



BIOLOGIK NAMUNALARDA ZAHARLI MODDALARNI ANIQLASHNING ZAMONAVIY ANALITIK USULLARI: TOKSIKOLOGIK KIMYODA QO'LLANILISHI VA ISTIQBOLLARI

1

Shodiyev Murodali Erkinovich



ABSTRACT

Zamonaviy toksikologik kimyoda biologik namunalarda zaharli moddalarni aniqlash inson salomatligini muhofaza qilish, zaharlanish holatlariga tezkor tashxis qo'yish hamda sud-tibbiy ekspertiza jarayonlarini ishonchli dalillar bilan ta'minlashda muhim o'rin tutadi. Biologik obyektlar tarkibida toksik moddalar ko'pincha juda past konsentratsiyalarda uchrashi sababli yuqori sezgirlik, selektivlik va aniqlikka ega analitik usullardan foydalanish talab etiladi. Mazkur maqolada toksikologik kimyoda keng qo'llanilayotgan gaz xromatografiyasi, yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi, xromatografiya-mass-spektrometriya, atom-absorbsiya spektrometriyasi, induktiv bog'langan plazmali mass-spektrometriya hamda immunokimyoviy tahlil usullarining imkoniyatlari tahlil qilindi. Shuningdek, biologik namunalarga dastlabki ishlov berish bosqichlari, analitik natijalarning ishonchligiga ta'sir etuvchi omillar hamda laboratoriya diagnostikasida zamonaviy texnologiyalarni joriy etish istiqbollari yoritildi. Tadqiqot natijalari toksikologik tahlilning samaradorligini oshirishda kompleks analitik yondashuv muhim ahamiyat kasb etishini ko'rsatadi.



KEYWORDS

toksikologik kimyo

biologik namuna

zaharli moddalar

HPLC

GC-MS

LC-MS/MS

ICP-MS

sud-tibbiy toksikologiya

analitik kimyo

laborator diagnostika. Kirish

KIRISH

Bugungi kunda kimyoviy moddalar ishlab chiqarish hajmining ortishi, farmatsevtika sanoatining jadal rivojlanishi, pestitsidlar va maishiy kimyoviy vositalardan foydalanish ko'lamining kengayishi, shuningdek, yangi psixoaktiv moddalar va sintetik g'yohvand vositalarning noqonuniy aylanishi zaharlanish holatlarining ko'payishiga sabab bo'lmoqda. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, har yili dunyo bo'yicha millionlab insonlar turli toksik moddalar ta'sirida zaharlanadi. Bunday holatlarda o'z vaqtida va ishonchli laborator tashxis qo'yish bemor hayotini saqlab qolish, to'g'ri davolash taktikasini tanlash hamda sud-tibbiy ekspertiza jarayonlarida xolis xulosa berish uchun muhim omil hisoblanadi.

Toksikologik kimyoning asosiy vazifalaridan biri biologik obyektlarda mavjud zaharli moddalarni sifat va miqdor jihatdan aniqlashdan iborat. Qon, siydik, so'lak, me'da yuvindisi, soch, tirnoq, jigar, buyrak va boshqa biologik materiallar toksikologik tekshiruv uchun asosiy obyektlar hisoblanadi. Mazkur namunalarda zaharli

moddalar odatda juda past konsentratsiyalarda bo'lgani sababli yuqori sezgirlikka ega zamonaviy analitik usullarni qo'llash zarur.

So'nggi yillarda gaz va suyuqlik xromatografiyasi, mass-spektrometriya, atom spektrometriyasi hamda immunokimyoviy tahlil usullarining rivojlanishi toksikologik diagnostika imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirdi. Ushbu usullar nafaqat toksik moddalarni aniqlash, balki ularning metabolitlarini identifikatsiya qilish, miqdorini baholash hamda zaharlanishning og'irlik darajasini aniqlash imkonini beradi.

Mazkur maqolaning maqsadi biologik namunalarda zaharli moddalarni aniqlashda qo'llanilayotgan zamonaviy analitik usullarni ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilish, ularning afzalliklari va cheklovlarini baholash hamda toksikologik laboratoriyalar faoliyatida qo'llash istiqbollari yoritishdan iborat.

1. Toksikologik kimyoda biologik namunalarning ahamiyati

Toksikologik kimyo inson organizmiga tushgan zaharli moddalarni aniqlash, ularning miqdorini baholash hamda organizmga ko'rsatadigan ta'sirini ilmiy asosda o'rganadigan fan hisoblanadi. Ushbu yo'nalishda biologik namunalar tahlili zaharlanish holatlariga tashxis qo'yish, davolash samaradorligini baholash va sud-tibbiy ekspertizalarda ishonchli dalillarni taqdim etishda muhim o'rin egallaydi. Biologik namunalarda aniqlangan toksik moddalarning turi va konsentratsiyasi zaharlanishning sababi, og'irlik darajasi hamda vaqtini baholash imkonini beradi.

Toksikologik tahlilda foydalaniladigan biologik obyektlar zaharli moddaning fizik-kimyoviy xususiyatlari, organizmdagi taqsimlanishi, metabolizmi va chiqarilish yo'llariga qarab tanlanadi. Eng ko'p qo'llaniladigan biologik namunalar qatoriga qon, siydik, so'lak, me'da yuvindisi, qusuq massalari, jigar, buyrak, miya, soch va tirnoq kiradi. Har bir biologik namuna ma'lum afzallik va cheklovlarga ega.

Qon toksikologik tekshiruvlarda eng muhim biologik materiallardan biri bo'lib, organizmdagi zaharli moddaning ayni vaqtdagi konsentratsiyasini aniqlash imkonini beradi. Ayniqsa, dori vositalari bilan zaharlanish, alkogol intoksikatsiyasi hamda narkotik moddalarni aniqlashda qon tahlili yuqori diagnostik ahamiyatga ega. Biroq ayrim moddalar qisqa vaqt ichida metabolizmga uchrashi sababli qon namunalarini imkon qadar erta olish talab etiladi.

Siydik namunasi toksikologik laboratoriyalarda eng ko'p tekshiriladigan biologik material hisoblanadi. Siydikda ko'plab toksik moddalar va ularning metabolitlari qon bilan taqqoslaganda uzoqroq muddat davomida saqlanib qoladi. Shu sababli giyohvand moddalar, psixotrop preparatlar va ayrim pestitsidlarni aniqlashda siydik tahlili keng qo'llaniladi. Bundan tashqari, siydikni olish osonligi va invaziv bo'lmagan usul hisoblanishi uning afzalliklaridan biridir.

Soch va tirnoqlar uzoq muddatli toksik ta'sirni baholashda muhim biologik obyektlar hisoblanadi. Ushbu namunalarda og'ir metallar, narkotik moddalar va ayrim toksik elementlar bir necha oy, ba'zan esa yillar davomida saqlanishi mumkin. Shu sababli surunkali zaharlanish holatlarini aniqlashda soch va tirnoq tahlillari keng qo'llaniladi.

Sud-tibbiy toksikologiyada esa jigar, buyrak, miya va me'da tarkibi alohida ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, o'lim bilan yakunlangan zaharlanish holatlarida ushbu biologik obyektlarni kompleks tekshirish zaharlanish sababini aniqlash imkonini beradi. Jigar organizmning asosiy detoksikatsiya organi bo'lgani uchun ko'plab zaharli moddalar va ularning metabolitlari aynan shu a'zoda to'planadi.

Biologik namunalarda toksik moddalar ko'pincha nanogramm yoki pikogramm darajasidagi juda kichik konsentratsiyalarda uchraydi. Bundan tashqari, biologik matritsaning murakkab tarkibi, oqsillar, lipidlar va boshqa endogen birikmalar mavjudligi analitik tekshiruvni qiyinlashtiradi. Shu sababli toksikologik laboratoriyalarda

yuqori sezgirlik va selektivlikka ega zamonaviy analitik usullarni qo'llash zarur hisoblanadi. Namunalarga dastlabki ishlov berish, ekstraktsiya va tozalash bosqichlari tahlil natijalarining aniqligi va ishonchliligini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi.

Shunday qilib, biologik namunalarni to'g'ri tanlash, ularni standart talablar asosida yig'ish, saqlash va laboratoriyaga yetkazish toksikologik tahlilning ishonchliligini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Zamonaviy laboratoriyalarda biologik namunalarni kompleks o'rganish zaharlanish holatlariga tezkor tashxis qo'yish va samarali davolash choralarini ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Namuna

Afzalligi

Kamchiligi

Qo'llanishi

Qon

Hozirgi konsentratsiyani ko'rsatadi

Tez metabolizm

O'tkir zaharlanish

Siydik

Metabolitlarni aniqlaydi

Vaqtini aniq ko'rsatmaydi

Skrining

Soch

Uzoq muddatni baholaydi

Tashqi ifloslanish ta'siri

Surunkali zaharlanish

Tirnoq

Uzoq muddat saqlaydi

Sekin o'sadi

Og'ir metallar

Me'da tarkibi

Zaharni aniqlash ehtimoli yuqori

Faqat ayrim holatlarda

O'tkir zaharlanish

2. Biologik namunalarga dastlabki ishlov berish va namuna tayyorlash usullari

Toksikologik tahlilning ishonchliligi nafaqat qo'llanilayotgan analitik usulning sezgirligi va aniqligiga, balki biologik namunalarni to'g'ri tayyorlash bosqichiga ham bevosita bog'liq. Biologik obyektlar tarkibida oqsillar, yog'lar, uglevodlar, fermentlar hamda boshqa endogen moddalar mavjud bo'lib, ular analitik aniqlash jarayoniga xalaqit berishi mumkin. Shu sababli zamonaviy toksikologik laboratoriyalarda namunalarga dastlabki ishlov berish tahlilning ajralmas bosqichi hisoblanadi.

Namuna tayyorlashning asosiy maqsadi biologik matritsadan toksik modda yoki uning metabolitlarini ajratib olish, ularni konsentratsiyalash hamda aniqlashga xalaqit beruvchi komponentlarni maksimal darajada bartaraf etishdan iborat. To'g'ri bajarilgan namuna tayyorlash bosqichi analitik usulning selektivligi, sezgirligi va qayta tiklanuvchanligini sezilarli darajada oshiradi.

Toksikologik amaliyotda eng ko'p qo'llaniladigan usullardan biri suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasi (Liquid–Liquid Extraction, LLE) hisoblanadi. Mazkur usul toksik moddalarning suvli va organik erituvchilar o'rtasidagi taqsimlanish koeffitsiyentiga asoslanadi. Organik erituvchilar sifatida dietil efir, etilatsetat, dixlormetan va xloroformdan foydalaniladi. Ushbu usul oddiy va iqtisodiy jihatdan qulay bo'lsa-da, ko'p miqdorda organik erituvchi talab qilishi hamda ayrim hollarda ekstraksiya samaradorligining pastligi uning asosiy kamchiliklari hisoblanadi.

So'nggi yillarda qattiq fazali ekstraksiya (Solid Phase Extraction, SPE) toksikologik laboratoriyalarda keng qo'llanilmoqda. Ushbu usulda biologik namuna maxsus sorbent joylashtirilgan patron orqali o'tkaziladi va toksik modda sorbent yuzasida ushlab qolinadi. Keyinchalik mos erituvchi yordamida elyutsiya qilinib, analitik tekshiruvga yuboriladi. SPE usuli yuqori selektivlik, organik erituvchilar sarfining kamligi, avtomatlashtirish imkoniyati va yuqori tozalikdagi ekstrakt olish imkoniyati bilan ajralib turadi.

Biologik suyuqliklarda oqsillar miqdori yuqori bo'lganligi sababli oqsillarni cho'ktirish (Protein Precipitation) usuli ham keng qo'llaniladi. Bu usulda metanol, asetonitril yoki perxlorat kislotasi qo'shilishi natijasida oqsillar cho'ktirilib, sentrifugalanadi. Olingan supernatant keyingi xromatografik yoki spektrometrik tahlil uchun ishlatiladi. Mazkur usul sodda va tez bajarilishi bilan ajralib tursa-da, biologik matritsa komponentlarini to'liq bartaraf eta olmasligi sababli ko'pincha boshqa usullar bilan birgalikda qo'llaniladi.

Murakkab biologik matritsalarida iz miqdordagi toksik moddalarni aniqlash uchun QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) usuli ham tobora ommalashib bormoqda. Dastlab pestitsidlarni aniqlash uchun ishlab chiqilgan ushbu usul bugungi kunda biologik namunalardagi ayrim dori vositalari, pestitsidlar va toksik organik birikmalarni tahlil qilishda muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda. QuEChERS usuli qisqa vaqt talab qilishi, kam miqdordagi erituvchilardan foydalanishi va yuqori ekstraksiya samaradorligi bilan ajralib turadi.

Namuna tayyorlash jarayonida biologik obyektlarning to'g'ri saqlanishi ham muhim ahamiyatga ega. Qon va siydik namunalari uzoq muddat saqlash zarur bo'lganda odatda $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ yoki $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ harorat tavsiya etiladi. Namunalarning qayta-qayta muzlatilib eritilishi ayrim toksik moddalar parchalanishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli laboratoriya amaliyotida namunalarni kichik hajmlarga ajratib saqlash maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Biologik namunalarni noto'g'ri yig'ish, saqlash yoki tashish analitik natijalarning ishonchliligiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Masalan, qon namunalarida gemoliz yuz berishi yoki bakterial kontaminatsiya ayrim moddalar konsentratsiyasining o'zgarishiga sabab bo'ladi. Shu bois xalqaro laboratoriya standartlari (ISO 15189 va boshqa sifat menejmenti talablari) asosida namuna bilan ishlash tartibiga qat'iy rioya qilish zarur.

XULOSA

qilib aytganda, biologik namunalarga dastlabki ishlov berish toksikologik tahlilning eng muhim bosqichlaridan biri bo'lib, analitik natijalarning aniqligi va takrorlanuvchanligini ta'minlaydi. Zamonaviy ekstraksiya va tozalash usullarini qo'llash yuqori sezgir analitik metodlarning imkoniyatlarini to'liq namoyon

etishga hamda zaharli moddalarni juda past konsentratsiyalarda ham ishonchli aniqlashga xizmat qiladi.

3. Toksikologik kimyoda qo'llaniladigan zamonaviy analitik usullar

Biologik namunalarda zaharli moddalarni aniqlash toksikologik kimyoning eng murakkab yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Organizmga tushgan toksik moddalar ko'pincha juda past konsentratsiyalarda uchraydi hamda biologik matritsaning murakkab tarkibi ularni aniqlashni qiyinlashtiradi. Shu sababli yuqori sezgirlik, selektivlik va aniqlikka ega zamonaviy analitik usullar qo'llaniladi. Bugungi kunda gaz xromatografiyasi (GC), yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC), suyuqlik xromatografiyasi–mass-spektrometriya (LC-MS/MS), gaz xromatografiyasi–mass-spektrometriya (GC-MS), atom-absorbsiya spektrometriyasi (AAS) va induktiv bog'langan plazmali mass-spektrometriya (ICP-MS) toksikologik laboratoriyalarda eng ko'p foydalaniladigan usullar hisoblanadi.

3.1. Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC). Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi biologik namunalarda dori vositalari, ularning metabolitlari, alkaloidlar, pestitsidlar va boshqa organik toksik moddalarni aniqlashda keng qo'llaniladi. Usulning asosiy prinsipi moddalarning harakatlanuvchi va statsionar fazalar o'rtasida turlicha taqsimlanishiga asoslanadi. Natijada aralashmadagi komponentlar bir-biridan samarali ajratiladi va detektor yordamida qayd etiladi.

HPLC usulining asosiy afzalligi termik jihatdan beqaror hamda yuqori molekulyar massaga ega birikmalarni oldindan bug'lantirmasdan tahlil qilish imkoniyatidir. Zamonaviy HPLC tizimlarida ultrabinafsha (UV), diod matritsali (DAD), fluoresans va elektroximik detektorlar qo'llanilib, aniqlash sezgirligini sezilarli oshiradi.

Toksikologik amaliyotda HPLC antidepressantlar, antiepileptik preparatlar, yurak glikozidlari, opioidlar hamda boshqa dori vositalari bilan zaharlanish holatlarida ularning qon va siydikdagi konsentratsiyasini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Biroq murakkab biologik namunalarda ayrim moddalarning identifikatsiyasi faqat HPLC yordamida yetarli bo'lmayligi mumkin, shuning uchun ko'pincha usul mass-spektrometriya bilan birgalikda qo'llaniladi.

3.2. Gaz xromatografiyasi–mass-spektrometriya (GC-MS). GC-MS toksikologik laboratoriyalarda «oltin standart» analitik usullardan biri sifatida e'tirof etiladi. Mazkur usul gaz xromatografiyasining ajratish imkoniyatlari va mass-spektrometriyaning identifikatsiya aniqligini birlashtiradi. Natijada murakkab biologik namunalarda uchraydigan uchuvchan va yarim uchuvchan organik birikmalar yuqori aniqlik bilan aniqlanadi.

GC-MS alkogollar, organik erituvchilar, insektitsidlar, zaharli gazlar, sintetik gilyohvand moddalar hamda ko'plab toksik organik birikmalarni aniqlashda keng qo'llaniladi. Usulning asosiy ustunligi moddalarni mass-spektr kutubxonalari bilan taqqoslash orqali aniq identifikatsiya qilish imkoniyatidir.

Sud-tibbiy ekspertiza amaliyotida GC-MS yordamida biologik namunalarda etanol, metanol, etilenglikol, benzodiazepinlar va boshqa toksik moddalar aniqlanadi. Ushbu usulning yuqori selektivligi noto'g'ri musbat natijalar ehtimolini kamaytiradi.

3.3. Suyuqlik xromatografiyasi–tandem mass-spektrometriya (LC-MS/MS). So'nggi o'n yilliklarda LC-MS/MS toksikologik laboratoriyalarning eng ilg'or analitik usullaridan biriga aylandi. Ushbu usul suyuqlik xromatografiyasining yuqori ajratish qobiliyatini tandem mass-spektrometriyaning yuqori sezgirligi bilan uyg'unlashtiradi. Natijada juda murakkab biologik matritsalarda ham iz miqdordagi toksik moddalarni aniqlash mumkin bo'ladi.

LC-MS/MS ayniqsa termik beqaror, qutbli yoki uchuvchan bo'lmagan moddalarni tahlil qilishda samarali hisoblanadi. Biologik namunalarda antidepressantlar, antibiotiklar, immunosupressorlar, sintetik kannabinoidlar, opioidlar va yangi psixoaktiv moddalarni aniqlashda ushbu usul keng qo'llaniladi.

Mazkur usulning asosiy afzalliklari yuqori sezgirlik, keng analitik diapazon, bir vaqtning o'zida o'nlab moddalarning miqdorini aniqlash imkoniyati hamda minimal namuna hajmi bilan ishlash imkoniyatidir. Shu sababli rivojlangan mamlakatlarda ko'plab klinik va sud-tibbiy toksikologiya laboratoriyalari aynan LC-MS/MS platformasiga o'tmoqda.

3.4. Atom-absorbsiya spektrometriyasi (AAS). Og'ir metallar bilan zaharlanishni aniqlashda atom-absorbsiya spektrometriyasi eng ko'p qo'llaniladigan analitik usullardan biridir. Ushbu usul atomlarning ma'lum to'lqin uzunligidagi nurni yutish xususiyatiga asoslangan.

AAS yordamida qon, siydik, soch va boshqa biologik namunalarda qo'rg'oshin, simob, kadmiy, mishyak, mis va rux kabi elementlar yuqori aniqlik bilan aniqlanadi. Ayniqsa ishlab chiqarish korxonalarida ishlovchi xodimlarda kasbiy zaharlanishlarni monitoring qilishda ushbu usul muhim ahamiyatga ega.

AAS usuli oddiy, ishonchli va iqtisodiy jihatdan nisbatan arzon bo'lsa-da, bir vaqtning o'zida ko'p elementlarni aniqlash imkoniyati cheklanganligi uning kamchiligi hisoblanadi.

3.5. Induktiv bog'langan plazmali mass-spektrometriya (ICP-MS). ICP-MS og'ir metallar va mikroelementlarni aniqlash bo'yicha eng yuqori sezgirlikka ega zamonaviy analitik usullardan biridir. Ushbu usul pikogramm va nanogramm darajasidagi elementlarni aniqlash imkonini beradi.

ICP-MS yordamida qo'rg'oshin, simob, mishyak, kadmiy, talliy va boshqa toksik elementlar biologik namunalarda bir vaqtning o'zida aniqlanishi mumkin. Bundan tashqari, izotop tarkibini baholash imkoniyati zaharlanish manbaini aniqlashda qo'shimcha axborot beradi.

Asbobning yuqori narxi va malakali mutaxassislar talab qilishi ushbu usulning asosiy cheklovlari bo'lsa-da, analitik imkoniyatlari sababli u zamonaviy toksikologik laboratoriyalarning eng istiqbolli texnologiyalaridan biri hisoblanadi.

3.6. Immunokimyoviy tahlil usullari. Immunokimyoviy usullar antitelo va antigen o'rtasidagi o'zaro ta'sirga asoslangan bo'lib, toksikologik skrining tekshiruvlarida keng qo'llaniladi. ELISA, EMIT va FPIA kabi usullar qisqa vaqt ichida ko'plab namunalarni tekshirish imkonini beradi.

Mazkur usullar giyohvand moddalar, psixotrop preparatlar, steroidlar hamda ayrim zaharli moddalarni dastlabki skrining qilish uchun juda qulay. Biroq ayrim hollarda noto'g'ri musbat yoki noto'g'ri manfiy natijalar kuzatilishi mumkinligi sababli skrining natijalari GC-MS yoki LC-MS/MS kabi tasdiqlovchi usullar bilan tekshirilishi tavsiya etiladi.

Tahliliy xulosa. Har bir analitik usulning o'ziga xos afzallik va cheklovlari mavjud. Skrining bosqichida immunokimyoviy usullar tezkor natija bersa, tasdiqlovchi tahlillarda GC-MS va LC-MS/MS eng ishonchli usullar hisoblanadi. Og'ir metallardan zaharlanishni aniqlashda esa AAS va ICP-MS yuqori diagnostik ahamiyatga ega. Zamonaviy toksikologik laboratoriyalarda bir nechta analitik usullarni kompleks qo'llash eng yuqori aniqlik va ishonchlilikni ta'minlaydi.

4. Zamonaviy analitik usullarni taqqoslash va ularning toksikologik tahlildagi samaradorligi

Biologik namunalarda zaharli moddalarni aniqlash uchun qo'llaniladigan analitik usullarni tanlash tahlil maqsadi, aniqlanishi lozim bo'lgan moddaning kimyoviy tabiati, biologik matritsaning murakkabligi hamda laboratoriyaning texnik imkoniyatlariga bog'liq. Zamonaviy toksikologik laboratoriyalarda biror usulning barcha vazifalarni to'liq bajarishi amalda uchramaydi. Shu sababli skrining, tasdiqlovchi tahlil va miqdoriy aniqlash bosqichlarida bir nechta analitik usullarni kompleks qo'llash eng maqbul yondashuv hisoblanadi.

Immunokimyoviy usullar qisqa vaqt ichida ko'plab namunalarni tekshirish imkonini bergani sababli shoshilinch diagnostika va ommaviy skrining uchun qulaydir. Biroq ularning selektivligi ayrim hollarda cheklangan bo'lib, o'xshash tuzilishga ega moddalar bilan kesishuvchi reaksiyalar kuzatilishi mumkin. Shu sababli skrining natijalari odatda GC-MS yoki LC-MS/MS yordamida tasdiqlanadi.

Gaz xromatografiyasi–mass-spektrometriya uchuvchan va yarim uchuvchan toksik moddalarni aniqlashda yuqori aniqlikni ta'minlaydi. Mass-spektr kutubxonalar yordamida moddalarning identifikatsiyasi ishonchli amalga oshiriladi. Biroq termik beqaror yoki yuqori qutbli birikmalarni tahlil qilishda derivatizatsiya talab etilishi usulning ayrim cheklovlaridan biridir.

Suyuqlik xromatografiyasi–tandem mass-spektrometriya bugungi kunda toksikologik laboratoriyalarning eng istiqbolli analitik platformasi sifatida e'tirof etilmoqda. Mazkur usul yordamida yuzlab dori vositalari, metabolitlar, pestitsidlar, yangi psixoaktiv moddalar va boshqa toksik birikmalar bir tahlil davomida aniqlanishi mumkin. Yuqori sezgirlik hamda minimal namuna hajmi bilan ishlash imkoniyati uni klinik va sud-tibbiy toksikologiyada keng qo'llashga zamin yaratmoqda.

Og'ir metallardan zaharlanishni baholashda atom-absorbsiya spektrometriyasi va induktiv bog'langan plazmali mass-spektrometriya alohida o'rin egallaydi. ICP-MS usuli bir vaqtning o'zida ko'plab elementlarni juda past konsentratsiyalarda aniqlash imkonini bersa, AAS iqtisodiy jihatdan nisbatan qulayligi sababli ko'plab laboratoriyalarda hanuzgacha asosiy usullardan biri bo'lib qolmoqda.

So'nggi yillarda yuqori aniqlikdagi analitik asboblarning avtomatlashtirilishi, raqamli ma'lumotlarni qayta ishlash dasturlarining rivojlanishi hamda sun'iy intellekt elementlaridan foydalanish natijalarni tezkor tahlil qilish imkoniyatini kengaytirmoqda. Bu esa toksikologik laboratoriyalar faoliyatining samaradorligini oshirib, inson omili bilan bog'liq xatolarni kamaytirishga xizmat qilmoqda.

Analitik usul

Aniqlanadigan moddalar

Afzalliklari

Cheklovlari

HPLC

Dori vositalari, pestitsidlar, alkaloidlar

Yuqori aniqlik, termik beqaror moddalarni aniqlaydi

Ba'zi hollarda identifikatsiya uchun qo'shimcha detektor talab etiladi

GC-MS

Uchuvchan organik moddalar, spirtlar, narkotiklar

Juda yuqori selektivlik va identifikatsiya aniqligi

Derivatizatsiya talab qilinishi mumkin

LC-MS/MS

Dori vositalari, metabolitlar, yangi psixoaktiv moddalar

Juda yuqori sezgirlik va selektivlik

Asbob narxining yuqoriligi

AAS

Qo'rg'oshin, simob, kadmiiy va boshqa metallar

Oddiy va ishonchli

Bir vaqtda kam elementni aniqlaydi

ICP-MS

Og'ir metallar va mikroelementlar

Juda yuqori sezgirlik, ko'p elementli tahlil

Qimmat uskuna va murakkab ekspluatatsiya

ELISA va boshqa immunotahlillar

Giyohvand moddalar, ayrim dori vositalari

Tezkor skrining

Tasdiqlovchi tahlil talab qilinadi

5. O'zbekistonda toksikologik laboratoriyalarni rivojlantirish istiqbollari

Mamlakatimizda farmatsevtika sanoati va klinik diagnostika tizimining rivojlanishi toksikologik laboratoriyalar faoliyatini yanada takomillashtirishni talab qilmoqda. Zamonaviy analitik uskunalar joriy etish, xalqaro standartlar asosida laboratoriya sifat menejmenti tizimini takomillashtirish hamda malakali mutaxassislarni tayyorlash toksikologik tahlil sifatini oshirishning asosiy omillaridan biridir.

Bugungi kunda ayrim ilmiy-tadqiqot markazlari va yirik laboratoriyalarda yuqori samarali xromatografik hamda spektrometrik usullar joriy etilgan bo'lsa-da, ularni hududiy laboratoriyalarda keng qo'llash dolzarb vazifa bo'lib qolmoqda. Zamonaviy uskunalar yordamida zaharlanish holatlariga qisqa vaqt ichida tashxis qo'yish, biologik namunalarda toksik moddalarni iz miqdorida aniqlash hamda sud-tibbiy ekspertiza xulosalarining ishonchliligini oshirish mumkin.

Kelgusida toksikologik laboratoriyalarni raqamlashtirish, laboratoriya axborot tizimlarini (LIS) joriy etish, analitik natijalarni avtomatik qayta ishlash hamda xalqaro akkreditatsiya talablariga mos faoliyat yuritish farmatsevtika va sog'liqni saqlash tizimi rivojiga sezilarli hissa qo'shadi. Shuningdek, oliy ta'lim muassasalari, ilmiy markazlar va amaliy laboratoriyalar o'rtasidagi hamkorlikni kengaytirish ilmiy tadqiqotlar sifatini yanada oshirishga xizmat qiladi.

XULOSA

Toksikologik kimyoda biologik namunalarda zaharli moddalarni aniqlash zamonaviy laboratoriya diagnostikasining eng muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Zaharlanish holatlariga o'z vaqtida tashxis qo'yish, toksik moddalarning turini va miqdorini aniqlash hamda samarali davolash taktikasini tanlash analitik tekshiruvlarning aniqligi va ishonchliligiga bevosita bog'liq.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, biologik namunalarning murakkab tarkibi va toksik moddalarning juda past konsentratsiyalarda uchrashi yuqori sezgirlik hamda selektivlikka ega zamonaviy analitik usullardan foydalanishni talab etadi. Namunalarni to'g'ri yig'ish, saqlash va dastlabki tayyorlash bosqichlari tahlil natijalarining aniqligi va takrorlanuvchanligini ta'minlovchi muhim omillar hisoblanadi.

Gaz xromatografiyasi–mass-spektrometriya (GC-MS), suyuqlik xromatografiyasi–tandem mass-spektrometriya (LC-MS/MS), yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC), atom-absorbsiya spektrometriyasi (AAS) hamda induktiv bog‘langan plazmali mass-spektrometriya (ICP-MS) toksikologik laboratoriyalarda eng samarali analitik texnologiyalar sifatida e’tirof etiladi. Har bir usulning o‘ziga xos afzalliklari va cheklovlari mavjud bo‘lib, ularni kompleks qo‘llash toksikologik tahlillarning ishonchliligini sezilarli darajada oshiradi.

O‘zbekiston sharoitida zamonaviy analitik uskunalarni bosqichma-bosqich joriy etish, laboratoriya sifat menejmenti tizimini xalqaro standartlar asosida takomillashtirish hamda malakali mutaxassislar tayyorlash toksikologik xizmatni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Bundan tashqari, analitik jarayonlarni avtomatlashtirish, laboratoriya axborot tizimlarini joriy etish va zamonaviy raqamli texnologiyalardan foydalanish laboratoriya diagnostikasining samaradorligini yanada oshirishga xizmat qiladi.

Shunday qilib, toksikologik kimyoda biologik namunalarda zaharli moddalarni aniqlashning zamonaviy analitik usullarini kompleks qo‘llash laboratoriya diagnostikasining aniqligi, tezkorligi va ishonchliligini oshiradi. Ushbu yondashuv zaharlanish holatlariga samarali tashxis qo‘yish, sud-tibbiy ekspertiza xulosalarining ilmiy asoslanganligini ta’minlash hamda aholi salomatligini muhofaza qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

World Health Organization. Guidelines for Poison Control. Geneva: WHO; 2021.

World Health Organization. The WHO Model List of Essential In Vitro Diagnostics. Geneva: WHO; 2023.

United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). Recommended Methods for the Identification and Analysis of Drugs. Vienna: UNODC; 2022.

Clarke's Analysis of Drugs and Poisons. 5th ed. London: Pharmaceutical Press; 2021.

Levine B. Principles of Forensic Toxicology. 5th ed. Springer; 2020.

Baselt R.C. Disposition of Toxic Drugs and Chemicals in Man. 12th ed. Biomedical Publications; 2020.

Burtis C.A., Bruns D.E. Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics. 8th ed. Elsevier; 2019.

Skoog D.A., Holler F.J., Crouch S.R. Principles of Instrumental Analysis. 7th ed. Cengage Learning.

Harris D.C. Quantitative Chemical Analysis. 10th ed. W.H. Freeman.

Christian G.D. Analytical Chemistry. 7th ed. Wiley.

Snyder L.R., Kirkland J.J., Dolan J.W. Introduction to Modern Liquid Chromatography. Wiley.

Miller J.N., Miller J.C. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. Pearson.

Farmakopeya Respublikasi O'zbekiston. Toshkent, oxirgi nashr.

O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligi. Farmatsevtika sohasiga oid me'yoriy hujjatlar.

O'zbekiston Respublikasi "Dori vositalari va farmatsevtika faoliyati to'g'risida"gi Qonuni.

International Council for Harmonisation (ICH). Validation of Analytical Procedures Q2(R2). 2023.

European Medicines Agency (EMA). Guideline on Bioanalytical Method Validation.

United States Pharmacopeia (USP). General Chapters. Rockville, MD.

