

ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՔՐՈՄԱՏՈՄԱՍՍԱԿԵԼՎՈՐԱԶԱՓԱԿԱՆ ԳՈՐԾԻՔՆԵՐԻ ԶԳԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՈՒ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏԱԿԱՆ ԴԱՏԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ՓՈՐՁԱՔՆՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՈՒՄ

Կիրակոսյան Ն.Ա.

Փորձաքննությունների ազգային բյուրո,
Երևան, Հայաստան

Ժամանակակից բարձր ճշգրտությամբ քրոմատոմասսպեկտրաչափական մեթոդները հնարավորություն են տալիս ապահովել բարդ կենսաբանական մատրիցներում (մազ, արյուն, մեզ) թմրամիջոցների և հոգեակտիվ նյութերի, ներառյալ՝ դրանց մետաբոլիտների ճշգրիտ և հուսալի հայտնաբերումն ու նույնականացումը, ինչպես նաև՝ նվազագույնի հասցնում կեղծ դրական և կեղծ բացասական արդյունքների հավանականությունը, դիմագրավում ոլորտի հարաճող և հարկապես դիզայնեռական թմրամիջոցների անկասելի տարածվածության և գործածման նոր սպառնալիքներին, իսկ մազերի նմուշների հետազոտությամբ՝ թույլ տալիս կատարելու նյութերի գործածման հետադարձ (ռեդրոսկոպիկ) վերլուծություն, նույնիսկ մեկ տարի անց՝ միջազգային չափանիշներին և ժամանակակից տեխնոլոգիական լուծումներին համապատասխան:

Բանալի բառեր. կենսաբանական մատրիցներ, քրոմատոմասսպեկտրոմետրիկ հետազոտություն, Agi lent 6475 LC -MS/MS հեղուկ քրոմատոմասսպեկտրոմետր, զգայունության և արդյունավետության չափորոշներ, թմրամիջոցների և հոգեմետ նյութերի հայտնաբերում, նյութերի գործածման վաղեմության գնահատում, զանգվածային սպեկտրոմետրիայի տվյալների գրադարան:

Ժամանակակից քրոմատոմասսպեկտրաչափական սարքերն առանցքային դեր են խաղում դատաքիմիական փորձաքննություններում, որոնց միջոցով իրականացվում են կենսաբանական մատրիցներում՝ մազի, մեզի, արյան, եղունգի և ներքին օրգանների հյուսվածքների մեջ քիմիական միացությունների հայտնաբերման, նույնականացման և քանակական որոշման գործընթացներ: Այս հետազոտությունները և վերլուծությունները հատկապես կարևոր են թմրամիջոցների, հոգեմետ նյութերի, ալկոհոլի և թունավոր նյութերի գործածման հետ կապված հետաքննություններում, որտեղ պահանջվում է հետազոտության բարձր ճշգրտություն և հուսալիություն՝ անալիտների նվազագույն կոնցենտրացիաների պարագայում: Հատկանշական է, որ կիրառված հետազոտական մեթոդների նվազ զգայունության և արդյունավետության դեպքում այդ հետազոտությունները կարող են օբյեկտիվորեն կրել այնպիսի խնդիրներ,

Թղթակցական հասցեն՝ Կիրակոսյան Նելլի Անդրանիկի, դատաբժշկական փորձաքննությունների բաժնի քիմիական (կենսաքիմիական) փորձաքննությունների բաժանմունքի պետ, ՀՀ ԳԱԱ «Փորձաքննությունների ազգային բյուրո» ՊՈԱԿ, e-mail: mrs.nelly.kirakosyan@gmail.com

որոնք չեն վերացնում կամ նվազեցնում սխալ արդյունքներ ստանալու ռիսկը և չեն կարող ապահովել վերլուծության բարձր ճշգրտություն:

Բարձր զգայունությամբ ու արդյունավետությամբ ժամանակակից սարքերը լուծում են վերաբերյալ խնդիրը. էականորեն հեշտացնում են դատաքիմիական փորձագետների աշխատանքը՝ հնարավորություն տալով հայտնաբերել նյութերի փոքր քանակություններ բարդ նմուշներում՝ արդյունավետորեն տարբերակելով նմանատիպ կառուցվածքով միացությունները և նվազեցնելով դատաքիմիական փորձաքննությունների ժամանակ օբյեկտիվորեն հանդիպող կեղծ դրական և կեղծ բացասական արդյունքների հավանականությունը, ինչը հատկապես կարևոր է դատական վարույթների իրականացման դեպքում, երբ սխալը կարող է բերել լուրջ իրավական հետևանքների [1, 11]:

Նոր հոգեակտիվ նյութերը (NPS) հաճախ օգտագործվում են փոքր չափաբաժիններով, ինչը դժվարացնում է դրանց հայտնաբերումը հատկապես այն դեպքերում, երբ նմուշը ենթարկվել է զգալի քայքայման: Ժամանակակից քրոմատոմասսպեկտրոմետրիկ գործիքները կարող են նույնականացնել նման նյութերը նույնիսկ նվազագույն կոնցենտրացիաներում, որոնք անտեսանելի կարող են լինել պակաս զգայուն մեթոդների համար, մասնավորապես՝ նրբաշերտ քրոմատագրաֆիական և իմունաքիմիական մեթոդների կիրառման ժամանակ, որտեղ զգայունության շեմը գործնականում չի գերազանցում նանոգրամ քանակությամբ նյութերի առավելագույն սահմանը, իսկ կենսաբանական մատրիցներում երբեմն նյութերի հայտնաբերման և որոշման համար անհրաժեշտ է դառնում բարձր զգայունության շեմ ապահովող քրոմատոմասսպեկտրոմետրիկ սարքավորման առկայություն, ինչը հեշտացնում է արագ արձագանքումը ոլորտի նոր սպառնալիքներին: Այս համատեքստում դատաքիմիայի խնդիրները հաջողությամբ լուծելու և փորձաքննության արդյունքները հուսալի և վստահելի դարձնելու համար առանցքային նշանակություն ունեն միջազգային չափանիշներին համապատասխանող ժամանակակից տեխնոլոգիական լուծումները, որոնց բացակայությունը հանդիսանում է առաջնահերթ խնդիր՝ հատկապես նոր հոգեակտիվ նյութերի ի հայտ գալու հետևանքով փորձաքննությունների աճող բարդությունների պայմաններում:

Մարդու օրգանիզմի կենսաբանական միջավայրերում՝ մազերում, արյան և մեզի մեջ թմրամիջոցների գործածման փաստը հաստատելու նպատակով իրականացվող դատաքիմիական հետազոտությունների արդյունքների վրա կարող են ազդել բազմաթիվ գործոններ՝ թմրամիջոցների տեսակը, օգտագործման հաճախականությունը, տևականությունը և քանակությունը, վերջին օգտագործման և նմուշառման միջև անցած ժամանակահատվածը և այլն: Բացի այդ, հետաքննող մարմինները հաճախ հետաքրքրվում են նաև այլ հանգամանքներով, ինչպիսիք են թմրամիջոցների պասիվ ազդեցությունը, դրանց օգտագործման պարբերականությունը, օրգանիզմում վերջին անգամ ներմուծման ժամանակը և այլ գործոններ, որոնք կարևոր նշանակություն ունեն հետաքննության համար [2, 5]:

Դատաքիմիական փորձաքննությունների իրականացման համար հիմնականում կիրառվել և շարունակվում են կիրառվել նրբաշերտ քրոմատագրաֆիական և

իմունաքիմիական մեթոդները, իսկ Agilent 6475 LC-MS/MS մոդելի եռակի քառաբևեռ քրոմատոմասսպեկտրոմետրի ձեռքբերումը, նմուշապատրաստման համար անհրաժեշտ բոլոր տեխնիկական միջոցներով և սարքավորումներով լաբորատորիայի համալրումը նշանակալի քայլ է անցկացվող քիմիկոտոքսիկոլոգիական հետազոտությունների որակի բարձրացման ուղղությամբ: Հարկ է նշել, որ Agilent 6475 LC-MS/MS քրոմատոմասսպեկտրոմետրը համարվում է արդի քրոմատոմասսպեկտրոմետրիկ վերլուծության տեխնոլոգիաների ամենաառաջատար և հզոր իրագործումներից մեկը՝ ապահովելով բարձր ճշգրտություն և նոր որակի հետազոտություններ, որի կարևորագույն տեխնիկական բնութագրիչները՝ բարձր զգայունությունը, արդյունավետությունը, դինամիկ տիրույթը, քրոմատագրաֆիական բաժանմունք, սկանավորման արագությունը և մյուս պարամետրերը հնարավորություն են տալիս վստահորեն նույնականացնել թմրամիջոցներն ու հոգեմետ նյութերը՝ նույնիսկ բարդ կենսաբանական մատրիցներում: Մասնավորապես, ESI իոնացման դրական ռեժիմում սարքը կարող է հայտնաբերել ռեգերպին ստուգիչ նյութը 1 պգ կոնցենտրացիայի դեպքում՝ ավելի քան 500 000:1 ազդանշան/աղմուկ (S/N) հարաբերակցությամբ, որի դեպքում այն առավելագույնս նվազեցնում է կեղծ դրական արդյունքների հավանականությունը: Այս սարքի՝ ըստ զանգվածի բաժանումը կազմում է 0,5 Դա, ինչը նշանակում է, որ սարքը կարող է տարբերել և առանձնացնել երկու իոն, որոնց զանգվածների տարբերությունը 0,5 դալտոն է: Սա կարևոր է շատ մոտ զանգված ունեցող միացությունների ճշգրիտ նույնականացման և վերլուծության համար՝ ազդանշանների համընկնումից խուսափելու համար, իսկ Agilent 6475 LC/TQ-ի դեպքում անալիտիկ նյութերի կոնցենտրացիաների դինամիկ տիրույթը կազմում է $> 6 \times 10^6$, այսինքն սարքը կարող է չափել նյութերի կոնցենտրացիաներ, որտեղ ամենացածր և ամենաբարձր չափվող արժեքների հարաբերակցությունը գերազանցում է 6 միլիոն անգամ [3, 7]:

Քիմիկոտոքսիկոլոգիական հետազոտությունների դեպքում սարքում ներդրված «ForTox Tmrm Database B.06.01» տվյալների բազան օպտիմիզացնում է մասսպեկտրոմետրի աշխատանքը, տրամադրելով նախապես մշակված թիրախային MRM անցումներ բազմաթիվ միացությունների համար, և պարունակում է ավելի քան 2800 միացությունների մշակված տվյալների բազա՝ բեկորային լարումներով և բախման տարբեր էներգիաներով՝ մինչև 10 MRM անցումներով: Մյուս օժանդակ Cloud M/Z առցանց գրադարանային հարթակը, որը նախատեսված է զանգվածային սպեկտրոմետրիայի տվյալների վերլուծության՝ անհայտ փոքր մոլեկուլների հուսալի նույնականացման համար, և ներառում և տարբեր մոլեկուլների տրոհման բեկորների սպեկտրներ, թույլ է տալիս համեմատել ստացված տվյալները գրադարանների ստանդարտ նյութերի սպեկտրների հետ՝ միացությունները կամ իրենց բեկորները հայտնաբերելու համար՝ հիմնվելով դրանց զանգված/լիցք (m/z) հարաբերակցության վրա: Այս միջոցները թույլ են տվել բավական արագ ստեղծել և մշակել Scan, MRM, dMRM և նպատակային Product Ion ռեժիմներով սկրինինգային ու հաստատող մեթոդներ՝ մեկ վազքի ընթացքում իրականացնելով որակական և քանակական համոզիչ գնահատում հարյուրավոր անալիտների համար: Մասնավորապես,

քրոմատոմասսպեկտրոմետրի 1290 Infinity II հեղուկ քրոմատոգրաֆի համար կիրառվել է InfinityLab Poroshell Poroshell 120 EC-18 10մմ 2.1մմ 2.7 մկմ աշտարակ՝ երկարության, ներքին տրամագծի և ադսորբցիոն շերտի մասնիկների չափսերի համապատասխան պարամետրերով, նախաաշտարակը՝ UHPLC Guard 3PK InfinityLab Poroshell 120 EC-C18 5մմ; 2,1մմ; 2,7 մկր, իոնիզացման համակարգը՝ «էլեկտրոսփրեյ» (ESI): Բազմաթիվ գիտագործնական փորձարկումների արդյունքում՝ հետազոտական աշխատանքային պայմանների օպտիմալ ընտրությամբ հնարավոր է դարձել թմրամիջոցների, հոգեմետ (հոգեներգործուն) նյութերի, դեղամիջոցների քրոմատոգրաֆիական բաժանումը, այնուհետև, ըստ զանգված/լիցք հարաբերակցության՝ իրականացվել է մասսպեկտրոմետրիկ բաժանում (սարքը ունակ է 0.5 դալտոն նվազագույն տարբերություններով իոնների դեպքում իարականացնել բաժանում), ինչը կարևոր է հատկապես բարդ խառնուրդների վերլուծության և նմանատիպ մոլեկուլային զանգվածներով միացությունների նույնականացման դեպքում:

Agilent 6475-ն ապահովում է նաև լուծիչների գրադիենտների և ճնշման ճշգրիտ կառավարում բարդ մատրիցների օպտիմալ տարանջատման հասնելու համար: Այս համատեքստում գրադիենտը վերաբերում է քրոմատոգրաֆիկ համակարգում անալիտները առանձնացնելու համար օգտագործվող լուծիչների բաղադրության աստիճանական փոփոխությանը: Աղյուսակ 1-ում պատկերված է աշտարակի շարժուն ֆազայի 0,1% մրջնաթթվի թթվայնության պայմաններում՝ A համակարգում՝ ջուր, B համակարգում՝ ացետոնիտրիլ լուծիչների ժամանակի ընթացքում գրադիենտի՝ A-ի 98% և B-ի 2 % բաղադրության փոփոխությունը, որն ապահովում է հետազոտվող նմուշում պարունակվող բաղադրիչ նյութերի կայուն բաժանում:

Աղյուսակ 1.

Լուծիչների կոնցենտրացիաների գրադիենտը

	Time (min)	A	B	Flow (ml/min)	Pressure (bar)
1	Start. Cond. min	98.00 %	2.00 %	0.300 mL/min	800.00
2	0.50 min	98.00 %	2.00 %	0.300 mL/min	-
3	15.00 min	1.00 %	99.00 %	0.300 mL/min	-
4	20.00 min	1.00 %	99.00 %	0.300 mL/min	-

Քրոմատոգրաֆիական աշտարակում ջերմաստիճանը սահմանվել է 40°C, շարժուն ֆազի հոսքի արագությունը՝ 0,3 մկ/րոպե, ներակման ծավալը՝ 0,5մկլ: Մեթոդի մշակման համար անալիտների մոլեկուլար իոնների և բեկորների (ֆրագմենտների) MRM անցումների համար ապահովվել է բախման փոփոխվող էներգիաներ, դետվատացման և իոնների հոսքի կայունացման համար սահմանվել է գոլորշիացուցչի 250-300 °C ջերմաստիճան (N₂-Sheath Gas Temperature) և Sheath Gas Flow՝ 12 լիտր/րոպե, աերոզոլ գոյանալու համար իոնիզացման աղբյուրում՝ իոնիզացման գազի (Gas Temperature) ջերմաստիճան՝ 120 °C, գազի հոսք՝ 13 լիտր/րոպե, սփրեյ (Nebulizer G1958 - 65638)՝ 40psi: Սկանավորման MRM ռեժիմով գործիքային հետազոտության արդյունքում հնարավոր է եղել ապահովել անալիտների քրոմատոմասսպեկտրոմետրիկ արդյունավետ բաժանում և խառնուրդային

էֆֆեկտների՝ ազդանշան/աղմուկ հարաբերակցության բարձր արդյունավետություն բավականաչափ թվով թմրամիջոցների համար:

Աղյուսակ 2-ում բերված են քրոմատոմասսպեկտրոմետրիկ մեթոդով սահմանված և իրականացված հետազոտության տվյալները՝ որոշ թմրամիջոցների մայր-իոնի և բեկորների զանգված/լիցք արժեքները, քրոմատոգրաֆիական բաժանման արժեքները, իոնիզացման և ֆրագմենտացիայի արդյունավետ տրոհման էներգիաները:

Աղյուսակ 2.

Որոշ թմրամիջոցների մայր-իոնի և բեկորների զանգված/լիցք արժեքները, քրոմատոգրաֆիական բաժանման արժեքները (Rt), իոնիզացման և ֆրագմենտացիայի արդյունավետ տրոհման էներգիաները

Միացություն	Precursor ion (m/z)	Product ions (m/z)	CE (V)	Fragmentator	Rt	MS1/MS2
Ռեգերպին/ստուգիչ/	609.3	448.1/397.1/195.1/174.1	41	150	6.0-6.1	Unit/Unit
Մեթամֆետամին	150.1	65.1/91.1/119.0/119.1	44/20/5/8	75	5.03-5.13	Unit/Unit
Կոկաին	304.2	182.1/ 150.0/82/77	16/40/48/50	113	6.51-6.58	Unit/Unit
Դիազեպամ	285.1	257.1/193.1/154.1	20/32/24	166	10.05-10.15	Unit/Unit
ՏՀԿ-թթու /մետաբոլիտ/	345.2/343.2	327.2/299.2/43.2 299.2/245.2;191.1	12/20/40;20/40	93	13.05-13.15	Unit/Unit
Դելտա-9 ՏՀԿ	313.1/315. 2	193/ 123/259	12/20/40	93	15.45-15.55	Unit/Unit
Ֆենտանիլ	337.2	188/105/79	24/40/60	146	7.5-7.6	Unit/Unit
Մեթադոն	310.2	265.2/105/57//77.1/	12/28/45/60	118	8.85-8.95	Unit/Unit
Աֆա-ՊՎՊ	232.2	77.1/91.1;161.0/105.1/12 6.1	56/20/28/24	93	6.31-6.37	Unit/Unit

Հարկ է նշել, որ մազերի նմուշների հետ իրականացվող հետազոտությունները հնարավորություն են տալիս կատարել նյութերի գործածման հետադարձ (ռետրոսպեկտիվ) վերլուծություն, ինչը շատ կարևոր է դատաքիմիական փորձաքննությունների ընթացքում:

Մազերը, ինչպես նաև եղունգները ներկայացնում են մատրիցաներ, որոնք կարող են երկար ժամանակ պահպանել քիմիական միացություններ, ինչը թույլ է տալիս զգայուն և արդյունավետ սարքավորումներին, ինչպիսին Agilent 6475 LC/TQ - ն է, կատարել երկարատև գործածման հետադարձ վերլուծություն, ամիսներ կամ նույնիսկ մեկ տարի անց: Սա օգնում է հաստատել թմրամիջոցների գործածման կամ թունավոր նյութերի ազդեցության պատմությունը՝ նույնիսկ ուսումնասիրվող երկարաժամկետ ժամանակահատվածի միջանկյալ հատվածում, ինչպես նաև հասկանալ դրանց օգտագործման կամ ազդեցության քրոնոլոգիան՝ ելնելով այն դրույթներից, որ մազի նմուշի մոտ 1 սմ-ը համապատասխանում է շուրջ մեկ ամսվա անալիտների գործածման և ազդեցության ընթացքին: Այս ընդհանուր հայեցակարգային հասկացությունը վկայված է 1995 թվականին հիմնադրված «Մազերի թեստավորման միություն (SoHT)» համաշխարհային ցանցի կողմից, որը ներգրավված լինելով մազերի հետազոտությունների և ուսումնասիրությունների մեջ, հրապարակել է բազմաթիվ ուղեցույց փաստաթղթեր՝ մազերի մեջ թմրամիջոցների և դոպինգ նյութերի

հետազոտությունների վերաբերյալ, որոնք ունեն լայն կիրառություն ինչպես կլինիկական, այնպես էլ դատաբժշկական թունաբանության ոլորտներում [4, 6]:

Հարկ է նաև նշել, որ մազերի նմուշապատրաստման առաջին փուլի լվացման ընթացքը ներառում է վերահսկվող նյութերի օգտագործումը հաստատող կամ բացառող փորձագիտական տվյալների գնահատում, մասնավորապես փորձարկման արդյունքների հավաստիությունն ապահովելու նպատակով վերացվում է արգելված կամ վերահսկվող նյութերի հետքերը և նվազագույնի հասցվում կամ բացառվում այլ աղտոտիչների ազդեցությունը: Մազերի և դրանց 5 շրջան լվացմունքների գործիքային հետազոտության արդյունքներն ուսումնասիրվում, համեմատվում և համադրվում են սարքում ներդրված տվյալների բազայի հետ: MRM (dMRM) ռեժիմով մեթոդով գործիքային հետազոտության արդյունքում ստացված տվյալների հիման վրա կասկածելի կամ կոնկրետ նյութի հայտնաբերման լրացուցիչ այլ մակարդակ ապահովելու նպատակով նմուշների լուծամզվածքները կրկին հետազոտվում են Product Ion ռեժիմով մշակված մեթոդով, որի ժամանակ Q1-ը (առաջին կվադրուպոլը) գրանցում է կոնկրետ մոլեկուլի իոնային զանգվածը, իսկ Q3-ը (երրորդ կվադրուպոլը) սկանավորում է բոլոր հնարավոր բեկորները՝ ավելի ամբողջական տեղեկատվություն տալով մոլեկուլի կառուցվածքի մասին: Այս դեպքում ընտրվում են աշտարակի նմանատիպ ջերմաստիճանի, գազի հոսքի, ներուլայզերի ճնշման, գազի ջերմաստիճանի և այլ գործիքային պայմանների օպտիմալացված արժեքներ: Այնուհետև ստացված սպեկտրները կրկին ենթարկվում են համեմատական վերլուծության և համադրման՝ օգտագործելով տվյալների բազաները, ինչպես նաև m/z Cloud տվյալների բազան:

Մազերի նմուշները նախապես բաժանվում են 1-ից 2 սմ հատվածների՝ կախված նմուշառման գրագետ մոտեցման հանգամանքից՝ սկիզբը համարակալելով գլխամաշկին մոտ մազի հատվածը: Մազերի հետազոտության մեթոդաբանության համաձայն՝ եթե մազերի երկարությունը գերազանցում է 2 սմ, դրանք բաժանում են ըստ երկարության հատվածների՝ վերահսկվող նյութերի գործածման վաղեմության գնահատման համար: Այդ հատվածները համարակալվում և դիտարկվում են որպես առանձին փորձանմուշներ և նույն տրամաբանությամբ հետազոտվում վերոնշյալ մեթոդով: Հարկ է նշել, որ երկրորդ փուլի ընթացքում իրականացվում է վերոնշյալ՝ արդեն լվացման փուլն անցած մազերի փորձանմուշների՝ մատրիցի նմուշապատրաստում, մասնավորապես՝ օրգանական լուծիչներով էքստրակցիա, որի համար կիրառվում է ուլտրաձայնային բաղնիք, այնուհետև ցենտրիֆուգում և ռեզեններացված պոլիպրոպիլենային ֆիլտրով ֆիլտրում: Արտաքին և ներքին կերատինային շերտերի (կուտիկուլայի և կորտեքսի) հետազոտության նպատակով ստացված լուծամզվածքները ենթարկվում են հեղուկային քրոմատոմասսպեկտրոմետրիկ սարքով հետազոտության [1]:

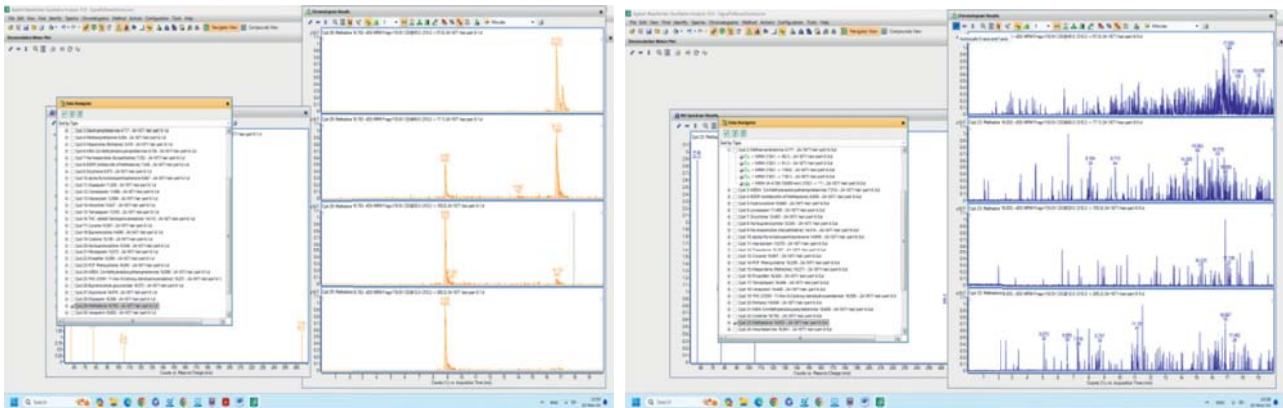
Մեզի և արյան փորձանմուշները ենթարկվում են համապատասխանաբար թթվահիմնային հիդրոլիզի և անմիջական էքստրակցիայի՝ հագեցվելով սուլֆատային աղով, այնուհետև հատուկ խառնիչով ենթարկվում էքստրակցիայի հեքսան էթիլացետատ, քլորոֆորմ և իզոպրոպանոլ օրգանական լուծիչների համակարգերի կամ առանձին ջուր, ացետոնիտրիլ և հեքսան լուծիչներով, կրկին ցենտրիֆուգվում,

թիրախային լուծամզվածքներն առանձնացվում, ֆիլտրվում են ռեգեներացված պոլիպրոպիլենային ֆիլտրով և ենթարկվում քրոմատոմասսպեկտրոմետրիկ հետազոտության Agilent 6475 Triple Quad LC/MS System (Agilent LC 1290) սարքով [3]:

Կատարված բազմաթիվ փորձագիտական հետազոտություններից թերևս հատկանշական է 12 սմ երկարությամբ մազի փորձանմուշում հայտնաբերված մեթամֆետամինի, մեթադոնի և դիազեպամի գործածման փաստի հաստատումը: Նմուշը նախապես բաժանվել էր 6 հատվածների, գնահատելու համար նյութերի հնարավոր գործածման մոտավոր ժամանակաշրջանը:

Յուրաքանչյուր հատված 5 անգամ լվացվել էր օրգանական լուծիչներով՝ բացառելու համար արտաքին աղտոտումների՝ կոնտամինացիայի (քրոմատագրագիական պատկերներում այն ներկայացվել է cont հապավմամբ) և պասիվ գործածման հանգամանքը:

Քրոմատոմասսպեկտրոմետրիկ պատկերների համաձայն՝ հետազոտությունների ընթացքում բոլոր հատվածների առաջին լվացումից հետո կասկածելի թմրամիջոցի հետքերը հայտնվում էին քրոմատոգրաֆիկ պատկերներում, սակայն 5-րդ լվացումից հետո այդ հետքերն այլևս չէին հայտնաբերվում, ինչը կատարված փորձաքննության ընթացքում կարող էր ապացուցել անձի կողմից թմրամիջոցներ գործածելու հնարավոր ներգրավվածության ուղղակի կամ անուղղակի հանգամանքը՝ հետագայում հաստատվելով լվացումներից հետո մազի մատրիցի հետազոտությամբ (Գծապատկեր 1):.



Գծապատկեր 1. Մազի նմուշի 6-րդ հատվածի(համապատասխանում է նմուշառմանը նախորդող 11-12 ամիսների ժամանակահատվածին)՝ 1-ին և 5-րդ լվացումներից մեթադոնի R_t ազդանշաններով քրոմատոգրամները՝ Agilent 6475 LC-MS/MS սարքով քրոմատոմասսպեկտրոմետրիկ հետազոտությամբ:

Այսպիսով, ժամանակակից քրոմատոգրաֆ զանգվածային սպեկտրոմետր-ային տեխնոլոգիաների կիրառման արդիականությունը կայանում է նրանում, որ հնարավոր է դառնում նույնիսկ բարդ կենսաբանական մատրիցներում (մազ, արյուն, մեզ) ապահովել թմրամիջոցների և հոգեակտիվ նյութերի, ներառյալ՝ դրանց մետաբոլիտների վստահ նույնականացումը, նույնիսկ ամիսներ անց կատարել մազի նմուշի հետազոտությամբ արգելված և վերահսկող նյութերի գործածման վաղեմության ռետրոսպեկտիվ գնահատում՝ նվազագույնի հասցնելով դատաքիմիական հետազոտությունների կեղծ դրական և կեղծ բացասական արդյունքներով սխալների

հավանականությունը և բարձրացնելով դատաքիմիական փորձաքննությունների արժանահավատությունն ու դրանց համապատասխանությունը միջազգային չափանիշներին:

Գրականության ցանկ

1. Савчук С.А., Григорьев А.М., Хромато-масс-спектрометрический анализ в наркологической и токсикологической практике. /Вводн. ст. А. Н. Веденина. М.: ЛЕНАНД, 2013. - 224 с.
2. United Nations International Drug Control Programme. Recommended methods for the detection and Assay of heroin, cannabinoids, cocaine, amphetamine in biological specimens. Manual for use by National Laboratories. New York 2004.
3. Agilent Technologies, Inc. 2022. Agilent 6475 Triple Quadrupole LC/MS System.. Printed in the USA, May 23, 2022 DE40499498. 5994-4930EN, www.agilent.com/chem/6475 <<http://www.agilent.com/chem/6475>>
4. Gail A.A. Cooper, R.Kronstran, P. Kintz.. Society of Hair Testing guidelines for drug testing in hair. Forensic Sci. Int. (2011), <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.10.024>.
5. Ghorbani A., Hassan D., Ardeshtir M. A review Hair tissue analysis: An analytical method for determining essential elements, toxic elements, hormones and drug use and abuse. International Research Journal of Applied and Basic Sciences © 2013 Available online at www.irjabs.com ISSN 2251-838X / Vol, 4 (11): 3675-3688.
6. Muhammad U., Abid N., Yawar B., Tahir J., Muhammad Sh., Shazia Kh. Forensic toxicological analysis of hair: a Review: Egyptian Journal of Forensic Sciences (2019) 9:17: <https://doi.org/10.1186/s41935-019-0119-5>.
7. Advances in Mass Spectrometry Instrument Intelligence. Agilent Technologies, Inc. 2022. Published in the USA, December 6, 2022. DE81574943. 5994-5410EN.

ASSESSMENT OF THE SENSITIVITY AND EFFICIENCY OF MODERN CHROMATO-MASS-SPECTROMETRIC EQUIPMENT USED IN FORENSIC CHEMICAL EXPERTISE

Kirakosyan N.A.

The article is devoted to a detailed analysis of modern high-precision chromatograph mass spectrometric methods that allow for accurate and reliable detection and identification of narcotic drugs and psychotropic substances, including their metabolites, in complex biological matrices (hair, nails, blood, urine). The author notes that chromatograph mass spectrometric research methods minimize the likelihood of obtaining false positive and false

negative research results, which in turn allows to increase the efficiency of counteracting new threats associated, first of all, with the growing spread of designer drugs. The article pays considerable attention to the study of hair samples, in particular, provides generalized information on the possibilities of conducting a retrospective research of hair to determine narcotic, psychoactive and potent toxic substances. Based on the results of the research views are presented on the procedures for preliminary preparation of analyzed hair samples for chromatograph mass spectrometric measurements. The author comes to the conclusion that chromatograph mass spectrometric analysis of hair using the Agilent 6475 triple quadrupole HPLC/MS system makes it possible to record a single intake that occurred several months before the analysis. The conclusion notes that the methodological approaches and technological solutions developed and used in practical expert research make it possible to ensure, in accordance with international standards, the necessary level of forensic research.

Keywords: *biological matrices, chromatography mass spectrometry research, sensitivity and efficiency parameters, narcotic, psychoactive substances, assessment of the duration of substance use, mass spectrometry data library.*

ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМОГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУДЕБНО-ХИМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

Киракосян Н.А.

Статья посвящена детальному анализу современных высокоточных хромато-масс-спектрометрических методов, которые позволяют в сложных биологических матрицах (волосы, ногти, кровь, моча) обеспечить точное и надежное выявление и идентификацию наркотических средств и психотропных веществ, включая их метаболиты. Автором отмечается, что хромато-масс-спектрометрические методы исследования минимизируют вероятность получения ложноположительных и ложноотрицательных результатов исследований, что в свою очередь, позволяет повысить эффективность противодействия новым угрозам связанным, в первую очередь с растущим распространением дизайнерских наркотиков. В статье значительное внимание уделено исследованию образцов волос, в частности приведена обобщенная информация о возможностях проведения ретроспективного исследования волос по определению наркотических, психоактивных и сильнодействующих ядовитых веществ. По итогам выполненных исследований излагаются взгляды на процедуры предварительной подготовки анализируемых образцов волос для проведения хромато-масс-спектрометрических измерений. Автор приходит к выводу, что хромато-масс-спектрометрический анализ по волосам с использованием трехквардрольной системы ВЭЖХ/МС Agilent 6475 позволяет зафиксировать однократный прием, случившийся за несколько месяцев

до анализа. В заключении отмечается, что разработанные и используемые в практических экспертных исследованиях методические подходы и технологические решения позволяют обеспечить, в соответствии с международными стандартами, необходимый уровень судебно-экспертных исследований.

Ключевые слова: биологические матрицы, хромато-масс-спектрометрическое исследование, параметры чувствительности и эффективности, наркотические, психоактивные вещества, оценка давности употребления веществ, библиотека данных масс-спектрометрии.

Ներկայացվել է խմբագրության 16.01.2025

Ընդունվել է տպագրության 14.04.2025