

OZIQ-OVQAT ZANJIRIDA MIKROBIOLOGIK XAVFSIZLIKNI
TA'MINLASHNING ZAMONAVIY USULLARI

Tolliyeva Nilufar Sharifjon qizi

Yusupova Kamola Bolbek qizi

Norqulova Zoxida Tashboyevna

Sanoat texnologiyasi fakulteti dots.JizPi

Annontatsiya: *Ushbu maqolada, oziq-ovqat zanjirida mikrobiologik xavfsizlikni ta'minlash bo'yicha zamonaviy yondashuvlar, laboratoriya va protsessual texnologiyalar, monitoring va izlanish usullari hamda ularni amaliyotga joriy etishda yuzaga keluvchi muammolar tahlil qilinadi. Asosiy e'tibor — tezkor aniqlash metodlari (molekulyar va biosensorli usullar), whole-genome sequencing va metagenomik yondashuvlar, yangi termal bo'lmagan va kombinatsiyalangan (hurdle) jarayonlar, hamda zamonaviy kuzatuv-tracing tizimlari (ma'lumot almashinuvi, raqamli izlash) ga qaratilgan. Maqola ilmiy manbalar asosida tavsiyalar va kelgusidagi istiqbollar haqida yoritilgan..*

Kalit so'zlar: *Oziq-ovqat xavfsizligi; mikrobiologik monitoring; WGS; metagenomika; tezkor diagnostika; non-thermal texnologiyalar; hurdle technology; biosensorlar.*

Abstract: *This article reviews modern approaches to ensuring microbiological safety in the food chain, laboratory and process technologies, monitoring and detection methods, and challenges in their implementation. The main focus is on rapid detection methods (molecular and biosensor methods), whole-genome sequencing and metagenomic approaches, new non-thermal and combined (hurdle) processes, and modern tracking and tracing systems (data exchange, digital search). The article provides recommendations and future prospects based on scientific sources.*

Keywords: *Food safety; microbiological monitoring; WGS; metagenomics; rapid diagnostics; non-thermal technologies; hurdle technology; biosensors.*

Oziq-ovqat zanjirida (farmdan stolgacha) mikrobiologik xavfsizlik inson salomatligi va iqtisodiy barqarorlik uchun asosiy shartdir. Bakteriyalar, viruslar va zamburug'lar keltirib chiqaradigan oziq-ovqat orqali yuqadigan kasalliklar global sog'liq uchun muhim muammo bo'lib qolmoqda. So'nggi o'n yilliklarda aniqlash usullari, proses texnologiyalari va ma'lumotlar boshqaruvi sohalaridagi yirik texnologik yangiliklar ushbu muammoni kamaytirishga katta imkoniyat yaratdi.

2. Tezkor va yuqori sezgir diagnostika usullari:

2.1 Molekulyar usullar: PCR, qPCR, LAMP: An'anaviy madaniy metodlarga nisbatan nuklein kislotaga asoslangan metodlar (PCR, qPCR) va izotermal amplifikatsiya (LAMP) oziq-ovqat namunalarida patogenlarni tez va sezgir aniqlash imkonini beradi. LAMP kabi usullar laboratoriya jihozlari kam bo'lgan sharoitlarda ham qo'llanishi mumkin va mayda portativ diagnostika platformalariga mos keladi.

2.2 Biosensorlar, mikrofluidika va point-of-care qurilmalar: Biosensorlar (elektrokimyoviy, optik, immuno-biosensorlar) va mikrofluidik chiplar mayda namunalarni tez analiz qilish, on-site monitoring va real vaqt javoblar berish uchun juda foydali. Ularning afzalligi — namunani kamroq tayyorlash, tez natija va potentsial avtomatlashtirilganda ommaviy sinov imkoniyati.

3. Sekvenlash va omik yondashuvlar: WGS va metagenomika:

3.1 Whole-Genome Sequencing (WGS): WGS texnologiyalari oziq-ovqat manbasini aniqlash, patogenlar orasidagi filogenetik bog'lanishni o'rganish va antibiotik rezistentligi (AMR) genlarini identifikatsiyalashda inqilob qildi. Davlatlararo epidemiologik tahlil va epidemiyalarni tez aniqlashda WGS asosiy vositalardan biriga aylandi. Jahon sog'liqni saqlash tashkilotlari WGSni milliy monitoringga integratsiyalashni tavsiya qilmoqda.

3.2 Metagenomika va nanopore/NGS platformalari: Metagenomik yondashuvlar (NGS, nanopore) bir namunada mavjud bo'lgan barcha mikroorganizmlarning DNK/ RNK manzarasini berib, noaniq yoki ko'p turlik kontaminatsiyani aniqlashga yordam beradi. Bu usullar prob-mustaqil (hypothesis-free) diagnostika imkoniyatini taqdim etadi, shu bilan birga namunadagi past abundantlikdagi patogenlarni ham ushlashi mumkin. Biroq namuna tayyorlash, bioinformatika va kontaminatsiyalarni boshqarish masalalari hali ham dolzarb.

4. Protsessual va saqlash texnologiyalari (interventions):

4.1 Hurdle texnologiyasi (kombinatsiyalangan to'sqinliklar): Bir nechta (termal yoki non-termal) to'siqlarni kombinatsiyalash orqali mikroorganizmlarning barqarorligini kamaytirish mumkin. Masalan, past harorat + pH nazorati + natriy nitrit yoki tabiiy antimicrobials — umumiy xavfni pasaytiradi. Hurdle yondashuvi oziq-ovqat sifatini saqlab qolib, xavfsizlikni oshirishga xizmat qiladi.

4.2 Non-thermal protsesslar: HPP, PEF, ultratovush, cold plasma: High-Pressure Processing (HPP): yuqori bosim ostida mikroorganizmlarni inaktivatsiya qiladi, ovqatning sensor va nutritiv xususiyatlarini saqlaydi.

Pulsed Electric Fields (PEF): elektron maydon orqali hujayra membranalarini buzish orqali inaktivatsiya beradi, asosan suyuq va yarim suyuq mahsulotlar uchun mos.

Ultratovush va cold plasma: yuzaki dezinfektsiya va mikroorganizmlarga qarshi qo'shimcha usullar sifatida qo'llanadi.

Bu texnologiyalar ayniqsa termal qayta ishlovga mos bo'lmagan mahsulotlarda (masalan, yangi siqilgan sharbatlar, suvli mahsulotlar, ready-to-eat) qo'llanmoqda.

4.3 Biologik va bio-preservatsiya usullari: Bakteriofaglar, probiyotiklar yoki tabiiy antimicrobials (bacteriocinlar, natriy izolari) mikrobiologik yukni pasaytirishda alternativ yondashuvlarni taklif etadi. Ularning afzalligi — mahsulotning tabiiyligini saqlash, ammo tegishli xavfsizlik va regulyator tekshiruvlar talab etiladi.

5. Monitoring, izchillik va izlash (traceability):

5.1 Raqamli kuzatuv va WGS asosida izlash: WGS ma'lumotlari va raqamli hisobotlar birga qo'llanganda epidemiyalarning manbasini aniqlash va tarmoqdagi zaif havzalarni tez

aniqlash osonlashadi. Milliy va xalqaro ma'lumotlar bazalari (masalan, PulseNet kabi tizimlar) ma'lumot almashinuvini tezlashtiradi va taqqoslash imkoniyatini beradi.

5.2 Blokcheyn va IoT imkoniyatlari: Blokcheyn asosidagi yozuvlar va IoT sensorlar (harorat, nisbiy namlik) supply chain bo'ylab real vaqt kuzatuvini kuchaytiradi. Bunday tizimlar shubhali partiyalarni tez bloklash va iste'molchilarga izchil ma'lumot berish imkonini yaratadi.

6. Risk baholash va predictiv mikrobiologiya:

Kvantilarga asoslangan model-lar va predictiv mikrobiologiya yordamida mahsulotda mikroorganizmlarning o'sishi, pasayishi va xavf dynamikasi modellashtiriladi. Bu tavsiyalarni ishlab chiqishda ishlab chiqarish parametrlarini optimallashtirish va xavfli vaziyatlarni oldindan aniqlash uchun qo'llanadi.

7. Standartlar, regulyatsiya va amaliy amalga oshirish muammolari:

Zamonaviy metodlarni amaliyotga joriy etishda quyidagi muammolar uchrashi mumkin: laboratoriya va bioinformatika infratuzilmasi, ma'lumotlar standartlashtirilishi va shaxsiy hayotni himoya qilish, regulyator me'yorlari bilan muvofiqlashtirish, xodimlarni tayyorlash va moliyalashtirish. Kattaroq amaliy tajribalar, milliy laboratoriya tarmoqlari va xalqaro hamkorlik bu to'siqlarni yengishda muhimdir.

8. Tavsiyalar va kelajak istiqbollari:

1. Milliy laboratoriyalarni WGS va NGS platformalari bilan jihozlash va ularni xalqaro ma'lumot bazalari bilan integratsiyalash.

2. Tezkor point-of-care testlarni (LAMP, biosensorlar) maydon darajasida keng joriy etish — ayniqsa ishlab chiqarish va distribyutsiya nuqtalarida.

3. Non-thermal va hurdle texnologiyalarni mahsulot-spetsifik tarzda qo'llash, sifat va xavfsizlik balansini saqlash.

4. Metagenomika va nanopore platformalariga asoslangan nazoratni ishlab chiqish — bioinformatika va standart protokollarni ishlab chiqish zarur.

5. Ta'lim va malaka oshirish dasturlari, hamda kichik va o'rta ishlab chiqaruvchilar uchun moliyaviy rag'batlar dasturlarini tashkil etish.

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, Mikrobiologik xavfsizlikni ta'minlashda texnologik innovatsiyalar — tezkor diagnostika, WGS/metagenomika, non-thermal protsesslar va raqamli kuzatuv tizimlari — muhim rol o'ynaydi. Biroq, ularni samarali va adolatli joriy etish uchun infratuzilma, me'yoriy-huquqiy asos va trening dasturlari talab etiladi. Kelajakda integratsiyalashgan yondashuv (omics + real-time sensorlar + predictiv modellar) oziq-ovqat xavfsizligini sezilarli darajada kuchaytirishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. WHO. Whole genome sequencing in foodborne disease surveillance: Public health and food safety applications. Geneva: World Health Organization; 2023.

2. Aladhadh M. A Review of Modern Methods for the Detection of Foodborne Pathogens. 2023.
3. Tigrero-Vaca J. Next-generation sequencing applications in food science. 2025.
4. Lisboa HM et al. Innovative and Sustainable Food Preservation Techniques. MDPI Sustainability; 2024.
5. Liu S. et al. Research progress on detection techniques for point-of-care. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology; 2022.