

ЭМЗҮЙ, ЭМ СУДЛАЛ

Жиданга болон банздо ургамал ашиглан мөнгөний нанопартиклын фитосинтез явуулсан байдал

Баянмөнх А.^{1,5}, Дэжидмаа Д.⁴, Оюундэлгэр Г.¹, Ирэхбаяр Ж.³,
Одгэрэл О.², Болдбаатар Ж.⁴, Батжаргал Б.¹

¹МУИС, ШУС, БУС, Биологийн тэнхим, Хүнсний шинжилгээний лаборатори

²МУИС, ХШУИС, ХБИТ, Генийн инженерчлэлийн лаборатори

³МУИС, ШУС, БУС, Химийн тэнхим

⁴МУИС, ХШУИС, Наношинжлэх ухаан, нано технологийн төв,

ХБИТ, Нано материалын лаборатори

⁵Монос групп, Эм судлалын хүрээлэн

Цахим шуудан: batjargal@num.edu.mn

Abstract

Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Jidanga and Banzdo Plant Extracts from Traditional Medicinal Sources

Bayanmunkh A.^{1,5}, Dejidmaa D.⁴, Oyuundelger G.¹, Irekhbayr J.³,
Odgerel O.², Boldbaatar J.⁴, Batjargal B.¹

¹Laboratory of food Analysis, Department of biology, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia

²Laboratory of Genetic Engineering, Department of chemical and biological engineering, School and applied science and engineering, National University of Mongolia

³Department of chemistry, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia

⁴Laboratory of Nanomaterials, Center of Nanoscience and Nanotechnology, Department of Chemical and Biological Engineering, School of Applied Science and Engineering, National University of Mongolia, Ulaanbaatar 14200, Mongolia.

⁵Drug research institute, Monos group
e-mail: batjargal@num.edu.mn

Background

The global urgency for environmentally friendly technologies has steadily intensified, and as a result, the synthesis of silver nanoparticles with antibacterial properties derived from medicinal plants traditionally used to combat bacterial infections has garnered significant interest.

Goals

This research endeavors to synthesize silver nanoparticles utilizing Jidanga and Banzdo plants, widely recognized in traditional medicine, while elucidating their physical, chemical attributes, and biological potential.

Methods

The physicochemical characteristics of these silver nanoparticles, synthesized through phytosynthesis, were meticulously examined via various analytical techniques. Ultraviolet and visible light spectrophotometry (UV/Vis), Photon Cross Correlation Spectroscopy (PCCS), Atomic Force Microscope (AFM), Infrared Spectroscopy (FTIR), and X-ray Crystallography (XRD) were employed for comprehensive analysis. Additionally, their antitumor efficacy was assessed via MTT assay utilizing RAW264.7 cell cultures, while antibacterial properties were evaluated through agar diffusion tests against selected bacterial strains.

Results

Silver nanoparticles exhibited distinctive UV/Vis absorption peaks at 407-426 nm, affirming their composition. PCCS measurements revealed nanoparticles with hydrodynamic diameters spanning from ~100 nm to ~450 nm, while AFM imaging showcased spherical nanoparticles ranging from ~35 nm to ~97 nm. Crystallography analysis identified both simple cubic and polycrystalline structures. FTIR analysis unveiled the presence of organic compounds adsorbed onto the nanoparticle surfaces, in addition to silver bonds. Notably, the aqueous and ethanolic extracts of Banzdo plants demonstrated dose-dependent inhibition of RAW264.7 cell growth via the MTT assay. Furthermore, the silver nanoparticles exhibited antibacterial activity against a range of test bacteria with inhibition zones spanning 1-4 mm.

Conclusion, this study successfully synthesized silver nanoparticles utilizing Jidanga and Banzdo plants from traditional medicine, comprehensively characterizing their physicochemical attributes and demonstrating their biological activity. These findings hold promise for the future utilization of phytosynthetically derived silver nanoparticles.

Keywords: Jidanga, Banzdo, silver nanoparticles, phytosynthesis

Түлхүүр үг: Жиданга, банздо, мөнгөний нанопартикл, фитосинтез

Pp.47-58, Tables 3, Figures 8, References 19

Удиртгал

Сүүлийн жилүүдэд уламжлал анагаах ухаанд нуугдаж байсан зүйлсийг орчин үеийн дэвшилтэт технологи ашиглан дахин тогтоож нийгэм эдийн засгийн эргэлтэд оруулах чиглэлд дэлхий нийтээр ихээхэн анхаарах болсон. Түүний дагаад хөгжиж буй нэг салбар бол уламжлал анагаах ухааны орчин үеийн нанотехнологитой хослуулах арга юм [1]. Нанотехнологи нь материалыг нано хэмжээнд оруулснаар шинэ бүтэц, шинж чанарыг гарган авах явдал юм [2]. Мөнгө нь эртнээс микроорганизмын эсрэг идэвхтэй нь тогтоогдсон бөгөөд сүүлийн үеийн судалгаагаар мөнгийг нано хэмжээс рүү оруулахад тэдгээрийн биологийн идэвх маш өндөр байгааг тогтоосон байна [3]. Металл суурьтай нанобүтцүүдийг гарган авах хими, физик, биологийн аргууд байх ба хими, физикийн арга нь химийн бодис ихээр хэрэглэдэг сул талтай. Хэдий өртөг өндөртэй боловч биологийн арга нь бионийц сайтай био-анагаахын салбарт хэрэглэх бүрэн боломжтой байдгаараа давуу талтай [4]. Мөнгөний нанопартикл нь гадаргуугийн талбай ихтэй, жижиг хэмжээтэй, физик, хими, биологийн өвөрмөц шинж чанаруудтай тул эмгэг төрүүлэгч бичил биетний эсрэг, антибиотیکیг орлуулан ашиглах боломжтой. Мөнгөний нанопартикл нь ROS үүсгэж, уургийн үйл ажиллагаа болон ДНХ-г гэмтээж улмаар бичил биетнийг дарангуйлдаг болох нь тогтоогдсон [5]. Хямд өртөгтэй, хоруу чанар, дархлааны хариу

урвал багатай зэрэг олон давуу талтай. Эмгэг төрүүлэгч бичил биетний дарангуйлах чадварыг нь ашиглан анагаах ухаан, халдваргүйжүүлэлт, шарх эдгээлтийг дэмжих эм, бактерийн эсрэг үйлчилгээтэй бүтээгдэхүүн зэрэгт ашигладаг [6]. Жиданга ургамлыг уламжлалт анагаах ухаанд 7 талх эмийн үндсэн хөл ургамал болгодог. Үүнд хорхой, нянгийн гаралтай өвчинд хэрэглэдэг [7]. Банздо ургамлыг нянг нядлах, хатгалгыг дарах, хямарсныг арилгах зорилгоор голлогч болгож бусад ургамлаар хөл оруулан нянг нядлах, халууныг арилгах чадал оршиж хүч ихтэй халуун, хүч ихтэй хижигт ерөнхийд нь хэрэглэнэ [8].

Зорилго

Бид уг судалгаанд эдгээр ургамлаас ханд бэлтгэж, мөнгөний нанопартикл нийлэгжүүлэн физик химийн шинж чанар, биологийн идэвхийг судлахыг зорилоо.

Материал, арга зүй

Судалгааны материал

Жиданга болон Банздо ургамлын нунтаг дээж, Этилийн спирт, Мөнгөний нитрат, *Staphylococcus aureus* (ATTC 2592), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Pseudomonas aeruginosa* (ATTC 15442), *Escherichia coli* (ATTC 25922), *Bacillus subtilis* (ATTC 6633), *M.luteus* (ATCC4698) гэсэн 6 тест омог, RAW264.7 шугаман эсийн өсгөвөр зэрэг бодис урвалж, материал, омог, өсгөврүүдийг уг судалгааны ажилд хэрэглэв.

Ургамалын ханд бэлтгэх ба мөнгөний нанопартикл нийлэгжүүлэх

Жиданга болон Банздо ургамлуудын нунтаг дээжийг ус болон 70% спиртэд 10:1 харьцаатайгаар 500C-ийн температурт 72 цаг сэгсрэгчтэй нөхцөлд хандалсан. Хандыг фильтрийн цаасаар шүүж шүүгдэсийг мөнгөний нанопартикл нийлэгжүүлэхэд ашигласан. Ургамалын ханд болон 3мМ концентраци бүхий мөнгөний нитратын уусмалтай (1:25 v/v) хольж 550C температурт 4 цаг соронзон хутгуурт хутгасан. Нийлэгжсэн мөнгөний нанопартиклийг 10000 эрг/мин-д 15 минут центрифугдэж орчноос цэвэрлэсэн.

Эсийн хоруу чанарын шинжилгээ

RAW264.7 эсийг 37°C температурт 5% CO₂ инкубаторт бүрэн DMEM тэжээлийн орчинд ургуулсан. 10x104 эс/нүх байхаар 96 бичил нүхт тавагт хуваарилж 16 цаг өсгөвөрлөсөн. Мөнгөний наопартиклуудыг DMEM тэжээлийн орчинд DMSO-оор дамжуулан 300 мкг/мл, 100 мкг/мл, 50 мкг/мл, 25 мкг/мл ба 5 мкг/мл концентрацитай бэлтгэн үүр тус бүрд 100 мкл хэмжээтэйгээр урьдчилсан бэлдсэн эсүүд дээр нэмж 24 үйлчилсэн. Түүний дараагаар мөнгөний наопартикл агуулсан тэжээлт орчинг асгаж 10% WST агуулсан өнгөгүй DMEM тэжээлийн орчныг 100 мкл/нүх хийж 40 минут инкубацалсны дараа Microplate Reader ашиглан 450 нм долгионы уртад гэрлийн шингээлтийн утгыг авна. Сөрөг хяналтаар цэвэр DMSO-оор үйлчилсэн эсүүдийг, эерэг хяналтаар этопозид (etoposide) эмийг авав.

Партиклаар үйлчилсэн эсийн шингээлтийн утгуудыг зөвхөн DMSO-оор үйлчилсэн сөрөг хяналтын дундаж утгатай харьцуулан амьд үлдсэн эсийн хувийг бодож олно.

Амьд үлдсэн эс(%)=(шингээлтийн утга Ч100%)/(сөрөг хяналтын дундаж шингээлтийн утга)

IC50 тунгтогтоохдоо эсийн ургалтыг дарангуйлах идэвх үзүүлсэн мөнгөний нанопартикл бүр дээр концентраци болон амьд үлдсэн эсийн хувийг ашиглан Origin 2023b программ дээр шугаман регресс бодож олов.

Бактерийн эсрэг идэвх

Агар диффузийн аргаар бактерийн эсрэг идэвхийг тогтоов. Шингэн өсгөвөр бэлтгэхдээ 3 мл шингэн тэжээлт орчин (Nutrient broth)-д сонгож авсан тест омгуудаас микробиологийн гогцоогоор хийж 37°C температурт 16-18 цаг

өсгөвөрлөнө. Шингэн тэжээлт орчны гэрлийн шингээлтийн утгыг 600 нм-т хэмжиж Mc Farland standart 0.5-тай тэнцүүлнэ. Хатуу тэжээлийн орчин бэлтгэхдээ хатуу тэжээлийн орчин (Nutrient agar)-оос 25 мл-т тооцож бэлдээд автоклавт ариутгана. Ариутгасан тэжээлт орчныг Петрийн аяганд 25-30 мл орчим савлаад, царцсаны дараа 3 мл-т бэлдсэн шингэн өсгөврөөс 100 мкл-ийг авч гадаргуу дээр жигд тараана [9]. Шинжилгээнд мөнгөний нанопартиклуудыг 500мкг/мл, 250мкг/мл, 100мкг/мл концентрациар бэлтгэн ашигласан [10]. Хяналтаар 10 мкг/мл канамицин (эерэг хяналт) сонгон авсан. Мөнгөний нанопартиклаар үйлчлэхдээ тест организмуудыг тарьсан Nutrient Agar тэжээлийн орчныг тусгай цоолтуураар нүхлэн усанд уусдаг дээжүүдийг дээр дурдсан өөр өөр концентарицитайгаар 100мкл хэмжээтэйгээр шингээсэн. Термостатад 37°C температурт 24 цаг өсгөвөрлөсний дараа хэмжилт хийж, үүсгэсэн ариун хүрээний мм-ийн хэмжээгээр үр дүнг тооцно. Ингэхэд сөрөг хяналт нь бактерийн өсөлтийг саатуулах хүрээ үүсгээгүй байх ёстой [11].

Хэт ягаан – үзэгдэх гэрлийн спектрофотометр шинжилгээ

Хэт ягаан-үзэгдэх гэрлийн мужид (190-1200 нм) цахилгаан соронзон хэлбэлзлийг шингээхэд тулгуурласан электроны буюу UV-Vis спектрофотометрийн арга нь бодисыг шинжлэх спектрийн арга юм. Хэт ягаан туяа ба үзэгдэх гэрлийн муж дахь шингээлтийн спектр нь молекулын электроны (ердийн ба өдөөгдсөн төлөв) шилжилтээр тодорхойлогддог. Энэхүү туршилтын хэмжилтийг Shimadzu компанийн UV/Vis төрлийн UV-1650PC багаж ашиглан гүйцэтгэв. Шинжилж байгаа бодисын уусмалыг кварцан кюветэд хийж туршилтыг гүйцэтгэсэн.

Фотоны хөндлөн корреляцийн спектроскопийн шинжилгээ

Photon Cross-correlation spectroscopy (PCCS)-ийн арга нь тунгалаг бус суспенз ба эмульс дэх жижиг хэсгийн хэмжээ болон тогтворжилтыг 1 нм-ээс 10 мкм хүртэлх хязгаарт маш нарийн тодорхойлдог арга юм. PCCS-ийн аргын гол ажиллах зарчим бол 3D хөндлөн корреляцийн техник юм. Сарнисан гэрлийн хөндлөн корреляцийг тооцохдоо сарнисан эрчмээс нэгж фракцаар нарийн шүүж тооцоолдог. Хэмжилтээ 3D хөндлөн корреляци дээр суурилсан PCCS-ийн (NanoPhox) багаж ашиглан МУИС, ХШУИС-ийн Материал судлалын лабораторт гүйцэтгэв. Дээжийг бэлтгэхдээ 1 мкг/мл-ийн концентрацитай

байхаар дисперс бэлтгэн 1 см-ийн зузаантай кюветэнд 1.5 мл-ийг таслан авч хэмжилтийг гүйцэтгэсэн.

Атомын хүчний микроскопын шинжилгээ

Атомын хүчний микроскоп нь нано түвшинд дээжийн гадаргуугийн манипуляц (surface manipulation), хэмжилтэд өргөн ашиглагддаг багаж юм. Мөнгөний нанопартиклийн гадаргуугийн бүтэц болон хэмжээг МУИС-ийн харьяа Нимгэн үеийн технологийн лабораторид SPA-300, SPI3700, Seiko, Japan маркийн атомын хүчний микроскоп ашиглан хэмжилт хийсэн. Атомын хүчний микроскопоор хэмжилт хийхдээ мөнгөний нанопартиклийг 0.05 мг/мл концентрацтайгаар бэлтгэж нимгэн шилэн дээр дусаан хатааж нимгэн үе үүсгэсэн.

Нил улаан туяаны спектрийн шинжилгээ

Нил улаан туяаны спектр нь молекул дахь хэлбэлзлээр үүснэ. Хэлбэлзлийг валентын ба деформацийн хэлбэлзэл гэж үндсэн хоёр хэсэгт хуваадаг. Валентын хэлбэлзэл нь атомын цөмийн хооронд зай өөрчлөгдөх үед үүсдэг. Гурав буюу дөрвөн атомтой молекултай тохиолдолд валентын хэлбэлзэл нь симметр ба антисимметр гэсэн хоёр янзын хэлбэлзлийг үүсгэнэ. Деформацийн хэлбэлзэл нь нэг ерөнхий

атомтой молекулын валентын өнцөг өөрчлөгдөн хэлбэлзэх үед үүсдэг. Бүтцийн ижил элементтэй (ижил төрлийн холбоо, ижил функциональ бүлэг) нэгдлүүдийн хувьд хэлбэлзлийн давтамжууд ойролцоо байна. Мөнгөний нанопартиклийн нил улаан туяаны спектрийн шинжилгээг ШУА-ийн Физик-Технологийн Хүрээлэнд байрлах Shimadzu IR Prestige 21 маркийн НУТ баражаар 4000–1000 см⁻¹ мужид нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартиклийн химийн холбоог дүрсэлсэн.

Рентген дифракцын анализын шинжилгээ

Рентген бүтцийн шинжилгээний арга нь судалгааны орчин үеийн аргууд дотроос хамгийн боловсронгуй бөгөөд хялбар аргуудын нэгд тооцогдож техник технологийн хувьд улам боловсронгуй болон хөгжсөн. Энэ арга нь шарж байгаа объектоос сарнисан рентген туяаны интерференцийн үр дүнд үүссэн дифракцын зургийг гарган авах, шинжлэн судлахад үндэслэгдэнэ. Мөнгөний нанопартиклийн бүтцийн анализыг ШУА-ийн Физик-Технологийн Хүрээлэнд байрлах кобальт анодтой (1.79 нм), 40 кВт чадалтай, 30 мА гүйдлийн хүчээр ажиллах Японы Shimadzu Maxima 7000 маркийн рентген дифрактометр багаж ашиглан тодорхойлсон.

Үр дүн

Хэт ягаан үзэгдэх гэрлийн спектрофотометрийн шинжилгээний дүн

Хэт ягаан туяаны шингээлтийн спектрт мөнгөний нанопартикл агуулсан уусмал 407 нм, 408 нм, 422 нм, 426 нм долгионы уртад тус тус шингээлт өндөр өгч, нийлэгжүүлэлт явагдах

үед уусмалын өнгө улаан хүрэн, хар хүрэн болж өөрчлөгдсөнөөр мөнгөний нанопартиклийг амжилттай гарган авсан (Зураг 1).

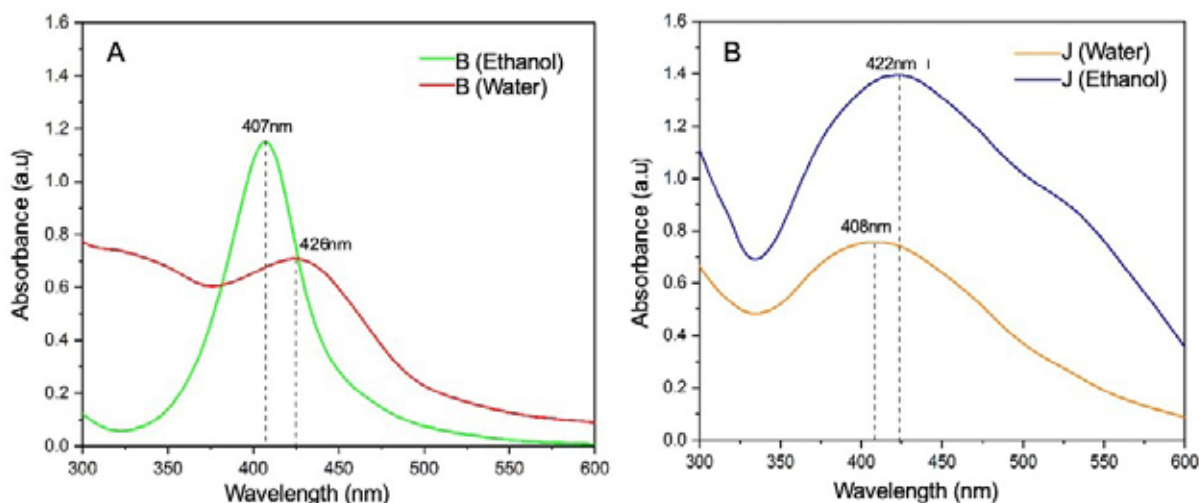


Figure 1. Absorption spectra of silver nanoparticles (AgNPs) (A) banzdo, (B) jidanga

Нанопартиклийн гидродинамик хэмжээний анализын дүн

Мөнгөний нанопартиклийн хэмжээний тархалтыг зураг 2-т үзүүлэв. Партиклийн хэмжээний анализын үр дүнд спиртэд хандалсан банздо ургамлаас нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартикл нь ~ 100 нм-ээс ~ 180 нм хооронд түгэлттэй, ~ 142 нм дундаж диаметртэй байна. Усанд хандалсан Банздо ургамлаас нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартикл нь ~ 300 нм-ээс ~ 450 нм хооронд түгэлттэй, ~ 381 нм

дундаж диаметртэй байна. Спиртэд хандалсан жиданга ургамлаас нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартикл нь ~ 180 нм-ээс ~ 260 нм хооронд түгэлттэй, ~ 221 нм дундаж диаметртэй байна. Харин Усанд хандалсан Жиданга ургамлаас нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартикл нь ~ 160 нм-ээс ~ 230 нм хооронд түгэлттэй, ~ 200 нм дундаж диаметртэй байна.

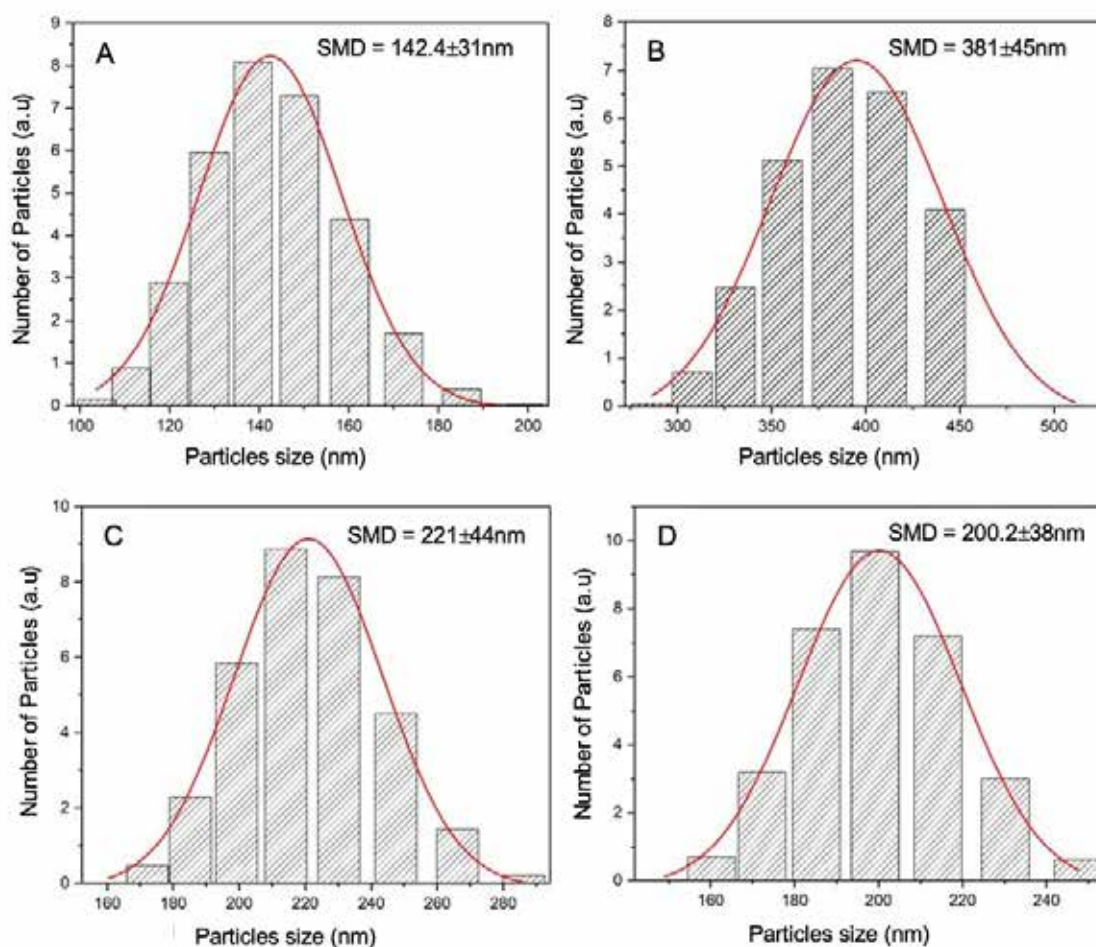


Figure 2. Size of silver nanoparticles synthesized from different plant extracts (A) Banздо in the ethanol, (B) Banздо in the water, (C) Жиданга in the ethanol, (D) Жиданга in the water

Нанопартиклийн хэлбэр, ширхэглэгийн хэмжээний анализын дүн

AFM ашиглан бионийлэгжүүлэн гарган авсан мөнгөний нанопартиклийн хэлбэр хэмжээний анализ хийв. Зураг 3 (A)-д спиртэд хандалсан Банздо ургамлаас нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартиклийн гадаргуугийн хэмжээ нь 97 нм байна. Зураг 3 (B)-д усанд хандалсан Банздо ургамлаас нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартиклийн гадаргуугийн хэмжээ нь 47

нм байна. Зураг 3 (C)-д спиртэнд хандалсан Жиданга ургамлаас нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартиклийн гадаргуугийн хэмжээ нь 35 нм байна. Зураг 3 (D)-д усанд хандалсан Жиданга ургамлаас нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартиклийг хэмжихэд гадаргуугийн хэмжээ нь 37 нм байна.

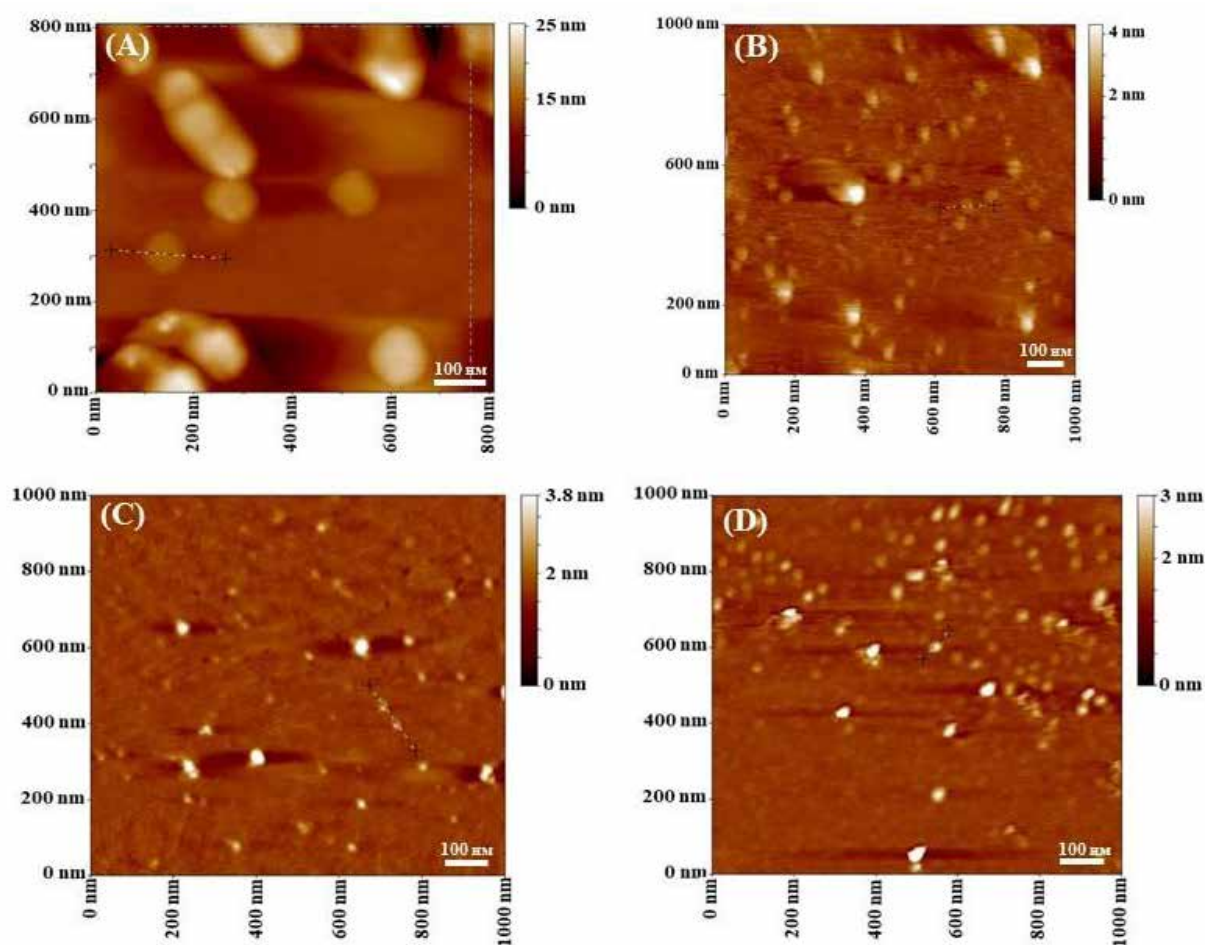


Figure 3. 2D surface image and surface area of synthesized silver nanoparticles by AFM. A) Banzdo in the ethanol, (B) Banzdo in the water, (C) Jidanga in the ethanol, (D) Jidanga in the water

Нил улаан туяаны спектрийн (FT-IR) шинжилгээний дүн

Нил улаан туяаны спектр нь молекул дахь болон ургамлуудын хооронд үүссэн химийн хэлбэлзлээр үүснэ. Мөнгөний нанопартикл холбоог хүснэгт 1, зураг 4-т харуулав.

Table 1. Chemical bonds between silver nanoparticles and plants

No	Wavenumber (cm^{-1}) (experimental)	Wavenumber (cm^{-1}) (standart)	Bond type	Functional group
1	3425.9-3208.1	3570-3200	Hydrogen bonded O-H bond	Alcohol
2	2367.7	2376-2248	C=N	Nitrile
3	2125.6-2108.4	2260-2100	C $\equiv$ C	Alkyne
4	1641.5-1638.1	1650-1600	C=O	Ketone
5	1395.9	1410-1310	N=O	Aliphatic nitro
6	655.9-424.21	≤ 730	-CH=CH, C-Cl	Alkene, Halogen

Ургамалын ханднуудаас нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартиклийн химийн холбоонууд нь хоорондоо төстэй байв. 3342.11-3289.47 см⁻¹ -д мужид ажиглагдсан “tongue” хэлбэрийн өргөн пик нь устөрөгчтэй холбогдсон О-Н холбоо бөгөөд нийлэгжүүлэлтэнд ашигласан усны пик байх боломжтой. 2363.61 см⁻¹ -д мужид асимметр C=N холбооны шингээлт өгсөн. 2114.04-2099.42 см⁻¹ -д мужид C=C холбооны шингээлт өгсөн. Энэхүү холбоо нь симметр ба дихалагдсан гурвалсан холбоо тул спектрт маш сул шингээлтийг өгсөн нь харагдаж байна. 1640.35-1631.58 см⁻¹ -д мужид C=O холбооны хүчтэй шингээлт өгсөн байгаа нь амидын функциональ бүлэгтэйг баталж байна. Энэ хэлбэлзэл нь C=C холбоотой харилцан үйлчилж бага давтамжтай мужид шилжиж байна. 1362.76 см⁻¹ -д мужид симметр алифат нитро нэгдэл N=O холбооны шингээлт өгсөн. 652.05-400 см⁻¹ -д мужид алкен болон галогений шингээлт өгсөн.

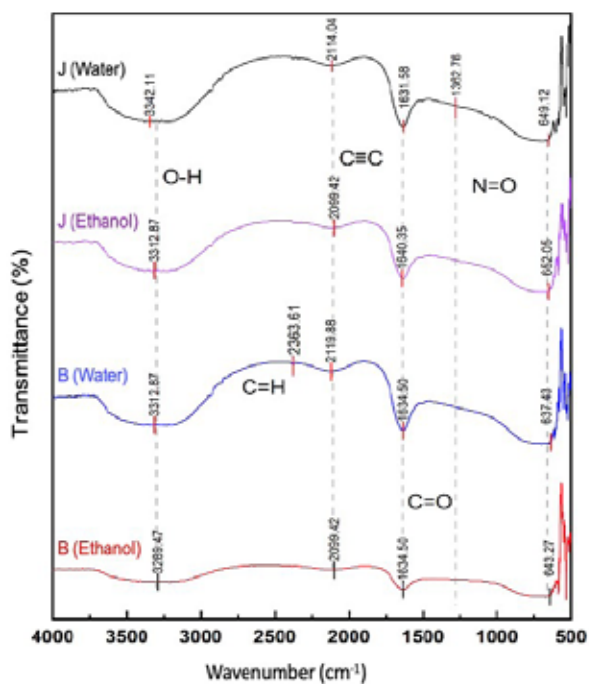


Figure 4. FT-IR analysis of silver nanoparticles (A) Banzdo in the ethanol, (B) Banzdo in the water, (C) Jidanga in the ethanol, (D) Jidanga in the water

XRD шинжилгээний үр дүн

Нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартиклийн талст бүтцийн шинжилгээг рентген дифракцын анализ ашиглан хийж үр дүнг зураг 5-т харуулав.

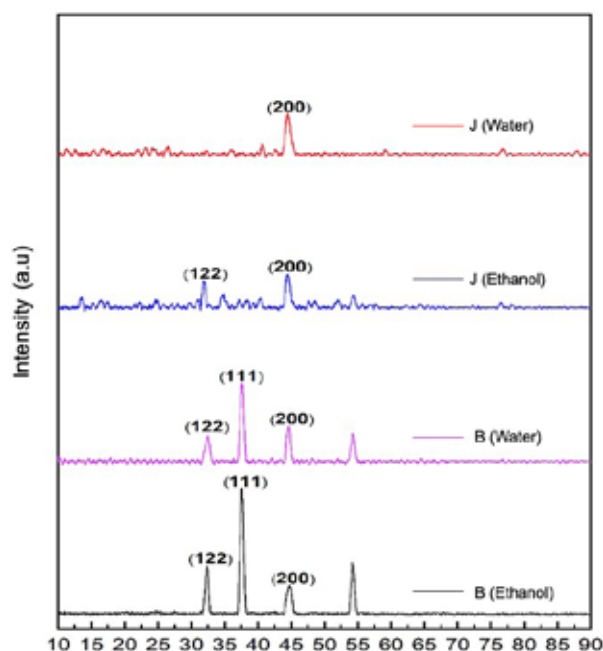


Figure 5. XRD analysis of silver nanoparticles (A) Banzdo in the ethanol, (B) Banzdo in the water, (C) Jidanga in the ethanol, (D) Jidanga in the water

Рентген дифракцын анализын үр дүнд 4-н дээжид харгалзан адилхан (200) пик 44.0 гэсэн 2θ өнцгийн байрлалтай энгийн куб бүтэцтэй, Банздо ургамлаас нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартикулуд (111) пикд харгалзан 38.0 гэсэн 2θ өнцгийн байрлал үзүүлсэн нь гарган авсан нанопартикл нь поликристал бүтэцтэйг илтгэж байна. Мөн усанд хандалсан Жиданга ургамлаас нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартиклаас бусад нанопартикл нь (122) хавтгайд харгалзан 32.0 гэсэн 2θ өнцгийн байрлалтай байна.

Бактерийн эсрэг идэвх тодорхойлсон туршилтын үр дүн

Банздо усан ханданд S.aureus зүйлийн өсөлтийг 1-1,5 мм ариун хүрээ үүсгэн өсөлтийг дарангуйлж байв. Бусад бактериудын эсрэг 2-4 мм идэвхтэй байна (Хүснэгт 2, зураг 6).

Жиданги спиртэн хандны 100мкг/мл концентрацид E.coli S.aureus эсрэг идэвхгүй байсан бол 500мкг/мл, 250мкг/мл концентрацид 1-3 мм ариун хүрээ үүсгэн уг 2 зүйлийн бактерийн өсөлтийг дарангуйлсан. Бусад бактериудын эсрэг 2-4 мм идэвхтэй байв. Харин Жиданги усан ханд S.aureus, M.luteus -ийн эсрэг идэвхгүй байв (Хүснэгт 3, Зураг 7)

Table 2. The antibacterial activity of ethanol and water extracts of Banzdo

<i>Ethanol</i> (µg/ml)	Zone of inhibition (mm)					
	<i>E.coli</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>P.aureginasa</i>	<i>E.faecalis</i>	<i>M.luteus</i>	<i>S.aureus</i>
500	4	3	4	4	4	4
250	4	3	4	3	3	3
100	3	3	4	3	3	1,5
Water (µg/ml)						
500	2	2	2	2	2	2
250	2	2	2	2	2	1
100	2	2	2	2	2	1
dH ₂ O (-)	-	-	-	-	-	-
Kanamycin (+)	7	9	8	8	7	8

Note: (-) is disabled

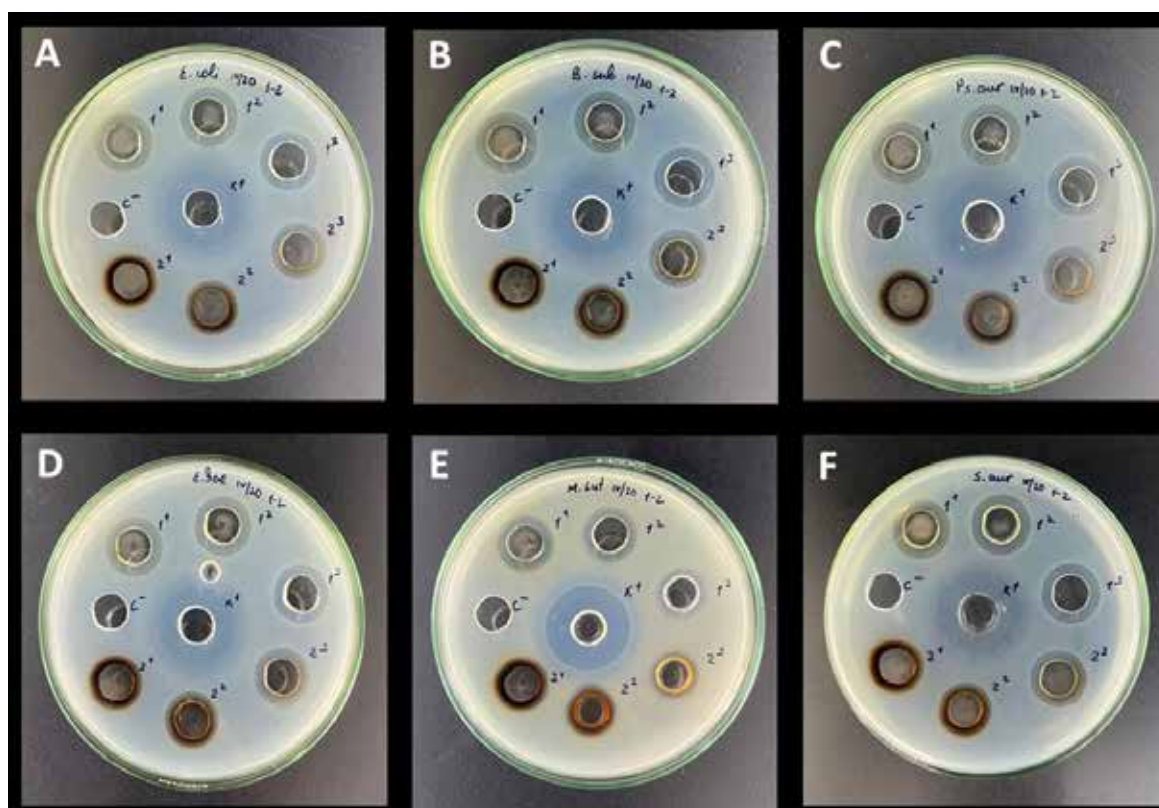


Figure 6. Antibacterial activity of silver nanoparticles synthesised by the ethanol and water extracts of Banzdo 1) Banzdo in the ethanol; 2) Banzdo in the water . A. *E.coli*, B. *B.subtilis*, C, *Paeruginosa* D. *E.faecalis*, E. *M.luteus* , F. *S.aureus* , 1 – 500 mg, 2 – 250 mg, 3 – 100 mg, K+. Kanamycin, C-. dH₂O /solvent/

Table 3. The antibacterial activity of ethanol and water extracts of Jidanga

Ethanol (µg/ml)	Zone of inhibition (mm)					
	<i>E.coli</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>Paureginasa</i>	<i>E.faecalis</i>	<i>M.luteus</i>	<i>S.aureus</i>
500	3	3	2	2	4	1,5
250	2	3	2	2	3	1
100	-	1	1	1	1	-
Water (µg/ml)						
500	4	3	4	3	4	2
250	3	3	3	3	3	1,5
100	1	2	3	2	0	0
dH2O (-)	-	-	-	-	-	-
Kanamycin (+)	7	9	8	8	7	8

Note: (-) is disabled

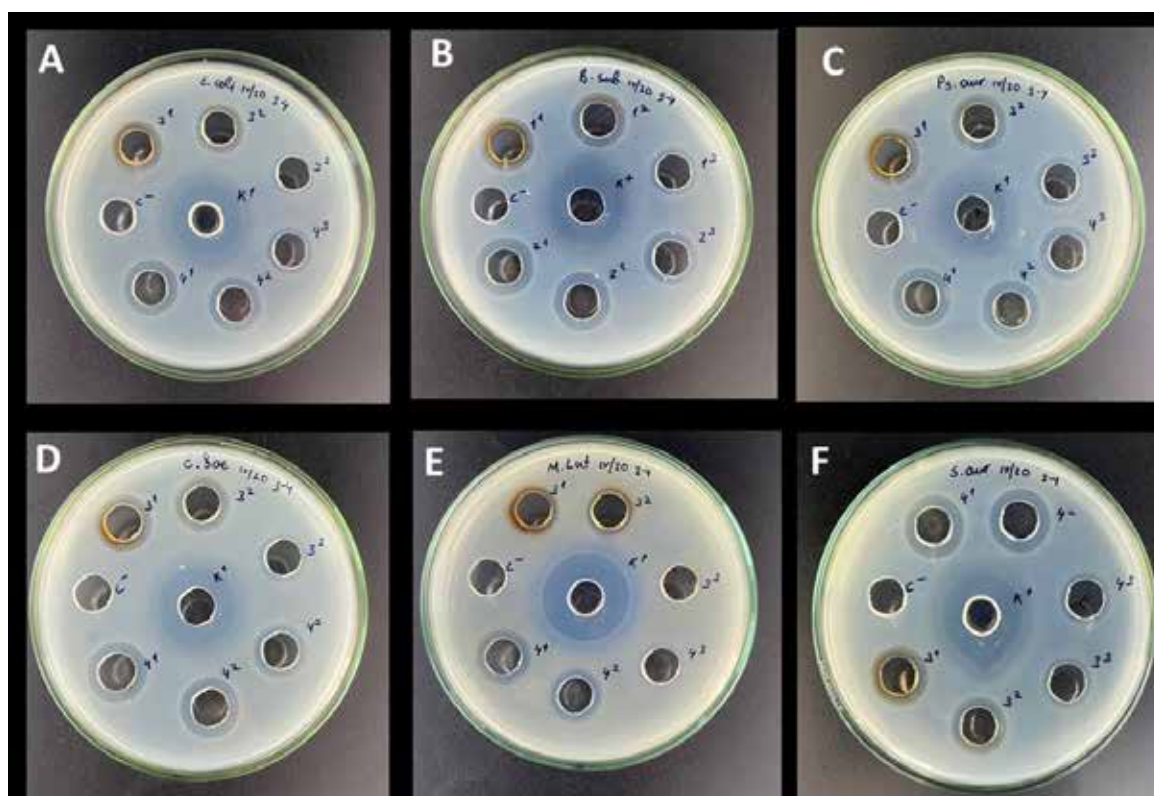


Figure 7. Antibacterial activity of silver nanoparticles synthesized by the ethanol and water extracts of Jidanga 1) Jidanga in the ethanol; 2) Jidanga in the water. A. *E.coli*, B. *B.subtilis*, C, *P.aeruginosa* D. *E.faecalis*, E. *M.luteus*, F. *S.aureus*, 1 – 500 mg, 2 – 250 mg, 3 – 100 mg, K+. Kanamycin, C-. dH2O (solvent)

Эсийн хоруу чанарыг тогтоох шинжилгээний үр дүн

Банздо ургамлын спирт болон усан ханд, жидангаа ургамлын усан ханд тус бүрээр нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартиклууд нь RAW264.7 шугаман эсийн өсөлтийг тунгаас хамааралтайгаар дарангуйлах идэвхтэй байна. Харин жидангаа ургамлын спиртэн хандаар

нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартикл нь RAW264.7 шугаман эсийн эсрэг ямар нэгэн идэвх үзүүлсэнгүй (Зураг 8). Идэвх үзүүлсэн мөнгөний партиклуудын IC50 утгыг тооцож үзэхэд банздо спирт 145.034 мкг/мл, банздо ус 300 мкг/мл, Жаданга 69.911 мкг/мл тус тус байв.

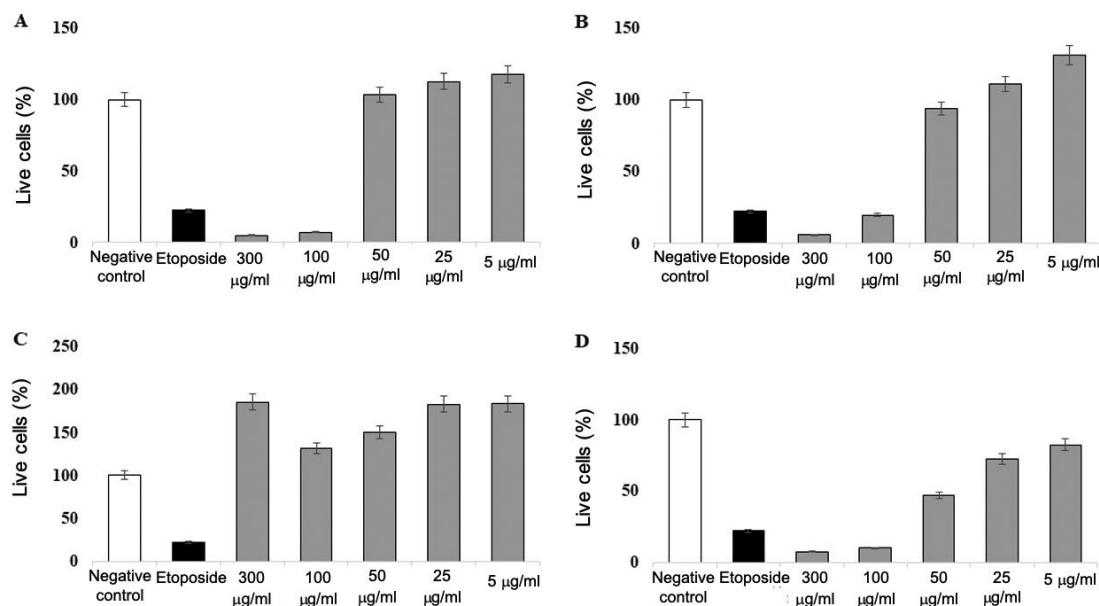


Figure 8. The result of MTT assay that cell treated by silver nanoparticles (A) Banzdo in the ethanol, (B) Banzdo in the water, (C) Jidanga in the ethanol, (D) Jidanga in the water.

Хэлцэмж

Бидний гарган авсан мөнгөний нанопатиклийн хэт ягаан туяаны шингээлтийн спектрүүд нь Ifeyomi нарын [12] бионийлэгжүүлэлтийн аргаар *Saccharomyces cerevisiae* ашиглан гарган авсан мөнгөний нанопартикл 429 нм долгионы уртад шингээлт үзүүлсэн дүнтэй, мөн Hina Singh [13] нарын *Pseudomonas* sp. THG-LS1.4 ашиглан гарган авсан мөнгөний нанопартикл 412 нм долгионы уртад шингээлтийн дүнтэй дүйж байна. Энэхүү судалгааны ажлыг эдгээр судалгааны ажлуудын үр дүнтэй харьцуулахад ойролцоо долгионы уртад шингээлт өгсөн нь мөнгөний нанопартиклыг бид ногоон синтезийн аргаар амжилттай гарган авсан болохыг илэрхийлж байна.

Sharanabasava.V нар [14]-ын *Penicillium diversum* зүйлийн мөөгөнцөр ашиглан нийлэгжүүлсэн мөнгөний нанопартикл нь ойролцоогоор 10-50 нм хэмжээтэй, бөмбөрцөг хэлбэртэй байсантай бидний нийлэгжүүлсэн нанопартиклуудын атомын хүчний микроскопын шинжилгээний дүнтэй дүйж байна. Энэхүү судалгаатай харьцуулахад үүссэн мөнгөний нанопартикл нь хэмжээний хувьд төстэй, ижил хэлбэртэй байна. Нанопартиклийн хэмжээ өөр байгаа нь уусмал дотор буй нанопартиклийн гадаргууг бүрхэн адсорбцлогдсон нэгдлүүд, уусгагчийн гидрат бүлгүүд хэмжилтэд нөлөөлдөг учир нанопартиклийн гидродинамик хэмжээ нь

ширхэглэгийн хэмжээнээс их байдагтай холбон тайлбарлаж болно.

Нил улаан туяаны спектрийн шинжилгээний дүнд мөнгөний нанопартиклийн үндсэн пикүүдээс гадна амидын функциональ бүлэг, алифат нитро нэгдэл, алкен болон галогенийн шингээлт илэрч байгаа нь партикл нийлэгжих явцад ургамлын ханданд агуулагдах хоёрдогч метаболитууд ангижруулагчийн үүрэг гүйцэтгэж улмаар партиклын гадаргууд суусан болохыг илтгэж байна. Уг үр дүн ижил төрлийн судалгааны ажлын дүнтэй ерөнхий дүйж байна [15].

Рентген бүтцийн шинжилгээний (XRD) дүнд куб, поликристал бүтэцтэй болохыг тогтоосон. Эдгээр нь металл сууртай нанобүтэцүүдэд өргөн тохиолдох бүтцийн хэлбэрүүд юм [16].

Бактерийн эсрэг идэвхийн тухайд бидний гарган авсан мөнгөний нанопартиклууд нь хэмжээний хувьд том хэдий ч Грам эерэг, Грам сөрөг бактериудын эсрэг сайн идэвх үзүүлж байна. Мөнгө болон бусад металлын нанопартиклууд бактерийн эсрэг идэвх өндөртэй байдаг төдийгүй сүүлийн жилүүдэд металлуудыг ашиглаж бактерийн эсрэг идэвхийг нэмэгдүүлэх чиг хандлага, судалгаанууд нэмэгдсээр байгаа юм. Hashemi нарын судалгаагаар ногоон синтезээр гарган авсан мөнгөний нанопартиклууд Грам

сөрөг бактериуд, тэр дундаа *S.aureus*-ийн өсөлтийг 150мкг/мл концентрацид дарангуйлж байсан нь бидний судалгааны үр дүнтэй нийцэж байна [17]. Мөнгөний нанопартикулуд бактерийн эсийн өсөлтийг дарангуйлах хэд хэдэн механизмууд судлагдсан байдаг бөгөөд мөнгөний нанопартикулуд эсийн гадаргуу дээр сууж бактерийн биофильм үүсгэлтийг зогсоож биологийн идэвхийг нэмэгдүүлсэн байж болох юм [18].

Эсийн хоруу чанарын шинжилгээний дүнгээс харахад эдгээр нанопартикулудын эсийн өсөлтийг 50% дарангуйлах идэвх 70-300 мкг/мл хооронд байгаа нь хэвийн түгэлтэд байгаа болохыг илтгэж байна. Зэрэг судлаачдын ажлаар бөмбөрцөг хэлбэртэй 10 нм хэмжээтэй химийн синезээр гарган авсан мөнгөний нанопартикулуд RAW 264.7 эсийн эсрэг ≥ 62.5 мкг/мл байсан байна [19]. Бага тун дээр хоруу чанар үзүүлж байгаа нь партиклийн хэмжээ болон гарган авсан аргатай шууд хамааралтай. Бидний гарган авсан мөнгөний нанопартикулудын эсийн өсөлтийг 50% дарангуйлах идэвх 70-300 мкг/мл хооронд байна. Мөнгөний нанопартикулудын хэмжээ жижгэрэх тусам үзүүлэх хоруу чанар нэмэгддэг. Бага тун дээр хоруу чанар үзүүлэх нь биологийн системд тийм ч тохиромжтой биш. Харин бидний гарган авсан партикулуд нь хэмжээ том, гадаргуудаа ургамлын гаралтай нэгдлүүд агуулсан тул хоруу чанар үзүүлэх тун нь арай өндөр байна. Мөнгөний нанопартикл дээр био нэгдлүүд сууснаар бионийцэмжийг нэмэгдүүлж байж болох юм.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгаанд Монголд оронд ургадаг Жиданга болон Банздо ургамлаас ургамлын ханд бэлтгэн, мөнгөний нано партикл нийлэглүүлж физик, химийн шинж чанар тэдгээрийн физиологи, биохимийн шинжүүдийг тодорхойлсон бөгөөд партиклын хэмжээ харилцан адилгүй ч грам эерэг, сөрөг өвчин үүсгэгч бактерийн өсөлтийг дарангуйлах идэвхтэй, хамгийн бага идэвхтэй концентраци 100--250мкг/л байгааг тогтоов. Мөн эсийн хоруу чанарын шинжилгээгээр жидангаги ургамлын усан ханд, банздогийн усан болон спиртэн хандууд RAW264.7 шугаман эсийн эсрэг тунгаас хамаарсан дарангуйлах идэвх үзүүлсэн. Эсэд үзүүлэх хоруу чанар нь 70-300 мкг/мл байгаа нь хэвийн түгэлтэнд байгаа бөгөөд эдгээр партикулудыг биоанагаахын чиглэлээр ашиглах болохыг илтгэж байна. Эцэст дүгнэхэд анагаах ухаанд хэрэглэдэг жоруудыг нанотехнологитой хослуулан орчин үеийн эмчилгээнд хэрэглэх

боломжийг судалсан нь энэ чиглэлийн судалгааны ажил манай улсад хөгжихөд бага ч болов хувь нэмэр оруулна гэдэгт итгэлтэй байна.

Цаашид эдгээр ургамлуудын партикл нийлэгжих явцад оролцож буй болон гадаргуу дээр сууж буй нэгдлүүдийг нарийвчлан тогтоох, загвар амьтан дээр хоруу чанарыг үнэлэх ажлуудыг хийх шаардлагатай.

Таларахал

Уг судалгааны ажлыг санхүүжүүлсэн “Шинжлэх Ухаан Технологийн Сан”-д талархал илэрхийлж байна.

Ашигласан материал

1. Zhang J.; Hu K.; Di L.; Wang P et al., “Traditional herbal medicine and nanomedicine: Converging disciplines to improve therapeutic efficacy and human health”. *Adv Drug Deliv Rev.* 2021;178:113964.
2. Kesharwani P.; Gorain B.; Low SY.; et al. “Nanotechnology-based approaches for anti-diabetic drugs delivery”. *Diabetes Res Clin Pract.* 2018;136:52–77.
3. Bruna T.; Maldonado-Bravo F.; Jara P.; Caro N. “Silver Nanoparticles and Their Antibacterial Applications”. *Int J Mol Sci.* 2021;22(13):7202.
4. Abbasi E.; Milani M.; Fekri Aval S.; Kouhi M. “Silver nanoparticles: Synthesis methods, bio-applications and properties”. *Crit Rev Microbiol.* 2016;42(2):173-80.
5. Rahimi G.; Alizadeh F.; Khodavandi A. “Mycosynthesis of Silver Nanoparticles from *Candida Albicans* and Its Antibacterial Activity against *Escherichia Coli* and *Staphylococcus Aureus*. *Trop. J. Pharm Res.* 2016,15(2):371.
6. Yin I X.; Zhang J.; Zhao I S.; Mei M L.; Li Q.; Chu C H. “The Antibacterial Mechanism of Silver Nanoparticles and Its Application in Dentistry”. *Int J Nanomedicine*, 2020;15, 2555–2562.
7. Хойд үндэс; – Монголын уламжлалт анагаах ухааны эм найрлагын судлал ном. УБ -2014:122,
8. Эрхэм түүвэр; – Монголын уламжлалт анагаах ухааны эм найрлагын судлал ном. УБ -2014:125
9. Manandhar S.; Luitel S.; Dahal RK. “In Vitro Antimicrobial Activity of Some Medicinal Plants against Human Pathogenic Bacteria”. *J Trop Med.* ;2019:1895340.

10. Kasithevar M.; Periakaruppan P.; Muthupandian S.; Mohan M. "Antibacterial efficacy of silver nanoparticles against multi-drug resistant clinical isolates from post-surgical wound infections". *Microb Pathog.* 2017;107:327-334.
11. Bauer AW.; Kirby WM.; Sherris JC.; Turck M. "Antibiotic susceptibility testing by a standardised single disk method". *Am J Clin Pathol.* 1966;45(4):493-6.
12. Olobayotan I.; Akin-Osanaiye B. "Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Baker's Yeast, *Saccharomyces Cerevisiae* and Its Antibacterial Activities". *Access Microbiology*, 2019;1 (1A):526.
13. Hina Singh.; Juan Du.; Tae-Hoo Yi. "Biosynthesis of silver nanoparticles using *Aeromonas* sp. THG-FG1.2 and its antibacterial activity against pathogenic microbes", *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 2017;45 (3): 584-590.
14. Ganachari S V.; Bhat R.; Deshpande R.; Venkataraman A. Extracellular Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Fungi *Penicillium Diversum* and Their Antimicrobial Activity Studies. *BioNanoSci.*, 2012;2(4):316–321.
15. Wan Mat Khalir WKA.; Shameli K.; Jazayeri SD.; et al., "Biosynthesized Silver Nanoparticles by Aqueous Stem Extract of *Entada spiralis* and Screening of Their Biomedical Activity" *Front Chem.* 2020; 19:8:620.
16. Goudarzi M.; Mir N.; Mousavi-Kamazani M.; et al., Biosynthesis and characterisation of silver nanoparticles prepared from two novel natural precursors by facile thermal decomposition methods. *Sci Rep* 2016;6, 32539.
17. Hashemi Z.; Mizwari Z M.; Mohammadi-Aghdam S.; Mortazavi-Derazkola S.; Ali Ebrahimzadeh M. "Sustainable Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Sambucus Ebulus* Phenolic Extract (AgNPs@SEE): Optimization and Assessment of Photocatalytic Degradation of Methyl Orange and Their In Vitro Antibacterial and Anticancer Activity". *Arabian J. Chem.* 2022;15:103525.
18. Deny Susanti.; Muhammad Salahuddin Haris.; Muhammad Taher.; Junaidi Khotib. "Natural Products-Based Metallic Nanoparticles as Antimicrobial Agents". *Front Pharmacol.* 2022;13:895616.
19. Lategan KL.; Walters CR.; Pool EJ. "The effects of silver nanoparticles on RAW 264.7. Macrophages and human whole blood cell cultures". *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2019 Jan 1; 24(2):347-365.

Танилцаж, нийтлэх санал өгсөн:
Академич, анагаахын шинжлэх ухааны
доктор, профессор Ч.Чимэдрэгчаа