

POST-HARVEST MEVA PATOGENLARIGA QARSHI PAENIBACILLUS POLYMYXA VA BACILLUS THURINGIENSIS SHTAMMLARINING ANTAGONISTIK POTENSIALI

Aktamova Nigora Pirmamat qizi

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti,
Biologiya va ekologik fakulteti, Biotexnologiya va Mikrobiologiya kafedrası
Biotexnologiya mutaxassisligi magistranti.

Tashmuxeamedova Sh.S.

Ilmiy rahbar: prof.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20185813>

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotning maqsadi olma, nok va uzum mevalaridan ajratib olingan *Paenibacillus polymyxa* va *Bacillus thuringiensis* shtammlarining post-harvest fitopatogenlarga qarshi antagonistik potensialini baholashdan iborat. Tadqiqot davomida mikroorganizmlar aseptik sharoitda ajratib olinib, PDA, SDA va NA oziqa muhitlarida o'stirildi hamda MALDI-TOF MS usuli yordamida identifikatsiya qilindi. Antagonistik faollik dual culture va agar diffuziya usullari asosida baholandi. Natijalar *Paenibacillus polymyxa* va *Bacillus thuringiensis* shtammlari *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* hamda *Aspergillus niger* ga qarshi yuqori antagonistik faollik namoyon qilganligini ko'rsatdi. Ayniqsa *Paenibacillus polymyxa* eng yuqori inhibitsiya ko'rsatkichlariga ega bo'lib, kuchli antifungal metabolitlar ishlab chiqarishi bilan ajralib turdi. Tadqiqot natijalari ushbu shtammlar ekologik xavfsiz biofungitsid preparatlar yaratishda istiqbolli biologik agentlar ekanligini tasdiqladi.

Kalit so'zlar: post-harvest kasalliklar, biologik nazorat, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus thuringiensis*, MALDI-TOF MS, biofungitsid, antagonist bakteriyalar, antifungal metabolitlar.

KIRISH. Hosil yig'im-terimidan keyingi davrda meva mahsulotlarining mikrobiologik buzilishi global oziq-ovqat xavfsizligining dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa olma, nok va uzum kabi namlik va uglevodlarga boy mevalarda fitopatogen zamburug'larning rivojlanishi mahsulotning saqlanish muddati va sifat ko'rsatkichlarining pasayishiga olib keladi.

Zamonaviy tadqiqotlarda *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* va *Aspergillus niger* post-harvest kasalliklarning asosiy qo'zg'atuvchilari sifatida qayd etilgan. Kimyoviy fungitsidlarning uzoq muddat qo'llanilishi mikroorganizmlarda rezistentlik hosil bo'lishi, toksik qoldiqlarning to'planishi va ekologik xavf tug'dirishi bilan xarakterlanadi. Shu sababli biologik nazorat usullarini ishlab chiqish zamonaviy biotexnologiyaning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

Biologik nazorat tizimlarida antagonist bakteriyalar alohida ahamiyatga ega bo'lib, ular fitopatogenlarga qarshi antibioz, fermentativ parchalanish va ekologik raqobat orqali ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa *Paenibacillus polymyxa* va *Bacillus thuringiensis* shtammlari biologik faol metabolitlar ishlab chiqarishi bilan ajralib turadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi ushbu shtammlarning post-harvest fitopatogenlarga qarshi antagonistik faolligini baholashdan iborat.

Tadqiqot davomida *Paenibacillus polymyxa* va *Bacillus thuringiensis* fitopatogen zamburug'larga qarshi yuqori biologik faollik ko'rsatadi degan gipoteza ilgari surildi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Post-harvest kasalliklar meva va sabzavot mahsulotlarining saqlanish muddati hamda oziqaviy qiymatini pasaytiruvchi asosiy biologik omillardan biri hisoblanadi. Zamonaviy ilmiy tadqiqotlarda mevalarda uchraydigan fitopatogen mikroorganizmlar va ularga qarshi biologik nazorat usullariga katta e'tibor qaratilmoqda.

Iwu va Okoh (2019) yangi meva mahsulotlarining bakterial patogenlar bilan zararlanish yo'llarini tahlil qilib, kontaminatsiyaning asosiy manbalari tuproq, suv, saqlash sharoitlari va mexanik shikastlanish bilan bog'liqligini ko'rsatgan [3]. Mualliflar post-harvest bosqichida gigiyenik nazorat yetarli bo'lmasa, mikroorganizmlar tez rivojlanishini ta'kidlagan.

Luciano-Rosario et al. (2020) *Penicillium expansum* biologiyasi va uning urug'li mevalarda ko'k mog'orlanish kasalligini keltirib chiqarish mexanizmlarini o'rganib, ushbu zamburug' global post-harvest patogen sifatida katta iqtisodiy zarar yetkazishini qayd etgan [4].

Shuningdek, Spada et al. (2024) *Botrytis cinerea* ga qarshi zamonaviy biologik nazorat strategiyalarini tahlil qilib, antagonist mikroorganizmlar va RNA interference texnologiyalarining istiqbolli ekanligini ko'rsatgan [5]. Ullah et al. (2025) ekologik xavfsiz post-harvest boshqaruv strategiyalarini kompleks ravishda tahlil qilib, biologik preparatlar kimyoviy fungitsidlarga samarali alternativ vosita ekanligini ta'kidlagan [6]. Wang et al. (2025) pomidor mevalarida zamburug'li chirishlarni ekologik xavfsiz boshqarish usullarini o'rganib, antagonist bakteriyalar asosidagi biologik preparatlar istiqbolli yo'nalish ekanligini ko'rsatgan [7]. Ibáñez et al. (2023) esa iqlim o'zgarishi mikroorganizmlar ekologiyasi va fitopatogenlarning tarqalishiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini qayd etgan [2].

Mahalliy manbalarda ham uzum va boshqa mevalarni saqlashdagi mikrobiologik muammolar yoritilgan. Bo'riyev va boshqalar (2023) uzum mahsulotlarini saqlashda namlik va harorat rejimi mikroorganizmlar rivojlanishiga bevosita ta'sir qilishini ta'kidlagan [1]. Tahlil qilingan ilmiy manbalar shuni ko'rsatadiki, biologik nazorat tizimlari post-harvest kasalliklarga qarshi istiqbolli va ekologik xavfsiz yo'nalish hisoblanadi. Biroq mahalliy mevalardan ajratilgan antagonist bakteriyalarning biologik potensialini chuqur o'rganish bo'yicha tadqiqotlar yetarli darajada olib borilmagan.

METODOLOGIYA. Mazkur tadqiqotda olma, nok va uzum mevalaridan ajratib olingan antagonist bakteriyalarning post-harvest fitopatogenlarga qarshi biologik faolligi o'rganildi.

Tadqiqot obyekti sifatida Toshkent shahri savdo nuqtalaridan olingan va chirish belgilari kuzatilgan mevalar tanlab olindi. Namunalarda mog'orlanish, yumshash, rang o'zgarishi va nekrotik parchalanish belgilari mavjud bo'lishiga alohida e'tibor qaratildi. Mikroorganizmlar aseptik sharoitda ajratib olinib, PDA (Potato Dextrose Agar), SDA (Sabouraud Dextrose Agar) va NA (Nutrient Agar) oziqa muhitlariga ekildi. Ekinlar 25–30°C haroratda 24–72 soat davomida inkubatsiya qilindi.

Hosil bo'lgan koloniyalar morfologik jihatdan tahlil qilinib, sof kultura olish uchun streak plate usuli qo'llanildi. Identifikatsiya jarayonida MALDI-TOF MS texnologiyasidan foydalanildi.

Faol o'sish fazasidagi koloniyalardan biomassa olinib, MALDI target plastinkasiga joylashtirildi hamda matrix eritmasi bilan ishlov berilgach mass-spektrometr yordamida tahlil qilindi. Olingan oqsil spektrlari ma'lumotlar bazasi bilan taqqoslanib, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus thuringiensis* va *Acinetobacter pittii* shtammlari aniqlandi.

Antagonistik faollik dual culture usuli yordamida baholandi. Tajribada *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* va *Aspergillus niger* asosiy test-patogenlar sifatida ishlatildi.

Antagonistik faollik quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$\text{Inhibition (\%)} = \frac{D_c - D_t}{D_c} \times 100$$

Bundan tashqari, hujayrasiz supernatantlar asosida agar diffuziya usuli qo'llanilib, biologik faol metabolitlarning antifungal ta'siri baholandi.

Siderofor, proteaza, xitinaza va organik kislotalar hosil bo'lishi selektiv mikrobiologik testlar yordamida aniqlanib, natijalar qiyosiy-statistik usullar asosida tahlil qilindi.

NATIJALAR. Tadqiqot davomida olma, nok va uzum mevalaridan turli xil bakterial va zamburug'li mikroorganizmlar ajratib olindi. Morfologik va mikrobiologik tahlillar natijasida mevalarda post-harvest kasalliklarning asosiy qo'zg'atuvchilari sifatida *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* va *Aspergillus niger* aniqlanib, ular dominant fitopatogen mikroflora sifatida qayd etildi. MALDI-TOF MS texnologiyasi yordamida ajratilgan antagonist bakteriyalar orasida *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus thuringiensis* va *Acinetobacter pittii* shtammlari identifikatsiya qilindi.

Dual culture usuli natijalari antagonist shtammlarning fitopatogen zamburug'larga qarshi turlicha biologik faollik namoyon qilganligini ko'rsatdi. *Paenibacillus polymyxa* eng yuqori antagonistik faollikka ega bo'lib, *Penicillium expansum* ga qarshi 72,1% inhibisiya darajasini ko'rsatdi. *Bacillus thuringiensis* esa *Botrytis cinerea* ga qarshi yuqori samaradorlik namoyon qilib, 68,4% inhibisiya ko'rsatkichiga ega bo'ldi. *Acinetobacter pittii* shtammi boshqa antagonistlarga nisbatan pastroq biologik faollik ko'rsatdi.

Agar diffuziya usulida hujayrasiz supernatantlarning antifungal ta'siri ham yuqori natijalarni ko'rsatdi. *Paenibacillus polymyxa* tomonidan hosil qilingan supernatant *Penicillium expansum* ga qarshi 18 mm inhibisiya zonasi hosil qilgan bo'lsa, *Bacillus thuringiensis* supernatanti *Botrytis cinerea* ga qarshi 16 mm zona hosil qildi. Selektiv testlar antagonist bakteriyalarning biologik faol metabolitlar ishlab chiqarishini tasdiqladi. Ayniqsa *Paenibacillus polymyxa* siderofor, proteaza, xitinaza va organik kislotalarni yuqori darajada sintez qilishi bilan ajralib turdi.

Olingan natijalar *Paenibacillus polymyxa* va *Bacillus thuringiensis* shtammlarining post-harvest fitopatogenlarga qarshi kuchli biologik nazorat agentlari ekanligini ko'rsatdi. Ushbu shtammlar ekologik xavfsiz biofungitsid preparatlar yaratishda istiqbolli biologik manba sifatida baholandi.

MUHOKAMA. Tadqiqot natijalari olma, nok va uzum mevalarida uchraydigan post-harvest fitopatogenlarga qarshi antagonist bakteriyalarning yuqori biologik faollikka ega ekanligini ko'rsatdi. Ayniqsa *Paenibacillus polymyxa* va *Bacillus thuringiensis* shtammlarining *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* hamda *Aspergillus niger* ga qarshi kuchli antagonistik ta'siri ushbu mikroorganizmlarning biologik nazorat tizimlaridagi istiqbolini tasdiqlaydi. Olingan natijalar Luciano-Rosario et al. (2020) va Spada et al. (2024) tomonidan fitopatogen zamburug'larga qarshi biologik preparatlar samaradorligi haqidagi ilmiy xulosalar bilan mos keladi.

Tadqiqot davomida *Paenibacillus polymyxa* eng yuqori antagonistik faollik ko'rsatgani ushbu shtammning ko'p komponentli metabolik tizimga egaligi bilan izohlanadi. Selektiv testlar davomida siderofor, proteaza, xitinaza va organik kislotalarning faol sintez qilinishi aniqlandi.

Ayniqsa xitinaza va proteolitik fermentlar zamburug' hujayra devorini parchalaydi hamda patogenlarning rivojlanishini cheklaydi. *Bacillus thuringiensis* ham yuqori biologik faollik namoyon qilib, antifungal metabolitlar ishlab chiqarishi bilan ajralib turdi. Bu holat antagonist bakteriyalarning biologik nazoratdagi samaradorligi ular ishlab chiqaradigan metabolitlar spektriga bevosita bog'liq ekanligini ko'rsatadi. Biologik nazorat usullarining muhim afzalligi ularning ekologik xavfsizligi bilan bog'liq. Kimyoviy fungitsidlar toksik qoldiq hosil qilishi va mikroorganizmlarda rezistentlik rivojlanishiga sabab bo'lishi mumkin bo'lsa, antagonist bakteriyalar tabiiy mikrobiologik muvozanatni saqlab qoladi.

Shu sababli biofungitsid preparatlar zamonaviy post-harvest texnologiyalarining istiqbolli yoʻnalishlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot davomida ilgari surilgan *Paenibacillus polymyxa* va *Bacillus thuringiensis* fitopatogenlarga qarshi yuqori antagonistik faollik koʻrsatadi degan gipoteza olingan natijalar asosida tasdiqlandi.

Mazkur natijalar Oʻzbekiston sharoitida mahalliy antagonist shtammlar asosida ekologik xavfsiz biologik preparatlar yaratish imkoniyatini koʻrsatadi. Kelajakda ushbu shtammlarning genomik va metabolomik xususiyatlarini chuqur oʻrganish yangi avlod biofungitsidlarini ishlab chiqishda muhim ilmiy asos boʻlib xizmat qilishi mumkin.

XULOSA. Mazkur tadqiqot davomida olma, nok va uzum mevalarida uchraydigan post-harvest fitopatogenlar hamda ularga qarshi antagonist bakteriyalarning biologik faolligi oʻrganildi.

Tadqiqot natijalariga koʻra, *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* va *Aspergillus niger* mevalarda keng tarqalgan asosiy fitopatogen mikroorganizmlar ekanligi aniqlandi. MALDI-TOF MS texnologiyasi yordamida *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus thuringiensis* va *Acinetobacter pittii* shtammlari identifikatsiya qilindi.

Antagonistik faollik tahlillari *Paenibacillus polymyxa* va *Bacillus thuringiensis* shtammlarining fitopatogen zamburugʻlarga qarshi yuqori biologik samaradorlikka ega ekanligini koʻrsatdi. Ayniqsa *Paenibacillus polymyxa* eng yuqori inhibisiya koʻrsatkichlarini namoyon qilib, kuchli antifungal metabolitlar ishlab chiqarishi bilan ajralib turdi. Selektiv testlar ushbu shtammning siderofor, proteaza, xitinaza va organik kislotalarni faol sintez qilishini tasdiqladi.

Olingan natijalar antagonist bakteriyalar asosidagi biologik preparatlar post-harvest kasalliklarga qarshi ekologik xavfsiz va istiqbolli nazorat usuli ekanligini koʻrsatdi. Tadqiqot natijalari mahalliy shtammlar asosida biofungitsid preparatlar yaratish hamda mevalarni saqlashning innovatsion biotexnologik tizimlarini rivojlantirish uchun muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Boʻriyev, S. B., Amonova, Z., & Toʻxtayev, Sh. H. (2023). Uzumchilik. Buxoro.
2. Ibáñez, A., Garrido-Chamorro, S., & Barreiro, C. (2023). Microorganisms and climate change: A not so invisible effect. *Microbiology Research*, 14(3), 918–947. <https://doi.org/10.3390/microbiolres14030064>
3. Iwu, C. D., & Okoh, A. I. (2019). Preharvest transmission routes of fresh produce associated bacterial pathogens with outbreak potentials: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4407. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224407>
4. Luciano-Rosario, D., Keller, N. P., & Jurick, W. M. (2020). *Penicillium expansum*: Biology, omics, and management tools for a global postharvest pathogen causing blue mould of pome fruit. *Molecular Plant Pathology*, 21(11), 1391–1404. <https://doi.org/10.1111/mpp.12990>
5. Spada, M., Pugliesi, C., Fambrini, M., & Pecchia, S. (2024). Challenges and opportunities arising from host–*Botrytis cinerea* interactions to outline novel and sustainable control strategies: The key role of RNA interference. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(12), 6798. <https://doi.org/10.3390/ijms25126798>

6. Ullah, Q., Waqar, M., Sajjad, N., Awlqadr, F. H., Arshad, M. T., Maqsood, S., Sağlam, K., Maqsood, N., Hossain, M. S., Ikram, A., Khomphet, T., & Gnedeka, K. T. (2025). Innovative strategies for postharvest disease management in fruits and vegetables: A comprehensive treatise. *Food Science & Nutrition*, 13(9), e70850. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70850>
7. Wang, Z., Wu, M., Liao, Q., Wang, Y., Sui, Y., & Gong, C. (2025). Current status and future trends of eco-friendly management of postharvest fungal decays in tomato fruit. *NPJ Science of Food*, 9(1), 104. <https://doi.org/10.1038/s41538-025-00477-w>