

ANTI-VIRUS VA ANTIBAKTERIAL MIS-NANO QOPLAMA ISHLAB
CHIQRISH: NAZARIY VA AMALIY USULLARI

Normurodova Farzona Ubaydullo qizi

normurodovafarzona06@gmail.com

Abdurahmonova Gulzoda O'ktamovna

abdurahmonovamalika17@gmail.com

Usanova Farzona Beknazar qizi

Termiz davlat universiteti talabalari

Annotatsiya: Maqolada mis asosidagi nanoqoplamalarni (CuNP va CuO/Cu₂O nanozarralari) ishlab chiqarishning ilmiy-texnologik asoslari, sintez metodlari, yuzaga keladigan mexanizmlar va biologik faolligi tahlil qilinadi. Mis nanozarralari bakteriyalar va viruslarga qarshi samarali bo'lib, ularning ishlash mexanizmi mis ionlari ajralishi, reaktiv kislorod shakllari (ROS) hosil bo'lishi, hujayra membranasini buzish, oqsillarni denaturatsiya qilish va virus genetik materialini inaktivatsiya qilish kabi jarayonlarga asoslanadi. Shuningdek, maqolada qoplamaning texnologik ko'rsatkichlari, sintez usullari, biologik samaradorligini baholash metodlari va amaliy qo'llanish sohalari batafsil yoritiladi.

Kalit so'zlar: mis nanozarralari, CuO, Cu₂O, nanoqoplama, antibakterial, antivirus, ROS, elektrokimyoviy cho'ktirish, sol-gel, dezinfeksiya.

Kirish: Zamonaviy dunyoda infeksiyon kasalliklarning tez tarqalishi, ayniqsa respirator viruslar va antibiotiklarga chidamli bakteriyalarning ko'payishi, kontakt yuzalarda uzoq vaqt saqlanib qoladigan patogenlarga qarshi samarali materiallarni yaratishni dolzarb masalaga aylantirdi. Ko'pchilik mikroorganizmlar plastik, metall, shisha va boshqa sirtlarda bir necha soat yoki hatto bir necha kun davomida faol bo'lib qolishi mumkin. Shu sababli passiv himoya usullaridan tashqari, o'z-o'zidan dezinfeksiyalovchi aktiv sirtlarni ishlab chiqish ilmiy va amaliy jihatdan muhim yo'nalish hisoblanadi.

Metall asosidagi antimikrob materiallar ichida mis (Cu) alohida o'rin tutadi. Misning antibakterial xususiyati qadimdan ma'lum bo'lsa-da, nanoo'lchamga

o'tkazilganda uning faolligi keskin ortadi. Mis nanozarralari katta sirt maydoni, yuqori reaktivlik, ion ajralish tezligi va oksidlanish-qaytarilish xossalari sababli bakteriya va viruslarga qarshi kuchli ta'sir ko'rsatadi. Mis asosidagi nanoqoplamalar tibbiy asboblarda, shifoxona yuzalari, transport vositalari, eshik tutqichlari, laboratoriya jihozlari hamda filtratsiya tizimlarida keng qo'llash uchun istiqbolli hisoblanadi.

Mis ionlarining ajralishi (Cu^+ va Cu^{2+}): Mis nanozarrachalari sirtida Cu^+ va Cu^{2+} ionlari doimiy ravishda ajraladi, chunki nanozarrachalarning katta sirt maydoni ularning kimyoviy reaktivligini oshiradi.

Ajralgan Cu ionlari bakteriya hujayrasining tashqi membranasiga adsorbsiyalanadi, bu esa membrananing elektr potensialini o'zgartiradi va uning o'tkazuvchanligini buzadi. Membrana buzilishi natijasida hujayra ichidagi ionlar almashinuvi va osmotik muvozanat izdan chiqadi, natijada sitoplazmada shikastlanishlar yuz beradi. Shu bilan birga, Cu ionlari hujayra ichidagi oqsillar bilan reaksiyaga kirib, ularning konformatsiyasini o'zgartiradi va denaturatsiyaga olib keladi, bu esa fermentlar va metabolik jarayonlarning faoliyatini to'xtatadi. Natijada bakteriya hujayrasi o'lishiga olib keladigan kompleks kimyoviy ta'sir yuzaga keladi. Shu mexanizm viruslar uchun ham dolzarb bo'lib, viruslar kapsid oqsillariga Cu ionlari ta'sir etib, ularning sirt glikoproteinlarini oksidlaydi va virusning hujayraga yopishishi yoki ko'payish qobiliyatini kamaytiradi.

Reaktiv kislorod shakllari (ROS) hosil bo'lishi: Mis nanozarrachalari redoks jarayonlari orqali turli xil reaktiv kislorod shakllarini (ROS) hosil qiladi, masalan: gidroksil radikali ($\cdot\text{OH}$), superoksid anion ($\text{O}_2\cdot^-$), vodorod peroksid (H_2O_2).

Hosil bo'lgan ROSlar yuqori reaktivlikka ega bo'lib, ular bakteriya hujayrasidagi oqsillar, lipidlar va nuklein kislotalarga oksidlovchi ta'sir ko'rsatadi. Masalan, lipid peroksidlanishi natijasida membrana strukturasi barqarorligi yo'qoladi, oqsillarni oksidlovchi ta'sir ferment va transport tizimlarini to'xtatadi, DNK va RNK zanjirlariga oksidlovchi ta'sir esa genetik ma'lumotning buzilishiga olib keladi. Shu tariqa ROSlar bir vaqtning o'zida bir nechta biologik jarayonlarni inhibe qiladi, bu esa bakteriyalar va viruslarning tez va samarali inaktivatsiyasini ta'minlaydi. ROSlar faolligi shuningdek mis nanozarrachalarining ion ajralishi bilan sinergik ta'sir ko'rsatadi, natijada patogenlar o'lishining tezligi sezilarli darajada oshadi.

Virus kapsidi va genetik materialga ta'siri: Viruslar tirik hujayra bo'lmaganligi sababli ularning membranasini yo'q, ammo mis nanoqoplamalar viruslarni inaktivatsiya qilishda boshqa mexanizmlardan foydalanadi. Mis nanozarrachalari virus kapsid oqsillarini oksidlaydi va parchalaydi, bu esa kapsidning

sirt glikoproteinlarini o'zgartiradi va virusning hujayraga yopishish imkoniyatini yo'q qiladi. Shu bilan birga, mis ionlari va ROS virus ichidagi RNK yoki DNK zanjirlariga ta'sir etadi, ularni fragmentatsiyalab, virusning replikasiya qobiliyatini kamaytiradi. Bu jarayonlar natijasida viruslar infeksiyon faolliklarini yo'qotadi va hujayraga kirganda ko'payish imkoniyatidan mahrum bo'ladi. Mis nanozarrachalari shuningdek virus kapsidiga adsorbsiyalanib, kapsidning fizik shaklini o'zgartiradi, bu esa virusning yuzaga kelgan zarracha sifatida tashqi muhitga chidamliligini kamaytiradi.

Mis-nano qoplamalarni ishlab chiqarish usullari: Mis-nanoqoplamalarni tayyorlashda asosiy maqsad – nanozarrachalarni yuzaga bir xil tarqatish, ularning sirtga mustahkam yopishishini ta'minlash va uzoq muddatli antibakterial hamda antivirus samaradorligini saqlashdir. Quyida eng keng tarqalgan usullar ilmiy asosda yoritiladi.

Elektrokimyoviy cho'ktirish: Elektrokimyoviy cho'ktirish – mis nanoqoplamalar ishlab chiqarishda eng samarali va sanoatga mos usullardan biridir. Bu metodda mis ionlari elektrolit eritmasidan katod sirtiga cho'ktirilib, nano va mikro strukturalar hosil qiladi.

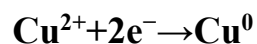
Jarayonning mohiyati:

Elektrolit sifatida $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ va H_2SO_4 aralashmasi ishlatiladi.

Katod sifatida qoplanadigan metall (po'lat, alyuminiy, titan) tanlanadi.

Anod sifatida mis plastinka ishlatiladi.

Katodda quyidagi redoks reaksiyasi sodir bo'ladi:



Mis-nanoqoplamaning texnologik ko'rsatkichlari: Mis-nano qoplamaning samaradorligi va uzoq muddatli ishlash qobiliyati quyidagi parametrlar bilan belgilanadi

Nanozarrachalar o'lchami: 10–80 nm oralig'idagi zarrachalar optimal hisoblanadi. O'lcham kichraygan sari sirt maydoni ortadi, ion ajralishi tezlashadi va ROS hosil bo'lish tezligi oshadi.

Qoplama qalinligi: Juda yupqa qatlam tez yemiriladi, juda qalin qatlam esa yorilish va qoplamaning ko'chib tushishiga olib keladi. Optimal qalinlik ilmiy tajribalar bilan aniqlanadi.

Adgeziya va mexanik mustahkamlik: Sirtga yopishish darajasi past bo'lsa, qoplama ishqalanish yoki namlik ta'sirida tez yemiriladi. Shu sababli sirtni oldindan qum bilan ishlov berish, kimyoviy aktivlash yoki plazma tozalash orqali tayyorlash muhim.

Korroziyaga chidamlilik: Mis oksidlanishga moyil. Shu sababli nanoqoplamaning himoyalash uchun kompozit qoplamalar ($\text{Cu} + \text{SiO}_2$, $\text{CuNP} + \text{polimer}$, CuO asosli qatlam) ishlatiladi.

Mis-nanoqoplamalar antibakterial va antivirus xususiyatlari bilan boshqa metall asosidagi nanoqoplamalardan ajralib turadi. Masalan, kumush nanozarrachalari ham antibakterial faollikka ega, ammo mis arzonroq, sanoat miqyosida keng tarqalgan va ion ajralishi orqali ko'plab patogenlarga tezkor ta'sir ko'rsatadi.

Nanozarrachalarning o'lchami va qoplama qalinligi samaradorlikni sezilarli darajada belgilaydi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, 10–50 nm oralig'idagi mis nanozarrachalari eng yuqori ROS hosil qilish qobiliyatiga ega, bu esa bakteriya hujayralari va viruslarni tez inaktivatsiya qilishga imkon beradi. Qalin qoplamalar mexanik stress ta'sirida yorilishi yoki delaminatsiyaga uchrashi mumkin, shu sababli qoplama qalinligini optimallashtirish – samarali va uzoq muddatli ishlashning kalit omili hisoblanadi.

Mis-nanoqoplamaning adgeziya kuchi va korroziyaga chidamliligi sanoat va amaliy qo'llanishda muhim parametrlar hisoblanadi. Sirtni plazma bilan tozalash, kimyoviy aktivlash yoki polimer bog'lovchi qo'llash orqali qoplamaning uzoq muddatli samaradorligini oshirish mumkin. Bu esa, ayniqsa tibbiyot va oziq-ovqat sanoati yuzalarida patogenlarning doimiy inaktivatsiyasini ta'minlash uchun zarur.

Bundan tashqari, mis nanozarrachalari biosamarali bo'lishi bilan birga inson terisi va atrof-muhit uchun nisbatan xavfsizdir. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, optimal konsentratsiyadagi mis nanoqoplamalar kontakt yuzalarda uzoq vaqt patogenlarni inaktivatsiya qilsa-da, inson hujayrasiga toksik ta'sir ko'rsatmaydi. Shu bilan birga, nanozarrachalar oksidlanishga moyil bo'lgani uchun kompozit qoplamalar yoki polimer matritsa bilan himoyalash uzoq muddatli faollikni saqlashga yordam beradi.

Maqolada ta'kidlangan barcha mexanizmlar – mis ionlari ajralishi, ROS hosil bo'lishi va virus kapsidi hamda genetik materialga ta'siri – bir-biri bilan sinergik tarzda ishlaydi. Bu esa mis-nanoqoplamalarni kontakt yuzalarini o'z-o'zidan dezinfeksiya qiluvchi material sifatida sanoat va kundalik hayotda qo'llashga imkon beradi.

Xulosa: Biologik faollik: Mis-nanoqoplamalar yuqori antibakterial va antivirus xususiyatga ega. Ularning samaradorligi mis ionlari ajralishi, reaktiv kislorod shakllari hosil bo'lishi va patogenlarning membrana, oqsil va genetik materialiga oksidlovchi ta'sir orqali izohlanadi.

Sintez usullari: Elektrokimyoviy cho'ktirish, sol-gel, kimyoviy reduksiya, purkash va dip-coating metodlari mis-nanoqoplamalarni olishda samarali. Har bir metodning afzalliklari va cheklovlari mavjud, ularni qoplamaning maqsadli qo'llanish sohasi bilan moslashtirish lozim.

Texnologik parametrlar: Nanozarrachalar o'lchami, qoplama qalinligi, adgeziya, korroziyaga chidamlilik va barqarorlik kabi parametrlar qoplamaning uzoq muddatli samaradorligini belgilaydi. Shu bilan birga, inson xavfsizligi va atrof-muhitga zarar yetmasligi ham muhimdir.

Amaliy qo'llanilishi: Mis-nanoqoplamalar tibbiyot, transport, ta'lim, oziq-ovqat sanoati va jamoat joylarida kontakt yuzalarni dezinfeksiya qilishda istiqbolli material sifatida ishlatiladi. Shu bilan birga, ularning sanoat miqyosida qo'llanilishi arzon va ekologik jihatdan maqbuldir.

Kelajak istiqbollari: Mis-nanoqoplamalarni kompozit materiallar bilan birlashtirish, polimer matritsa ichiga integratsiya qilish va yangi sintez metodlarini ishlab chiqish orqali ularning biologik faolligi, mustahkamligi va uzoq muddatli ishlashini oshirish mumkin. Bu texnologiya zamonaviy infeksiyon kasalliklar bilan kurashishda samarali va innovatsion yechim bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ppl. Microbiol., 2018.
2. Grass G., Rensing C., Solioz M., Metallic copper as an antimicrobial surface, Appl. Environ. Microbiol., 2011.
3. Warnes S. L., Keevil C. W., Inactivation of norovirus on copper alloy surfaces, Appl. Environ. Microbiol., 2013.
4. Ren G. et al., Characterisation of copper oxide nanoparticles for antimicrobial applications, Int. J. Antimicrob. Agents, 2009.
5. Borkow G., Gabbay J., Copper, an ancient remedy returning to fight microbial, fungal and viral infections, Curr. Chem. Biol., 2009.
6. Zhang H. et al., Copper-based nanomaterials for antibacterial and antiviral applications, Mater. Sci. Eng. C, 2020.

1. Vincent, M., Hartemann, P., Engels-Deutsch, M. (2018). Contact killing and antimicrobial properties of copper. *Journal of Applied Microbiology*, 124(4), 1032–1046.
2. Grass, G., Rensing, C., Solioz, M. (2011). Metallic copper as an antimicrobial surface. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(5), 1541–1547.
3. Warnes, S. L., Keevil, C. W. (2013). Inactivation of norovirus on copper alloy surfaces. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(6), 2247–2253.
4. Ren, G., Hu, D., Cheng, E. W. C., Vargas-Reus, M. A., Reip, P., Allaker, R. P. (2009). Characterisation of copper oxide nanoparticles for antimicrobial applications. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 33(6), 587–590.
5. Borkow, G., Gabbay, J. (2009). Copper, an ancient remedy returning to fight microbial, fungal and viral infections. *Current Chemical Biology*, 3(3), 272–278.
6. Zhang, H., Chen, B., Yang, Y., Xu, T. (2020). Copper-based nanomaterials for antibacterial and antiviral applications. *Materials Science and Engineering C*, 109, 110576.
7. Santo, C. E., Lam, E. W. N., Elowsky, C. G., Quaranta, D., Domaille, D. W., Chang, C. J., Grass, G., & Turner, R. J. (2011). Bacterial killing by dry metallic copper surfaces. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(3), 794–802.
8. Raffi, M., Mehrwan, S., Bhatti, T. M., Akhter, J. I., Hameed, A., Yawar, W., Hasan, M. (2008). Investigations into the antibacterial behavior of copper nanoparticles against *Escherichia coli*. *Annals of Microbiology*, 58(1), 75–80.
9. Ren, G., Hu, D., Cheng, E. W., Vargas-Reus, M., Reip, P., Allaker, R. P. (2009). Characterisation of copper oxide nanoparticles for antimicrobial applications. *Int. J. Antimicrob. Agents*, 33(6), 587–590.