فصلنامه اعتیاد پژوهی سوءمصرف مواد، سال هشتم، شماره سی‌ام، تابستان ۱۳۹۳
Quarterly Journal of Research on Addiction, Vol. 8, No. 30, Summer 2014

مقاله پژوهشی

Research

تشخیص مواد شیمیایی در اثر انگشت بوسیله تکنیک دستگاهی کروماتوگرافی گازی/اسپکترومتری جرمی

محسن رضایی [۱]، مرتضی غلامی [۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۱۵

چکیده

هدف: تلاش‌های زیادی برای کسب اطلاعات شیمیایی از اثر انگشت به‌وسیله استفاده از تکنیک‌های دستگاهی نوین برای تشخیص انواع مواد شامل مخدر و دارویی، و همین‌طور توسط نانو ذرات متصل به آنتی بادی‌های ویژه متمرکز شده‌اند. در طی چند سال اخیر روش‌های حساس کروماتوگرافی و اسپکترومتری جرمی برای تشخیص باقیمانده مواد در نمونه‌های با مقادیر بسیار کم ایجاد شده‌اند. **روش:** در این پژوهش نمونه‌برداری از اثرات انگشت به‌وسیله روش‌های بهینه شده با انواع حلال‌های شیمیایی و سپس استفاده از تکنیک‌های کروماتوگرافی گازی/اسپکترومتری جرمی (GC/MS) برای تشخیص مواد در اثر انگشت افراد به انجام رسید. نمونه‌ها شامل مجموعه‌ای از افراد داوطلب بین سنین ۳۰ تا ۴۰ سال بودند. نمونه‌برداری با استفاده از اسلایدهای شیشه‌ای و استخراج با حلال‌های محلول هیدروکسید سدیم، متانول و کلروفرم انجام شد. آنالیز و تشخیص بقایای مواد شامل نیکوتین، ترامادول، متامفتامین و کوکائین با استفاده از مشتق‌سازی و کروماتوگرافی گازی/ اسپکترومتری جرمی به انجام رسید. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد که استفاده از مشتق-سازی به همراه کروماتوگرافی گازی/ اسپکترومتری جرمی به عنوان روشی حساس می‌تواند قادیر بسیار اندک نیکوتین در نمونه‌های موجود را تشخیص دهد. **نتیجه‌گیری:** نتایج این پژوهش می‌تواند به عنوان روشی برای تشخیص باقیمانده مواد مخدر در اثر انگشت و در نهایت ارائه یک روش استاندارد برای آنالیز این مواد باشد.

کلیدواژه‌ها: اثر انگشت، بقایای مواد مخدر، کروماتوگرافی گازی/اسپکترومتری جرمی

۱- نویسنده مسئول: دانشگاه علوم انتظامی امین، پست الکترونیک:Mo.gholami@gu.ac.ir
۲- دانشکده علوم، دانشگاه گلستان

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

شاید بیش از یک قرن است که پلیس برای شناسایی مجرمان از اثر انگشت در صحنه جرم استفاده می‌کند. روش متداول برای این کار استفاده از گردهای سفید بوده است که در صورت چرب بودن دست‌های مجرم، این گردها به آثار چربی باقیمانده چسبیده و اثر انگشت را نمایان می‌ساخت. به کمک فناوری‌ها و معرف‌های جدید، امکان تشخیص کمترین آثار باقیمانده روی مواد، شامل آمینو اسیدها و گلوکز فراهم شده است (کالدول، هندرسون و کیم[1]، ۲۰۰۱). در یک نگاه کلی می‌توان گفت که دانش انگشت نگاری به‌طور کامل مرتبط با دانش شیمیایی مبتنی بر واکنش‌های شیمیایی انواع رنگیزه‌ها با مولکول‌های موجود در اثر انگشت شامل چربی‌ها و یا قندها می‌شود. به این ترتیب بر اساس نوع مولکول هدف موجود در محیط شیمیایی اثر انگشت، انواع روش‌های تشخیص اثر انگشت ابداع و بهینه سازی می‌شود. در سال‌های اخیر تمایل به دریافت اطلاعاتی بیشتر از اثر انگشت، علاوه بر استفاده سنتی از آن برای تشخیص هویت گسترش یافته است. با توجه به بر جای ماندن یک لایه از سلول‌های پوست شخص لمس کننده سطح، امکان استخراج اطلاعات ژنتیکی ناشی از DNA و پروتئین‌های شخص مربوطه و بررسی هویت او و سایر مطالعات زیستی فراهم می‌شود. اثر انگشت دارای مقادیر بسیار بالا از عرق بافت (۹۰٪) و همچنین سلول‌های مزوفیل پوست است. بخش سلولی عرق دست حاوی اطلاعاتی از آمینواسیدها و پروفایل اسیدهای چرب سلول‌ها است. با توجه به مقدار بسیار محدود نمونه موجود در اثر انگشت، دریافت هرگونه اطلاعات از این زمینه نیازمند تکنیک‌های دستگاهی شناسایی بسیار دقیق در کنار روش‌های کارآمد جمع‌آوری نمونه برای این دستگاه‌ها است. تحقیقات در زمینه استفاده از اثر انگشت به عنوان منبع اطلاعات مفید جنایی و تشخیصی در سال‌های اخیر گسترش قابل ملاحظه‌ای یافته است و انتظار می‌رود اولین کیت تشخیصی مواد مخدر از روی اثر انگشت با تکنولوژی نانو به زودی به بازار بیاید. در سال‌های اخیر پژوهش‌ها در مورد استفاده از ذرات نانو حاوی آنتی بادی مخصوص مواد مخدر رشد یافته است. به این ترتیب با استفاده از آنتی بادی مخصوص هر

1. Caldwell, Henderson & Kim

Archive of SID
www.SID.ir

نوع ماده مخدر می‌توان یک کیت تشـخیصـی نانو برای آن تهیه کرد (هازاریکا، جیکلز، وولف و راشـل[1]، ۲۰۰۸و ۲۰۱۰). از جمله تکنیک‌های دیگری کـه در زمینـه آنالیز اثر انگشـت بسـیار مورد علاقه پژوهشگران است تکنیک دستگاهی اسپکترومتری جرمی است (سـونگ[2] و همکاران، ۲۰۱۲، بریگت[3] و همکاران، ۲۰۱۲). این تکنیک به علت حسـاسیت بسـیار بالا قادر به تشـخیص ماهیت بسـیاری از مواد شـیمیایی و تعیین وجود یا عدم وجود مواد، تغییرات کمیت و کیفیت آن‌ها و اثر عواملی همچون گذشـت زمان بر آن‌ها است. به این ترتیب، می‌توان با بررسی پروفایل اسیدهای آمینه و یا اسیدهای چرب اثر انگشت تعیین کرد که متعلق به چه شـخصـی با چه سـنی بوده و اینکه چه مدت از ایجاد آن گذشته است (کروکسـتانا، بارونا، بالتر، کنت و سـیرس[4]، ۲۰۱۰). از جمله کاربردهای نوین این تکنیک این اسـت که بقایای داروها و یا مواد مخدر از روی باقیمانده اثر انگشـت تعیین شـود. این امر با اسـتفاده از دسـتگاه‌های اسـپکترومتری جرمی که متصـل به تکنیک جداسـازی کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) هستند، امکان پذیر شده است. در این فرایند ترکیب مورد نظر توسـط HPLC از انبوه سـایر مواد موجود در اثر انگشـت جدا شـده و سپس توسـط اسـپکترومتر جرمی شـناسـایی می‌شود. استفاده از این تکنیک برای تشخیص باقیمانده ماده مخدر متادون در اثر انگشـت معتادان تحت درمان و ماده دارویی آرام‌بخش لورازپام در اثر انگشت بیماران با موفقیت گزارش شـده است (گوچر، کیسمن، اسمیت[5] و جیکلز، ۲۰۰۹؛ جکوب[6]، جیکلز، وولف و اسـمیت، ۲۰۰۸). در این پژوهش تلاش می‌شود که یک روش نمونه برداری مناسـب و کارآمد بر اساس حداکثر راندمان جمع‌آوری نمونه برای مرحله دسـتگاهی، روش تغلیظ و نمونه‌پردازی مناسب و در نهایت تکنیک دستگاهی حسـاسـی که قادر به تشـخیص کیفی مولکول شـیمیایی موجود در اثر انگشـت باشـد، ارائه شـود. در اولین مرحله از این پژوهش تلاش می‌شـود که روش شناسایی دستگاهی مولکول در اثر انگشـت انتخاب و بهینه شـود. بعد از تعیین روش مناسـب دسـتگاهی برای شناسایی، روش تهیـه نمونـه و نمونـه‌پردازی‌هـای منـاسـب برای تکنیک دسـتگاهی منتخب، مورد

1. Hazarika, Jickells, Wolff & Russell
2. Song
3. Bright
4. Croxtona, Barona, Butler, Kent & Sears
5. Goucher, Kicman & Smith
6. Jacob

Archive of SID
www.SID.ir

بهینه‌سازی و آزمایش قرار می‌گیرد. هدف پژوهش این است که روش‌های مناسب جمع‌آوری نمونه از اثر انگشت، روش استخراج و روش مناسب آنالیز دستگاهی بررسی شده و در نهایت امکان سنجی مشاهده مولکول شیمیایی در اثر انگشت به انجام رسد. نتایج این پژوهش می‌تواند به عنوان تست اعتیاد و یا روشی برای آنالیز شیمیایی اثرات انگشت به جا مانده در صحنه‌های جرم استفاده شود.

روش

جامعه، نمونه و روش نمونه‌گیری

در این پژوهش از ترکیبات نیکوتین، ترامادول، متامفتامین، کوکائین و متادون برای بررسی توانایی‌های روش تشخیصی استفاده شد. با توجه به در دسترس بودن افراد سیگاری، بعضی از مراحل تحقیق به منظور تعیین روش‌های جداسازی و بهینه‌سازی دستگاه با استفاده از ماده استاندارد نیکوتین و مرحله دوم تحقیق شامل استفاده از نمونه‌های مخدر که توسط اشخاص مصرف شده بودند، انجام شد.

برای تهیه نمونه ازافراد داوطلب مرد بین سنین ۳۰ تا ۴۰ سال استفاده شد که بعضی دارای سابقه مصرف به مدت حداقل ۳ ماه بودند و یک نفر نیز به عنوان فرد کنترل، سابقه مصرف نداشت. این افراد در ابتدا دست‌های خویش را با الکل اتانول شسته و سپس به آرامی خشک کردند. برای نمونه‌برداری از انگشتان اشاره و همین‌طور مالش چند باره انگشتان با سطح نمونه‌گیری استفاده شد. نمونه‌برداری روی یک اسلاید شیشه‌ای میکروسکوپ که به دقت تمیز شده بود انجام شد. پس از لمس اسلاید توسط شخص نمونه دهنده، اسلایدها در یک ویال در بسته قرار گرفته و در دمای $-80^{o}\ C$ برای مراحل بعدی کار نگهداری شدند. انتخاب این روش نمونه‌برداری با توجه به گزارشی است که در آن داروی لورازپام در اثر انگشت بیماران شناسایی شده است (جاکوبز، جیکلز، ولف و اسمیت[1]، ۲۰۰۸).

برای استخراج ترکیبات از اثر انگشت از ۱۰۰۰ میکرو لیتر از درصد مساوی از حلال‌های دی‌کلرومتان و متانول برای استخراج استفاده شد (کینتز، کیفر، مسر و مانگین[2]، ۱۹۹۳; لی

1. Jacob, Jickells, Wolff & Smith
2. Kintz, Kieffer, Messer, Mangin

Archive of SID
www.SID.ir

و همکاران، ۲۰۰۷). متانول استخراجی حاوی سوربیتول نشان دار[1] به عنوان استاندارد داخلی (۴۰ µg/mL) بود. علت استفاده از دی‌کلرومتان حالت نیمه قطبی و توانایی آن در حل کردن اسیدهای چرب اثر انگشت بود. ویال حاوی اسلایدها به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه التراسونیک قرار گرفت و سپس به مدت ۱۰ دقیقه روی دستگاه تکان داده شد. محلول رویی جدا شده و حلال آن توسط دستگاه روتاری پرانده شد. به رسوب استخراجی ۵۰۰ میکرو لیتر سدیم هیدروکسید (۵٪) اضافه شد و سپس توسط ۵۰۰ میکرو لیتر از کلروفرم استخراج نهایی انجام گرفت. محلول کلروفرم جدا شده به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد و سپس از فیلتر ۰/۴۵ میکرون عبور داده و حلال آن پرانده شد. برای انجام مطالعه GC، مراحل مشتق سازی روی رسوب باقیمانده انجام پذیرفت. مطالعات و اندازه‌گیری‌های مربوطه با دستگاه GC/MS مدل Varian ۴۰۰۰ با دتکتور ion trap و برنامه‌ریزی دمایی زیر انجام شد. ستون به طول ۳۰ متر با قطر ۰/۲۵ µm مورد استفاده قرار گرفت و نسبت split ۱۰/۱ مورد استفاده قرار گرفت. دمای تزریق کننده[2]، ۲۵۰ °C بود. دمای آغازین ستون ۸۰ °C بوده و با سرعت ۱۰ درجه در دقیقه به ۳۰۰ °C رسانده شده و به مدت ۱۰ دقیقه در آن دما نگهداری می‌شد.

برای مشتق سازی نمونه خشک شده از متوکسی‌آمین هیدروکلرید به مقدار ۲۰ میلی گرم در پیریدین بی‌آب استفاده شد که به هر نمونه ۴۰ میکرو لیتر اضافه شد و به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه قرار داده شد. سپس از ترکیب MSTFA به مقدار ۷۰ میکرولیتر به هر نمونه اضافه شد و به مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۳۷ درجه قرار داده شد. ترکیبات به دست آمده به دستگاه تزریق شد و مورد شناسایی قرار گرفتند. این کار با توجه به روش ایجاد شده توسط روسنر[3] برای مشتق سازی ترکیبات برای آنالیز GC انجام شد. روسنر و همکاران، ۲۰۰۶). تشخیص نیکوتین بر اساس شناسایی مشتق آن با MSTFA در حوالی دقیقه ۷ انجام شد.

1. C-sorbitol
2. injector
3. Roessner

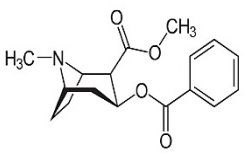
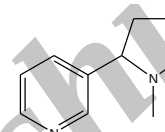
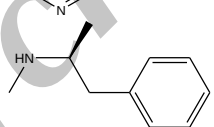
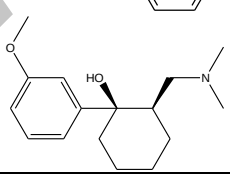
Archive of SID
www.SID.ir

یافته‌ها

آنالیز استاندارد نیکوتین با دستگاه ESI/Q-TOF: با در اختیار داشتن این قطعات مولکولی امکان انجام بررسی مراقبه یون انتخابی[1] برای دیدن تمامی قطعات و تائید نهایی مولکول شیمیایی فراهم می‌شود. برای آنالیز و تائید مشتق‌سازی‌های انجام شده و تعیین جرم دقیق مشتق تهیه شده از هر ترکیب، یک محلول با غلظت ۱۰ میکرو مولار از هر ترکیب در حلال متانول تهیه شد و به دستگاه تزریق شد. سپس با یک روش بهینه شده از روشGC، آنالیز تشخیص یا عدم تشخیص مواد در نمونه‌های آزمایشی به انجام رسید.

ساختار ترکیبات آنالیز شده و جروهای مولکولی آن‌ها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۱: ساختار ترکیبات آنالیز شده و جرم‌های مولکولی آن‌ها

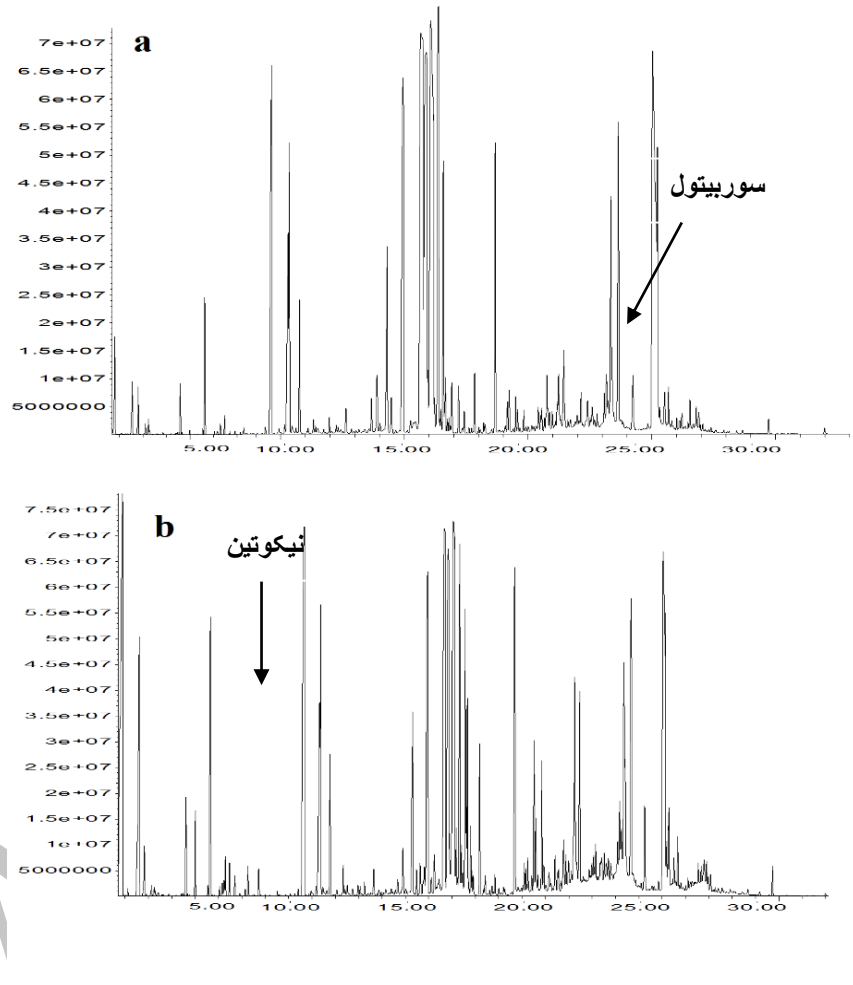
نام ترکیب	ساختار ترکیب	جرم مولکولی ترکیب	جرم مولکولی ترکیب مشتق سازی شده
کوکائین		۳۰۳	۳۷۶
نیکوتین		۱۶۲	۲۳۵
متامفتامین		۱۴۹	۲۲۲
ترامادول		۲۶۳	۳۳۶

آنالیز اثر انگشت با تکنیک GC/MS: در گام بعدی توانایی دستگاه GC/MS برای تعیین نیکوتین در نمونه‌های موجود مورد بررسی قرار گرفت. برای اینکار از مشتق سازی و

1. Selected ion Monitoring(SIM)

Archive of SID
www.SID.ir

فرارسازی ترکیبات موجود در اثر انگشت از طریق واکنش آن با ترکیب MSTFA استفاده شد. برای شناسایی ترکیبات از کتابخانه دستگاه استفاده شد (شکل ۱).



شکل ۱: تفاوت مقادیر نیکوتین در نمونه‌های تهیه شده

به این ترتیب تکنیک GC/MS نشان داد که دارای توانایی خوبی برای آنالیز مقادیر کم نیکوتین است. این تکنیک به همراه روش مشتق‌سازی استفاده شده توانایی جداسازی دسته-های دیگری از متابولیت‌ها همچون اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب را نیز داشته است (شکل ۲).

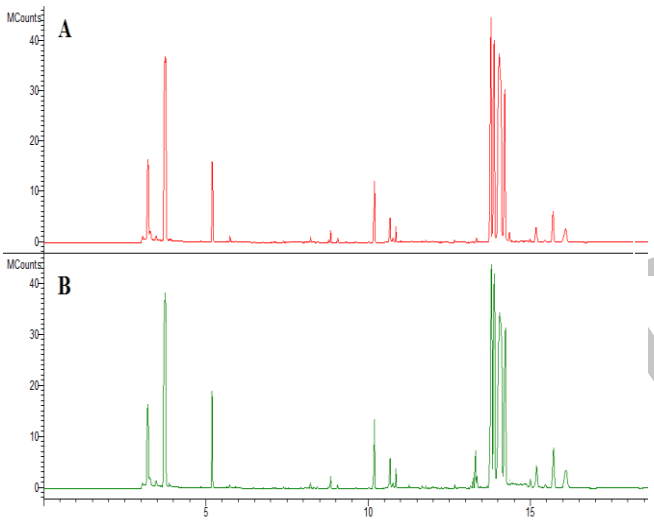
www.SID.ir

Sugars	Amino acids
Fructose	Alanine
Fumarate	Asparagine
Galactinol	Aspartate
Glucose	Beta-alanine
Threonate	Glutamate
Digalactoglycerol	Glutamine
Glycerol	Glycerate
Ribitol	Glycine
Melezitose	Homserine
Mucic acid	Isoleucine
Sucrose	Lysine
Fatty acids	Ornithine
	Phenylalanine
Heptanoic acid	Proline
Hexadecanoic acid	Pyroglutamate
octadecanoic acid	Serine
octadecenoic acid	Threonine
9,12-octadecadienoic acid	Tryptophan
9,12-(Z,Z)-octadecanoic acid	Tyrosine
	Valine

شکل۲: لیست ترکیبات شناسایی شده با GC/MS در اثر انگشت

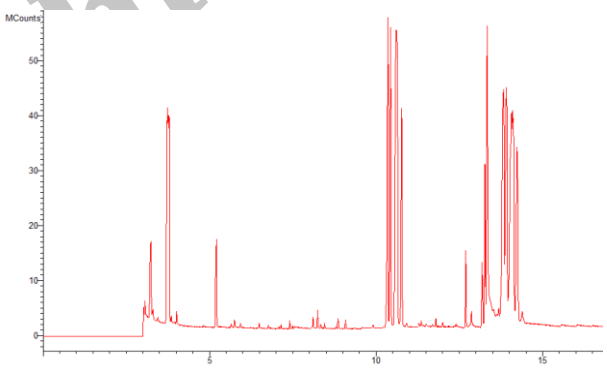
تشخیص ترامادول در اثر انگشت: پس از بهینه‌سازی روش‌های استخراج و تعیین روش بهینه آنالیز با تکنیک GC/MS، تشخیص ترامادول در اثر انگشت تهیه شده از شخص داوطلبی که ترامادول را دریافت کرده بود به انجام رسید. با توجه به اینکه نمونه برداری در دو فاصله زمانی ۱۵ و ۳۰ روزه انجام شد. روش بهینه شده برای تعیین این‌که بقایای ترامادول در چه فاصله زمانی پس از مصرف قابل تشخیص است انجام شد. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود مقدار بسیار اندکی از ترامادول در اثر انگشت تهیه شده در روز پانزدهم یافت شد. به همین دلیل مصرف ترامادول به مدت ۱۵ روز دیگر ادامه داده شده و نمونه‌برداری در روز ۳۰انجام شد. همان‌طور که دیده می‌شود وجود این ترکیب در دقیقه ۱۳/۲ در کروماتوگرام قابل تشخیص بود و تغییرات آن نیز در طی زمان مشاهده می‌شود. به این ترتیب می‌توان وجود ترکیب ترامادول و تغییرات آن در اثر انگشت را به خوبی با این تکنیک نشان داد.

Archive
www.SID.ir



شکل۳: تشخیص ترامادول در یکی از نمونه‌های تهیه شده

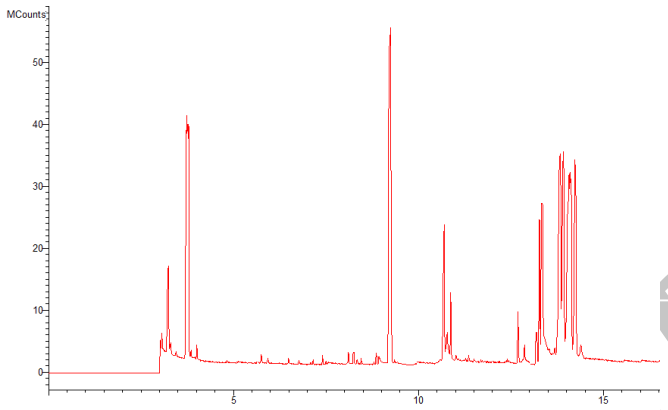
تشخیص متامفتامین در اثر انگشت: پس از بهینه‌سازی روش‌های استخراج و تعیین روش بهینه آنالیز با تکنیک GC/MS، تشخیص متامفتامین نیز علاوه بر ترامادول در اثر انگشت تهیه شده از شخص مصرف کننده شیشه، به انجام رسید. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود پروفایل اثر انگشت فرد مصرف کننده شیشه، بسیار متفاوت از سایر نمونه‌ها است.



شکل۴: تشخیص متامفتامین در یکی از نمونه‌های تهیه شده

تشخیص کوکائین در اثر انگشت: در بسیاری از نمونه‌های کراک، کوکائین وجود دارد که به عنوان یک ماده محرک قوی است. این ترکیب نیز در اثر انگشت تهیه شده از یک فرد مصرف کننده جداسازی و شناسایی شد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۵: تشخیص کوکائین در یکی از نمونه‌های تهیه شده

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت که روش‌های پیشنهادی قابلیت تشخیص نیکوتین و سایر ترکیبات مخدر مشابه را دارد. استفاده از این روش شامل مخلوط دی کلرومتان/ متانول به عنوان حلال استخراجی و جداسازی بیشتر با محلول قلیایی هیدروکسید سدیم، دارای پاسخ‌های مناسب برای جداسازی ترکیبات بوده است. مشخص شد که علیرغم وقت گیر بودن روش GC/MS، این روش توانست مواد موجود در نمونه‌ها را تشخیص دهد. استفاده از چنین روشی پیش از این نیز برای تشخیص متادون در اثر انگشت افراد استفاده شده بود (گوچر و همکاران، ۲۰۰۹). چنین آنالیزی برای لورازپام با تکنیک LC/MS-MS گزارش شده و نشان داده است که محلول متانول/ دی کلرومتان برای استخراج به خوبی عمل کرده است (جکوب و همکاران، ۲۰۰۸). این گزارش نشان داده است که در صورت تعیین کمی دارو، با توجه به مشخص بودن دوز مصرفی و زمان‌های مصرفی این داروها، امکان مطالعات فارماکودینامیکی با این تکنیک‌ها از روی اثر انگشت وجود دارد. تکنیک GC/MS امکان استفاده از کتابخانه را برای شناسایی کلیه ترکیبات مشاهده شده در کروماتوگرام فراهم می‌کند. با توجه به این نتایج، دسته وسیعی از ترکیبات شامل اسیدهای آمینه، قندها و اسیدهای چرب و اسیدهای آلی در اثر انگشت شناسایی شدند. این نتایج امکان بررسی تغییرات متابولیسم سلول‌های بدن را در نتیجه نوع

Archive of SID
www.SID.ir

داروی مخدر مصـرفی، تفاوت سـنی و یا هر نوع بیماری فراهم می‌کند. این امر بیشـتر از آنکه به روش‌های شناسایی وابسته باشد به روش جداسازی و حساسیت بالاتر کرماتوگرافی گازی برای مقادیر اندک مواد بستگی دارد. با توجه به استفاده از ستون‌های بسیار نازک و دارای طول‌هـای بلنـد (بین ۳۰ تـا ۶۰ متر) در کروماتوگرافی گـازی، راندمان جداسـازی ترکیبـات در این روش بـالاتر اسـت. طبق گزارش فیهن[1] و همکـاران (۲۰۰۰) این روش توانسته است بیش از ۱۰۰ ترکیب را در تنها ۵۰ میلیگرم از گیاه شناسایی کند. استفاده از مشتق سازی ترکیبات با ترکیب MSTFA منجر به سیلانه شدن و فرار شدن آن‌ها می‌شود کـه قـابلیت آنالیز آن‌ها با GC را فراهم می‌کند. این روش دارای مزایای زیادی نسـبت به روش کروماتوگرافی مایع به شـرح زیر اسـت: هزینه کروماتوگرافی گازی و معرف‌های لازم برای مشـتق سـازی کمتر از هزینـه حلال‌هـا و نگهـداری بـالای دسـتگاه‌هـای کروماتوگرافی مـایع اسـت. حسـاسـیت و دقـت تشـخیص روش کروماتوگرافی از کروماتوگرافی مایع بیشتر است. امکان انجام روش مشتق سازی و انجام کروماتوگرافی گازی با امکانات موجود در داخل کشـور وجود دارد در حالی که تهیه دسـتگاه‌های LC-Q/TOF بسیار هزینه بر است. دستگاه GC/MS امکان شناسایی دسته‌های وسیعی از مواد و متابولیت‌های موجود شـامل اسـیدهای آمینه، اسـیدهای آلی و قندها را فراهم می‌کند که برای مطالعات متابولیکی بسـیار ارزشـمند هسـتند. در تکنیک GC/MS امکان اسـتفاده از ترکیب شناخته شده سوربیتول به عنوان استاندارد داخلی وجود دارد.

در مجموع نتایج این پژوهش نشـان داده اسـت که امکان تشـخیص باقیمانده مواد مصـرف شـده در اثر انگشـت افراد وجود دارد. با مقایسـه تکنیک‌های مورد استفاده، می‌توان گفت که تکنیک کروماتوگرافی گازی/ اسـپکترومتری جرمی (GC/MS) که در داخل کشـور موجود است به همراه روش مشتق سازی بهینه شده در این پژوهش، می‌تواند به عنوان یک روش مناسـب برای توسـعه این دانش در داخل کشـور و برداشـتن گام‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

1. Fiehn

Archive of SID
www.SID.ir

منابع

Bright, N.J., Webb, R.P., Bleay, S., Hinder, S.,Ward, N.I.,Watts, J. F., Kirkby, K. J. , Bailey, M. J. (2012) Determination of the Deposition Order of Overlapping Latent Fingerprints and Inks Using Secondary Ion Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry*, 84, 4083–4087.

Caldwell, J. P., Henderson, W., Kim, N. D. (2001). Luminescent visualization of latent fingerprints by direct reaction with a lanthanide shift reagent. *Journal of Forensic Sciences*, *46*, 1332–1341.

Croxtona, R. S., Barona, M. G., Butler, D., Kent, T., Sears, V. G. (2010). Variation in amino acid and lipid composition of latent fingerprints. *Forensic Science International*, 199, 93-102.

Fiehn, O., Kopka, J., Dörmann, P.,Altmann, T., Trethewey, R. N.,Willmitzer, L. (2000). Metabolite profiling for plant functional genomics. *Nature Biotechnology*, 18, 1157-61.

Goucher, E., Kicman, A., Smith, N., Jickells, S. (2009). the detection and quantification of lorazepam and its 3-O-glucuronide in fingerprint deposits by LC-MS/MS. Journal of separation science, 32,2266- 2272.

Hazarika, P., Jickells, S., Wolff. K., Russell, D. (2008). Imaging of latent fingerprints through the detection of drugs and metabolites. *Angewandte Chemie International Edition*, 47, 10167–10170.

Hazarika, P., Jickells, S., Wolff. K., Russell, D. (2010). Multiplexed detection of metabolites of narcotic Drugs from a single latent fingermark. *Analytical Chemistry*, 82, 9150–9154.

Jacob, S., Jickells, S., Wolff, K., Smith, N. (2008). Drug Testing by Chemical Analysis of Fingerprint Deposits from Methadone-Maintained Opioid Dependent Patients Using UPLC-MS/MS. *Drug Metabolism Letters*, 2, 245-247.

Kintz, P., Kieffer, I., Messer, J., Mangin, P. (1993). Nicotine analysis in neonates' hair for measuring gestational exposure to tobacco*Journal of Forensic Sciences*, 38, 119-23.

Lee, J. G., Lee, C. G., Kwag, J. J., Rhee, M. S., Buglass, A. J, Lee, G. H. (2007). Fast analysis of nicotine in tobacco using double-shot pyrolysis--gas chromatography--mass spectrometry. *Journal of agricultural and food chemistry*, *55*, 1097-102.

Roessner, U., Patterson, J. H,, Forbes, M. G, Fincher, G. B, Langridge, P., Bacic, A. (2006) An investigation of boron toxicity in barley using metabolomics. *Plant Physiology*, 142, 1087–1101.

Song, W., Mao, Z., Liu, X., Lu, Y., Li, Z., Zhao, B., Lu, L. (2012). Detection of protein deposition within latent fingerprints by surface-enhanced Raman spectroscopy imaging. *Nanoscale*, 9, 213.

.

Archive of SID
www.SID.ir