DOI 10.66073/ReFocus-Conf/3010062

BAKTERIOFAGLAR ASOSIDA SABZAVOT MAHSULOTLARINING MIKROBIOLOGIK NAZORATI

G‘oyibova Oyniso Faxriddin qizi *magistr Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy Universiteti, Toshkent, O‘zbekiston e-mail: oynisagayibova@gmail.com*
Tashmuxamedova S.Sh. *b.f.d. prof. Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy Universiteti, Toshkent, O‘zbekiston*
e-mail: shokhista.tashmukhamedova@gmail.com
Ismoilov Jasur *magistr Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy Universiteti, Toshkent, O‘zbekiston e-mail: jasurismailov999@gmail.com*

Annotatsiya: Mazkur tadqiqotda sabzavot mahsulotlarining mikrobiologik xavfsizligini ta’minlashda bakteriofaglardan foydalanish imkoniyatlari tahlil qilingan. Sabzavot mahsulotlari yetishtirish, tashish va saqlash jarayonlarida turli patogen va shartli-patogen mikroorganizmlar bilan ifloslanishi mumkin. Bakteriyalarga nisbatan yuqori spetsifiklikka ega bakteriofaglar ushbu mikroorganizmlarni nazorat qilishning istiqbolli biologik vositasi hisoblanadi. Maqolada bakteriofaglarning biologik xususiyatlari, litik faolligi, bir nechta bakteriofaglardan tashkil topgan preparatlarning qo‘llanilishi hamda ularning sabzavot mahsulotlaridagi bakterial ifloslanishni kamaytirishdagi ahamiyati yoritilgan. Bakteriofaglardan foydalanish sabzavot mahsulotlarining mikrobiologik xavfsizligini oshirishga xizmat qiluvchi ekologik xavfsiz va maqsadli biologik nazorat usuli sifatida baholangan.
Kalit so‘zlar: bakteriofaglar, sabzavot mahsulotlari, mikrobiologik nazorat, oziq-ovqat xavfsizligi, patogen bakteriyalar, litik faollik

Аннотация: В настоящем исследовании проанализированы возможности применения бактериофагов для обеспечения микробиологической безопасности овощной продукции. Овощи могут подвергаться контаминации различными патогенными и условно-патогенными микроорганизмами на этапах выращивания, транспортировки и хранения. Бактериофаги, обладающие высокой специфичностью в отношении определённых видов бактерий, рассматриваются как перспективное биологическое средство контроля бактериальных контаминантов. В статье рассмотрены биологические свойства бактериофагов, их литическая активность, применение препаратов на основе нескольких бактериофагов, а также их значение в снижении бактериальной контаминации овощной продукции. Применение бактериофагов рассматривается как экологически безопасный и целенаправленный метод биологического контроля, способствующий повышению микробиологической безопасности овощной продукции.
Ключевые слова: бактериофаги, овощная продукция, микробиологический контроль, безопасность пищевых продуктов, патогенные бактерии, литическая активность.

Abstract: The present study analyzes the potential of bacteriophages for ensuring the microbiological safety of vegetable products. Vegetables can become contaminated with various pathogenic and opportunistic microorganisms during cultivation, transportation, and storage. Due to their high specificity toward particular bacterial species, bacteriophages are considered a promising biological tool for controlling bacterial contaminants. The article discusses the biological properties

IQTIBOS UCHUN
G‘oyibova O.F., Tashmuxamedova S.Sh., Ismoilov J.B. Bakteriofaglar asosida sabzavot mahsulotlarining mikrobiologik nazorati // Fundamental va amaliy mikrobiologiyaning bugungi holati va rivojlanish istiqbollari: yosh olimlar nigohi: Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari. – Toshkent, 2026. – B. 224–228.
DOI: https://doi.org/10.66073/ReFocus-Conf/3010062

of bacteriophages, their lytic activity, the application of preparations containing multiple bacteriophages, and their significance in reducing bacterial contamination of vegetable products. The use of bacteriophages is considered an environmentally safe and targeted biological control approach that can contribute to improving the microbiological safety of vegetable products.

Keywords: bacteriophages, vegetable products, microbiological control, food safety, pathogenic bacteria, lytic activity

Kirish

Sabzavot mahsulotlari inson oziqlanishida muhim o‘rin tutishi bilan birga, yetishtirish, yig‘ib olish, tashish va saqlash jarayonlarida turli mikroorganizmlar bilan ifloslanishi mumkin. Patogen va shartli-patogen bakteriyalarning rivojlanishi mahsulot sifatining pasayishi hamda oziq-ovqat xavfsizligiga tahdid tug‘diradi. Shu sababli sabzavot mahsulotlarida bakterial kontaminatsiyani samarali nazorat qilishning xavfsiz va ekologik usullarini ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega [1,2]. Bakteriofaglar bakterial hujayralarni spetsifik ravishda zararlovchi viruslar bo‘lib, ularning litik faolligi bakterial populyatsiyani kamaytirish imkonini beradi. Yuqori spetsifiklik va maqsadli ta’sir xususiyati bakteriofaglarni sabzavot mahsulotlarining mikrobiologik nazoratida istiqbolli biologik vosita sifatida qo‘llash imkonini yaratadi [3,4]. Mazkur maqolaning maqsadi sabzavot mahsulotlarining mikrobiologik nazoratida bakteriofaglardan foydalanish imkoniyatlarini va ularning bakterial kontaminatsiyani kamaytirishdagi ahamiyatini ilmiy jihatdan tahlil qilishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili

Bakteriofaglarning oziq-ovqat mahsulotlaridagi bakterial patogenlarni nazorat qilishdagi imkoniyatlari bir qator tadqiqotlarda o‘rganilgan. Moye va hammualliflar bakteriofaglarning oziq-ovqat ishlab chiqarish va qayta ishlash jarayonlarida qo‘llanilishini tahlil qilib, ularning yuqori spetsifikligi hamda bakterial hujayralarni lizisga uchratish xususiyatini asosiy afzallik sifatida ko‘rsatgan [5]. López-Cuevas va hammualliflar yangi meva va sabzavotlarda bakteriofaglardan foydalanish bo‘yicha tadqiqotlarni tahlil qilgan. Mualliflar Salmonella spp., Escherichia coli va boshqa oziq-ovqat patogenlariga qarshi fag preparatlaridan foydalanish imkoniyatlarini ko‘rib chiqib, ularning samaradorligi bakteriyaning fagga sezgirligi va qo‘llash sharoitlariga bog‘liqligini ta’kidlagan [6]. Jagannathan va hammualliflar bakteriofaglarning o‘simlik mahsulotlarining hosilgacha va hosildan keyingi mikrobiologik xavfsizligini ta’minlashdagi qo‘llanilishini tahlil qilgan. Tadqiqotda bakteriofaglarni mahsulot yuzasiga qo‘llash orqali bakterial yuklamani kamaytirish imkoniyatlari hamda faglarning amaliy qo‘llanilishiga ta’sir qiluvchi omillar ko‘rib chiqilgan [7].

Vikram va hammualliflar bakterial oziq-ovqat patogenlarini bakteriofaglar yordamida nazorat qilish bo‘yicha zamonaviy tadqiqotlarni umumlashtirgan. Mualliflar fagning xo‘jayin diapazoni, bakterial shtammning sezgirligi, fag konsentratsiyasi va tashqi muhit sharoitlari bakteriofag samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini qayd etgan [8]. Bakteriofaglarning tor xo‘jayin diapazoni ularni amaliy qo‘llashdagi muhim cheklovlardan biri hisoblanadi. Shu sababli turli bakterial shtammlarga ta’sir qiluvchi bir nechta faglarni birlashtirish orqali kombinatsiyalangan bakteriofag preparatlarini qo‘llash imkoniyati o‘rganilgan. Bunday yondashuv bakterial nishonlar doirasini kengaytirish va nazorat samaradorligini oshirish imkonini berishi mumkin [9]. Shuningdek, tadqiqotlarda bakteriofaglarning samaradorligi ularning litik xususiyatlari, bakteriyaga adsorbsiyalanish qobiliyati va tashqi muhit omillariga barqarorligi bilan bog‘liqligi ko‘rsatilgan [10]. Shu jihatdan, sabzavot mahsulotlarini mikrobiologik nazorat qilish uchun faglarni tanlashda ularning litik faolligi, spetsifikligi va bakterial shtammlarga qarshi samaradorligini oldindan baholash muhim hisoblanadi.

Umuman, mavjud tadqiqotlar bakteriofaglardan sabzavot mahsulotlarining mikrobiologik nazoratida foydalanish imkoniyatlari mavjudligini ko‘rsatadi. Biroq muayyan hududda uchraydigan bakterial shtammlarga nisbatan faol faglarni aniqlash, ularning litik faolligini baholash va sabzavot

DOI: 10.66073/ReFocus-Conf/3010062

mahsulotlari yuzasidagi bakterial kontaminatsiyani kamaytirish samaradorligini aniqlash masalalari qo‘shimcha tadqiqotlarni talab qiladi [11].

Material va usullar

Tadqiqot obyekti sifatida pomidor (*Solanum lycopersicum*), kartoshka (*Solanum tuberosum*), bodring (*Cucumis sativus*) va karam (*Brassica oleracea*) mahsulotlarining bakterial kasallik belgilari kuzatilgan namunalari tanlab olindi. Har bir sabzavot turidan 2 tadan, jami 8 ta namuna tadqiqotga jalb qilindi. Namunalar tashqi ko‘rinishida chirish, yumshash, qorayish, suvli dog‘lar yoki to‘qimalarning nekrozga uchrashi kabi bakterial zararlanishga xos belgilar mavjud bo‘lgan qismlardan olindi. Namuna olishda zararlangan va sog‘lom to‘qimalar chegarasidagi qism tanlanib, steril asbob yordamida ajratildi va mikrobiologik tekshiruv uchun steril idishlarda laboratoriyaga yetkazildi. Namunalarning zararlangan qismidan steril skalpel yordamida 1–2 g miqdorda material olinib, steril fiziologik eritma yordamida boshlang‘ich suspenziya tayyorlandi. Tayyorlangan suspenziyalar mikrobiologik ekish uchun ishlatildi. Bakterial mikroorganizmlarni aniqlash maqsadida namunalar tegishli oziqa muhitlariga ekildi. Ekish ishlari aseptik sharoitda amalga oshirilib, ekmalar mikroorganizmlarning o‘sishi uchun optimal sharoitda inkubatsiya qilindi.

Bakterial izolyatlarni dastlabki identifikatsiya qilishda koloniyalarning morfologik belgilari, mikroskopik xususiyatlari va biokimyoviy reaksiyalaridan foydalanildi. Xususan, Gram usulida bo‘yash, katalaza reaksiyasi asosida izolyatlarning Staphylococcus aureus turiga mansubligi baholandi. Tadqiqot davomida sabzavot namunalaridan Staphylococcus aureus bakteriyasi ajratib olindi. Ajratilgan izolyat keyingi tadqiqotlar uchun sof kultura holatiga keltirilib, bakteriofagga sezuvchanligini aniqlash uchun foydalanildi. Ajratib olingan Staphylococcus aureus izolyatiga qarshi litik xususiyatga ega Staphylococcus phage K (Phage K) bakteriofagi tanlandi. Ushbu bakteriofag Staphylococcus aureus hujayralarini zararlash va lizisga uchratish xususiyatiga ega bo‘lgan litik bakteriofag sifatida tadqiqotning keyingi bosqichlarida qo‘llanildi. Har bir izolyat uchun bakteriofag bilan ishlov berilgan tajriba varianti va bakteriofag qo‘shilmagan nazorat varianti tayyorlandi. Bakteriofagning Staphylococcus aureus izolyatiga nisbatan litik faolligi oziqa muhitining yuzasida bakteriyalar bir tekis o‘sib, hosil qilgan zich bakterial qatlamda tiniq lizis zonalarining paydo bo‘lishi asosida baholandi. Tiniq lizis zonalarining hosil bo‘lishi bakteriofagning Staphylococcus aureus hujayralarini zararlab, ularning lizisiga olib kelganligini ko‘rsatuvchi belgi sifatida qayd etildi.

Bakteriofagning Staphylococcus aureus ga ta’siri tajriba va nazorat variantlaridagi tirik bakterial hujayralar sonini taqqoslash orqali baholandi. Buning uchun har ikkala variantdan namunalar oziqa muhitiga qayta ekilib, inkubatsiyadan so‘ng hosil bo‘lgan koloniyalar soni (CFU/ml) aniqlandi. Bakterial hujayralar sonining nazoratga nisbatan kamayish darajasi quyidagi formula asosida hisoblandi:

Bakterial kamayish (%) = $[(N_0 - N_1) / N_0] \times 100$

bu yerda N_0 — nazorat, N_1 — bakteriofag bilan ishlov berilgan tajriba variantidagi tirik bakteriyalar soni (CFU/ml). Lizis zonalarining hosil bo‘lishi va CFU/ml ko‘rsatkichining kamayishi bakteriofagning S. aureus ga qarshi litik faolligini baholash mezonlari sifatida qabul qilindi.

Natijalar

Tadqiqot davomida pomidor, kartoshka, bodring va karamning har biridan 2 tadan, jami 8 ta sabzavot namunasi mikrobiologik tekshiruvdan o‘tkazildi. Tekshiruv natijasida pomidorning 2 ta, kartoshkaning 2 ta va bodringning 2 ta namunasida Staphylococcus aureus aniqlandi. Karamning 2 ta namunasida esa S. aureus aniqlanmadi. Ajratib olingan 6 ta S. aureus izolyatiga bakteriofag bilan ishlov berilganda, oziqa muhitining yuzasida bakteriyalar bir tekis o‘sib, hosil qilgan zich bakterial qatlamda tiniq lizis zonalari paydo bo‘ldi. Ushbu lizis zonalarining hosil bo‘lishi bakteriofagning tekshirilgan S. aureus izolyatlariga nisbatan litik faollikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Bakteriofag bilan ishlov berishdan keyingi mikrobiologik tekshiruvda 6 ta S. aureus musbat namunaning 4

tasida bakterial o‘sish kuzatilmadi, 2 tasida esa S. aureus qayta aniqlandi. Nazorat variantida esa bakterial o‘sish saqlanib qoldi. Natijada bakteriofag qo‘llangandan keyin S. aureus aniqlangan namunalar soni 6 tadan 2 tagacha kamaydi.

Bakterial aniqlanishning kamayish darajasi: $[(6 - 2) / 6] \times 100 = 66,7\%$

ni tashkil etdi. Olingan natijalar bakteriofagning Staphylococcus aureus ga nisbatan litik faolligini va tekshirilgan sabzavot namunalarida ushbu bakteriyaning kamayishiga ta’sir ko‘rsatganligini ko‘rsatdi (1-jadval).

1-jadval. Sabzavot namunalaridan ajratilgan Staphylococcus aureus izolyatlariga bakteriofag ta’siri

№	Sabzavot turi	Olingan namunalar soni	S. aureus ajratilgan namunalar	Bakteriofag ta’sirida lizis kuzatilgan
1	Pomidor (Solanum lycopersicum)	2	2	2
2	Kartoshka (Solanum tuberosum)	2	2	2
3	Bodring (Cucumis sativus)	2	2	2
4	Karam (Brassica oleracea)	2	0	-
Jami		8	6	6

Umuman olganda, olingan natijalar bakteriofagning Staphylococcus aureus ga nisbatan samarali litik faollikka ega ekanligini va uni sabzavot mahsulotlarining mikrobiologik nazoratida qo‘llash istiqbolli biologik vosita ekanligini ko‘rsatdi.

Xulosa

Bakteriofaglardan foydalanishga asoslangan yondashuv sabzavot mahsulotlarining mikrobiologik xavfsizligini ta’minlashda istiqbolli biologik nazorat usullaridan biri hisoblanadi. Bakteriofaglarning maqsadli bakteriyalarga nisbatan yuqori spetsifikligi ularni foydali mikroorganizmlarga kamroq ta’sir ko‘rsatadigan muqobil nazorat vositasi sifatida qo‘llash imkonini beradi. Sabzavot mahsulotlarida bakterial kontaminatsiyani nazorat qilishda bakteriofaglardan foydalanish kimyoviy antimikrob vositalarga bo‘lgan ehtiyojni kamaytirish, mahsulotning mikrobiologik xavfsizligini oshirish hamda biologik nazoratning ekologik jihatdan maqbul usullarini rivojlantirish imkoniyatini yaratadi.

O‘tkazilgan tadqiqot natijasida sabzavot mahsulotlarida uchrashi mumkin bo‘lgan Staphylococcus aureus ni aniqlash va unga qarshi bakteriofag asosida mikrobiologik nazorat olib borish imkoniyati ko‘rsatildi. Tekshirilgan bakterial izolyatlarga bakteriofag ta’sir ettirilganda lizis zonalarining hosil bo‘lishi uning S. aureus ga nisbatan litik faolligini tasdiqladi. Olingan natijalar bakteriofaglardan sabzavot mahsulotlarining mikrobiologik xavfsizligini ta’minlash va maqsadli bakterial kontaminatsiyani nazorat qilishda foydalanish istiqbolli ekanligini ko‘rsatadi.

Bakteriofag asosidagi mikrobiologik nazorat tizimini amaliyotga joriy etishda faglarning spetsifikligi, barqarorligi, qo‘llash sharoitlari va maqsadli bakteriyalarning fagga sezuvchanligini hisobga olish muhim hisoblanadi. Shu sababli bakteriofaglarni sabzavot mahsulotlarini mikrobiologik nazorat qilishda qo‘llash bo‘yicha standartlashtirilgan yondashuvlarni ishlab chiqish va ularning amaliy samaradorligini yanada chuqur o‘rganish dolzarb yo‘nalishlardan biridir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Jagannathan B.V., Dakoske M., Vijayakumar P.P. Bacteriophage-mediated control of pre- and post-harvest produce quality and safety. LWT, 2022, Vol. 169, 113912. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.113912.
2. López-Cuevas O., Medrano-Félix J.A., Castro-Del Campo N., Chaidez C. Bacteriophage applications for fresh produce food safety. International Journal of Environmental Health Research, 2021, 31(6), 687–702. DOI: 10.1080/09603123.2019.1680819.

3. Moye Z.D., Woolston J., Sulakvelidze A. Bacteriophage Applications for Food Production and Processing. Viruses, 2018, 10(4), 205. DOI: 10.3390/v10040205.
4. O'Sullivan L., Bolton D., McAuliffe O., Coffey A. Bacteriophages in Food Applications: From Foe to Friend. Annual Review of Food Science and Technology, 2019, 10, 151–172. DOI: 10.1146/annurev-food-032818-121747.
5. Moye Z.D., Woolston J., Sulakvelidze A. Bacteriophage Applications for Food Production and Processing. Viruses. 2018;10(4):205. DOI: 10.3390/v10040205.
6. López-Cuevas O., Medrano-Félix J.A., Castro-Del Campo N., Chaidez C. Bacteriophage applications for fresh produce food safety. International Journal of Environmental Health Research. 2021;31(6):687–702. DOI: 10.1080/09603123.2019.1680819.
7. Jagannathan B.V., Dakoske M., Vijayakumar P.P. Bacteriophage-mediated control of pre- and post-harvest produce quality and safety. LWT. 2022;169:113912. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.113912.
8. Vikram A., Callahan M.T., Woolston J.W., Sharma M., Sulakvelidze A. Phage biocontrol for reducing bacterial foodborne pathogens in produce and other foods. Current Opinion in Biotechnology. 2022;78:102805. DOI: 10.1016/j.copbio.2022.102805.
9. Bai J., Kim Y.-T., Ryu S., et al. Effective inhibition of Salmonella Typhimurium in fresh produce by a phage cocktail targeting multiple host receptors. Food Microbiology. 2018;76:114–122. DOI: 10.1016/j.fm.2018.08.011.
10. Radford D.R., et al. Effectiveness of a Phage Cocktail as a Potential Biocontrol Agent against Saprophytic Bacteria in Ready-To-Eat Plant-Based Food. Viruses. 2023;15(1):172.
11. Kim, Ryu & Lim. Bacteriophage cocktail LEC2-LEC10 for broad-spectrum control of pathogenic and uncharacterized Escherichia coli in fresh produce. Frontiers in Microbiology. 2025.
12. O'Flaherty S., Ross R.P., Coffey A. (2005). Potential of the polyvalent anti-Staphylococcus bacteriophage K for control of antibiotic-resistant staphylococci from hospitals. Applied and Environmental Microbiology, 71(4), 1836–1842.