyoviy reaktivlar analitik tozalik (ch.d.a.) talablariga javob berib, ularning eritmalari distillangan suv asosida tayyorlandi.

Sintez jarayoni quyidagi tartibda amalga oshirildi: birinchi bosqichda 20°C harorat sharoitida barqarorlashtiruvchi vositaning 1%, 2% va 5% li suvli eritmalari alohida-alohida tayyorlab olindi. Keyingi bosqichda konsentratsiyasi 500 mg/ml bo'lgan kumush nitrat eritmasi hosil qilindi. Qaytaruvchi komponent sifatida natriy sitratning ikki xil — 0,1 M va 0,05 M molyar konsentratsiyali eritmalaridan foydalanildi. Tayyorlangan barqarorlashtiruvchi eritma bilan kumush nitrat eritmasi bir-biriga qo'shildi, so'ngra hosil bo'lgan bu aralashmaga, doimiy ravishda mexanik aralashtirish sharoitida, teng hajmdagi qaytaruvchi eritma tomchilab quyildi. Ushbu reaksiya butunlay xona harorati sharoitida, yorug'lik ta'siridan himoyalangan (izolyatsiyalangan) muhitda amalga oshirildi — bunday

_____ **Qo‘qon DPI. Ilmiy xabarlar 2026-yil 9-son** _____ **A seriya**
yondashuv yorug'lik ta'sirida yuzaga keladigan zarrachalarning o'zaro birikib ketish (fotoinduksion agregatlanish) hodisasining oldini olish maqsadida qo'llanildi.

Sintezlangan kolloid tizimlarning barqarorlik darajasi dastlab 24 soat o'tgach, keyinchalik esa muntazam vaqt oralig'ida vizual kuzatuv usuli — ya'ni eritma rangining o'zgarishi va cho'kma paydo bo'lish-bo'lmasligini nazorat qilish orqali baholab borildi. Zarrachalarning o'lcham bo'yicha taqsimlanishini aniqlash uchun MasterSizer 3000 lazer difraksiya analizatoridan foydalanildi, tizimlarning optik xususiyatlarini o'rganish esa UB–Vis spektrofotometriya usulida, 300–700 nm to'lqin uzunligi diapazonida amalga oshirildi.

Tahlil va natijalar. O'tkazilgan tajribalar davomida barqarorlashtiruvchi sifatida jelatinning uchta har xil konsentratsiyali (1%, 2% va 5%) eritmaları tanlab olindi, kumush nitrat eritmalarini qaytarish uchun esa uchta turli tabiatga ega qaytaruvchi modda — glyukoza, gidrazin va natriy sitrat qo'llanildi. Natijada bir qancha nanokumush kolloid tizimlari muvaffaqiyatli sintez qilindi, ularning tavsiflari 1-jadvalda umumlashtirilgan.

1-jadval

20°C haroratda AgNO₃ ni jelatin barqarorlashtiruvchisi ishtirokida olingan nanokumush tizimlari

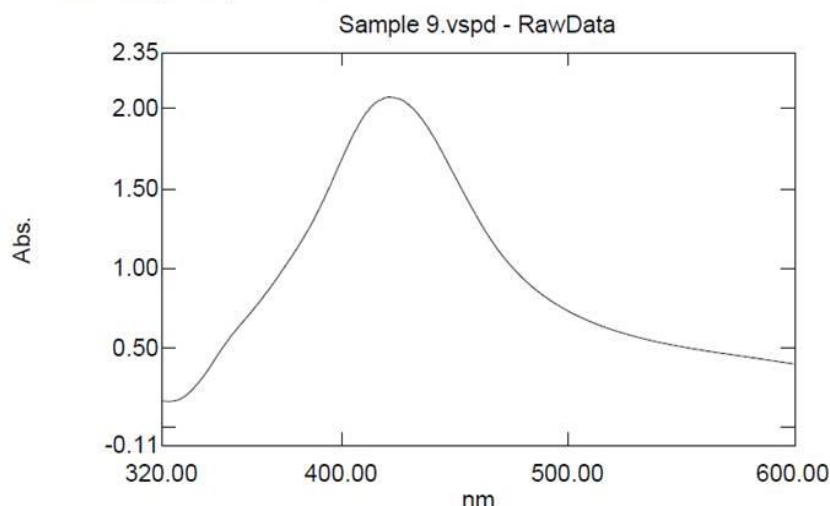
№	Barqarorlashtiruvchi	Qaytaruvchi	O'zgarishlar	Rasmi
1	Jelatin 2% li eritmasi	Glukoza	24 soatda eritma qizg'ish rangga o'tgan	
2	Jelatin 5% li eritmasi	Glukoza	24 soatda eritma to'q olovrang holatga o'tgan.	
3	Jelatin 2% li eritmasi	Natriy sitrat	24 soatda eritma to'q qora rangga o'tgan.	
4	Jelatin 5% li eritmasi	Natriy sitrat	24 soatda eritma to'q pushti rangga o'tgan.	

5	Jelatin 2% li eritmasi	Gidrazin	24 soatda eritma qora rangga o‘tgan.	
6	Jelatin 5% li eritmasi	Gidrazin	24 soatda eritma qora rangga o‘tgan.	

Jadvalda 20°C haroratda jelatin stabilizatori ishtirokida turli qaytaruvchilar (glukoza, natriy sitrat, gidrazin) yordamida AgNO_3 dan nanokumush zarrachalari sintez qilingan olti xil tizim keltirilgan. Barcha namunalarda reaksiya 24 soat davomida kuzatilgan bo‘lib, eritma rangining o‘zgarishi nanozarrachalar hosil bo‘lganligining bevosita dalili hisoblanadi, chunki kumush nanozarrachalariga xos plazmon rezonans hodisasi zarracha o‘lchami va agregatlanish darajasiga qarab eritmaga sariq, qizil, pushti, olovrang yoki qora tus beradi.

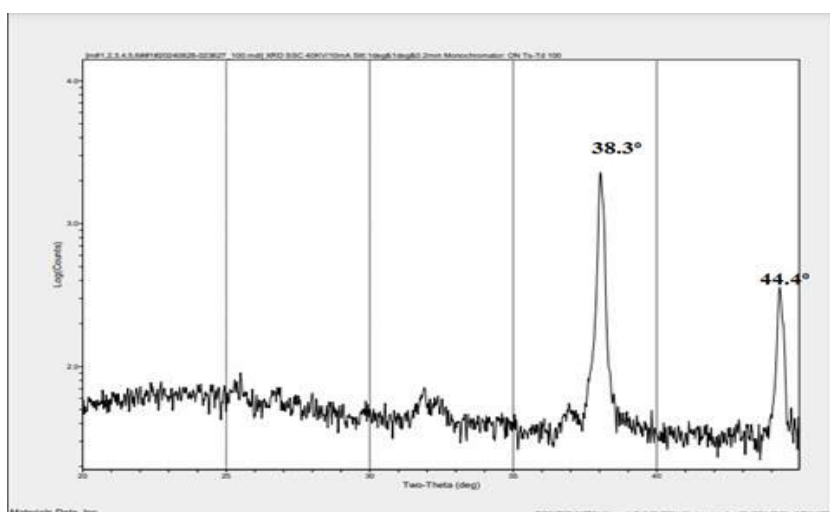
Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, hosil bo‘layotgan rangga ikkita asosiy omil — qaytaruvchining kimyoviy faolligi (kuchi) va jelatin stabilizatorining konsentratsiyasi — birgalikda ta‘sir ko‘rsatadi. Eng kuchsiz qaytaruvchi hisoblangan glukoza ishtirokida jelatin konsentratsiyasi 2% dan 5% ga oshirilganda eritma rangi qizg‘ishdan to‘q olovrang holatga o‘tgan. O‘rtacha faollikka ega natriy sitrat bilan olib borilgan reaksiyalarda esa aksincha tendensiya kuzatilgan: past (2%) jelatin konsentratsiyasida eritma to‘q qora rangga, yuqori (5%) konsentratsiyada esa ancha yorug‘ — to‘q pushti rangga bo‘yalgan. Bu holat jelatin miqdori ortishi bilan uning himoya (stabillovchi) ta‘siri kuchayib, zarrachalarning bir-biriga yopishib, yiriklashib ketishining (agregatlanishning) oldi olinishini, natijada kichikroq va bir xil o‘lchamli zarrachalar hosil bo‘lishini ko‘rsatadi. Eng kuchli qaytaruvchi bo‘lgan gidrazin ishtirokida esa jelatinning ikkala konsentratsiyasida (2% va 5%) ham eritma bir xilda qora rangga o‘tgan — bu gidrazinning yuqori reaktivligi tufayli kumush ionlarining tez va nazoratsiz qaytarilishini, natijada jelatin miqdoridan qat‘i nazar yirik yoki agregatlashgan zarrachalar hosil bo‘lishini anglatadi.

Qaytaruvchining faolligi qanchalik yuqori bo‘lsa, reaksiya shunchalik tez kechadi va stabilizator (jelatin) zarracha o‘shishini nazorat qilish imkoniyati shunchalik kamayadi. Sekin ta‘sir etuvchi qaytaruvchilar (glukoza, natriy sitrat) holatida jelatin konsentratsiyasini oshirish orqali nanozarrachalar o‘lchamini va shu bilan birga eritma rangini boshqarish mumkin, biroq juda faol qaytaruvchi (gidrazin) ishtirokida bu nazorat imkoniyati deyarli yo‘qoladi. Demak, bir xil o‘lchamli, barqaror nanokumush zarrachalarini olish uchun sekin yoki o‘rtacha kuchli qaytaruvchini yuqori konsentratsiyali jelatin bilan birgalikda qo‘llash maqsadga muvofiqroqdir.



1-rasm. AgNZ (AgNO_3 +jelatin+natriy sitrat asosida sintez qilingan) UB spektri

1-rasmda jelatin barqarorlashtiruvchi asosida sintez qilingan AgNZ ning UB spektri tasvirlangan. To‘lqin uzunligi 320 nm dan boshlab yutilish qiymati pastroq (0.50 atrofida), ammo 400 nm yaqinida keskin ko‘tarilib, taxminan 2.10 qiymatiga yetadi. Bu kumush nanozarralarining plazmonik rezonans cho‘qqisi bo‘lib, ular aynan 400 nm atrofida maksimal yutilishga ega ekanligini ko‘rsatadi. Plazmonik rezonans hodisasi kumush nanozarralari uchun xarakterli va nanozarrachalarning o‘lchami hamda shakliga bog‘liq bo‘lishi mumkin.



2-rasm. AgNZ lar rengenofaz spektrlari (jelatin barqarorlashtiruvchi bo‘lgan tizim)

Sintezlangan AgNZ larning kristall tuzilishini tahlil qilish uchun Rentgen fazaviy usuli yordamida amalga oshirildi (3.19 rasm). Tayyorlangan AgNZ larning XRD tahlili $2\theta = 38,4^\circ$ (111), $44,4^\circ$ (200) da mos keladigan tekisliklarda diffraksiya cho‘qqilarini ko‘rsatdi. 8-rasmdagi eng yuqori cho‘qqi $2\theta = 38,4^\circ$ da bo‘lib, bu kumushning difraksion modelidagi strukturasi ko‘rsatdi. Olingan natijalar rentgenfazaviy usul yordamida nanokumush kristall tuzilishini aniqlashga doir o‘tkazilgan xorijiy ilmiy tadqiqotlar natijalariga to‘liq mos keladi va kumush nanozarrachalar hosil bo‘lganini yana bir bor isboti hisoblanadi.

Xulosa. Tadqiqot natijalari kumush nanozarrachalarini "yashil kimyo" tamoyillariga mos, arzon va oson mavjud bo‘lgan tabiiy polimer — jelatin asosida sintez qilish texnologiyasining istiqbolliligini yana bir bor tasdiqladi. Qaytaruvchi moddaning turi va stabilizator konsentratsiyasini to‘g‘ri tanlash orqali nanozarrachalarning fizik-kimyoviy

xususiyatlarini maqsadli boshqarish mumkinligi aniqlandi, bu esa kelgusida AgNPs asosidagi biotibbiy va texnologik mahsulotlarni ishlab chiqishda ushbu tadqiqot natijalaridan samarali foydalanish imkonini beradi. Olingan xulosalarni yanada chuqurroq asoslash Rentgenofazaviy spektroskopiya va UB-Vis spektrlaridagi plazmon rezonans cho‘qqilarining to‘lqin uzunligi qiymatlarini tahlil qilindi.

Adabiyotlar

1. Jain D, Daima HK, Kachhwaha S, Kothari SL. *Synthesis of plant-mediated silver nanoparticles using papaya fruit extract and evaluation of their antimicrobial activities*. Dig J Nanomater Biostruct. 2009;4:557–563.
2. Cruz D, Fale PL, Mourato A, Vaz PD, Serralheiro ML, Lino ARL. *Preparation and physicochemical characterization of Ag nanoparticles biosynthesized by Lippia citriodora (lemon verbena)*. Colloids Surf B Biointerfaces. 2010;81:67–73.
3. Gilaki M. *Biosynthesis of silver nanoparticles using plant extracts*. J Biol Sci. 2010;10:465–467.
4. Vilchis-Nestor AR, Sánchez-Mendieta V, Camacho-Lopez MA, Gómez-Espinosa RM, Camacho-López ZR, Arenas JA. *Solventless synthesis and optical properties of Au and Ag nanoparticles using Camellia sinensis extract*. Mater Lett. 2008;62:3103–3105.
5. Chandran SP, Chaudhary M, Pasricha R, Ahmad A, Sastry M. *Synthesis of gold nanotriangles and silver nanoparticles using Aloe vera plant extract*. Biotechnol Prog. 2006;22:577–583.
6. Gurunathan S, Kalishwaralal K, Vaidyanathan R, Deepak V, Pandian SRK, Muniyandi J. *Biosynthesis, purification and characterization of silver nanoparticles using Escherichia coli*. Colloids Surf B Biointerfaces. 2009;74:328–335.
7. Parashar V, Parashar R, Sharma B, Pandey AC. *Parthenium leaf extract mediated synthesis of silver nanoparticles: a novel approach towards weed utilization*. Dig J Nanomater Biostruct. 2009;4:45–50.
8. Hoshimov Farhod Fayzullayevich, Lutpillayeva Ma’suda Xayrullo qizi. *Synthesis of silver nano-particles*. Scientific and Technical Journal of NamIET. Volume 7, Issue 3, 2022. p.159-162.
9. Lutpillayeva, M., Hoshimov, F. (2025, July). *Study of systems containing silver nanoparticles using ultraviolet–visible spectroscopy method*. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3304, No. 1, p. 030022). AIP Publishing LLC.
10. Lutpillayeva, M., Hoshimov, F. (2025, October). *Synthesis of silver nanoparticles under the influence of various reducers*. In International Conference on Global Trends and Innovations in Multidisciplinary Research (Vol. 1, No. 4, pp. 233–235).