ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 6

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

YALPIZ EKSTRAKTI YORDAMIDA SINTEZ QILINGAN ZnO NANOZARRACHALARINING BAKTERIYALARGA QARSHI XUSUSIYATLARI

Uralova Dilnoza
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakultetining 1-bosqich talabasi.
Zaitova Gulsanam
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakultetining 1-bosqich talabasi.
Anvarjon Buronov
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Biotexnologiya, muhandislik va farmatsiya fakulteti assistenti.
E-mail: anvarjon4488@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda yalpiz (*Mentha piperita*) ekstrakti yordamida rux oksidi nanozarrachalari (ZnO NP) yashil usulda sintez qilindi. Sintez jarayoni UV-Vis spektrofotometriya, skanyerlovchi elektron mikroskopiya va energiya dispersiv rentgen spektroskopiyasi usullari bilan tasdiqlandi. Olingan nanozarrachalari ko‘p dorilarga chidamli Listeria monocytogenes shtammlariga qarshi yuqori antimikrobiyal faollik ko‘rsatdi (inhibitsiya zonasi 30–35 mm). Besh haftalik oziq-ovqat sinovida (pomidor misolida) ZnO NP patogenlarning o‘sishini sezilarli darajada kechiktirishi aniqlandi. Ushbu natijalar oziq-ovqat xavfsizligida ZnO NP dan tabiiy konservant sifatida foydalanish istiqbollarini ochib beradi.

Kalit so‘zlar: rux oksidi nanozarrachalari, yalpiz ekstrakti, yashil sintez, Listeria monocytogenes, antimikrobiyal faollik, oziq-ovqat konservanti, pomidor

Аннотация. В данном исследовании проведен «зеленый» синтез наночастиц оксида цинка (ZnO NP) с использованием экстракта мяты перечной (Mentha piperita). Синтез подтвержден методами УФ-видимой спектрофотометрии, сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии. Полученные наночастицы показали высокую антимикробную активность против полирезистентных штаммов Listeria monocytogenes (зона ингибирования 30–35 мм). В пятинедельном пищевом тесте (на томатах) ZnO NP значительно замедляли рост патогенов. Результаты открывают перспективы использования ZnO NP в качестве натуральных консервантов в пищевой безопасности.

Ключевые слова: наночастицы оксида цинка, экстракт мяты перечной, зеленый синтез, Listeria monocytogenes, антимикробная активность, пищевой консервант, томаты

Abstract. The rapid emergence of multidrug-resistant foodborne pathogens necessitates the development of novel, eco-friendly antimicrobial agents. This study focuses on the green synthesis of zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) using Mentha piperita (peppermint) extract. The formation of nanoparticles was confirmed by UV-Vis spectrophotometry (peak at 350 nm), scanning electron microscopy (spherical shape, size ~85.4 nm), and energy-dispersive X-ray spectroscopy (high purity Zn and O). The synthesized ZnO NPs exhibited potent antimicrobial activity against multidrug-resistant Listeria monocytogenes strains, with inhibition zones ranging from 30 to 35 mm. Furthermore, a five-week food preservation study on tomatoes demonstrated that ZnO NPs significantly delayed microbial spoilage. These findings highlight the potential of peppermint-mediated ZnO NPs as natural, effective food preservatives, offering a sustainable alternative to synthetic chemicals.

Keywords: zinc oxide nanoparticles, peppermint extract, green synthesis, Listeria monocytogenes, antimicrobial activity, food preservative, tomatoes

KIRISH.

So‘nggi yillarda oziq-ovqat mahsulotlarining mikroblar bilan ifloslanishi global sog‘liqni saqlash tizimi oldidagi eng dolzarb muammolardan biriga aylandi. Ayniqsa, *Listeria monocytogenes* kabi gram-musbat, spor hosil qilmaydigan patogen bakteriya sabab bo‘ladigan listerioz kasalligi jiddiy xavf tug‘diradi. Ushbu patogen, ayniqsa, homilador ayollar, keksalar va immuniteti zaif shaxslarda meningit va septitsemiyaga olib kelishi mumkin [1]. O‘zbekiston sharoitida ham sanoat va qishloq xo‘jaligida keng qo‘llanilayotgan kimyoviy konservantlarning atrof-muhit va inson salomatligiga salbiy ta’siri tobora ko‘proq e’tirof etilmoqda. Shu sababli, ekologik toza, biologik parchalanuvchan va xavfsiz alternativlarni yaratish muhim ilmiy- amaliy vazifa hisoblanadi.

Nanotexnologiya bu borada katta imkoniyatlarni taqdim etadi. Rux oksidi (ZnO) nanozarrachalari (NP) o‘zining keng spektrli antimikrobiyal faolligi, termal barqarorligi va oziq-ovqat sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatmasligi bilan ajralib turadi [2]. An’anaviy kimyoviy sintez usullari zaharli reagentlar va yuqori energiya sarfini talab qilsa, “yashil sintez” o‘simlik ekstraktlari yordamida NP ishlab chiqarishning iqtisodiy jihatdan tejamkor va ekologik xavfsiz usuli sifatida ilgari surilmoqda [3].

Mentha piperita (yalpiz) o‘simligi o‘zining mentol, menthon va flavonoidlar kabi bioaktiv birikmalari tufayli an’anaviy tibbiyotda keng qo‘llaniladi [4]. O‘zbekistonning turli hududlarida ham yalpiz ko‘plab o‘stiriladi va mavjudligi yuqori. Ushbu tadqiqotning maqsadi – yalpiz ekstrakti yordamida ZnO NP ni yashil usulda sintez qilish, ularni fizik-kimyoviy jihatdan tavsiflash va ko‘p dorilarga chidamli *L. monocytogenes* shtammlariga qarshi antimikrobiyal

ISSN 3030-3907

faolligini, shuningdek, pomidor mevalarining saqlanish muddatiga ta'sirini baholash. Ushbu ish O'zbekistonda mahalliy o'simlik xomashyosi asosida nanokonservantlar ishlab chiqarish bo'yicha dastlabki qadam bo'lib, ilmiy yangilik elementi hisoblanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Dunyo miqyosida o'rganishlar holati. ZnO NP ning antimikrobiyal mexanizmlari – reaktiv kislorod turlari (ROS) hosil qilish, Zn^{2+} ionlarining ajralib chiqishi va bakterial hujayra membranasiga bevosita ta'sir qilish – ko'plab tadqiqotlarda tasdiqlangan [5]. Hozirgi kunda olimlar ZnO NP ning gram-musbat va gram-manfiy bakteriyalarga qarshi samaradorligini faol o'rganmoqdalar. Masalan, Mendes va boshq. (2022) [6] tomonidan olib borilgan tadqiqotda ZnO NP ning bakteriotsid ta'siri asosan Zn^{2+} ionlarining ajralib chiqishi va ROS generatsiyasi bilan bog'liqligi isbotlangan. Mentha turlari yordamida sintez qilingan ZnO NP lar Escherichia coli, Staphylococcus aureus va Salmonella shtammlariga qarshi samarali ekanligi ko'rsatilgan [7]. Biroq, aksariyat tadqiqotlar *L.* monocytogenesning klinik jihatdan xavfli, ko'p dorilarga chidamli shtammlariga qarshi ma'lumotlarni kam taqdim etadi.

Karatepe va boshq. (2024) [8] gidrotermal usulda sintez qilingan ZnO NP larning *L.* monocytogenesga qarshi minimal ingibitsiya konsentratsiyasi (MIC) qiymatlari 20,8–41,7 µg/mL oralig'ida ekanligini aniqlagan. Fouda va boshq. (2023) [9] anor qobig'i ekstrakti yordamida sintez qilingan ZnO NP larning ham xuddi shunday faolligini qayd etgan. Shu bilan birga, oziq-ovqat matritsasida nanozarrachalarning real vaqt ichidagi faolligi an'anaviy in vitro agar difuziya usullaridan farq qilishi mumkin [10]. Zhou va boshq. (2023) [11] o'simlik ekstraktlari yordamida sintez qilingan ZnO NP larning oziq-ovqat va qishloq xo'jaligida qo'llanilishi yuzasidan keng qamrovli tahlil o'tkazgan.

O'zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar. O'zbekistonda nanotexnologiya sohasida, xususan, oziq-ovqat xavfsizligi uchun mahalliy o'simlik xomashyosi asosida nanozarrachalar sintezi bo'yicha tadqiqotlar hali boshlang'ich bosqichda. Shu kunga qadar yalpiz, rayhon, yalpiz kabi o'simliklarning antimikrobiyal xususiyatlari o'rganilgan bo'lsa-da, ular yordamida nanokonservantlar yaratish va ularni standartlashtirish masalalari yetarli darajada yoritilmagan. Jadhav va boshq. (2023) [12] oziq-ovqatni saqlashda antimikrobiyal nanozarrachalarni qo'llashning umumiy tamoyillarini bayon qilgan bo'lsa-da, mahalliy o'simlik turlari asosida sintez qilish bo'yicha amaliy ma'lumotlar yetarli emas. Mazkur ish ayni shu bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot turi: Eksperimental, in vitro va ex situ (pomidor mevalarida)

ISSN 3030-3907

sinovlarni o‘z ichiga olgan laboratoriya tadqiqoti.

Ob’yekt: Mentha piperita (yalpiz) o‘simligining suvli ekstrakti va undan yashil usulda sintez qilingan ZnO nanozarrachalari.

Predmet: ZnO NP larning fizik-kimyoviy xususiyatlari va Listeria monocytogenes ga qarshi antimikrobiyal faolligi, shuningdek, pomidor mevalarining mikrobial buzilishini kechiktirish qobiliyati.

ASOSIY METODLAR.

1. **Yashil sintez:** 50 g maydalangan yalpiz bargi 100 ml distillangan suvda aralashtiriladi, filtrlanadi va 5000 ayl/min da 10 daqiqa davomida sentrifugalanadi. Olingan ekstrakt 10 mmol rux asetat ($Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$) eritmasi bilan 9:1 nisbatda aralashtiriladi va 60°C da 2 soat davomida doimiy aralashtiriladi. Sintez rangi yashil-jigarrangdan sariqqa o‘zgarishi bilan kuzatilgan [12].

2. **Tavsiflash:** UV-Vis spektrofotometriya (Shimadzu UV-1800, 200–800 nm oralig‘i), skanyerlovchi elektron mikroskopiya (30 000× kattalashtirish) va energiya dispersiv rentgen spektroskopiyasi (elementar tarkibni aniqlash) usullari qo‘llanilgan.

3. Antimikrob test: Agar quduqcha difuziya usuli. L. monocytogenes shtammlari (L1, L2, L3) Listeria selektiv muhitida 37°C da 18 soat o‘stirilgan. Quduqchalarga 1 mg/mL konsentratsiyadagi ZnO NP eritmasidan 100 µL qo‘shilgan. 24 soatdan so‘ng ingibitsiya zonalari (mm) o‘lchangan. Nazorat sifatida distillangan suv va rux asetat ishlatilgan [13].

4. Saqlanish muddatini uzaytirish sinovi: To‘rt guruh pomidor (nazorat, faqat L. monocytogenes bilan ifloslantirilgan, L. monocytogenes + 1 mg/mL ZnO NP, faqat 1 mg/mL ZnO NP) xona haroratida 5 hafta davomida kuzatilgan. Har haftada mevalarning vizual buzilish darajasi (%) qayd etilgan.

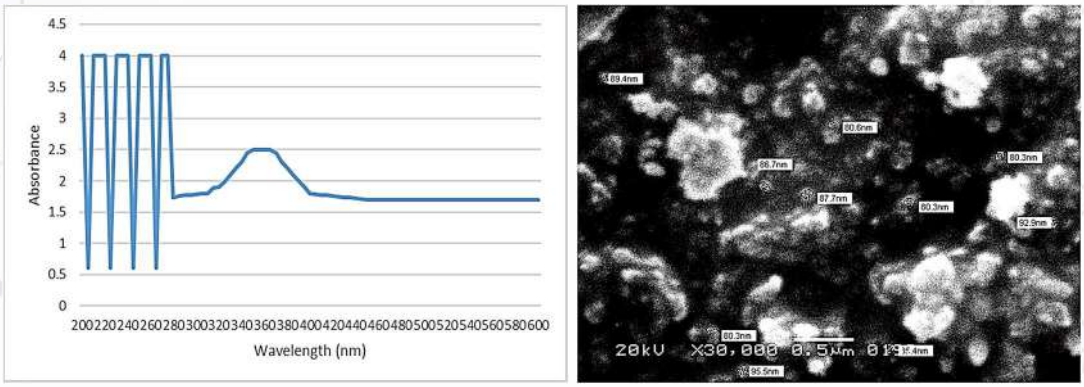
MUHOKAMA VA NATIJALAR

Fizik-kimyoviy tavsif. Sintez jarayonida rangning yashil-jigarrangdan sariq rangga o‘zgarishi ZnO NP hosil bo‘lganligining dastlabki belgisi hisoblanadi. Ushbu rang o‘zgarishi o‘simlik fitokimyoviy moddalari (flavonoidlar, terpenoidlar va fenol kislotalar) ning qaytaruvchi va stabillashtiruvchi rolini ko‘rsatadi [14]. UV-Vis spektroskopiyasi 350 nm da xarakteristik absorbsiya cho‘qqisini ko‘rsatdi. Bu natija oldingi tadqiqotlarda qayd etilgan ZnO NP uchun odatiy diapazon (330–380 nm) bilan mos keladi [10, 15]. Cho‘qqining nisbatan keskinligi zarrachalarning tor o‘lcham taqsimotidan dalolat beradi.

SEM tahlili (1-rasm) zarrachalarning asosan sharsimon shaklga ega ekanligini va o‘rtacha o‘lchami 85,4 nm ekanligini ko‘rsatdi. Yalpiz yoki boshqa o‘simliklar yordamida sintez qilingan ZnO NP larning o‘lchami odatda 15–75 nm oralig‘ida bo‘lsa-da, bizning natijalarimizdagi nisbatan kattaroq o‘lcham (85,4

ISSN 3030-3907

nm) quritish va namuna tayyorlash jarayonida zarrachalarning agregatsiyasiga bog‘liq bo‘lishi mumkin. Bu holat amaliy qo‘llanilishda e’tiborga olinishi kerak, chunki agregatsiya nanozarrachalarning sirt maydonini kamaytirib, antimikrobiyal faollikni pasaytirishi mumkin.



1-rasm. Yalpiz ekstrakti yordamida sintez qilingan ZnO nanozarrachalarining SEM tasviri (30 000× kattalashtirish). Zarrachalar asosan sharsimon shaklga ega.

EDX spektri faqat rux (45,39 atom%) va kislorod (54,61 atom%) borligini ko‘rsatdi. Uglerod (C) signalining yo‘qligi, yalpiz ekstraktidan olingan organik qobiqning butunlay yo‘qligini emas, balki EDX ning sezgirlik chegarasi yoki namunani tayyorlashdagi yuvish jarayonlarining ta’sirini aks ettiradi. Bu farazni tekshirish uchun kelgusida FTIR va XRD yordamida qo‘shimcha tekshiruv o‘tkazish tavsiya etiladi.

Antimikrobiyal faollik. ZnO NP (1 mg/mL) L. monocytogenes shtammlariga qarshi 30–35 mm oralig‘ida ingibitsiya zonalari hosil qildi (1-jadval). Nazorat guruhlarida (distillangan suv va rux asetat) ingibitsiya zonasi kuzatilmadi.

1-jadval.

ZnO NP ning L. monocytogenes shtammlariga qarshi antibakterial faolligi (ingibitsiya zonasi, mm).

***L. monocytogenes* shtammi**	**ZnO NP (1 mg/mL)**
L1	35 ± 2
L2	30 ± 2
L3	32 ± 1,5
Qiymatlar: o‘rtacha ± standart og‘ish, n=3.	

Ushbu katta ingibitsiya zonalari (≥30 mm) yuqori darajadagi antibakterial faollikni ko‘rsatadi. Solishtirish uchun, Karatepe va boshq. (2024) [9] 20,8–41,7 µg/mL MIC qiymatlarida 15–17 mm atrofida zonalarni qayd etgan. Farq, asosan, test konsentratsiyasining farqiga bog‘liq. Gram-musbat *L. monocytogenes* ga qarshi faollik asosan ZnO NP dan ajralib chiqqan Zn^{2+} ionlari va ROS ning bakterial hujayra devori va membranasiga zarar yetkazishi bilan izohlanadi [7].

ISSN 3030-3907

Shuningdek, yalpiz ekstraktidagi fitokimyoviy moddalar nanozarrachalar yuzasida qobiq hosil qilib, ularning barqarorligi va hujayra membranasiga yopishish qobiliyatini oshirishi mumkin.

Saqlanish muddatini uzaytirish. Besh haftalik kuzatuv natijalari shuni ko‘rsatdiki, faqat L. monocytogenes bilan ifloslantirilgan pomidorlarning 100% i 5-hafta oxirida butunlay chirigan. ZnO NP (1 mg/mL) bilan ishlangan pomidorlarda esa buzilish darajasi atigi 10% ni tashkil etgan. ZnO NP qo‘shilgan guruhda faqat patogen qo‘shilgan guruhga nisbatan statistik jihatdan sezilarli farq (p=0,009) qayd etilgan. Boshqacha aytganda, nanozarrachalar patogenning o‘sishini inhibe qilib, mevalarning saqlanish muddatini besh haftagacha uzaytirgan.

Tadqiqot cheklovlari va kelgusidagi yo‘nalishlar. Mazkur tadqiqotning ba’zi cheklovlari mavjud. Birinchidan, SEM yordamida aniqlangan 85,4 nm o‘lcham kolloid holatdagi haqiqiy o‘lchamni aks ettirmasligi mumkin (agregatsiya tufayli). Ikkinchidan, o‘simlik ekstraktining aniq fitokimyoviy profili (masalan, yuqori samarali suyuq xromatografiya (HPLC) orqali) aniqlanmagan. Uchinchidan, ZnO NP larning sitotoksikligi va ularning oziq-ovqat bilan aloqa qiladigan sirtlardan migratsiyasi o‘rganilmagan. Kelgusida FTIR, XRD, dinamik yorug‘lik sochilishi (DLS), sitotoksisite (masalan, Caco-2 hujayra chizig‘ida) va atrof-muhitda parchalanish sinovlari o‘tkazilishi zarur. Bundan tashqari, real oziq-ovqat ishlab chiqarish sharoitlarida (masalan, sut, go‘sht mahsulotlarida) qo‘llashdan oldin qo‘shimcha optimizatsiya talab etiladi.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Ushbu tadqiqot asosida quyidagi xulosalar chiqarildi:

1. Mentha piperita (yalpiz) ekstrakti yordamida ZnO NP ning yashil sintezi muvaffaqiyatli amalga oshirildi. Bu usul ekologik toza, iqtisodiy jihatdan samarali va an’anaviy kimyoviy sintezga qulay alternativ ekanligini ko‘rsatdi.

2. Sintez qilingan ZnO NP sharsimon shaklga ega bo‘lib, o‘rtacha o‘lchami 85,4 nm va 350 nm da UV-Vis absorbsiya cho‘qqisiga ega. EDX tahlili ularning yuqori tozaligini (faqat Zn va O) tasdiqladi.

3. ZnO NP ko‘p dorilarga chidamli Listeria monocytogenes shtammlariga qarshi kuchli antimikrobiyal faollik ko‘rsatdi (ingibitsiya zonasi 30–35 mm).

4. Pomidor mevalarida 5 haftalik sinovda ZnO NP mikrobial buzilishni sezilarli darajada kechiktirdi (buzilish 100% dan 10% gacha kamaydi), bu ularning oziq-ovqat konservanti sifatida yuqori potensialidan dalolat beradi.

Amaliy takliflar:

- O‘zbekiston oziq-ovqat sanoati korxonalari uchun yalpiz asosida ishlab chiqarilgan ZnO NP ni o‘z ichiga olgan biologik parchalanuvchi nanokompozit qoplamalar (masalan, bioplastik plyonkalar) yaratish va sinovdan o‘tkazish

ISSN 3030-3907

tavsiya etiladi.

- "Yashil" nanokonservantlarning xavfsizligini baholash maqsadida Sog'liqni saqlash vazirligi va Standartlashtirish agentligi bilan hamkorlikda qo'shimcha toksikologik tadqiqotlar (in vitro sitotoksisite, migratsiya testlari) tashkil etilsin.
- Mahalliy qishloq xo'jaligi mahsulotlari (uzum, olma, bodring, qovun) da ham xuddi shunday sinovlarni o'tkazish orqali texnologiyani kengaytirish va mahsulot turlariga moslashtirish maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Farid N, Zainab I, Ahmed R, Urooj SA, Bashir A, Abbas F, et al. Green synthesis of ZnO nanoparticles using Mentha piperita (Peppermint) extract and evaluation of their antimicrobial potential against Listeria monocytogenes. Applied Food Research. 2025;5:101478. doi: 10.1016/j.afres.2025.101478
2. Vidovic S, Paturi G, Gupta S, Fletcher GC. Lifestyle of Listeria monocytogenes and food safety: Emerging listericidal technologies in the food industry. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2024;64(7):1817–1835. doi: 10.1080/10408398.2022.2119205
3. Lüth S, Halbedel S, Rosner B, Wilking H, Holzer A, Roedel A, et al. Backtracking and forward checking of human listeriosis clusters identified a multiclonal outbreak linked to Listeria monocytogenes in meat products of a single producer. Emerging Microbes & Infections. 2020;9(1):1600–1608. doi: 10.1080/22221751.2020.1784044
4. Krishnamoorthy R, Athinarayanan J, Periyasamy VS, Alshuniaber MA, Alshammari G, Hakeem MJ, et al. Antibacterial mechanisms of zinc oxide nanoparticle against bacterial food pathogens resistant to beta-lactam antibiotics. Molecules. 2022;27(8):2489. doi: 10.3390/molecules27082489
5. Jadhav R, Pawar P, Choudhari V, Topare N, Raut-Jadhav S, Bokil S, et al. An overview of antimicrobial nanoparticles for food preservation. Materials Today: Proceedings. 2023;72:204–216. doi: 10.1016/j.matpr.2022.07.045
6. Nazzaro F, Fratianni F, De Martino L, Coppola R, De Feo V. Effect of essential oils on pathogenic bacteria. Pharmaceuticals. 2013;6(12):1451-1474. doi: 10.3390/ph6121451
7. Mendes CR, Dilarri G, Forsan CF, Sapata VM, Lopes PRM, de Moraes PB, et al. Antibacterial action and target mechanisms of zinc oxide nanoparticles against bacterial pathogens. Scientific Reports. 2022;12:2658. doi: 10.1038/s41598-022-06657-y
8. Ahmad N, Ali S, Abbas M, Fazal H, Saqib S, Ali A, et al. Antimicrobial efficacy of Mentha piperita-derived biogenic zinc oxide nanoparticles against UTI-resistant pathogens. Scientific Reports. 2023;13:14972. doi:

ISSN 3030-3907

10.1038/s41598-023-41502-w
9. Karatepe P, Akgöl M, Bayrak S, Incili GK. In-vitro antimicrobial activity of ZnO nanoparticles produced by hydrothermal method against some foodborne pathogens. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. 2024;12(s2):2266–2271. doi: 10.24925/turjaf.v12i2.2266-2271.7002
10. Fouda A, Saied E, Eid AM, Kouadri F, Aleman AM, Hamza MF, et al. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using an aqueous extract of Punica granatum for antimicrobial and catalytic activity. Journal of Functional Biomaterials. 2023;14(4):205. doi: 10.3390/jfb14040205
11. Zhou XQ, Hayat Z, Zhang DD, Li MY, Hu S, Wu Q, et al. Zinc oxide nanoparticles: Synthesis, characterization, modification, and applications in food and agriculture. Processes. 2023;11(4):1193. doi: 10.3390/pr11041193
12. Sharma S, Kumar K, Chauhan S, Chauhan MS. Synthesis and characterization of ZnO nanoparticles using mint Plant leaves. CPUH-Research Journal. 2018;4(1):12-18.
13. Gaur P, Hada V, Rath RS, Mohanty A, Singh P, Rukadikar A. Interpretation of antimicrobial susceptibility testing using European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) and Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) breakpoints: Analysis of agreement. Cureus. 2023;15(3):e36977. doi: 10.7759/cureus.36977
14. Hameed H, Waheed A, Sharif MS, Saleem M, Afreen A, Tariq M, et al. Green synthesis of zinc oxide (ZnO) nanoparticles from green algae and their assessment in various biological applications. Micromachines. 2023;14(5):928. doi: 10.3390/mi14050928
15. Sanchez-Perez D, Gomez E, Garcia-Martinez J, et al. Biogenic ZnO nanoparticles: A review of their synthesis, characterization and biomedical applications. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2023;221:112998. doi: 10.1016/j.colsurfb.2022.112998.