

Voda jako nosič pachové stopy?

Water as a carrier of scent traces?

ULRIKA MALÁ¹, OLEKSII KAMINSKYI², JANA ČECHOVÁ³, PETRA POJMANOVÁ⁴,
VERONIKA ŠKEŘÍKOVÁ⁵, ŠTĚPÁN URBAN⁶

Abstrakt

Pachové stopy jsou v posledních letech stále skloňovanější problematikou. Již řadu let je v policejní praxi využívána tzv. metoda pachové identifikace (MPI), která se zabývá porovnáním pachových stop sejmутých na místě činu se vzorky odebranými od podezřelých. Pro potenciálně úspěšnou komparaci je v první řadě nutné provést kvalitní odběr těchto stop. Je proto zapotřebí použít vhodný sorbent, na který by se pach dobře zachytil a zároveň, aby co nejméně ovlivňoval samotné složení pachových vzorků. V tuto chvíli se pro tyto účely používá textilie Aratex[®], která sama obsahuje značné množství kontaminujících látek, které nelze ani přečištěním zcela odstranit, a které tak s vysokou pravděpodobností znesnadňují samotnou komparaci. Tato práce se zabývala možnou záměnou Aratexu[®] za vhodnější materiál, konkrétně vodný roztok, který byl po odběru připraven v laboratoři a následně předán kynologům k tzv. olfaktorickému zkoumání, tedy pomocí MPI.

Klíčová slova

olfaktorika, olfaktorika, lidský pach, vodný roztok, aktivní pachová signatura, multiplicita pachové signatury

Abstract

Scent traces have become an increasingly prominent issue in recent years. For many years, the so-called scent identification method has been used in police practice, which deals with the comparison of odor traces taken at the scene of the crime with samples taken from suspects. For a potentially successful comparison, it is first of all necessary to perform a quality sampling of these tracks. It is therefore necessary to use a suitable sorbent that would capture well and at the same time affect the composition of the scent samples as

1 Ing. Ulrika Malá, Ústav analytické chemie, Fakulta chemicko-inženýrská, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28, Praha 6

2 Ing. Oleksii Kaminskyi, Ústav analytické chemie, Fakulta chemicko-inženýrská, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28, Praha 6

3 Ing. Jana Čechová, Ústav analytické chemie, Fakulta chemicko-inženýrská, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28, Praha 6

4 Ing. Petra Pojmanová, Ph.D., Ústav analytické chemie, Fakulta chemicko-inženýrská, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28, Praha 6

5 Ing. Veronika Škeříková, Ph.D., Ústav analytické chemie, Fakulta chemicko-inženýrská, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28, Praha 6

6 Prof. RNDr. Štěpán Urban, CSc., Ústav analytické chemie, Fakulta chemicko-inženýrská, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28, Praha 6

little as possible. At the moment, the cotton, commercially available fabric Aratex® is used for these purposes, which, however, itself shows a significant number of substances that cannot be fully removed by purification and thus with a high probability will invalidate the comparison itself. This work dealt with the possible replacement of Aratex® with a more suitable material, specifically an aqueous solution, which was prepared in the laboratory after sampling and then handed over to handler for so-called olfactory examination.

Key words

olfactoric, olfactory, human scent, aqueous solution, active Scent Signature, multiplicity of The Scent Signature

DOI

<http://dx.doi.org/10.37355/fvpk-2024/1-09>

1 Úvod

Lidský pach je chápán jako soubor více i méně těkavých látek, které jsou z povrchu těla emitovány neustále a nekontrolovatelně. Právě tyto vlastnosti jej předurčují jako vhodnou stopu pro forenzní účely. Dle literatury¹ lze dělit sloučeniny lidského pachu do několika skupin dle jejich vzniku. Pro forenzní účely je nejdůležitější tzv. primární pach, který prochází kůží a je předpokládáno, že je determinován geneticky, tedy je po celou dobu života až na výjimky relativně stálý a málo proměnný [2]. V rámci této složky pachu dále rozlišujeme část individuálního pachového „podpisu“ (tzv. aktivní pachovou signaturu). Tato signatura je skupinou sloučenin, jejichž zastoupení v různých poměrech vůči sobě je jedinečný pro každého člověka. Z předchozích experimentů [3] bylo zjištěno, že takových pachových signatur je v lidském pachu několik a pomocí každé této signatury je možná individuální identifikace. Tento jev nazýváme jako multiplicitu pachové signatury [3].

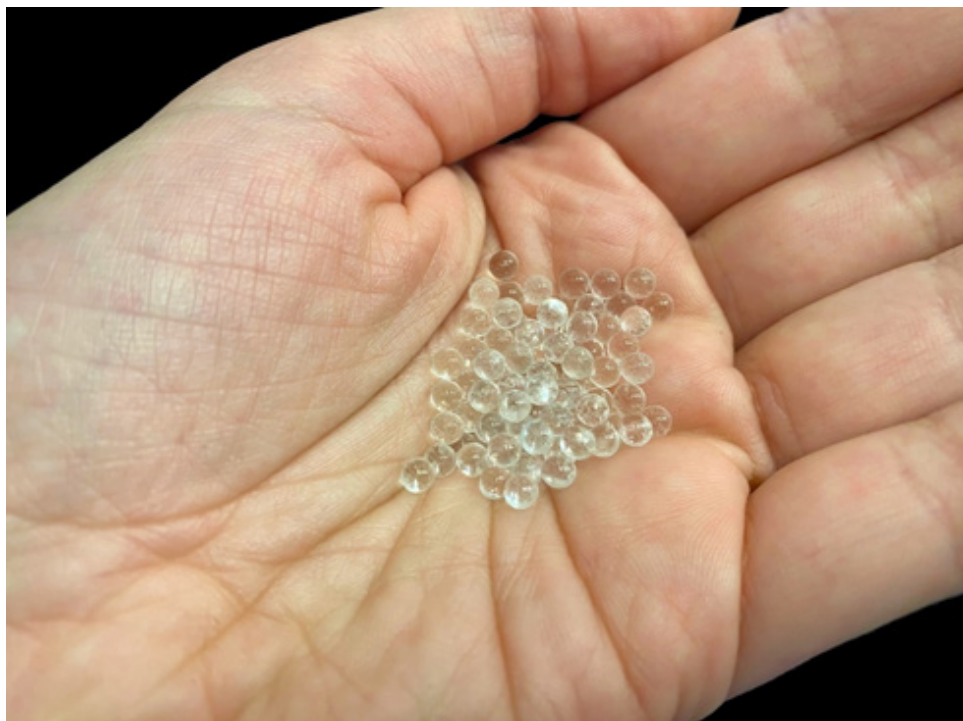
2 Metody komparace pachových stop

V rámci policejní praxe je běžně užívána pachová stopa odebraná z místa činu pro metodu pachové identifikace (= MPI) [4]. Tato kriminalisticko-technická metoda porovnává stopu z místa činu, tzv. otisk pachové stopy (= OPS) se stopami podezřelých, tzv. pach vlastní osoby (= PVO). Tato komparace se provádí za pomoci speciálně cvičených policejních psů [5], kteří jsou na tuto metodu. V novodobé historii odorologie se ustálil pro tuto metodu i termín olfaktorika. Nevýhoda této metody spočívá v její subjektivitě. Vždy bude částečně záležet na aktuálním psychickém a fyzickém rozpoložení atestovaného psa. Nelze tak předpokládat, že výsledky té samé komparace za obdobných podmínek budou stále stejné. Snížena je tedy opakovatelnost i reprodukovatelnost metody. Zároveň MPI je u soudu používána pouze jako podpůrný nepřímý důkaz [6]. Všechny tyto nevýhody přispěly k pomyslnému položení základního kamene tzv. olfaktoriky. Jedná se o způsob analýzy pachu s pomocí přístrojového vybavení v oblasti analytické chemie. Tato metoda je oproti olfaktorice objektivní a zvyšuje se i její možnost opakovatelnosti a reprodukovatelnosti. Naopak výhodou použití speciálně cvičených psů je vysoká citlivost čichového ústrojí psa, která stále převyšuje běžně dostupné přístrojové

vybavení používané pro analýzu pachu [7, 8] V tuzemsku i zahraniční se pro analýzu pachu nejvíce používá plynová chromatografie (GC) s hmotnostní spektrometrií (MS) [9-13]. Jedná se o spojení separační a spektroskopické metody, při nichž je nejprve vzorek rozdělen na jednotlivé složky, které jsou ve vzorku obsaženy, a následně je pomocí detektoru zjišťováno o jaké látky se jedná [14]. Pro zlepšení rozdělení látek se používá tzv. dvoudimenzionální plynová chromatografie. Kde jsou oproti jednoduché chromatografii přítomny dvě kolony, na kterých dochází k separaci. To, co nebylo separováno na první koloně, může být dodatečně rozděleno v druhé [10].

2.1 Nosiče pachových stop

Ať už je pachová stopa odebírána pro účely MPI či pro olfaktoriku, je v první řadě nutný kvalitní odběr stopy. Pro takový odběr je mimo dodržování základních pravidel, jako je čistota odběrového materiálu a maximální obezřetnost při transportu a skladování, aby nedocházelo ke zbytečné kontaminaci, důležitá samotná volba typu sorbentu. Pro účely MPI se používá komerčně dostupná textilie Aratex® (70 % bavlna, 25 % viskóza, 5 % polyester, 280 g/m², výrobce CHLUM-TEX, ČR).⁵ Tento materiál však vykazuje značné množství kontaminujících látek, které setrvávají v tkanině i po důkladném přečištění [15]. Tyto látky snižují možnosti úspěšné identifikace, protože mohou interferovat s analyty v pachové stopě. Zároveň mohou samy o sobě vykazovat zápach, který je vnímán i čichovým ústrojím člověka a pro psa je tedy velice aromatický, což může mít za následek snížení schopnosti úspěšné komparace. Pro toto své vysoké tzv. analytické pozadí je Aratex® krajně nevhodný pro analýzu pomocí GC×GC-MS. Ve světové literatuře [16-19] lze nalézt spoustu alternativ, které mohou sloužit jako sorbent pro pachové molekuly. V této práci byly použity pro odběr malé skleněné kuličky s průměrem 3,6 mm [15, 19]. Byť se odběr na takovýto druh sorbentu nemusí zdát vzhledem k velikosti a počtu standardně používaných kuliček (cca 70 kuliček) nejpraktičtější, sklo vykazuje mnohé výhody oproti jiným alternativám. V první řadě je to možnost hloubkového vyčištění, analytické pozadí je tedy před odběrem minimální. Při užití konkrétních čistících směsí [15] lze zároveň zaktivovat samotný povrch kuliček pro snadnější adsorpci pachových látek. Vzhledem k vlastnosti skla je i poměrně snadná následná desorpce pachu z povrchu kuliček do roztoku, který je postupně dále analyzován. V neposlední řadě je to možnost opětovného použití kuliček pro další odběr. Sorbent tedy není jednorázový, jako je tomu například u zmíněného Aratexu®.



Obr. 1: Skleněný odběrový sorbent v dlani dobrovolníka

Plynová chromatografie využívá nejčastěji kapalným nástřikem vzorku. Proto je vzorek odebraný na skleněné kuličky následně extrahován do roztoku, který je dále zpracováván. Pro účely přístrojové analýzy a z předchozích experimentů [13] vyplynulo, že nejvhodnějším rozpouštědlem pro pachový vzorek je velmi čistý ethanol. Ve snaze nalézt co možná nejpodobnější sorbent pro obě metody identifikace pachu, vyvstala myšlenka použití pro MPI roztok, jako je tomu u GC×GC-MS i pro olfaktorické použití. Samozřejmě není možné použít přímo roztok ethanolu. Vzhledem k jeho aromatickým vlastnostem je pro psy dráždivý a naprosto by ochromil schopnost psa porovnávat lidské pachy. Pro psy příjemnější alternativou se nabízí roztoky vodné. Voda se sice nedá použít, jako je tomu u ethanolu, pro přímý nástřik plynového chromatografu, ovšem vodu lze pro tyto účely odpařit a vzorek následně rozpustit v ethanolu. Důvodů k nalezení ideálně identického sorbentu/nosiče pro obě metody je hned několik. Je to hlavně možnost porovnávání výsledků obou metod. Pro zajištění porovnatelnosti dvou metod je nutné zachovat stejný postup odběru vzorku, tedy i druh sorbentu. Pokud by byly ve vzorku přítomny nějaké kontaminanty, musí být přítomny u obou metod. Zároveň je naprosto ideální, pokud jsou vzorky pro obě metody identické, tedy že z jednoho odběru pochází dva vzorky, z nichž každý je podroben jedné komparaci. Jedině tehdy jsou-li vzorky, způsob jejich odběru a okolní podmínky naprosto stejné, jsou metody opravdu porovnatelné. Zdánilivou nevýhodou vody je nerozpustnost části pachového vzorku, zejména části aktivní pachové signatury v ní samotné [3]. V aktivní pachové signatuře jsou obsaženy mastné kyseliny a estery mastných kyselin, které mají díky dlouhým uhlíkovým řetězcům nepolární charakter [3]. Ovšem není nutné, aby se samotný pachový vzorek ve vodě

rozpuštěl, naprosto postačí, pokud bude fungovat jako jakýsi „nosič“ těchto látek tak, aby pes mohl komparovat jednotlivé vzorky. Další výhodou vodného roztoku je i paralelní možnost genetické analýzy. Pokud při odběru dobrovolníků ulpívá na sorbentu spolu s pachovými látkami i genetický materiál a ten je následně desorbován i do roztoku, lze ho podrobit rutinním postupům kriminalistické genetické expertizy. To již bylo potvrzeno pilotními experimenty ve spolupráci s Kriminalistickým ústavem hl. města Prahy.

3 Experimentální příprava

3.1 Odběr vzorků

Jako sorbent pro odběr pachových vzorků byly v této práci použity výhradně skleněné kuličky. Pro jeden odběr bylo použito přibližně 70 kuliček, které dobrovolník mnul v ruce po dobu 10 minut a následně kuličky umístil do speciální nádoby k tomu určené. Před samotným odběrem si dobrovolník důkladně umyl ruce i zápěstí neparfemovaným mýdlem Amadeus NEUTRAL (Cormen s.r.o., ČR) a následně veškeré mýdlo smyl vodou. Dále nechal ruce volně uschnout na vzduchu. Po dokonalém uschnutí, po dobu pěti minut, mnul ruce o sebe pro aktivaci kožních žláz. Následně byly kuličky vsypány do dlaní dobrovolníka, který je mnul po dobu 10 minut [19]. Pro účely tohoto experimentu byl záměrně použit pouze jeden modelový dobrovolník, úkolem bylo zjistit vhodnost použitého nosiče pachové stopy.

3.2 Extrakce vzorků

Pro extrakci vzorku ze sorbentu, tedy uvolnění samotných pachových látek z povrchu skla, byla nádobka s kuličkami zalita 1 ml ethanolu. Samotná extrakce byla (vždy po dobu 10 minut) podpořena třepáním nádoby s kuličkami na třepačce (Edmund Bühler GmbH, typ KL2) při 420 kyvech za minutu a dále sonikací v ultrazvukové lázni (Fisherbrend FB 15059) bez ohřevu. Veškerý roztok byl poté oddělen od samotných kuliček a převeden do nové, menší nádoby. Celý postup byl pro zvýšení účinnosti zopakován [15]. Následně byl veškerý ethanol odpařen pomocí vakuové rotační odparky (Genevac EZ 2) a vzniklý odparek pachového vzorku byl zalit 2 ml superčisté deionizované vody (měrný odpor 18 M Ω -cm, TOC 1 ppb). Takto vzniklý vodný roztok byl dále předán kynologům z oddělení služební kynologie KŘP hl. města Prahy a podroben MPI.

Analýza vzorků

Pro zjištění, zda použití vody jako nosiče nemůže mít za následek ztrátu důležité informace části pachové stopy, byly provedeny dva způsoby extrakce, získané vzorky byly změřeny na GC \times GC-MS a výsledky analýzy byly porovnány (viz Obrázek 2). Prvním způsobem byla extrakce popsána v prvním odstavci, kdy byla voda opětovně odpařena a vzorek byl rozpuštěn v 70 μ l ethanolu. V druhém případě byl krok se zalitím vzorku vodou vypuštěn a vzorek byl rovnou rozpuštěn v 70 μ l ethanolu. Oba tyto vzorky se lišily pouze postupem extrakce, tedy pocházely od stejného dobrovolníka a byly odebírány za stejných podmínek. Oba tyto vzorky byly proměřeny na dvoudimenzionálním plynovém

chromatografu 7980B GC (Agilent, USA) s analyzátozem doby letu Pegasus® 4D-C (LECO, USA). Kolony byly zapojeny v reverzním uspořádání, primární byla středně polární Rtx-200MS (30 m + 2 m předkolona, Restek, USA) a sekundární kolona byla nepolární TG5-HT (1,1 m, Thermo Fisher Scientific, USA). Kolony použité pro měření měly vždy průměr 0,25 mm a tloušťku stacionární fáze 0,25 µm. Veškeré optimální zapojení vycházelo z předchozích experimentů¹³. Nástřík vzorku byl v objemu 1 µl v režimu splitless (2 min) při teplotě 280 °C. Na primární koloně probíhal teplotní gradient začínající na 40 °C, držených po dobu 2 min a končící na teplotě 320 °C, držených po dobu 10 min. Teplota vzrůstala s rychlostí 5 °C/min. Zároveň teplota na sekundární koloně byla vždy o 5 °C vyšší než na koloně primární. Modulátor oddělující obě kolony měl teplotu vždy o 15 °C vyšší, než měla sekundární kolona. Byla použita metoda kryogenní modulační metody při -80 °C za pomoci sušeného vzduchu. Pro analýzu byly použity tři modulační periody 6, 8 a 10 s (viz Tabulka 1). Pro kolony jako nosný plyn bylo použito helium (čistota 5,5, Linde ČR) s průtokem 1,5 ml/min. Rozhraní mezi GC a MS byla vyhříváno na 280 °C. U hmotnostního detektoru byla použita elektronová ionizace s energií 70 eV ionizujících elektronů, teplota iontového zdroje činila 250 °C. Sběr dat probíhal v režimu TIC (Total Ion Current), s intervalem hmotností 29-800 (m/z), sběr dat probíhal v rychlosti 200 spekter/s. Doba potřebná k eluci rozpouštědla byla nastavena na 500 s. Pro zvýšení citlivosti detekce bylo na detektoru nastaveno o 200 V vyšší napětí oproti ladění.

Tab. 1: Modulační periody během analýzy vzorků pomocí GC×GC-MS

	retenční čas [s]	modulační perioda [s]	horký pulz [s]	studený pulz [s]
1. perioda	500-1704	6	1,8	1,2
2. perioda	1704-2592	8	2,4	1,6
3. perioda	2592-4080	10	3,3	1,7

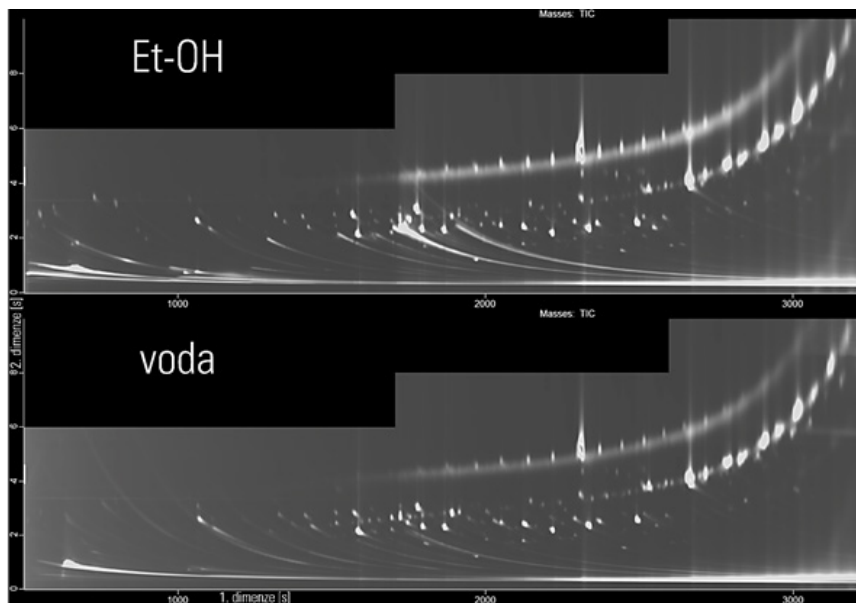
3.3 MPI

V rámci olfaktorické metody bylo pro výcvik provedeno přes 250 experimentů v průběhu 67 dnů, kdy byla postupně snižována, nebo naopak zvyšována koncentrace pachového vzorku. Pro MPI byli použiti dva psi ve věku 6 a 9 let, kteří se v minulosti atestovali v této oblasti, a ve výcviku pro MPI jsou používáni již několik let. Olfaktorická řada měla vždy 3-6 postů, kde byly přítomny 1-2 vodné roztoky pachových vzorků. V ostatních tzv. doplňkových postech byly přítomny slepé vzorky, tedy vodné roztoky bez pachových stop modelového dobrovolníka. U jednoho psa bylo přikročeno k cvičení bez načichávacího vzorku, tedy pes měl pouze za úkol projít řadu se vzorky a určit, zda na některém postu cítí pach či nikoli. V této fázi experimentu nešlo o komparaci jako takovou, ale pouze o zjištění, zda je pes schopen ve vodném roztoku cítit pachovou stopu a odlišit tak slepé vzorky od vzorků obsahujících pach. U druhého psa byl experiment postaven i s načichávacím vzorkem, kdy pro tyto účely sloužily zpravidla vzorky neřaděného plného pachu a později byla koncentrace snížena na čtvrtinu plného pachu. V řadě byla u obou psů koncentrace snižována až na šestnáctinu plného pachu.

4 Výsledky a diskuse

4.1 Porovnání vodné a bezvodé extrakce – GC×GC-MS

Při pohledu na oba chromatogramy (viz Obrázek 2) naměřených vzorků s odlišnými postupy extrakčních kroků, je patrné, že se vzájemně významně neliší. K žádné ztrátě informací by tedy při užití vody jakožto nosiče pachové stopy docházet nemělo. Bylo tedy přistoupeno k samotné metodě MPI.



Obr. 2: Porovnání chromatogramů s odlišným postupem extrakce s vodou a bez ní (viz 3.3 Analýza vzorků).

4.2 MPI

V nadpoloviční většině případů ze všech provedených experimentů byli psi schopni úspěšně rozeznat napachovaný roztok oproti slepému. Dá se předpokládat, že by se úspěšnost postupem času zlepšovala. Učelnivost jedinců je značně individuální a každý pes se s tak razantní změnou jako je změna nosiče stopy vyrovnává jinou dobu. Zároveň je nutno podotknout, že jednotlivé experimenty na sebe časově přímo nenasazovaly a někdy mezi nimi byla delší časová prodleva, která mohla mít za následek „odvyknutí“ psa na nový nosič. Tyto časové prodlevy byly způsobeny zaneprázdněností kynologické stanice, která se tomuto výzkumu věnovala nad rámec svých povinností. Koncentrace pachových vzorků byla postupně snižována a bylo sledováno, jak nízké koncentrace pachu ve vodných roztocích je schopen ještě pes úspěšně rozlišit od slepých vzorků. Byly připraveny roztoky s 1/2, 1/4, 1/8, a 1/16 plného pachu, kdy psi byli schopni v některých případech rozlišit i nejméně koncentrovanou variantu roztoku.

Při zjištění, že jsou psi schopni rozpoznat rozdíly mezi čistým vodným roztokem a roztokem s pachem dobrovolníka, byl do jedné z řad přidán i vzorek jiného dobrovolníka než modelového, jehož vzorek byl obsažen v načichávací konzervě vodného roztoku. Dle očekávání psi během celého trvání experimentu (více než jeden rok), při kterém byli opětovně cvičeni pouze na jednu pachovou stopu od jednoho dobrovolníka, dočasně ztratili schopnost individuální identifikace. Došlo k tzv. navtiskání pachu modelového dobrovolníka. Jako autoři studie však pevně věříme, že pokud by psi byli opětovně připuštěni k těmto směsným řadám s pachy více různých dobrovolníků, schopnost porovnání jednotlivých jedinců, resp. jejich pachových stop, by byla opět získána.

Značnou nevýhodou použití vody jakožto nosiče pachové stopy je ovšem neautonomnost kynologické stanice. Při použití např. Aratexu® je kynologická stanice schopna zajišťovat si pachové vzorky sama a tím tak celý proces výcviku urychlit. Ovšem v případě vodných roztoků je potřeba laboratorní vybavení a pracná příprava k tomu, aby mohly být vzorky pro olfaktorické zkoumání připraveny. Další nevýhoda je spojena s obsahem zbytkového množství ethanolu ve vzorcích vodných roztoků. Již byla zmíněna vysoká aromaticita ethanolu pro čichové ústrojí psa a z experimentů vyplývá, že i zbytkové množství ethanolu, které je vzhledem k postupu přípravy vzorků (viz 3.2. Extrakce vzorků) v nádobkách přítomno, může být pro psy při jejich načichání rušivé.

5 Závěr

Předkládaná studie potvrdila možnost vody jako nosiče pachové stopy a psi byli v mnoha případech schopni rozlišit pachové vodné roztoky od těch slepých. Při postupném snižování koncentrace pachu ve vzorcích byli psi schopni rozlišit i 1/16 plného pachu modelového dobrovolníka. V této fázi experimentu byla ovšem, z důvodu opětovného cvičení psů pouze na jeden lidský pach, ztracena schopnost individuální identifikace.

Byť byla voda shledána jako možnou vhodnou alternativou k běžně používané textilií Aratex®, vzhledem k časové náročnosti přípravy samotných vodných roztoků a potřebného laboratorního vybavení autoři tuto přípravu pachových vzorků a tento typ nosiče do budoucna nedoporučují. Do budoucna by bylo vhodné experimenty zopakovat s jiným nosičem, který by vykazoval, co se čistoty sorbentu týče, obdobné vlastnosti, jako je tomu u vodných roztoků, ovšem bez přítomnosti zbytkového ethanolu. Zároveň aby byla příprava odběru rychlejší, efektivnější a bez potřeby speciálního laboratorního vybavení. Vhodnou alternativou mohou být samotné skleněné kuličky (či jiný tvar skleněného sorbentu), bez následujícího zpracování. Ovšem muselo by být dbáno na to, aby při samotném načichání nemohlo dojít k vdechnutí sorbentu psem.

Poděkování

Tento výzkum byl financován z projektu Ministerstva vnitra ČR č. VJ01010123. Velké poděkování také patří všem kynologům, kteří se zúčastnili našich pokusů z oddělení služební kynologie v Tuchoměřicích při Policii ČR.

Literatura

- [1] PRADA, P. A., A. M. CURRAN and K. G. FURTON. *Human Scent Evidence*. Edition ed. Boca Raton: CRC Press, 2014. ISBN 9781466583955.
- [2] CURRAN, A. M., S. I. RABIN and K. G. FURTON. Analysis of the uniqueness and persistence of human scent. In *Forensic Science Communications*. 2005, vol. 7.
- [3] DOLEŽAL, P., K. G. FURTON, J. LNĚNIČKOVÁ, P. KYJAKOVÁ, et al. Multiplicity of human scent signature. *Egypt. J. Forensic Sci.*, 2019/02/12 2019, 9(1), 7.
- [4] FERRY, B., J. J. ENSMINGER, A. SCHOON, Z. BOBROVSKIJ, et al. Scent lineups compared across eleven countries: Looking for the future of a controversial forensic technique. *Forensic Science International*, 2019/09/01/ 2019, 302, 109895.
- [5] PINC, L., P. VYPLELOVÁ, P. VLASÁK, M. SANTARIOVÁ, et al. *Komparace individuálních pachů pomocí speciálně vycvičených psů* [online]. Nakladatelství ČZU, 2015.
- [6] FRYŠTÁK, M. Pachová stopa jako důkaz v trestním řízení. *Kriminalistika: čtvrtletník pro kriminalistickou teorii a praxi*, 2015, 48(3), 8.
- [7] KRESTEL, D., D. PASSE, J. C. SMITH and L. JONSSON. Behavioral determination of olfactory thresholds to amyl acetate in dogs. *Neurosci Biobehav Rev*, 1984, 8(2), 169-174.
- [8] DOLEŽAL, P., P. KYJAKOVÁ, I. VALTEROVÁ and Š. URBAN. Qualitative analyses of less-volatile organic molecules from female skin scents by comprehensive two dimensional gas chromatography–time of flight mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*, 2017/07/07/ 2017, 1505, 77-86.
- [9] CURRAN, A. M., P. A. PRADA and K. G. FURTON. The Differentiation of the Volatile Organic Signatures of Individuals Through SPME-GC/MS of Characteristic Human Scent Compounds. *J. Forensic Sci.*, 2010, 55(1), 50-57.
- [10] CUZUEL, V., A. SIZUN, G. COGNON, I. RIVALS, et al. Human odor and forensics. Optimization of a comprehensive two-dimensional gas chromatography method based on orthogonality: How not to choose between criteria. *J. Chromatogr. A*, 2018/02/09/ 2018, 1536, 58-66.
- [11] MOULVI, A., P. MINZ, S. RATH and R. ASHMA Characterization of Chemical Constituents of Human Sweat: A Study Based on Indian Population. *Am. J. Forensic Med. Pathol.*, 2018, 39(2), 141-147.
- [12] POIRIER, A. C., J. S. WATERHOUSE, M. WATSA, G. A. ERKENSWICK et al. On the trail of primate scent signals: A field analysis of callitrichid scent-gland secretions by portable gas chromatography-mass spectrometry. *Am. J. Primatol.*, 2021, 83(3), e23236.
- [13] POJMANOVA, P., N. LADISLAVOVA and S. URBAN Development of a Method for the Measurement of Human Scent Samples Using Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography with Mass Detection. *Separations*, 2021, 8(12), 232.
- [14] EINAX, J. W. and C. KOWALIK. Trace Analysis. In *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- [15] POJMANOVÁ, P., N. LADISLAVOVÁ, V. ŠKEŘÍKOVÁ, P. KANIA et al. Human scent samples for chemical analysis. *Chem. Pap.*, 2020, 74(5), 1383-1393.
- [16] BERNIER, U. R., M. M. BOOTH and R. A. YOST. Analysis of Human Skin Emanations by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. 1. Thermal Desorption of Attractants

for the Yellow Fever Mosquito (*Aedes aegypti*) from Handled Glass Beads. *Analytical Chemistry*, 1999/01/01 1999, 71(1), 1-7.

- [17] CUZUEL, V., E. PORTAS, G. COGNON, I. RIVALS et al. Sampling method development and optimization in view of human hand odor analysis by thermal desorption coupled with gas chromatography and mass spectrometry. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2017, 409(21), 5113-5124.
- [18] OCHIAI, N., K. SASAMOTO, F. DAVID and P. SANDRA Solvent-assisted stir bar sorptive extraction by using swollen polydimethylsiloxane for enhanced recovery of polar solutes in aqueous samples: Application to aroma compounds in beer and pesticides in wine. *Journal of Chromatography A*, 2016/07/15/ 2016, 1455, 45-56.
- [19] URBAN, Š., L. PINC, V. ŠKEŘÍKOVÁ, O. VYHNÁLEK et al. *Metodika odběru lidského pachu pro chemickou analýzu* [online]. 2016.