

**POLIMER IDISHLARDA UZOQ VAQT SAQLANGAN ICHIMLIK  
SUVINING MIKROBIOLOGIK XAVFSIZLIGI VA BIOFILM  
SHAKLLANISH XAVFINI BAHOLASH**

**F.H.Tojiboyeva**

*Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti  
“Gigiyena” yo‘nalishi 1-kurs magistranti  
tojiboyevaferdavsxon@gmail.com +99893 5529501*

**M.D.Ashurova**

*Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti  
“Mehnat gigiyenasi” kafedrasida mudiri t.f.n dotsent*

**Ilmiy rahbar: Sh.M.Turdiyev**

*Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti  
Magistratura va ordinatura bo‘lim boshlig‘i*

**Annotatsiya.** Ushbu tadqiqotda polimer idishlarda (PET, polipropilen, polietilen) uzoq muddat saqlangan ichimlik suvining mikrobiologik xavfsizligi va biofilm shakllanish xavfi baholandi. Tadqiqot doirasida Farg‘ona viloyati sharoitida 120 ta suv namunasi 30, 60 va 90 kun davomida saqlanib, mikrobiologik tahlil qilindi. MAFAn, umumiy koliform bakteriyalar, *Pseudomonas aeruginosa* hamda biofilm hosil bo‘lish ko‘rsatkichlari aniqlangan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, 60 kundan keyin mikrobiologik ko‘rsatkichlar me‘yoriy darajadan 4,2 martagacha oshgan. Biofilm shakllanishi PET idishlarda polipropilen idishlarga nisbatan 1,8 marta yuqori bo‘ldi. Olingan natijalar asosida ichimlik suvini polimer idishlarda saqlash muddatlarini cheklash zarurligi asoslab berildi.

**Kalit so‘zlar:** ichimlik suvi, polimer idish, biofilm, mikrobiologik xavfsizlik, MAFAn, PET, *Pseudomonas aeruginosa*

### **Kirish**

Ichimlik suvining xavfsizligi global sog‘liqni saqlashning muhim muammolaridan biridir. Zamonaviy sharoitda aholi tomonidan suvni polimer idishlarda saqlash keng tarqalgan bo‘lib, bu holat ayniqsa markazlashgan suv ta‘minoti yetarli rivojlanmagan hududlarda dolzarbdir. Uzoq muddat saqlash jarayonida suvda mikroorganizmlar ko‘payishi va biofilm shakllanishi kuzatiladi. Biofilm mikroorganizmlarning himoyalangan shakli bo‘lib, dezinfeksiya vositalariga nisbatan yuqori chidamlilikka ega. Farg‘ona viloyatining issiq iqlimi ushbu jarayonlarni yanada tezlashtiradi. Shu sababli mahalliy sharoitda ilmiy tadqiqot o‘tkazish zarurati mavjud.

**Tadqiqot maqsadi.** Polimer idishlarda saqlangan ichimlik suvining mikrobiologik holatini va biofilm shakllanishini baholash.

**Adabiyotlar sharhi.** Polimer idishlarda saqlanadigan ichimlik suvining mikrobiologik xavfsizligi masalasi so‘nggi yillarda global ilmiy hamjamiyatda dolzarb mavzulardan biriga aylangan. Ichimlik suvi tizimlarida mikroorganizmlarning rivojlanishi, ayniqsa biofilm shakllanishi bilan bog‘liq jarayonlar keng o‘rganilmoqda. Biofilm — bu mikroorganizmlarning qattiq yuzalarga yopishib, murakkab tuzilmali jamoa hosil qilishi bo‘lib, u ekzopolisaxarid matriks bilan o‘ralgan bo‘ladi. Zamonaviy tadqiqotlarga ko‘ra, biofilm tarkibidagi mikroorganizmlar erkin holatdagi bakteriyalarga nisbatan ancha chidamli bo‘lib, dezinfeksiya vositalari ta‘siriga yuqori darajada bardoshlidir (Flemming va boshq., 2016). Shu sababli biofilm ichimlik suvining ikkilamchi ifloslanish manbai sifatida alohida xavf tug‘diradi.

Ichimlik suvi tizimlarida biofilm shakllanish mexanizmlari va uning tarkibi bo‘yicha o‘tkazilgan zamonaviy tadqiqotlar biofilm rivojlanishi ko‘p bosqichli jarayon ekanligini ko‘rsatadi. Dastlab mikroorganizmlar yuzaga yopishadi, so‘ngra mikrokoloniya hosil qiladi va oxir-oqibat murakkab biofilm strukturasi aylanadi. Bu jarayonlar kimyoviy signal almashinuvi — quorum sensing orqali boshqariladi (Douterelo va boshq., 2017).

Polimer materiallarning biofilm shakllanishiga ta‘siri ham ilmiy jihatdan keng o‘rganilgan. Tadqiqotlar natijasida aniqlanishicha, polimer yuzalarning fizik-kimyoviy xususiyatlari, xususan gidrofoblik darajasi va yuzaning mikrorelyefi mikroorganizmlarning yopishishiga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi (Wang va boshq., 2020). PET materiallari polipropilen va boshqa materiallarga nisbatan biofilm shakllanishiga ko‘proq moyillik ko‘rsatishi aniqlangan.

Ichimlik suvining mikrobiologik barqarorligi masalasi ham alohida e‘tiborga loyiq. Frederik Hammes va hamkorlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda ichimlik suvining biologik barqarorligi uning tarkibidagi ozuqa moddalari va saqlash sharoitlariga bog‘liqligi ko‘rsatib berilgan. Suv tarkibidagi organik moddalarning mavjudligi mikroorganizmlar rivojlanishi uchun qulay muhit yaratadi.

Temperatura omili biofilm shakllanishida hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Issiq iqlim sharoitida mikroorganizmlarning o‘sinh tezligi keskin ortadi. Proctor va boshqalar (2018) tadqiqotida haroratning oshishi mikrobiologik faollikni bir necha barobar tezlashtirishi aniqlangan. Bu holat ayniqsa Markaziy Osiyo hududlari uchun muhim ahamiyatga ega.

So‘nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlar ichimlik suvining mikrobiologik tarkibi murakkab ekotizim ekanligini ko‘rsatmoqda. Fangqing Ling va boshqalar (2018) ichimlik suvi mikrobiomini o‘rganib, unda turli mikroorganizmlar o‘zaro ta‘sirida yashashini va bu tizim tashqi omillarga sezgir ekanligini aniqlagan.

Polimer idishlarda saqlangan suvning mikrobiologik ifloslanishi bo‘yicha tadqiqotlar ham muhim natijalar bergan. Zhang va boshqalar (2021) plastik idishlarda saqlangan suvda mikroorganizmlar sonining vaqt o‘tishi bilan ortib borishini ko‘rsatgan. Ayniqsa

uzoq muddat saqlash sharoitida biofilm shakllanishi va patogen bakteriyalar rivojlanishi xavfi oshadi.

Patogen mikroorganizmlar orasida *Pseudomonas aeruginosa* alohida e'tiborga loyiq. Ushbu bakteriya biofilm tarkibida faol ishtirok etib, yuqori darajada antibiotiklarga chidamlilik xususiyatiga ega (Fish va boshq., 2016). Bu esa ichimlik suvi orqali yuqadigan infeksiyalar xavfini oshiradi. Shunga qaramay, mavjud tadqiqotlarning aksariyati Yevropa va Osiyoning boshqa hududlarida o'tkazilgan bo'lib, Markaziy Osiyo, xususan O'zbekiston sharoitida bu masala yetarli darajada o'rganilmagan. Ayniqsa, yuqori harorat va quyosh radiatsiyasi sharoitida polimer idishlarda suv saqlashning mikrobiologik oqibatlarini bo'yicha ilmiy ma'lumotlar yetarli emas. Shu bois, Farg'ona viloyati sharoitida polimer idishlarda uzoq muddat saqlangan ichimlik suvining mikrobiologik xavfsizligini o'rganish dolzarb ilmiy masala hisoblanadi va ushbu tadqiqot aynan shu bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan.

**Tadqiqot materiallari va usullari.** Jami 120 ta suv namunasi o'rganildi: PET idishlar (n=40), Polipropilen idishlar (n=40), Polietilen idishlar (n=40)

**Saqlash sharoiti.** Namunalari 30, 60 va 90 kun davomida: laboratoriya sharoitida (+20±2°C), uy sharoitiga yaqin sharoitda saqlandi

**Mikrobiologik tahlil.** Quyidagi ko'rsatkichlar aniqlandi: MAFAn, umumiy koliform bakteriyalar, *Pseudomonas aeruginosa*  
ISO standartlari asosida tahlil qilindi:

1. ISO 6222:2017
2. ISO 9308-1:2014
3. ISO 16266:2006

**Biofilmni baholash.** Biofilm kristall binafsha usuli yordamida aniqlanib, optik zichlik (OD595) orqali baholandi.

**Statistik tahlil.** Ma'lumotlar SPSS dasturida qayta ishlanib, p<0,05 darajada ishonchlilik baholandi.

**Natijalar.** Tadqiqot boshlanishida (0-kun) barcha uch turdagi idishlardagi suv namunalarining MAFAn ko'rsatkichi DSt O'z 950-2011 me'yoriy talabi doirasida bo'lib, o'rtacha qiymat 12,4±3,2 KFE/ml ni tashkil etdi. Saqlash muddatining uzayishi bilan mikroorganizmlar sonining oshishi barcha idish turlarida qayd etildi, biroq bu jarayon turli intensivlikda kechdi (1-jadval).

**1-jadval. Turli polimer idishlarda MAFAn dinamikasi (KFE/ml, M±m)**

Ko'rsatkich	0-kun	30-kun	60-kun	90-kun
PET idish (5 L)	12,1±2,8	87,4±14,2	423,6±68,4*	1240,8±186,3*

Polipropilen (20 L)	13,2±3,1	64,8±11,6	312,4±52,1*	876,5±142,7*
Polietilen (10 L)	11,8±2,6	71,2±13,4	368,9±61,8*	1024,3±168,4*
DSt O'z 950-2011 me'yori	100 gacha	100 gacha	100 gacha	100 gacha

Izoh: \* — me'yordan oshish statistik jihatdan ishonchli ( $p < 0,01$ )

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, barcha idish turlarida 60-kunga kelib MAFAn ko'rsatkichi me'yoriy talabdan sezilarli darajada oshib ketdi. PET idishlarda 90-kunga kelib MAFAn ko'rsatkichi me'yordan 12,4 marta oshdi, polipropilen idishlarda — 8,8 marta, polietilen idishlarda esa — 10,2 marta. Saqlash muddati va MAFAn o'rtasidagi korrelyatsiya juda yuqori bo'lib, Pearson koeffitsienti PET idishlar uchun  $r=0,94$  ( $p < 0,001$ ), polipropilen uchun  $r=0,91$  ( $p < 0,001$ ), polietilen uchun  $r=0,93$  ( $p < 0,001$ ) ni tashkil etdi. Dastlabki namunalarda (0-kun) barcha idishlarda koliform bakteriyalar aniqlanmadi. 30-kunga kelib koliformlar PET idishlarning 12,5% (5/40) namunasida, 60-kunga kelib 37,5% (15/40) namunasida va 90-kunga kelib 67,5% (27/40) namunasida topildi. Polipropilen idishlarda mazkur ko'rsatkich 30-kunda 7,5%, 60-kunda 25%, 90-kunda 52,5% ni tashkil etdi (2-jadval).

**2-jadval. Koliform bakteriyalar va *P. aeruginosa* aniqlash chastotasi (%)**

Idish turi		30-kun	60-kun	90-kun
PET koliformlar	—	12,5%	37,5%*	67,5%*
Polipropilen koliformlar	—	7,5%	25,0%*	52,5%*
Polietilen koliformlar	—	10,0%	32,5%*	60,0%*
PET <i>aeruginosa</i>	— P.	5,0%	22,5%*	45,0%*
Polipropilen <i>aeruginosa</i>	— P.	2,5%	12,5%	30,0%*
Polietilen <i>aeruginosa</i>	— P.	5,0%	17,5%*	37,5%*

Izoh: \* —  $p < 0,05$  darajasida statistik jihatdan ishonchli

*Pseudomonas aeruginosa* PET idishlarda eng yuqori chastotada aniqlandi: 90-kunga kelib PET namunalarning 45,0% ida bu mikroorganizm topildi. *Pseudomonas aeruginosa* ning aniqlangan shtammlari tsiprofloksasin va aminoglikozidlarga nisbatan chidamlilik ko'rsatdi, bu esa klinik nuqtai nazardan alohida xavf tug'diradi.

Biofilm shakllanishi tadqiqotning eng muhim natijalari qatoriga kiradi. Kristall binafsha usuli yordamida aniqlangan biofilm massasi (optik zichlik, OD595) PET idishlarda eng yuqori, polipropilen idishlarda esa eng past bo'lganligi aniqlandi (3-jadval).

**3-jadval. Biofilm massasining optik zichlik (OD595) ko'rsatkichlari ( $M \pm m$ )**

Idish turi	30-kun	60-kun	90-kun
PET idish	0,184±0,024	0,476±0,058*	0,892±0,114*
Polipropilen idish	0,102±0,018	0,264±0,041*	0,498±0,076*
Polietilen idish	0,141±0,021	0,358±0,049*	0,714±0,098*

Izoh: \* —  $p < 0,01$  darajasida statistik jihatdan ishonchli

PET idishlarda 90-kunlik saqlash davrida biofilm massasi polipropilen idishlarga nisbatan 1,79 marta ( $p < 0,01$ ) yuqori bo'ldi. Gram bo'yash va optik mikroskopiya natijalariga ko'ra, voyaga yetgan biofilmning (60-90 kun) asosiy tarkibiy komponentlari sifatida gram-manfiy tayoqchali bakteriyalar (*Pseudomonas* spp., *Klebsiella* spp.) va gram-ijobiy koklar (*Staphylococcus* spp.) aniqlandi. Biofilmning qalinligi 90-kunda PET idishlarda  $62 \pm 8$  mkm ni tashkil etdi.

**Muhokama.** Natijalar shuni ko'rsatadiki, suvni uzoq muddat saqlash mikrobiologik xavfni sezilarli oshiradi. Bu natijalar zamonaviy tadqiqotlar bilan mos keladi. PET idishlarda biofilm ko'proq shakllanishi material yuzasining xususiyatlari bilan izohlanadi. *Pseudomonas aeruginosa* aniqlanishi esa epidemiologik jihatdan xavfli holat hisoblanadi. Farg'ona viloyatining yuqori harorat sharoiti mikroorganizmlar rivojlanishini tezlashtiruvchi omil sifatida namoyon bo'ldi.

**Xulosa.** Ushbu tadqiqot natijalariga ko'ra quyidagi ilmiy xulosalar shakllantirildi:  
1. Polimer idishlarda (PET, polipropilen, polietilen) ichimlik suvini 60 kun va undan ortiq muddat saqlash MAFAn ko'rsatkichining DSt O'z 950-2011 me'yoriy talablaridan 4,2-12,4 marta oshib ketishiga olib keladi. Bu holat suvning mikrobiologik jihatdan iste'mol uchun xavfli ekanligini bildiradi.

2. PET idishlar biofilm shakllanishi uchun eng qulay muhit bo'lib, ularda biofilm massasi polipropilen idishlarga nisbatan 1,79 marta yuqori ( $p < 0,01$ ). Voyaga yetgan biofilm 60-90 kunlik saqlash davrida shakllanib, dezinfektsiya vositalariga yuqori chidamlilik ko'rsatadi.

3. Saqlash muddatining uzayishi bilan *Pseudomonas aeruginosa* aniqlash chastotasi sezilarli darajada oshadi: PET idishlarda 90-kunda 45% gacha yetadi. Aniqlangan shtammlarning antibiotiklarga chidamliligi qo'shimcha epidemiologik xavf omilini tashkil etadi.
4. Polipropilen idishlar uch xil polimer material orasida eng kam biofilm hosil qiluvchi material sifatida ajralib chiqdi va iste'mol gigienik jihatdan nisbatan xavfsizroq alternativa sifatida baholanishi mumkin.
5. Farg'ona viloyatining issiq iqlim sharoiti mikrobiologik jarayonlarni tezlashtiruvchi omil sifatida ta'sir ko'rsatib, me'yoriy hujjatlarda iqlimiy xususiyatlarni hisobga olishni taqozo etadi.

**Tavsiyalar.** Olingan natijalar va ilmiy xulosalar asosida quyidagi amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi: 1. DSt O'z 950-2011 standartiga polimer idishlarda ichimlik suvini saqlash muddatini cheklash bo'yicha qo'shimcha talablar kiritilsin: PET idishlar uchun — 30 kun, polipropilen idishlar uchun — 45 kun, polietilen idishlar uchun — 35 kun.

2. SanPiN 0183-05 ga polimer idishlardagi ichimlik suvining majburiy mikrobiologik monitoring tizimi bo'yicha qo'shimcha bo'lim kiritilsin.
3. Yirik sig'imli (20 litr va undan ortiq) polimer idishlar uchun gigienik sertifikatlash jarayonida biofilm hosil qilish xavfini baholash majburiy ko'rsatkich sifatida belgilansin.
4. Aholi orasida ichimlik suvini polimer idishlarda saqlashning gigienik qoidalari bo'yicha sanitariya ta'limi keng yo'lga qo'yilsin: idishlarni kamida haftada bir marta yuvilishi, yopiq idishlarda saqlash, to'g'ridan-to'g'ri quyosh nuridan himoyalash.
5. Sog'liqni saqlash muassasalari va maktablar uchun tuzilgan sanitariya qoidalarida polimer idishlardagi suvning eskirishiga oid ko'rsatmalar aniq belgilansin.
6. PET idishlarni bir martalik foydalanish maqsadida ishlab chiqarilganligi va ularni qayta foydalanish biofilm shakllanish xavfini oshirishini inobatga olib, iste'molchilar orasida bu haqda axborot tarqatish ishlari faollashtirilsin.
7. Kelgusida turli xil temperatura sharoitlarini (xususan, Farg'ona viloyatining yoz oylaridagi +35-42°C harorat sharoitlarini) simulyatsiya qilgan holda biofilm shakllanishini o'rganuvchi qo'shimcha tadqiqotlar o'tkazilsin.
8. Polimer idishlardagi ichimlik suvining kimyoviy (BPA, ftalatlar, antimon) va mikrobiologik xavf omillari o'rtasidagi sinergistik ta'sirni o'rganish maqsadida kompleks tadqiqotlar rejalashtirilsin.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. (2022). Drinking water guidelines.
2. Liu G. va boshq. (2019). Drinking water microbiology. *Water Research*.

3. Douterelo I. va boshq. (2017). Biofilms in water systems. *npj Biofilms*.
4. Wang H. va boshq. (2020). Plastic and biofilm formation. *Science of the Total Environment*.
5. Prest E.I. va boshq. (2016). Biological stability of drinking water.
6. Ling F. va boshq. (2018). Drinking water microbiome.
7. Proctor C.R. va boshq. (2018). Temperature effects.
8. Zhang Y. va boshq. (2021). Microbial contamination in plastics.
9. Fish K.E. va boshq. (2016). Pathogens in biofilms.
10. WHO & UNICEF (2023). Global water report.