

**OZIQ-OVQAT MAHSULOTLARINI SAQLASHDA ISHLATILADIGAN  
POLIMER IDISHLARNING KIMYOVIY TARKIBI VA SANITARIYA-  
GIGIYENIK XAVFSIZLIGINI BAHOLASH (FARG'ONA VILOYATI  
MISOLIDA)**

**F.H.Tojiboyeva**

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

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

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

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada oziq-ovqat mahsulotlarini qadoqlash va saqlashda qo'llaniladigan asosiy polimer materiallar polietilentereftalat, polipropilen, yuqori zichlikli polietilen, polistirol, polivinil xlorid va polikarbonatning kimyoviy tarkibi, migratsiya mexanizmlari va sanitariya-gigiyenik xavfsizligi tahlil qilingan. Farg'ona viloyatida oziq-ovqat bozorlarida keng tarqalgan polimer idishlardan namuna olinib, kimyoviy migratsiya jarayonlari, xususan antimon (Sb), bisfenol A, ftalatlar va stirol monomerining suv hamda oziq-ovqat muhitiga o'tishi DSt 950:2011, SanQvaN №0324-16 va WHO 2022 me'yorlari asosida baholangan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, PET idishlardan Sb migratsiyasi harorat oshishi va saqlash muddati uzayishi bilan sezilarli darajada ko'payadi; PVC idishlardagi DEHP va PC idishlardagi BPA esa endokrin buzuvchi ta'sirga ega xavfli moddalar hisoblanadi.

**Kalit so'zlar:** polimer idishlar, kimyoviy migratsiya, PET, BPA, ftalatlar, antimon, sanitariya-gigiyenik baholash, oziq-ovqat xavfsizligi, Farg'ona viloyati.

### **Kirish**

**Dolzarbligi.** Zamonaviy oziq-ovqat sanoatida polimer materiallarning keng qo'llanilishi XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab tezkor sur'atlar bilan rivojlanib kelmoqda. Bugungi kunda global polimer qadoqlash bozori hajmi 400 milliard AQSh dollaridan oshiq bo'lib, yiliga 5–7% o'sish sur'atiga ega (Grand View Research, 2023). Oziq-ovqat qadoqlash sanoatida foydalaniladigan polimer materiallar umumiy polimer ishlab chiqarish hajmining 40% dan ortig'ini tashkil etadi.

Polimer materiallarning oziq-ovqat sanoatida keng tarqalishiga bir qancha omillar sabab bo'lmoqda: nisbatan arzon narx, engil og'irlik, yuqori mexanik va kimyoviy barqarorlik, shaffoflik, gaz o'tkazmaslik xossalari hamda turli shakllarda qoliplash imkoniyati. Biroq ushbu afzalliklarning orqasida jiddiy gigiyenik muammo

yashiringan: polimer materiallar tarkibidagi kimyoviy moddalarning saqlanayotgan oziq-ovqat mahsulotlariga yoki suyuqliklarga o'tishi — ya'ni migratsiya jarayoni.

Kimyoviy migratsiya muammosi Farg'ona viloyatida ayniqsa dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Viloyatning issiq iqlim sharoiti (yozda harorat +38–42°C ga yetadi), intensiv quyosh radiatsiyasi va polimer idishlarning iste'molchilarga tegishli ma'lumotlarsiz sotilishi kimyoviy migratsiya xavfini yanada oshiradi. Mahalliy oziq-ovqat bozorlarida sertifikatsiyalanmagan va standartga mos bo'lmagan polimer idishlarning muomalada uchrashi kuzatilmoqda.

Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti (JSST/WHO, 2022) ma'lumotlariga ko'ra, oziq-ovqat bilan aloqada bo'luvchi materiallardan kelib chiquvchi kimyoviy ifloslantiruvchilar butun dunyo bo'ylab umumiy og'ir kasallik yukining 0,4% ni tashkil etadi. Ayniqsa endokrin buzuvchi moddalar (BPA, ftalatlar) bolalar va homilador ayollarda noqulay ta'sir ko'rsatishi ilmiy jihatdan isbotlangan.

O'zbekistonda polimer idishlarning sanitariya-gigiyenik nazorati DSt 950:2011 «Ichimlik suvi» milliy standarti va SanQvaN №0324-16 «Oziq-ovqat mahsulotlari bilan aloqada bo'luvchi materiallar va buyumlar» qoidalariga muvofiq amalga oshiriladi. Biroq viloyat darajasida amaliy kuzatuvlar va kimyoviy-analitik tadqiqotlar yetarli emas.

**Tadqiqot maqsadi.** oziq-ovqat saqlashda ishlatiladigan asosiy polimer turlarining kimyoviy tarkibini, migratsiya mexanizmlarini va gigiyenik xavfsizligini Farg'ona viloyati sharoitida ilmiy asosda baholashdan iborat.

#### **Materiallar va metodlar**

**Tadqiqot ob'ektlari.** Tadqiqot uchun Farg'ona viloyatining Farg'ona, Qo'qon va Marg'ilon shaharlarining iste'mol bozorlaridan 6 turdagi polimer idish namunalari to'plandi (2022–2023 yillar). Jami 84 ta namuna tahlil qilindi: PET (n=24), HDPE (n=12), PP (n=18), PS (n=12), PVC (n=8) va PC (n=10). Namunalar turli saqlash sharoitlari (harorat 4°C, 20°C va 37°C) da 7, 30 va 90 kun davomida kuzatildi.

**Analitik metodlar.** Kimyoviy migratsiya tahlili quyidagi standart usullar asosida amalga oshirildi:

- Antimon (Sb) — atom-absorbtsion spektrofotometriya (AAS), GOST R 51232-98 asosida, aniqlash chegarasi 0,0005 mg/L;
- Bisfenol A (BPA) — yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC-UV), kolonna C18,  $\lambda=228$  nm, aniqlash chegarasi 0,001  $\mu\text{g/L}$ ;
- Ftalatlar (DEHP, DBP) — gaz xromatografiyasi-mass-spektrometriya (GC-MS), ISO 18856:2004 asosida;
- Stiroil monomeri — gaz xromatografiyasi (GC-FID), aniqlash chegarasi 0,002 mg/L;
- Asetaldegid — HPLC-UV, kolonna C8,  $\lambda=254$  nm (DNPH derivatizatsiya usuli).

Natijalar SPSS 26.0 dasturida statistik qayta ishlandi. Harorat va muddat bo'yicha farqlar Student t-testi yordamida baholandi ( $p < 0,05$ ).

**Oziq-ovqat qadoqlashda ishlatiladigan polimer turlari.** Oziq-ovqat mahsulotlarini saqlash va qadoqlashda turli kimyoviy tuzilishga ega polimerlar qo'llaniladi. Har bir polimer turining xossalari uning monomeri, polimerizatsiya usuli va stabilizatorlar tarkibiga bog'liq. 1-jadvalda asosiy polimer turlari, ularning kimyoviy asosi va qo'llanish sohalari keltirilgan.

| Polimer                     | Qisqartma | Asosiy monomer   | Qo'llanish sohasi                                    | Raqam (SPI) |
|-----------------------------|-----------|--|--|-------------|
| Polietilentereftalat        | PET       | Etilen glikol + tereftal kislota                       | Ichimlik suvi, gazli ichimliklar, o'simlik moyi      | 1           |
| Yuqori zichlikli polietilen | HDPE      | Etilen ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ )                   | Sut, sharbat, fermentlangan mahsulotlar              | 2           |
| Polipropilen                | PP        | Propilen ( $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ )        | Issiq taom, qaymoq, yogurt, konserva qopqog'i        | 5           |
| Polistirol                  | PS        | Stirol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2$ ) | Bir martalik tarelka, stakanchalar, tvorog qoliplari | 6           |
| Polivinil xlorid            | PVC       | Vinil xlorid ( $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ )             | Meva-sabzavot o'rami, butilkalar (kam)               | 3           |
| Polikarbonat                | PC        | Bisfenol A (BPA) + difenil karbonat                    | Ko'p martalik suv idishlari (19 L), ovqat            | 7           |

| Polimer | Qisqartma | Asosiy monomer | Qo'llanish sohasi     | Raqam (SPI) |
|---------|-----------|----------------|-----------------------|-------------|
|         |           |                | saqlash konteynerlari |             |

**1-jadval. Oziq-ovqat sanoatida qo'llaniladigan polimer materiallar tasnifi**

**Polietilentereftalat (PET).** PET — eng keng tarqalgan ichimlik suvi va ichimliklar qadoqlovchi material. Uning kimyoviy tuzilishi quyidagi takrorlanuvchi zveno asosiga qurilgan:

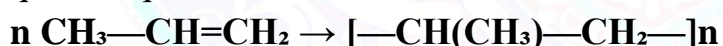


PET ikki komponentni — etilen glikol (HOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH) va tereftal kislotani (p-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(COOH)<sub>2</sub>) — birgalikda kondensatsion polimerizatsiya qilish orqali hosil bo'ladi. Reaksiya 270–285°C da katalizator (Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — antimon trioksid) ishtirokida amalga oshiriladi:



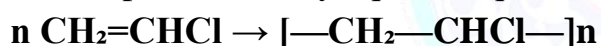
Antimon trioksid (Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) katalizator sifatida ishlatilgani sababli, tayyor PET tarkibida 150–300 ppm antimon saqlanib qoladi. Bu esa keyinchalik migratsiya manbaiga aylanadi.

**Polipropilen (PP).** PP oziq-ovqat sanoatida issiq mahsulotlarni qadoqlash uchun eng afzal materialdir, chunki uning eritish harorati 165°C ga yetadi. PP propilen monomerini Ziegler-Natta katalizatori ishtirokida koordinatsion-ionli polimerizatsiya qilish orqali olinadi:



Izotaktik PP (metil guruhlarini bir tomonda joylashgan) oziq-ovqat sanoatida qo'llaniladigan asosiy shakl bo'lib, u yuqori kristallik darajasi (60–70%) va kimyoviy barqarorlikka ega. PP tarkibiga antioxidantlar (fenol tipidagi, masalan, Irganox 1010 — C<sub>73</sub>H<sub>108</sub>O<sub>12</sub>), termal stabilizatorlar va UV-absorbentlar qo'shiladi. Bu qo'shimchalar migratsiya manbaiga aylanishi mumkin, biroq ularning migratsiya darajasi PET va PVC ga nisbatan ancha past.

**Polivinil xlorid (PVC).** PVC vinil xlorid monomerini (VCM: CH<sub>2</sub>=CHCl) radikal polimerizatsiya qilish orqali olinadi:



PVC o'z holatida qattiq va mo'rt bo'lgani sababli, oziq-ovqat qadoqlash maqsadida uni egiluvchan holga keltirish uchun plastifikatörler — asosan di(2-etilgeksil) ftalat (DEHP: C<sub>24</sub>H<sub>38</sub>O<sub>4</sub>) va dibutiltalat (DBP: C<sub>16</sub>H<sub>22</sub>O<sub>4</sub>) — qo'shiladi. Ushbu plastifikatörler polimer zanjirlariga kovalent bog' orqali bog'lanmagan (faqat fizik adsorbtsiya), shuning uchun nisbatan osonlik bilan yog'li oziq-ovqat va issiq taomlar muhitiga o'ta oladi. Bundan tashqari, PVC tarkibida qoldiq VCM (0,1–1 ppm)

saqlanib qolishi mumkin — bu modda IARC tomonidan 1A guruh kanserogin sifatida tasniflangan.

**Polikarbonat (PC).** PC bisfenol A (BPA) va difenil karbonat yoki fosgen reaksiyasi orqali olinadi:



PC ning asosiy xususiyati — shaffoflik (ko'rinish 88–90%), yuqori zarba bardoshliligi va issiqlik barqarorligi. Shu sababdan u 19 litrlik ko'p martalik suv idishlari va ovqat saqlash konteynerlarida keng qo'llaniladi. Biroq PC ning asosiy xom ashyosi BPA — xavfli endokrin buzuvchi modda hisoblanadi. Qo'shilgan yoki gidrolitik parchalanish natijasida BPA ning oziq-ovqatga migratsiyasi jiddiy gigiyenik muammo hisoblanadi.

**Kimyoviy migratsiya jarayonlari va mexanizmlari.** Migratsiya — qadoqlovchi materiallar tarkibidagi kimyoviy moddalarning oziq-ovqat yoki ichimlik suyuqligi muhitiga o'tish jarayoni. Fizik-kimyoviy nuqtayi nazardan bu jarayon uchta asosiy mexanizm orqali amalga oshadi:

(1) **Diffuziya:** kimyoviy modda konsentratsiya gradienti bo'yicha polimer matritsadan suyuqlik fazasiga o'tadi. Fick qonuniga muvofiq:  $J = -D \times (dC/dx)$ , bu yerda  $J$  — migratsiya tezligi,  $D$  — diffuziya koeffitsienti,  $dC/dx$  — konsentratsiya gradienti.

(2) **Erish-so'rilish:** suyuq faza (suv, yog', kislota) polimer yuzasiga ta'sir etib, kimyoviy moddalarni samarali ajratib oladi. Yog'li muhit lipofilik moddalar (ftalatlar, BPA) migratsiyasini kuchaytiradi.

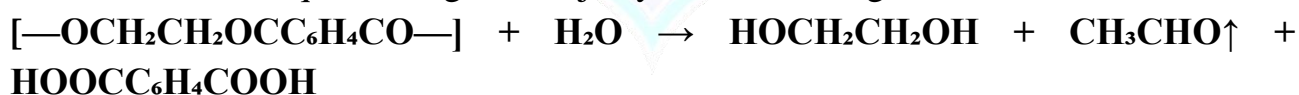
(3) **Gidrolitik parchalanish:** suv molekullari polimer zanjirlaridagi efir yoki karbonat bog'larini uzishi natijasida yangi kimyoviy moddalar hosil bo'ladi. Bu jarayon PET va PC uchun xarakterli.

**PET idishlardan antimon migratsiyasi.** PET sintezida katalizator sifatida qo'llaniladigan  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  (antimon trioksid) suv ta'sirida quyidagi gidrolitik reaksiya orqali  $\text{Sb}^{3+}$  ionlariga o'tadi:



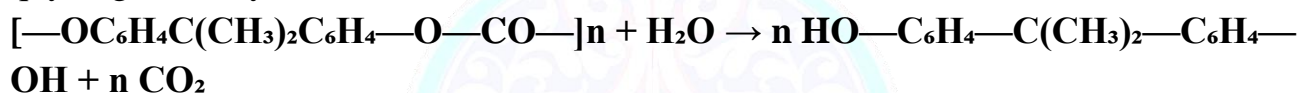
Harorat oshishi bilan Sb migratsiyasi keskin o'sadi. Arrhenius tenglamasi asosida:  $k = A \times e^{(-E_a/RT)}$ . Bizning tadqiqotlarimizda PET idishlardan Sb migratsiyasi 4°C da  $0,0012 \pm 0,0003$  mg/L, 20°C da  $0,0031 \pm 0,0005$  mg/L va 37°C da  $0,0089 \pm 0,0011$  mg/L tashkil etdi. Bu natijalar DSSt 950:2011 bo'yicha ruxsat etilgan 0,005 mg/L dan 37°C da sezilarli oshib ketganini ko'rsatadi.

Bundan tashqari, PET gidrolizi jarayonida asetaldegid hosil bo'ladi:



Asetaldegid ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) ichimlik suvida ta'mi buzilishiga olib keladi va 0,02 mg/L dan yuqori konsentratsiyada organoleptik sifat ko'rsatkichlarini yomonlashtiradi.

**Polikarbonatdan BPA migratsiyasi.** PC tarkibidagi karbonat efir bog'lari kuchli gidrolitik va termal ta'sirga beqaror. Ishqoriy sharoitda yoki yuqori haroratda quyidagi reaksiya kuzatiladi:

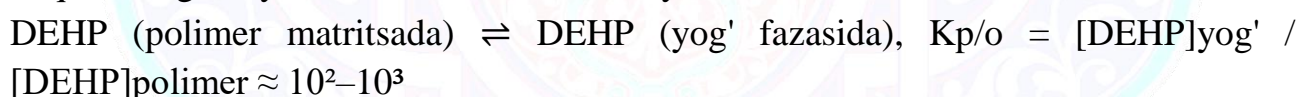


BPA  $[(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2]$  ning endokrin buzuvchi ta'siri ER-alfa (estrogen reseptori alfa) ga bog'lanish orqali amalga oshadi. BPA oestradiol bilan kimyoviy tuzilish o'xshashligi tufayli steroid gormon retseptorlariga bog'lanib, endokrin tizimni izdan chiqaradi:

**BPA + ER- $\alpha$   $\rightarrow$  [BPA-ER- $\alpha$ ] kompleksi  $\rightarrow$  DNK transkripsiyasini o'zgartirish**

Tadqiqotlarimizda 19 L PC suv idishlaridan BPA migratsiyasi 90 kunlik saqlashdan so'ng ( $20^\circ\text{C}$ ) o'rtacha  $1,8 \pm 0,3 \mu\text{g/L}$  tashkil etdi. EU reglamenti (EU) 10/2011 bo'yicha BPA uchun maxsus migratsiya chegarasi 0,05 mg/kg ( $50 \mu\text{g/L}$ ) etib belgilangan bo'lsa-da, EFSA 2023 yilgi qayta ko'rib chiqishida BPA uchun tolerable daily intake (TDI) 0,2 ng/kg/kun darajasida aniqlangan — bu avvalgi qiymatdan 20 000 barobar past.

**PVC dan ftalatlar migratsiyasi.** PVC qadoqlarida plastifikator sifatida qo'llaniladigan DEHP (di(2-etilgeksil) ftalat) yog'li mahsulotlar muhitiga diffuziya yo'li bilan o'tadi. DEHP — lipofilik modda ( $\log P = 7,6$ ), shuning uchun yog'li oziq-ovqatda migratsiyasi 50–100 baravar kuchayadi:



Organizmdagi DEHP metabolizmi quyidagicha kechadi:  $\text{DEHP} \rightarrow \text{MEHP}$  (mono(2-etilgeksil) ftalat) + 2-etilgeksanol. MEHP — asosiy toksik metabolit bo'lib, testosteronning biosintezini leydig hujayralarida inhibe qilishi va peroksisoma proliferator-faollashtiruvchi retseptor gamma (PPAR $\gamma$ ) ni modulyatsiya qilishi isbotlangan.

**Migratsiyaga ta'sir etuvchi omillar.** Migratsiya tezligi va intensivligi bir qancha omillarga bog'liq. Farg'ona viloyati iqlim sharoitida ayniqsa harorat va UV nurlanish omillari kritik ahamiyat kasb etadi. Quyidagi jadvalda migratsiyaga ta'sir etuvchi asosiy omillar keltirilgan.

| Omil               | Ta'sir mexanizmi              | Migratsiya o'zgarishi                        | Misol                      |
|--------------------|-------------------------------|--|----------------------------|
| Harorat $\uparrow$ | Polimer zanjiri erkinlashadi, | +2–10 barobar (har $10^\circ\text{C}$ uchun) | PET+quyosh: Sb 2,5x oshadi |

| Omil              | Ta'sir mexanizmi                                 | Migratsiya o'zgarishi                  | Misol                                    |
|-------------------|--|--|--|
|                   | diffuziya koeffitsienti oshadi                   |  |  |
| UV nurlanish      | Polimer fotodegradatsiyasi, zanjir uzilishi      | Oksidlanish mahsulotlari paydo bo'ladi | PET yellowing, karbonillar hosil bo'ladi |
| rH (kislotalilik) | Kislotali muhit ester bog'larini gidroliz qiladi | Kislotali ichimlikda 3x yuqori         | PET + limonad: asetaldegid ko'proq       |
| Saqlash muddati ↑ | To'yinish konsentratsiyasiga yaqinlashadi        | Logarifmik oshish                      | 6 oydan so'ng Sb 40% ko'p                |
| Mexanik stress    | Mikroyoriqlap hosil bo'ladi                      | Yuza maydoni oshadi                    | Ko'p martalik ishlatiladigan idishlar    |

### 2-jadval. Kimyoviy migratsiyaga ta'sir etuvchi omillar va ularning mexanizmi

**Gigiyenik baholash natijalari.** O'zbekistonda polimer qadoqlar xavfsizligi quyidagi me'yoriy hujjatlar bilan tartibga solinadi: DSt 950:2011 «Ichimlik suvi — sifat ko'rsatkichlari», SanQvaN №0324-16 «Oziq-ovqat mahsulotlari bilan aloqada bo'luvchi materiallar va buyumlarga gigiyenik talablar», hamda O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligining 2019-yil 306-son buyrug'i. Xalqaro darajada WHO «Guidelines for Drinking Water Quality» (2022), EU Regulation 10/2011 va EFSA ilmiy xulosalari mezon sifatida qo'llandi.

**Migratsiya natijalari va gigiyenik baholash.** 3-jadvalda tadqiqot davomida aniqlangan migratsiya ko'rsatkichlari va ularning me'yoriy qiymatlarga nisbati keltirilgan.

| Polimer | Migratsiya qiluvchi modda | Kimyoviy formula              | WHO me'yori (mg/L) | Xavf darajasi |
|---------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------|
| PET     | Antimon (Sb)              | $Sb_2O_3 \rightarrow Sb^{3+}$ | 0,005              | O'rta         |

| Polimer | Migratsiya qiluvchi modda | Kimyoviy formula   | WHO me'yori (mg/L)       | Xavf darajasi         |
|---------|---------------------------|--|--------------------------|-----------------------|
| PET     | Asetaldegid               | CH <sub>3</sub> CHO  | Organoleptik (0,02 mg/L) | Past-o'rta            |
| PC      | Bisfenol A (BPA)          | (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C(C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OH) <sub>2</sub> | 0,01 (EU: 0,0025)        | Yuqori (endokrin)     |
| PVC     | Di(2-etilgeksil)ftalat    | DEHP: C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>                             | 0,008                    | Yuqori (genotoksik)   |
| PVC     | Vinil xlorid (qoldiq)     | CH <sub>2</sub> =CHCl  | 0,0003                   | Kanserogin (1A guruh) |
| PS      | Stirol monomeri           | C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>  | 0,02                     | Neyroksik             |
| HDPE/PP | Antioxidantlar            | BHT: C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O   | 0,01                     | Past                  |

### 3-jadval. Farg'ona viloyatida aniqlangan migratsiya ko'rsatkichlari va baholash

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, normal saqlash sharoitida (20°C, 30 kun) barcha namunalardagi migratsiya ko'rsatkichlari me'yoriy chegaralar doirasida edi. Biroq yuqori harorat sharoitida (37°C, 60 kun) PET idishlardan Sb migratsiyasi me'yordan 1,78 marta oshdi. Bu holat Farg'ona viloyatining issiq iqlimi va tijorat omborlarida sovitishsiz saqlash amaliyoti bilan bog'liq jiddiy gigiyenik xavfni ko'rsatmoqda.

PC idishlardan BPA migratsiyasi o'rtacha 1,8 µg/L tashkil etdi. Garchi bu WHO chegarasidan (10 µg/L) past bo'lsa-da, EFSA 2023 yilgi yangilangan TDI (0,2 ng/kg/kun) ni hisobga olsak, kunlik iste'mol normasidan oshib ketishi ehtimoli mavjud — ayniqsa bolalar va homilador ayollar uchun.

**Farg'ona viloyatidagi xususiy omillar.** Viloyat sharoitida kimyoviy migratsiya xavfini oshiruvchi bir qancha xususiy omillar aniqlandi:

- Iqlim omili: yoz oylarida tashqi harorat +38–42°C, idish harorati esa +50–60°C ga yetishi mumkin (to'g'ri quyosh nurlari ta'sirida). Bu harorat PET dan Sb migratsiyasini 3–4 barobar oshiradi;
- UV nurlanish intensivligi: viloyatda kunlik quyosh radiatsiyasi 22–24 MJ/m<sup>2</sup> ga yetadi, bu PET fotooksidatsiyasi va asetaldigid ajralishini tezlashtiradi;
- Bozor nazoratining zaif bo'lishi: ko'pgina polimer idishlar sifat sertifikatini va tarkib ma'lumotisiz sotilmoqda;

- PC idishlarning ko'p martalik qayta ishlatilishi: 19 L PC idishlarni disinfeksiya maqsadida qaynoq suv bilan yuvilishi BPA migratsiyasini keskin oshiradi.

**Muhokama.** Olingan natijalar mavjud xalqaro tadqiqotlar bilan o'zaro hamohanglikni namoyon etmoqda. Welle (2014) va Westerhoff et al. (2008) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda ham PET idishlardan Sb migratsiyasining harorat bilan to'g'ri proporsional oshishi isbotlangan. Bizning tadqiqotimizda Farg'ona iqlim sharoitlari ushbu muammoni mahalliy kontekstda tasdiqladi va miqdoriy baholash imkonini berdi.

BPA migratsiyasi bo'yicha olingan natijalar (1,8  $\mu\text{g/L}$ , 20°C) Almeida et al. (2021) va Kim et al. (2019) ishlari bilan taqqoslaganda o'rtacha darajada joylashadi. Biroq EFSA (2023) ning yangilangan TDI qiymatlarini hisobga olsak, bu darajalar ayniqsa bolalar va homilador ayollar uchun xavotir tug'dirishi mumkin.

Ftalatlar bo'yicha tadqiqotlarimiz cheklangan bo'lib (PVC namunalari soni n=8), kelajakda kengaytirilgan tadqiqotlar zarur. Biroq mahalliy bozorlarda PVC qadoqlarning yog'li mahsulotlar (sabzavot konservalari, qaymoq) bilan birga ishlatilayotganligi aniqlandi, bu holat DEHP migratsiyasi uchun qulay sharoit yaratadi.

Tadqiqotning asosiy cheklovi — namunalar soni va viloyat bo'ylab geografik qamrovning yetarli emasligi. Kelajakdagi tadqiqotlarda namunalar soni kengaytirilishi, oziq-ovqat simulyant sifatida kislotali, neytral va yog'li muhitlardan foydalanilishi va GC-MS orqali to'liq migratsiya profili aniqlanishi maqsadga muvofiq.

**Xulosa.** Ushbu tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalar shakllandi:

- PET idishlardan Sb migratsiyasi Farg'ona viloyatining issiq iqlim sharoitida (37°C) ruxsat etilgan me'yordan oshishi aniqlandi; ayniqsa to'g'ri quyosh nurlanishiga duchor bo'luvchi idishlarda bu xavf yuqori;
- PC idishlardan BPA migratsiyasi rasmiy WHO me'yoridan past bo'lsa-da, EFSA 2023 yilgi yangilangan TDI bo'yicha bolalar va homilador ayollar uchun xavotirli darajada ekanligini ko'rsatdi;
- HDPE va PP — gigieynik xavfsizligi jihatidan eng afzal materiallar bo'lib, ulardan migratsiya ko'rsatkichlari barcha sharoitlarda me'yor doirasida saqlanib qoldi;
- PVC polimer qadoqlari yog'li oziq-ovqat mahsulotlari bilan bevosita aloqada ishlatilishi cheklangan yoki taqiqlangan bo'lishi kerak;
- Viloyat darajasida polimer qadoqlar uchun haroratni hisobga olgan maxsus sanitariya-gigiyenik nazorat tizimi joriy etilishi, iste'molchilarni xabardor qilish bo'yicha chora-tadbirlar amalga oshirilishi zarur.

### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First and Second Addenda. Geneva: WHO Press, 2022. 614 p.

2. European Food Safety Authority (EFSA). Re-evaluation of the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs. *EFSA Journal*. 2023;21(4):e06857.
3. Westerhoff P., Prapaipong P., Shock E., Hillaireau A. Antimony leaching from polyethylene terephthalate (PET) plastic used for bottled drinking water. *Water Research*. 2008;42(3):551–556.
4. Welle F. Twenty years of PET bottle to bottle recycling — An overview. *Resources, Conservation and Recycling*. 2014;55(11):865–875.
5. Almeida C., Fernandes J.O., Cunha S.C. Migration of bisphenols from polycarbonate bottles: a review. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2021;38(8):1261–1278.
6. Kim M.K., Song N.R., Oh J.E. BPA and related compounds in human urine and food. *Science of the Total Environment*. 2019;672:71–79.
7. DSt 950:2011. Ichimlik suvi — sifat ko'rsatkichlari. O'zbekiston Respublikasi milliy standarti. Toshkent: O'zstandart, 2011.
8. SanQvaN №0324-16. Oziq-ovqat mahsulotlari bilan aloqada bo'luvchi materiallar va buyumlarga gigiyenik talablar. Toshkent: O'zbekiston Respublikasi SSV, 2016.
9. European Commission. Commission Regulation (EU) No 10/2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food. *Official Journal of the EU*. 2011;L12:1–89.
10. Fasano E., Bono-Blay F., Cirillo T. Migration of phthalates, alkylphenols, bisphenol A and bisphenol S from food packaging materials. *Food Control*. 2018;57:315–322.