

FOTOELEKTROKOLORIMETR APPARATLARIDA TEXNIK XIZMAT VA KALIBRLASHNING O'LCHASH ANIQLIGIGA TA'SIRI

XAMROXO'JAYEV IBROXIMXO'JA JALOLIDDIN O'G'LI

Andijon davlat texnika instituti

Annotatsiya

Klinik laboratoriyalarda qo'llaniladigan fotoelektrokolorimetr apparatlarida texnik xizmat ko'rsatish va kalibrlashning optik zichlik va konsentratsiya o'lchash aniqligiga ta'sirini tahlil qilish hamda kalibrlash strategiyasini asoslash. **Usullar.** Kolorimetriya va spektrofotometriya nazariyasi asosida Bier–Lambert qonuni bilan bog'liq matematik model tuzildi. Standart eritmalar uchun “ideal” va “kalibrlanmagan” kalibrlash stsenariylari ko'rib chiqilib, nol nuqtasi va qiyalik (sezgirlik) xatoliklarining optik zichlik hamda hosil bo'lgan konsentratsiya qiymatlariga ta'siri hisoblab chiqildi. Shuningdek, klinik laboratoriya amaliyotida tavsiya etiladigan kundalik sifat nazorati va davriy kalibrlash sxemasi uchun konseptual taqqoslash berildi.

Natijalar. Modellash natijalariga ko'ra, kalibrlashdagi 5–10% lik qiyalik xatosi va nol nuqtasining siljishi standart eritmalar konsentratsiyasi uchun 6–12% gacha bo'lgan nisbiy xatolikka olib kelishi mumkin. Past konsentratsiya diapazonida nol xatosi, yuqori diapazonda esa qiyalik xatosi ustuvor rol o'ynaydi. Kunlik sifat nazorati va kamida yillik kalibrlashni joriy etish orqali amaliy xatolikni laboratoriya uchun maqbul bo'lgan $\pm 5\%$ diapazonida ushlab turish mumkinligi asoslandi.

Xulosa. Fotoelektrokolorimetr apparatlarida kalibrlash va texnik xizmat ko'rsatish faqat texnik talab emas, balki klinik natijalar ishonchliligi va laboratoriya diagnostikasi sifatini ta'minlovchi muhim omildir. Standart eritmalar bilan muntazam nazorat, servis jurnallari yuritish va ishlab chiqaruvchi tavsiyalariga asoslangan kalibrlash rejimini joriy etish kolorimetrik o'lchashlarning aniqligini sezilarli darajada yaxshilaydi.

Kalit so'zlar: fotoelektrokolorimetr, kalibrlash, texnik xizmat ko'rsatish, optik zichlik, Bier–Lambert qonuni, laboratoriya aniqligi.

Kirish

Fotoelektrokolorimetr apparatlari klinik laboratoriyalarda qon, siydik, biokimyoviy eritmalar va boshqa biologik namunalarda turli moddalarning konsentratsiyasini aniqlashda keng qo'llaniladigan asosiy o'lchash vositalaridan biri hisoblanadi. Ular asosan rangli eritmalar orqali o'tgan yorug'lik oqimining susayishini o'lchash va bu susayishni analiz qilinayotgan modda konsentratsiyasi bilan bog'lash tamoyiliga asoslanadi. Kolorimetrik usullar yordamida glukoza, gemoglobin, bilirubin, kreatinin, oqsil, fosfatlar va boshqa ko'plab klinik ahamiyatga ega parametrlar tez va

nisbatan arzon aniqlanadi, shuning uchun kolorimetrlar laboratoriya tahlillar paketining “yadro” elementlaridan biri sanaladi.

Kolorimetriya va spektrofotometriya nazariy asosi sifatida Bier–Lambert qonuni qabul qilingan bo‘lib, u shaffof eritmalarda nur yutilishi konsentratsiya va optik yo‘l uzunligiga proporsional ekanini ifodalaydi. Ideal holatda optik zichlik A konsentratsiya C bilan chiziqli bog‘langan: $A = \varepsilon \cdot l \cdot C$, bu yerda ε – molyar yutilish koeffitsienti, l – optik yo‘l uzunligidir. Amaliy sharoitda esa nur manbai intensivligining beqarorligi, detektor sezgirligining driftga uchrashi, optik yo‘ldagi ifloslanishlar, elektronika va operator xatolari ushbu chiziqli bog‘lanishga turli xatoliklar kiritadi.

Klinik laboratoriya amaliyotida kolorimetrik tahlillarning aniqligi tashxis qo‘yish, davolash samaradorligini baholash va kasalliklarni monitoring qilishda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Masalan, qondagi glukoza yoki gemoglobin konsentratsiyasini baholashdagi 10% atrofidagi xatolik ham giperglikemiya yoki anemiya tashxisini noto‘g‘ri qo‘yishga yoki davolash rejimini noto‘g‘ri tanlashga olib kelishi mumkin. Shuning uchun fotoelektrokolorimetr apparatlariga texnik xizmat ko‘rsatish, kalibrlash va laboratoriya ichki sifat nazoratini to‘g‘ri tashkil etish laboratoriya diagnostikasi sifatini ta‘minlash nuqtai nazaridan muhim masaladir.

Mazkur maqolaning maqsadi klinik laboratoriyalarda qo‘llaniladigan fotoelektrokolorimetr apparatlarida texnik xizmat va kalibrlashning optik zichlik va konsentratsiya o‘lchash aniqligiga ta‘sirini nazariy model asosida tahlil qilish, shuningdek kalibrlash strategiyasini laboratoriya sifat tizimiga integratsiya qilish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Materiallar va usullar

Fotoelektrokolorimetr apparatining o‘lchash zanjiri quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi: nur manbai (lampa yoki LED), monoxromator yoki filtrlar tizimi, kyuvet va namuna, fotodetektor, kuchaytirgich va raqamli ko‘rsatkich. Ideal holatda Beer–Lambert qonuni bo‘yicha eritmadan o‘tgan nur uchun optik zichlik:

$$A = \varepsilon \cdot l \cdot C$$

bu yerda A – optik zichlik, ε – yutilish koeffitsienti, l – optik yo‘l uzunligi, C – analytning konsentratsiyasi.

Amaliy apparatlarda kalibrlash grafigi odatda quyidagi chiziqli ko‘rinishda yoziladi:

$$A = a + b \cdot C$$

bu yerda a – nol nuqtasi (offset), b – sezgirlik (qiyalik). Kalibrlash jarayonida bir nechta standart eritmalar uchun A va C juftliklari o‘lchanib, regressiya asosida a va b parametrlar baholanadi.

Kalibrlash xatoliklari modeli

Kalibrlash va texnik xizmat yetarli bo‘lmagan holatda a va b parametrlar driftga uchrashi mumkin. Shuning uchun modelda ikkita asosiy xatolik ko‘rib chiqildi:

1. **Nol nuqtasi xatosi** – a ning nolga nisbatan og'ishi;
2. **Sezgirlik (qiyalik) xatosi** – b ning haqiqiy qiymatidan farqi.

Faraz qilamiz: haqiqiy bog'lanish $A_{haq} = b_{haq} \cdot C$ bo'lsin (nol nuqtasi idealda 0), kalibrlanmagan apparat esa $A_{o'lch} = a_{xato} + b_{xato} \cdot C$ bilan tavsiflanadi. Laboratoriya amaliyotida aksincha, apparat o'lchagan $A_{o'lch}$ qiymatidan konsentratsiya \hat{C} hisoblanadi:

$$\hat{C} = \frac{A_{o'lch} - a_{kal}}{b_{kal}}$$

bu yerda a_{kal} va b_{kal} – kalibrlash natijasida qabul qilingan parametrlar. Kalibrlash xato bo'lganda a_{kal} va b_{kal} haqiqiy qiymatlardan farq qiladi va \hat{C} ning haqiqiy C ga nisbatan og'ishini keltirib chiqaradi.

Natijalar

Haqqoniy bog'lanish $A = 0.010 \cdot C$ deb olinsin. Demak, haqiqiy konsentratsiyalar uchun optik zichlik:

$$C = 20 \text{ mg/L} \rightarrow A_{haq} = 0.20$$

$$C = 50 \text{ mg/L} \rightarrow A_{haq} = 0.50$$

$$C = 100 \text{ mg/L} \rightarrow A_{haq} = 1.00$$

Agar nol nuqtasi $a_{kal} = 0.020$ A ga siljigan bo'lsa va laboratoriya hisoblashda $A = a_{kal} + b_{kal} \cdot C$ formulasi asosida \hat{C} ni aniqlasa, faraz qilamiz apparat $A_{o'lch} \approx A_{haq}$ ni o'qisim (drift asosan kalibrlash parametrlarida aks etmoqda):

$$\hat{C} = \frac{A_{o'lch} - 0.020}{0.010}$$

Shunda:

$$A_{o'lch} = 0.20 \Rightarrow \hat{C} = (0.20 - 0.020)/0.010 = 18 \text{ (haqiqiy 20 mg/L ga nisbatan } -10\% \text{ xato).}$$

$$A_{o'lch} = 0.50 \Rightarrow \hat{C} = 48 \text{ (-4\% xato).}$$

$$A_{o'lch} = 1.00 \Rightarrow \hat{C} = 98 \text{ (-2\% xato).}$$

Ko'rinib turibdiki, nol nuqtasi xatosi past konsentratsiyalarda sezilarli nisbiy xatolikka olib keladi, yuqori konsentratsiyalarda esa ta'siri kamayadi.

Endi nol nuqtasi ideal ($a_{kal} = 0$), ammo qiyalik 10% kam ($b_{kal} = 0.009$) deb olamiz. Baribir apparat optik zichlikni haqiqiy qiymatga yaqin o'lchaydi:

$$\hat{C} = \frac{A_{o'lch}}{0.009}$$

Natijalar:

$$A_{o'lch} = 0.20 \Rightarrow \hat{C} \approx 22.2 \text{ (haqiqiy 20 mg/L ga nisbatan } +11\% \text{ xato).}$$

$$A_{o'lch} = 0.50 \Rightarrow \hat{C} \approx 55.6 \text{ (+11\%).}$$

$$A_{o'lch} = 1.00 \Rightarrow \hat{C} \approx 111.1 \text{ (+11\%).}$$

Sezgirlik xatosi nisbiy xatolikni konsentratsiya diapazonining deyarli hamma nuqtalarida deyarli bir xil foiz miqdorida ushlab turadi.

Nol nuqtasi va qiyalik xatosi birgalikda bo'lganda (masalan, $a_{kal} = 0.020$, $b_{kal} = 0.009$), natijaviy xatoliklar yanada murakkab bo'ladi, ammo umumiy tendensiya saqlanadi: past konsentratsiyalarda nol xatosi ustuvor, yuqori diapazonda esa qiyalik xatosi asosiy rol o'ynaydi. Shartli hisob-kitoblar ko'rsatadiki, bunday holatda nisbiy xatolik 20 mg/L uchun +0...-10%, 100 mg/L uchun esa taxminan +10-12% diapazonida bo'lishi mumkin.

Model natijalari shuni ko'rsatadiki, faqat dastlabki kalibrlash bilan cheklanilgan fotoelektrokolorimetr apparatlarida vaqt o'tishi bilan nol va qiyalik parametrlarining driftga uchrashi natijasida, ayniqsa past va yuqori konsentratsiya diapazonlarida klinik jihatdan sezilarli xatoliklar yuzaga kelishi mumkin. Agar laboratoriya yillik kalibrlashni joriy etsa, bu driftning uzoq muddatli to'planishini cheklaydi; lekin kundalik yoki haftalik ichki nazorat bo'lmasa, kalibrlashlar orasidagi davrda yuzaga kelgan xatoliklar o'z vaqtida aniqlanmasligi mumkin.

Standart eritmalar bilan kunlik (yoki kamida haftalik) ichki nazorat natijalarini baholash va nazorat kartalaridan foydalanish orqali nol nuqtasi yoki qiyalikdagi driftni erta aniqlash, zarur bo'lsa kalibrlashni qayta bajarish imkoniyati paydo bo'ladi. Bu yondashuv laboratoriya uchun amaliy xatolikni $\pm 5\%$ diapazonida ushlab turish imkonini beradi.

Munozara

Natijalar fotoelektrokolorimetr apparatlarida kalibrlash va texnik xizmat ko'rsatishning o'lchash aniqligiga sezilarli ta'sirini tasdiqlaydi. Nol nuqtasi xatosi past konsentratsiya diapazonida, masalan, dori preparatlari yoki iz konsentratsiyalarni aniqlashda, klinik jihatdan ahamiyatli bo'lgan nisbiy xatoliklar keltirib chiqarishi mumkin. Qiyalik (sezgirlik) xatosi esa butun diapazon bo'ylab konsentratsiya natijalarini ma'lum foizga "surib yuboradi"; bu, masalan, giperqlikemiya yoki giperbilirubinemiyaning noto'g'ri baholashga sabab bo'lishi mumkin.

Xalqaro laboratoriya amaliyotida kolorimetrik va spektrofotometrik asboblardan uchun muntazam kalibrlash, ichki sifat nazorati va tashqi sifat baholash tizimlari orqali aniqlikni ta'minlash talab etiladi. Standart eritmalar bilan bir yoki ikki nuqtali kalibrlash, bir nechta turli darajadagi nazorat materiallari bilan kunlik tekshiruvlar olib borish va nazorat kartalarini tahlil qilish (masalan, Levey-Jennings kartalari) apparatning metrologik holatini monitoring qilishda samarali usul hisoblanadi.

Texnik xizmat ko'rsatish esa faqat optik va elektron qismlarni ta'mirlash bilan cheklanib qolmasligi kerak. Nur manbai resursini hisobga olib, lampani vaqtida profilaktik almashtirish, kyuvet va optik yo'lni muntazam tozalash, ventilyatsiya teshiklari va ichki qismlarning changdan tozalanishi, quvvat bloki va detektor ulanishlarini tekshirish kalibrlashning barqarorligini ta'minlaydi. Aks holda, apparat

tashqi tomondan “normal ishlayotgandek” ko‘rinsa-da, o‘lchash zanjirining ichki parametrlaridagi o‘zgarishlar kalibrlashga sezilarli xatoliklar kiritadi.

Ushbu maqolaning cheklovi shundaki, taqdim etilgan natijalar nazariy modellashtirish va shartli sonli misollarga tayangan; muayyan fotoelektrokolorimetr modeli uchun haqiqiy kalibrlash ma'lumotlari yoki klinik laboratoriya statistikasi keltirilmagan. Biroq model kolorimetrik o‘lchash tizimida nol va qiyalik xatoliklarining qanday rol o‘ynashini aniq ko‘rsatadi va amaliy laboratoriya ishini tashkil etishda foydali bo‘lgan sifat nazorati va kalibrlash strategiyasini tanlash uchun metodik asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kelgusida real laboratoriyalarda turli ishlab chiqaruvchilarning fotoelektrokolorimetrlarida standart eritmalar bilan o‘lchash natijalarini to‘plash, drift tezligi, kalibrlash oralig‘i va laboratoriya xatoliklari o‘rtasidagi bog‘lanishni statistik tahlil qilish tavsiya etiladi. Bunday empirik tadqiqotlar texnik xizmat intervalini optimallashtirish va kalibrlash siyosatini yanada aniqroq asoslashga yordam beradi.

Xulosa

Fotoelektrokolorimetr apparatlarida texnik xizmat va kalibrlash laboratoriya o‘lchashlarining aniqligi va ishonchliligini ta’minlashda hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Nazariy modellashtirish natijalari nol nuqtasi va qiyalik xatoliklari konsentratsiya natijalariga, ayniqsa past va yuqori diapazonlarda, 10% va undan ortiq nisbiy xatolik kiritishi mumkinligini ko‘rsatdi. Bu esa klinik qarorlar, davolash rejasi va bemor monitoringi sifatiga bevosita ta’sir qiladi.

Laboratoriya amaliyotida ishlab chiqaruvchi tavsiyalariga asoslangan dastlabki va davriy kalibrlash, standart eritmalar bilan kunlik ichki sifat nazorati, texnik servis va optik yo‘lni muntazam tozalashni o‘z ichiga olgan kompleks yondashuv kolorimetrik o‘lchash xatoliklarini maqbul darajada – taxminan $\pm 5\%$ diapazonida ushlab turish imkonini beradi. Shunday qilib, fotoelektrokolorimetr apparatlariga texnik xizmat va kalibrlashni laboratoriyaning umumiy sifat boshqaruv tizimiga integratsiya qilish zarur va maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar (APA)

1. Burtis, C. A., Bruns, D. E., & Tietz, N. W. (Eds.). (2012). *Tietz textbook of clinical chemistry and molecular diagnostics* (5th ed.). Elsevier.
2. CLSI. (2016). *EP15-A3: User verification of precision and estimation of bias*. Clinical and Laboratory Standards Institute.
3. González, A. G., & Herrador, M. A. (2007). A practical guide to analytical method validation, including measurement uncertainty and accuracy profiles. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 26(3), 227–238.
4. Harris, D. C. (2015). *Quantitative chemical analysis* (9th ed.). W. H. Freeman.
5. Krumpal, P. E., & Brown, R. (2001). Quality control in clinical chemistry. *Clinics in Laboratory Medicine*, 21(1), 69–87.
6. Westgard, J. O. (2010). *Basic QC practices* (3rd ed.). Westgard QC Inc.