

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra obecné zootechniky a etologie

Centrum pro výzkum chování psů



**Vliv ultrazvuku a detergentu na úspěšnost komparace
lidského pachu**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Veronika Jandová

Obor studia: Zájmové chovy zvířat

Vedoucí práce: Ing. Zuzana Čapková, Ph.D.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Vliv ultrazvuku a detergentu na úspěšnost komparace lidského pachu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13.4.2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala své vedoucí práce Ing. Zuzaně Čapkové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady při zpracování této práce, pomoc při realizaci experimentu, příjemný přístup a ochotu, se kterou mi vždy pomáhala. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Janě Lněničkové za veškerou poskytnutou pomoc a celému kolektivu v Centru pro výzkum chování psů, který pomáhal s komparací se psy. Poděkování patří i všem osobám ochotným zúčastnit se tohoto experimentu.

V neposlední řadě děkuji mé rodině a příteli, kteří mě po celou dobu mého studia podporovali.

Vliv ultrazvuku a detergentu na úspěšnost komparace lidského pachu

Souhrn

Tato práce navazuje na bakalářskou práci (Jandová, 2016: Ultrazvuk jako prostředek k destrukci lidského pachu), která potvrdila, že lze destruovat lidský pach pomocí ultrazvukové čističky se 4% roztokem detergentu natolik, aby nebyl takto upravený pach detekovatelný speciálně vycvičenými psy na metodu pachové identifikace. V navazující studii je pozornost soustředěna na efekt samotného ultrazvukového čištění v různé koncentraci detergentu.

V prvním zkoumaném vzorku jsme použili k odstranění lidského pachu ultrazvukovou čističku s 2% roztokem detergentu a druhý vzorek jsme vystavili působení ultrazvuku bez přítomnosti detergentu. Účinek destrukce lidského pachu pomocí ultrazvukové čističky byl ověřován pomocí speciálně cvičených psů na metodu pachové identifikace (MPI).

Všechny pachové vzorky byly odebrány na sterilní nerezové trubky, které osoby držely v předem umytých a oschlých dlaních. Následně byly trubky vloženy do sterilních sklenic. Poté se mohlo přistoupit k čistícímu procesu v ultrazvukové čističce. Po mycím procesu se trubky nechaly uschnout ve sterilní místnosti a poté byly přemístěny do nových sterilních uzavíratelných sklenic s látkovým sorbentem (ARATEX®), kde došlo k přenosu pachu na tento sorbent. Cílové a načichávací vzorky pocházely vždy od osoby ženského pohlaví. Doplňkové vzorky pocházely od osob ženského pohlaví a podobného věku, jednalo se o jiné osoby než pachy předcházející.

Prokázalo se, že čistící efekt ultrazvukové čističky není dostatečně prokazatelný pro destrukci lidského pachu. Čistící proces ultrazvukové čističky s 2% roztokem detergentu měl lepší čistící účinky na lidský pach než čistící efekt ultrazvukové čističky bez použití detergentu.

Klíčová slova: ultrazvuková čistička, ultrazvuk, lidský pach, pachová identifikace, detergent

The Effect of Ultrasound and Detergent Cleaning on the Success of Human Scent Comparison

Summary

This thesis follows the bachelor thesis (Jandová, 2016: Ultrasound as a source of human scent destruction) which has confirmed that it is possible to destruct human scent by an ultrasonic cleaner containing a 4% detergent solution in such a way so that this scent would not be recognised by special trained dogs when applying scent identification method. The following study focuses on the effects of the ultrasonic cleaning containing various detergent concentrations.

An ultrasonic cleaner containing a 2% detergent solution to eliminate the human scent processed the first examined sample; the other sample was exposed to ultrasonic cleaning without any detergent. Dogs specially trained for scent identification method verified the effect of human scent destruction by an ultrasonic cleaner.

All scent samples were taken from a sterile stainless steel pipe held by persons who had washed their hands and let them dry off. Subsequently, the pipes were inserted into sterile glasses. Then cleaning in an ultrasonic cleaner was performed. After washing, pipes were let dry in a sterile room and then transferred to new sealable jars containing a fabric sorbent (ARATEX[®]) where the scent transmitted to this sorbent. The applied target and starting samples were always female. Complementary samples were also female and taken from persons having similar age; however, the persons were different from the previous ones.

The results show that the ultrasonic cleaning effect is not sufficiently provable in relation to human scent destruction. The cleaning process of the ultrasonic cleaner containing a 2% detergent solution had a better cleaning effect on the human scent than the ultrasonic cleaning without any detergent.

Keywords: ultrasonic cleaner, ultrasound, human scent, scent identification, detergent

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Lidský pach.....	10
3.1.1. Činitelé ovlivňující lidský pach	11
3.1.1.1 Těkavé organické sloučeniny	11
3.1.1.2 Axilární pach	13
3.1.1.3 MHC (major histocompatibility complex)	14
3.1.1.4 Odolnost lidského pachu a možnosti jeho odstranění	15
3.1.2 Kůže.....	16
3.1.3 Kožní žlázy.....	18
3.2 Ultrazvuk	19
3.2.1.1 Akustická kavitace.....	21
3.2.1.2 Stabilní kavitace	21
3.2.1.3 Přechodná kavitace	21
3.3 Detergenty	23
3.4 Metoda pachové identifikace.....	25
4 Hypotéza	27
5 Materiály a metody	28

5.1	Výběr osob v experimentu.....	28
5.2	Materiály.....	28
5.3	Detergent	29
5.4	Ultrazvuková čistička	30
5.5	Pachové vzorky.....	31
5.5.1	Načichávací vzorky.....	31
5.5.2	Cílové vzorky.....	32
5.5.3	Doplňkové pachy	32
6	Komparace pachů	34
7	Diskuze	37
8	Závěr.....	38
9	Seznam použité literatury	39
10	Seznam zkratk	I
11	Samostatné přílohy.....	II

1 Úvod

V minulosti byl lidský pach definován jako biologická složka rozkládajících se mrtvých kožních buněk. Tato definice je poněkud restriktivní a bylo prokázáno, že není úplně přesná. Současné výzkumy naznačují, že lidský pach je více komplexní. Jedná se o kombinaci metabolismu těla, sekreci žláz, vliv hormonů a interakcí bakterií s povrchem kůže.

Destrukci lidského pachu se zabývalo několik studií. Mezi metody, které se zabývaly odstraněním lidského pachu, se řadí i ultrazvuková technologie, která se běžně používá k čištění a dekontaminaci povrchů. Její účinky lze podpořit detergenty, které odstraňují s vyšší účinností.

Psí čich je v dnešní době využíván v celé řadě odvětví od forenzního vyšetřování, vyhledávání výbušnin, zbraní, drog až po využití v humánní medicíně při detekci rakoviny či diabetu. Na základě hypotézy, kde každý jedinec má svůj vlastní nezaměnitelný individuální pach, je založena metoda pachové identifikace (MPI). Tato metoda se běžně využívá ve Spojených státech amerických, Rusku a v zemích Evropy, mimo jiné i v České republice.

2 Cíl práce

Cílem práce je ověřit účinnost čištění kovových sorbentů pomocí ultrazvukové čističky při různých koncentracích detergentu. Zjistit vliv čištění na úspěšnost komparace lidského pachu pomocí speciálně cvičených psů.

3 Literární rešerše

3.1 Lidský pach

V roce 1972 byl lidský pach chápán, jako rozkládající se mrtvé kožní buňky (Syrotuck, 1972). Dalším zkoumáním se prokázalo, že lidský pach můžeme popsat jako složitý a individuální komplex mnoha látek (Stockham et al., 2004). Mechanismus procesu vzniku lidského pachu se zdá být u mužů i žen stejný (Zeng et al., 1996).

Je ovlivňován genetickými i vnějšími faktory (Hepper et Wells, 2005). Není dosud jednoznačně prokázáno, které složky pachu jsou typicky individuální a charakteristické pro každého jedince, a které jsou naopak variabilní a v závislosti na životních podmínkách mění se (Curran et al., 2005b; Vypelová et al., 2014).

Genetické faktory, prostředí, potrava, zdravotní stav, hormonální cykly, emoční stav a životní návyky se dle současných výzkumů významně podílí na složení lidského pachu (Curran et al., 2005b; Vypelová et al., 2014). Ke vzniku individuality tělesného lidského pachu přispívají kožní mikroorganismy, kožní mikroflóra a rozdílné složení kůže (Noel et al., 2012; Dormont et al., 2013). Nejrozšířenější idea, která se zaměřuje na tvorbu lidského pachu, je působení bakterií na odumřelé kožní buňky a sekrety (Curran et al., 2005a).

Dle Curran et al. (2005b) lze pach rozdělit podle faktorů, které jej ovlivňují:

- Primární pach – složen z látek, které jsou stabilní bez ohledu na stravu nebo environmentální faktory. Tělesný pach je rozdílný mezi jednotlivými etniky, pohlavím (ženami a muži) (Penn et al., 2007). Změny vnitřního nebo vnějšího prostředí neovlivňují složení primárního pachu (Curran et al., 2005b; 2007).
- Sekundární pach – je ovlivněn změnami vnějšího i vnitřního prostředí. Do změn vnějšího prostředí řadíme stravu, požívání tabáku, alkoholu, léků, drog atd. Do změn vnitřního prostředí pak nemoc, oslabení imunitního systému, hormonální změny např. nástup puberty, nástup menstruačního cyklu, psychický stav (Curran et al., 2006; 2007).
- Terciární pach – ovlivněn z vnějších zdrojů (tj. pleťové vody, parfémy, mýdla, detergenty, ošacení, pach zvířete, nebo jiné osoby atd.) (Curran et al., 2005a,b; 2007).

Každá žijící osoba má svoji vlastní pachovou signaturu, kde se nachází stabilní a variabilní složky (Curran et al., 2005b; Vyplelová et al., 2014). Pachová signatura je chápána jako skupina různých primárních molekul, která má velmi stabilní molekulovou povahu, odolává vysokým teplotám a slunečnímu záření (Doležal et al., 2016). Ne všechny primární molekuly tvoří pachovou signaturu (pachový podpis), liší se od sebe chemickou, tepelnou a fotochemickou stabilitou, mají různou tenzi par a body varu. Primární molekuly pachu by se mohly v čase a v závislosti na teplotě měnit. K zakonzervování pachové signatury lze použít organická rozpouštědla, jako jsou metanol, etanol a hexan (Doležal et al., 2016).

Lidský pach je kombinací různých sloučenin. Z chemického hlediska se jedná převážně o aldehydy, alkoholy, alkany, estery kyselin, mastné kyseliny, ketony, uhlovodíky, kyseliny, heterocyklické sloučeniny a nitrosoučleniny (Curran et al., 2007; Brown et al., 2013), vzorky pachu odebraného v podpaží např. také obsahují síru (Hasegawa et al., 2004).

3.1.1. Činitelé ovlivňující lidský pach

3.1.1.1 TĚKAVÉ ORGANICKÉ SLOUČENINY

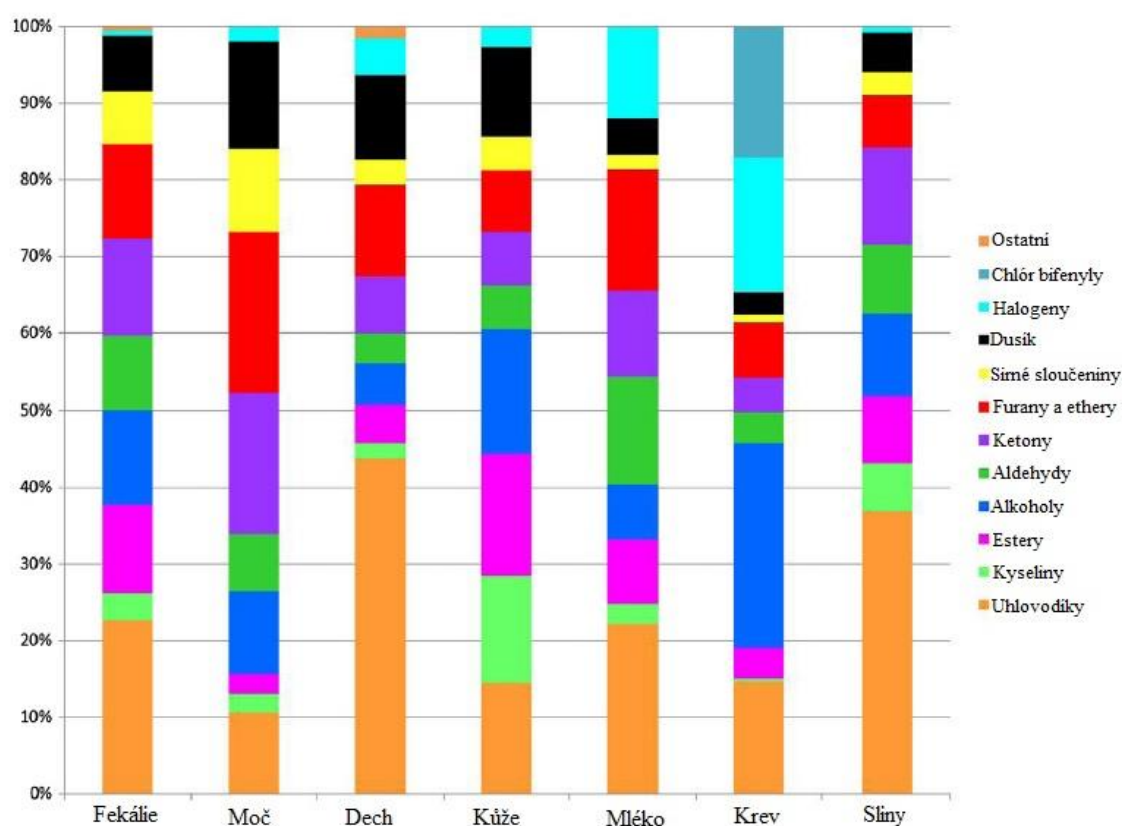
Za vznik lidského pachu jsou pravděpodobně zodpovědné těkavé organické sloučeniny neboli VOC (volatile organic compounds) (Santos et al., 2005). Z tělesných orgánů a sekretů se postupně uvolňují a dochází ke vzájemné interakci s kožními bakteriemi (Gallagher et al., 2008).

Již od roku 1971 byly analyzovány z pachových vzorků osob organické těkavé sloučeniny pomocí metody plynové chromatografie (Pauling et al., 1971; Acevedo et al., 2007). Plynová chromatografie (GC) ve spojení s hmotnostní spektrometrií (MS) je metoda SPME GC/MS, která bývá nejčastěji využita k analýze těkavých organických sloučenin. Tato metoda umožňuje identifikaci VOC ze vzorků lidského pachu. Byla vyvinuta pro analýzu pachových profilů jedinců a umožní chromatografické rozlišení na základě analýzy relativního poměru běžných těkavých organických sloučenin a odlišných komponentů ze vzorků lidského pachu (Curran et al., 2005b; 2007; 2010b). Pomocí metody SPME GC/MS se podařilo objevit rozdíly mezi pachovými vzorky osob (Curran et al., 2006; Acevedo et al., 2007).

Při použití metod GC/MS (Penn et al., 2007; Ruzsanyi et al., 2012) a SPME GC/MS (Curran, Rabin et Furton, 2005) se podařilo extrakcí a separací analyzovat těkavé organické látky v axilárním potu (Curran et al., 2005b; 2007; 2010b).

Přítomností VOC v kůži se zabývali Ruzsanyi et al. (2012), kteří uvádí přítomnost aldehydů (například 3-methyl-2- butenal, benzaldehyd, oktanal, nonanal, dekanal) a ketonů (např. 6-methyl-5-en-2-on).

De Lacy Castello et al. (2014) zveřejnili komplexní přehled přítomných VOC ve slinách, krvi, mléku, dechu, moči, fekáliích a sekretech kůže. Kožní sekrety obsahují 532 identifikovatelných těkavých organických sloučenin, které tvoří z 15% uhlovodíky, 14% kyseliny, 15% estery, 17% alkoholy, 5% aldehydy, 7% ketony, 9% ethery, 3% sírné sloučeniny, 13% dusíku a 2% halogeny (De Lacy Castello et al., 2014).



Obrázek č. 1 - Relativní počet sloučenin VOC, které byly zjištěny ve stolici, moči, dechu, kůži, mléce, krvi a slinách (De Lacy Castello et al., 2014)

Některé analýzy těkavých organických sloučenin prokázaly, že existují kvantitativní odlišnosti mezi ženami a muži (Curran et al., 2005b; Penn et al., 2007). Rozdílné zastoupení kvalitativní a kvantitativní těkavých organických sloučenin určuje jedinečný pachový profil každého jedince (Curran et al., 2006). Dochází k odlišnostem v zastoupení určitých látek u lidí v různém věku, ve vzorcích pachů odebraných z různých částí těla a z různých tělních sekretů

jedné osoby (Curran et al., 2005b). Výzkum Guerrero - Flores et al. (2017) uvádí výskyt specifických VOC ve vzorcích z biopsie rakoviny děložního krčku. Tyto vzorky byl schopný speciálně vycvičený pes označit (Guerrero-Flores et al., 2017).

Munk et al. (2001) analyzovali vyprané ošacení, které bylo znečištěno lidským potem a poté vypráno v pracím prášku, na přítomnost zbytkových látek, které stojí za složením lidského pachu. Výzkum prokázal přítomnost aldehydů, esterů a ketonů na oděvu po vyprání. Charakteristickými aromatickými látkami v podpaží byly organické kyseliny, které byly praním odstraněny (Munk et al., 2001; Takeuchi et al., 2013). Avšak bakterie přítomné na lidské kůži nebyly praním kompletně odstraněny (Munk et al., 2001).

Curran et al. (2010a) se domnívají, že sekret, který je kombinací ekrinních a mazových žláz, ovlivňuje odebraný pach z oblasti rukou. Tohoto sekretu se neúčastní apokrinní žlázy (Curran et al., 2010a). Pach z oblasti rukou lze z chemického hlediska charakterizovat sedmi skupinami organických látek, a to aldehydy, alkoholy, kyselinami, ketony, estery, uhlovodíky a sloučeninami obsahujícími dusík (Curran et al., 2007; Dormont et al., 2013).

Hudbou budoucnosti pro vyhledání lidí, například při záchranných akcích, by mohl být navrhovaný instrumentální nástroj pro snímání stopových těkavých látek (Mochalski et al., 2018). Tento nástroj by měl být založen na metodě IMS (iontová mobilní spektrometrie), která odděluje těkavé látky na základě rozdílů v rychlosti driftu iontů produktu, v inertním pufru vlivem elektrického pole. Tato metoda se rychle vyvíjí a dnes se aplikuje mnoho sub-technik s využitím různých forem elektrického pole, například lineární driftová trubice IMS, aspirační IMS (AIMS), asymetrický IMS (FAIMS) nebo kombinace IMS s jinými technikami jako je GC (GC-IMS). V dnešní době se IMS využívá zejména při detekci výbušnin nebo drog (Mochalski et al., 2018).

3.1.1.2 AXILÁRNÍ PACH

Apokrinní žlázy mají schopnost vylučovat pot, který je složen z proteinů, amonných iontů a uhlovodíků, které jsou hlavním zdrojem aromatických látek v podpaží (Trojan a kol. 2003; Gallagher et al., 2008). Dále je zde přítomno velké množství mastných kyselin, cholesterolu, triglyceridů a skvalenu (Cuzuel et al., 2017), který je degradačním produktem cholesterolu a v pachu je vždy přítomný (Doležal et al., 2016). Axilární pach obsahuje vyšší množství těkavých organických sloučenin, než moč a sliny (Penn et al., 2007).

Vytváření axilárního pachu hraje v individuálním pachu osob významnou roli (Xu et al., 2007). Nejdříve je axilární pot bez zápachu a až po interakci s kožními bakteriemi získává pach (Cuzuel et al., 2017).

V potu z podpaždí byly zjištěny následující látky:

- C6 – C11 nenasycené kyseliny s rovným rozvětveným řetězcem – C11
- 4-ethyl - C5
- 2-methyl-C6-C10 kyseliny až C11-kyseliny v menším množství.

Všechny zmíněné kyseliny včetně 3-methyl-2-hexenová kyseliny, která byla zjištěna ze vzorku z podpaží, se považují za hlavní zdroje, které se podílí na vytváření pachu (Curran et al., 2005a; Acevedo et al., 2007). Existují rozdíly mezi etniky ve složení axilárního potu (Curran et al., 2010a; Noel et al., 2012) a to zejména ve kvantitativním zastoupení aromatických látek (Prokop-Prigge et al., 2016).

Dále byly zjištěny rozdíly ve složení axilárního pachu mezi muži a ženami, především ve kvantitativním složení organických těkavých sloučenin. U mužů bývá axilární pach výraznější, což je způsobeno aktivitou lipofilních koryneformních bakterií (Curran et al., 2005b).

3.1.1.3 MHC (MAJOR HISTOCOMPATIBILITY COMPLEX)

Hudson (2009) se domnívá, že lidský pach je stejně specifický jako otisk prstů, proto by měl souviset s vysoce polymorfními geny, které mohou poskytnout dostatečnou variabilitu umožňující diferenciaci. Tyto požadavky splňují MHC geny (Hudson, 2009).

Podle Wedekind et al. (1998) se na buněčném povrchu prezentují neznámé substance T-lymfocytům, které se pomnoží ve spojitosti s antigenem a zajistí tak ochranu organismu (Wedekind et al., 1998). V současné době není znám přesný mechanismus, který by popsal způsob demonstrace MHC v tělesném pachu u člověka (Curran et al., 2010a).

Avšak existují různé hypotézy, které popisují působení MHC na vznik lidského pachu (Penn et al., 1998). Z první vyplývá, že MHC molekuly mohou být přítomny v lidském potu, a proto mohou být součástí lidského pachu. Druhá hypotéza naznačuje, že MHC se může navázat na specifické peptidy a výsledné těkavé metabolity mohou být prekurzory VOC. MHC molekuly by tak fungovaly jako "nosiče pachů.". Třetí teorie poukazuje na vliv MHC na složení mikroflóry (Penn et al., 1988, Hudson, 2009). Existuje premisa, že každý člověk má jedinečný bakteriální podpis (Hudson, 2009; Singer et al., 1997; Singh et al., 1999).

Yamazaki et al. (2005) tvrdí, že atraktivitu tělesného pachu jedince ovlivňují geny MHC, které hrají významnou roli při výběru partnera a projevují se v jeho pachové identitě. Při výběru sexuálního partnera jedinci preferují partnery s odlišnými MHC geny. Tím se zamezuje inbreedingu a zajišťuje se vyšší heterozygotnost potomků (Yamazaki et al., 2005).

3.1.1.4 ODOLNOST LIDSKÉHO PACHU A MOŽNOSTI JEHO ODSTRANĚNÍ

V současné době existuje poměrně málo studií, které by se zabývaly odolností a odstraněním lidského pachu (Hudson, 2009). Ale i přesto jsou studie, které se touto problematikou zabývají a rozvíjejí ji (Hudson, 2009, Curran et al., 2010b; Santariová et al., 2012; Vypelová et al., 2014; Kloubek et al., 2015; Čajágiová 2016; Santariová et al., 2016).

Curran et al. (2010b) provedli výzkum, kde byl lidský pach vystaven výbuchu dvěma nástražnými výbušnými zařízeními. Následně byli použiti speciálně vycvičení psi na metodu pachové identifikace pro ověření přítomnosti lidského pachu a následné lokalizace pachatelů. Výsledky výzkumu prokázaly, že lidský pach je schopný přetrvávat v extrémních tepelných i mechanických podmínkách, které výbušná zařízení vyvolala (Curran et al., 2010b).

Tyto výsledky potvrzuje i následná studie, kde byl lidský pach vystaven extrémně vysokým podmínkám. Zde byl lidský pach vystavován teplotám od 100 – 1000 °C. Při vystavení pachu až do teploty 800 °C byli psi bez problému schopni komparace. Při vystavení pachu teplotám 900 °C už výsledky komparace nebyly přesvědčivé a při vystavení pachu 1000 °C teplotě nebyli psi schopni pach ztotožnit (Santariová et al., 2016). Tím se potvrzuje i experiment Kloubek et al. (2015), kde byl pach vystaven parní sterilizaci, která na lidský pach neměla žádný vliv, a psi dokázali pachy snadno ztotožnit (Kloubek et al., 2015). Opačnými podmínkami se zabývali ve výzkumu Santariová et al. (2012), kde byl lidský pach odebraný na kovové trubky a ponechán 60 minut v proudící vodě. I zde bylo potvrzeno, že proudící voda není dostatečná k destrukci lidského pachu a speciálně vycvičení psi jsou schopni pachy ztotožnit (Santariová et al., 2012).

V bakalářské práci (Jandová, 2016) byl lidský pach vystaven ultrazvukovému čištění s přidaným detergentem o 4% koncentraci roztoku. Zde se podařilo odstranit lidský pach natolik, že jej speciálně vycvičení psi nebyli schopni komparovat. Čajágiová (2016) provedla podobný experiment, kde použila k destrukci lidského pachu ultrazvukovou čističku a dva ekologické, bezparfémové detergenty, CELESTINU o koncentraci 1:5 a MEDIUM o koncentraci 1:10. V jejích výsledcích se také potvrdila účinnost detergentů k odstranění lidského pachu (Čajágiová, 2016).

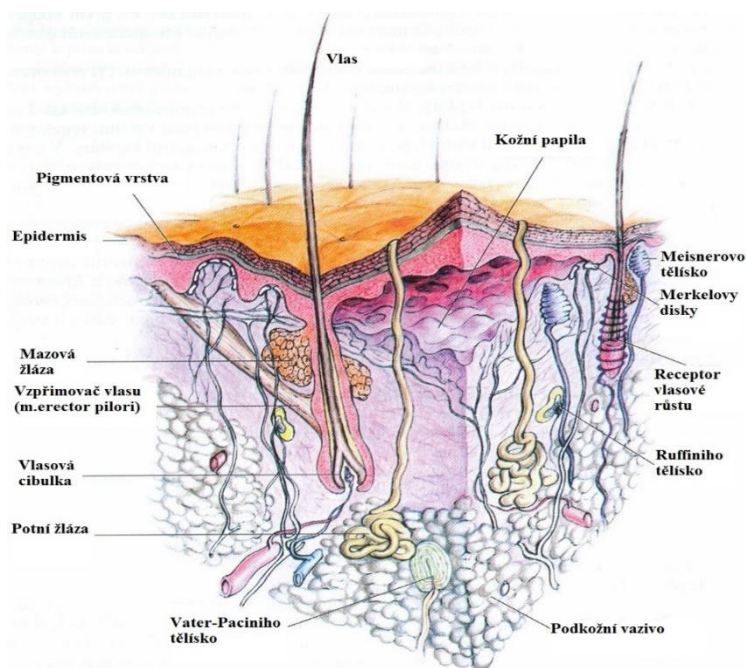
3.1.2 Kůže

Kůže (dermis, curie) je multifunkční a plošně největší orgán lidského těla (Dylevský, 2009; Curran et al., 2010b). Disponuje řadou funkcí, které zahrnují ochranu organismu, smyslové vnímání, regulaci tělesné teploty, hospodaření s vodou, imunitu a exkreční funkci. Slouží také jako rezervoár krve a přispívá k syntéze kalciferolu (Chuong et al., 2002). Těkávé organické sloučeniny jsou do svého okolí produkovány vnější vrstvou kůže epidermis (Acevedo et al., 2007) a zároveň dochází do okolního prostředí k neustálému uvolňování epitelových buněk (Curran et al., 2010a).

Při kontaktu s okolím zanechává člověk pachové stopy na všech místech působení. Mezi zdroje pachových látek řadíme chemické látky z odlupujících se buněk epidermis a sekrety kožních žláz metabolizované kožní mikroflórou (Curran et al., 2005b; Gallagher et al., 2008; Curran et al., 2010a).

Kůže je tvořena třemi vrstvami, povrchovou pokožkou (epidermis), škárkou (dermis) a podkožním vazivem (subcutis). Pokožka a škára tvoří vlastní kůži. Pokožka slouží jako primární ochrana proti mechanickému poškození a průniku mikrobů do organismu. Škára, která se nachází pod pokožkou, dodává kůži ohebnost, mechanickou pevnost a tažnost. Zároveň obsahuje specializované exkreční sekreční žlázy (Trojan et al., 2003).

Kožní adnexa jako jsou vlasy, nehty, chlupy, potní a mazové žlázy jsou dalšími komponenty kůže (Dylevský, 2009; Curran et al., 2010a).



Obrázek č. 2- Stavba kůže (Rokyta, 2002)

➤ POKOŽKA (EPIDERMIS)

Vytváří vnější vrstvu kůže, která je složena z vrstevnatého dlaždicového rohovatějícího epitelu. Primární funkcí je ochrana organismu proti poškození. Epidermis je složena z pěti vrstev (Trojan a kol., 2003).

Stratum corneum (rohová vrstva) je nejsvrchnější část pokožky, tvořená bezjadernými, keratinizovanými buňkami, korneocyty, tj. zrohovatělými buňkami, které podléhají každodennímu odlupování (Curran et al., 2010b). Na ní navazuje stratum lucidum (světlá vrstva), stratum granulosum (zrnitá vrstva), stratum spinosum (trnitá vrstva) a stratum basale (bazální vrstva), která obsahuje bazální buňky, ze kterých vznikají zrohovatělé buňky (Trojan et al, 2003).

Mezi specifické funkce epidermis patří i tvorba kožního pigmentu melaninu, který společně s hemoglobinem a betakarotenem způsobí různé zbarvení pokožky. Pro tvorbu melaninu existují specializované buňky, tzv. melanocyty. Úlohou melaninu je ochrana hlubokých vrstev pokožky, aby nedocházelo k poškození chromosomů vlivem UV záření (Trojan a kol., 2003; Dylevský, 2009).

➤ ŠKÁRA (DERMIS)

Je složena z vláken pojivové tkáně a je uložena pod epidermis. V dermis se nachází potní (apokrinní i ekrinní), mazové (sebaceální) žlázy, vlasové folikuly, síť krevních cév a nervová zakončení (nocicereceptory), která jsou zodpovědná za vnímání bolesti (Dylevský, 2009; Curran et al., 2010b). Fibroblasty patří v dermis mezi nejvýznamnější buňky, zajišťují kůži mechanickou pevnost, pružnost a ohebnost díky obsahu kolagenu (Acevedo et. al., 2007).

➤ PODKOŽNÍ VAZIVO (SUBCUTIS)

Podkožní vrstva je tvořena tkání, která je bohatá na tukové buňky, vazivová a kolagenní vlákna (Dylevský, 2009). Hlavními úlohami subcutis je upevnění kůže na povrch vlastního těla, přispívá k pružnosti, poskytuje ochranu před mechanickými vlivy, izoluje a chrání nervy a svaly. Nachází se zde žíly, tepny, lymfatické cévy a nervová vlákna, která prostupují až do dermis (Trojan a kol., 2003; Dylevský, 2009).

3.1.3 Kožní žlázy

V lidském těle existují tři typy kožních žláz, které jsou zodpovědné za sekreci. Jsou to apokrinní, ekrinní a sebaceální žlázy. Apokrinní a ekrinní žlázy patří mezi potní žlázy. Potní žlázy se mohou označovat také jako tzv. merokrinní žlázy. Jedná se o žlázy, které produkují sekret (Čihák, 2016). Apokrinní a ekrinní potní žlázy se liší v konzistenci sekretu, který produkují. Apokrinní sekret má hustou konzistenci olejové substance, ekrinní sekret je čirá tekutina bez zápachu (Trojan a kol. 2003; Curran et al., 2005a; 2010a; Dylevský 2009; Dormont et al., 2013, Čihák, 2016). Mazové nebo tukové žlázy se označují též jako sebaceální žlázy. Sekret těchto žláz je téměř bez zápachu (Gallagher et al., 2008; Dormont et al., 2013). Působením celé kožní mikroflóry a kožních bakterií teprve vzniká charakteristický lidský pach.

- **APOKRINNÍ POTNÍ ŽLÁZY**

Již při narození jsou apokrinní žlázy vyvinuty, ale jejich aktivita je spuštěna až během puberty. Nejvíce apokrinních potních žláz se nachází v podpaží a v oblasti genitálií, méně v okolí pupíku, na bradavkách, očních víčkách a kolem uší (Gallagher et al., 2008).

Jsou větší než ekrinní potní žlázy. Reagují při psychickém stresu na vnější podněty a dochází k tzv. emočnímu pocení. Apokrinní žlázy jsou řízeny vlivem hormonů adrenalinu a noradrenalinu (Noel et al., 2012). Sekret je hustý, olejové konzistence, která má bílou, naředlou až načervenalou barvu. Sekret obsahuje také proteiny, amonné ionty a uhlovodíky (Trojan a kol., 2003). Mezi jednotlivými etniky byly zjištěny rozdíly v intenzitě apokrinní exkrece (Gallagher et al., 2008; Curran et al., 2010a; Dormont et al., 2013).

- **EKRINNÍ POTNÍ ŽLÁZY**

Ekrinní žlázy neboli pravé potní žlázy, se nachází téměř po celém těle, přičemž na dlaních, čele, chodidlech a v podpaží je jejich hustota nejvyšší (Curran et al., 2005a; Gallagher et al., 2008). Jejich funkcí je termoregulace. Vylučovaný sekret má konzistenci čiré tekutiny, která je mírně slané chuti, bezbarvá a bez zápachu (Noel et al., 2012).

Sekret ekrinních potních žláz je složen z anorganických látek: sodíku, draslíku, chloridů, fluoridů, jodidů, bromidů, sulfátů, fosfátů, vápníku, železa, bikarbonátů a amoniaku; a z organických látek: aminokyselin, proteinů, lipidů, glukózy, glykogenu, kreatinu, kreatininu, laktátu, močoviny, pyruvátu, kyseliny močové, vitamínů. Také jsou zde přítomny enzymy a imunoglobuliny (Curran et al., 2005b; Gallagher et al., 2008; Dormont et al., 2013).

- **SEBACEÁLNÍ ŽLÁZY**

Mazové žlázy pokrývají celý povrch těla s výjimkou dlaní a chodidel. Nachází se na folikulech chlupů nebo vlasů. Vylučují maz a lipidy (Dormont, et al., 2013). Sekretem mazových žláz je hustá, olejnatá substance, zvaná sebum, obsahující glycerol, volné mastné kyseliny, lanosterol, cholesterol a skvalen. Tukový maz má baktericidní účinky, chrání kůži před vysycháním nebo působením vlhka (Dylevský, 2009; Curran et al., 2010b).

3.2 Ultrazvuk

Ultrazvuk můžeme charakterizovat jako podélnou tlakovou vlnu, jejíž frekvenční rozsah je vyšší než 25 kHz (Warmoeskerken et al., 2002). Ultrazvuk je forma energie produkovaná zvukovými vlnami, která má frekvenční rozsah nad slyšitelností lidského sluchu (Otto et al., 2011).

Podle rychlosti (v) šíření magnetických vln lze rozdělit akustické vlnění na tři části:

- infrazvuk ($v < 16$ Hz)
- slyšitelný zvuk člověkem ($16 \text{ Hz} < v < 16 \text{ kHz}$)
- ultrazvuk
 - nízkofrekvenční $20 \text{ kHz} < v < 1 \text{ MHz}$
 - vysokofrekvenční $v > 1 \text{ MHz}$

(Otto et al., 2011; de São José et al., 2014).

Ve sledovaném prostředí jsou účinky ultrazvuku závislé na intenzitě (amplitudě), frekvenci kmitů a vlastnostech prostředí.

Další možné dělení je podle frekvence ultrazvuku, a to na:

Nízkofrekvenční ultrazvuk – obsahuje zvukovou frekvenci 20 - 100 kHz. Vyniká nízkou spotřebou energií, malou intenzitou nebo nízkým výkonem (de São José et al., 2014). Jeho kmitání dosahuje jen takové intenzity, které nevyvolává chemické ani fyzické změny. Poskytuje informace o struktuře, složení, chemických a fyzikálních vlastnostech (Štengl et Šubrt, 2004; Otto et al., 2011; de São José, et al., 2014). Nízkofrekvenční ultrazvuk lze využít v měřicí nebo kontrolní technice k diagnostice (Štengl et Šubrt, 2004). Je také významný při uchování nutričních hodnot potravin a inaktivaci mikroorganismů (Chowdhury et Viraraghavan, 2009; de São José et al.; 2014; Ashokkumar, 2015).

Vysokofrekvenční ultrazvuk – obsahuje zvukovou frekvence vyšší než 1 MHz. Má vysokou spotřebu energie (de São José et al., 2014) a může způsobit chemické, fyzikální nebo mechanické změny. Jeho využití lze rozdělit do třech kategorií.

- Mechanické vlivy – čištění, svařování, vrtání, rozprašování, mletí
- Fyzikálně - chemické vlivy – emulgace, extrakce, filtrace, difuze, urychlování rozpouštění
- Chemické vlivy – tvorba volných radikálů, vliv na rychlost, průběh a výtěžek reakcí, urychlení oxidace, katalyzátorové procesy a další (Štengl et Šubrt, 2004).

Nejčastější využití vysokofrekvenčního ultrazvuku je při čištění pevných látek formou krystalizace, k měření viskozity, k indukci, při oddělení tuku od mléka nebo inaktivaci mikroorganismů (Otto et al., 2011; de São José et al., 2014; Ashokkumar, 2015).

Niemczewski (2013) popisuje velmi účinné destruktivní účinky při použití nízkofrekvenčního ultrazvuku pomocí akustické kavitace. Podle Tran et al. (2014) a Niemczewski (2013) se během vyvolání nízkofrekvenční ultrazvukové vlny (20 kHz) objevují velké bubliny v roztoku, dojde k prudšímu průtoku v kapalině, který vyniká výbornými mechanickými účinky. Při zvyšování frekvence (až do 1 MHz) destruktivní účinky kavitace klesají (Tran et al, 2014).

Hrazdíra 1998 uvádí dva druhy vlnění (kmitání) a to podélné (longitudinální) a příčné (transverzální) (Hrazdíra, 1998). Podélné vlnění se šíří v tekutém prostředí (kapalném a plynném) kmitáním molekul ve směru zvukové vlny, kde se střídavě zhušťují a zředují (de São José, et al., 2014). U příčného vlnění jsou na sebe molekuly pevněji navázány, proto může nastat v pevném nebo kapalném skupenství (Hrazdíra, 1998, Chowdhury et Viraraghavan, 2009).

Ultrazvukové aplikace lze kategorizovat na základě stanovení uvedených hodnot: množství užití energie, výkon (W), hustota energie (Wsm a³) a intenzita zvuku (Wm) (Chowdhury et Viraraghavan, 2009; de São José et al., 2014).

Výkonný ultrazvukový systém je tvořen generátorem elektrické energie, převodníkem a měničem (Otto et al., 2011; de São José et al., 2014).

3.2.1.1 AKUSTICKÁ KAVITACE

Ultrazvuk se v kapalném prostředí chová jako zvuková vlna, která mění vzdálenosti molekul vody (Otto et al., 2011). Jestliže je tlaková amplituda dostatečně intenzivní, dojde mezi sousedícími molekulami vody ke zvýšení vzdálenosti na hranici vyšší, než je kritická vzdálenost pro rozdělení vazby (Chowdhury et Viraraghavan, 2009; de São José et al., 2014). V tomto okamžiku se na hladině kapaliny vytváří nové kavitační dutiny v podobě bublin. Tento jev se označuje jako akustická kavitace (Warmoeskerken et al., 2002; Chowdhury et Viraraghavan, 2009; de São José, et al., 2014;). V kapalném prostředí se teoretická tlaková amplituda (výkmit) způsobující kavitaci pohybuje kolem 1500 barů. Avšak akustická kavitace v praxi vzniká za podstatně nižších hodnot, a to méně než 5 bar (de São José et al., 2014).

3.2.1.2 STABILNÍ KAVITACE

V kapalině vytváří ultrazvukový generátor a převodník střídavé vlny komprese a expanze, které se pohybují mezi 25 – 100 kHz při extrémně vysokých rychlostech (Otto et al., 2011; Gotoh et al., 2015).

Vytváří se mikrobubliny, které dokáží narušit strukturu kapalného skupenství a v tekutině se tak vytvoří slabá místa. Následně se mohou bubliny (kavitační dutiny) vznášet v kapalině, rozpustit se zpět do kapaliny, zmenšit anebo zvětšit se v závislosti na oscilaci ultrazvukového pole. Tento jev označujeme jako stabilní kavitace (Warmoeskerken et al., 2002; Otto et al., 2011; de São José et al., 2014).

3.2.1.3 PŘECHODNÁ KAVITACE

Bubliny se začínají zvětšovat v okamžiku, kdy je ultrazvuková vlna dostatečně silná. Vytváří se dostatečně velký tlak v bublině a při další ultrazvukové vlně dochází k jevu zvaném imploze, při kterém se bubliny zborťí sami do sebe (de São José et al., 2014; Otto et al., 2011; Gotoh et al, 2015). V tento okamžik bubliny v důsledku vyššího tlaku změny svoje plynné skupenství na kapalně (Otto et al., 2011). Na stěně bubliny se začnou srážet páry, v důsledku toho dochází k podtlaku, následnému protrhnutí a vyplnění bubliny vodou. Ve fázi přechodné kavitace se bubliny v blízkosti materiálu zhroutí (de São José et al., 2014).

Samotný čistící efekt způsobí proud kapaliny a rozpadající se bubliny, které vytvoří „mikrotrysky“ v kapalině (Warmoeskerken et al., 2002; Chowdhury et Viraraghavan, 2009; de São José et al., 2014).



Obrázek č. 3 - Kavitace ve vodě (Štengl et Šubrt, 2004)

Efekt ultrazvukového čištění je významně ovlivněn množstvím rozpuštěného kyslíku v kapalině (de São José et al., 2014; Gotoh et al., 2015). Jedná se o velice efektivní metodu, která dobu čištění zkracuje a umožní vyčistit i nepřístupná místa (de São José et al., 2014).

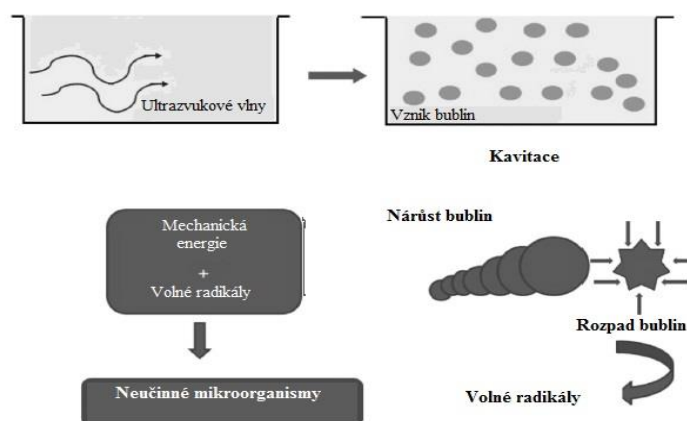
Ultrazvuková technologie je využívána k dekontaminace povrchů, ve zdravotnictví, elektronickém a potravinářském průmyslu, například při zpracování potravin (Otto et al., 2011; de São José et al., 2014). Ultrazvuk lze aplikovat na mnoho různých materiálů, na kovy, sklo, keramiku, plasty nebo textilii (Otto et al., 2011; de São José et al., 2014).

Ultrazvukové čištění má velmi silné dezinfekční účinky (Otto et al., 2011). De São José et al. (2014) popisují velmi účinnou kombinaci působení ultrazvuku s kyselinou peroctovou při odstraňování bakterií Salmonella z povrchu cherry rajčat (de São José et al., 2014).

Pro vyšší účinnost ultrazvukového čištění se do kapaliny mohou přidávat detergenty. 3 – 4 % roztok detergentu byl vyhodnocen ve studii Niemczewskiho (2009), jako ideální vzhledem ke stabilní kavitaci během měnících se teplot. Následně se množství detergentu nenavýšovalo, protože při vyšších koncentracích detergentu nedocházelo ke zkracování doby čištění, spíše naopak. Zvýšením koncentrace roztoku byla negativně ovlivněna účinnost čištění, a to snížením intenzity kavitace. Při klesající koncentraci roztoku docházelo ke snížení účinnosti čištění (Niemczewski, 2009; Otto et al., 2011).

Rozšířená vibrace je jedna z nevýhod ultrazvuku, jelikož kavitační účinky mohou vyvolat povrchovou erozi (Otto et al., 2011). V okamžiku, kdy se bubliny hroubí do sebe, vznikají intenzivní pulsové impulsy, které při četném opakování mohou způsobit erozi nebo odstranění povrchu z daného materiálu (Otto et al., 2011; Gotoh et al., 2015).

Výzkum Gotoh et al. (2015) popsal negativní vliv ultrazvukového čištění na strukturu bavlny a polyesteru (Gotoh et al., 2015). Warmoeskerekn et al. (2002) uvádí velmi dobré odstranění solí z bavlněných tkanin za pomoci ultrazvukového čištění (Warmoeskerekn et al., 2002). Dále je ultrazvukové čištění velice vhodné pro destrukci těžkých kovů z textilií, které mohou být pro zdraví člověka škodlivé (Rezic, 2008).



Obrázek č. 4 - Působení ultrazvuku (de São José et al., 2014)

3.3 Detergenty

Detergenty označujeme též jako čistící nebo mycí prostředky. Mezi detergenty řadíme mýdla, která jsou připravována z přírodních lipidů, a syntetické detergenty, které jsou složeny z tenzidů a dalších látek, které disponují detergentními vlastnostmi. Detergence je proces, při kterém se převádí nečistoty z pevného povrchu do objemové fáze roztoku (Šmidrkal, 1999).

Tenzid neboli povrchově aktivní látka, je organická látka, která je schopná hromadit se již při nízkých koncentracích na fázovém rozhraní, tj. místě, kde se oddělují dvě fáze (kapalina/pevná látka, kapalina/kapalina), a tím snižovat mezifázovou energii soustavy neboli povrchovou energii. Snížením povrchové energie se zvýší rozpustnost látek a rozpouštědla ve vodě, a tím se usnadní smočení povrchu a odstranění nečistot (Šmidrkal, 1999).

Tenzidy lze rozdělit na anionické, amfoterní, kationické a neionické tenzidy (Šmidrkal, 1999; Salager, 2002).

ANIONICKÉ TENZIDY – mohou představovat základ detergentu nebo vedlejší přísadu. Anionické tenzidy se řadí ze 70 - 75% do celkové produkce tenzidů. Představují mýdla, alkansulfonany, alkylsulfáty, atd. (Blažej, 1977; Šmidrkal, 1999; Salager, 2002).

AMFOTERNÍ TENZIDY – jejich molekuly jsou složeny z karboxylových a amoniových skupin, které dávají molekulám amfoterní charakter. Splňují mírnější požadavky dráždivosti, lze je dobře kombinovat s ostatními typy tenzidů a lehce vytváří pěnu, jsou přítomny nejčastěji v šamponech na vlasy (Blažej 1977; Šmidrkal, 1999).

KATIONICKÉ TENZIDY – disponují dezinfekčními, antistatickými a změkčovacími účinky. Nejčastěji přítomné v avivážních prostředcích a kondičních přípravcích ve vlasové kosmetice. Kationické tenzidy nelze kombinovat s anionickými tenzidy, protože se vzájemně srážejí na nerozpustný aglomerát (Šmidrkal 1999).

NEIONICKÉ TENZIDY – jejich schopnost rozpustit se ve vodě způsobí vznik hydrofilních skupin (hydroxylové, aminoskupiny nebo fenolové), které s vodou tvoří vodíkové můstky. Jedná se o složky v práškových pracích prostředcích (Šmidrkal, 1999; Salager, 2002).

Povrchově aktivní látky jsou definované jako sloučeniny, které mohou snížit mezifázové napětí. Příčinou jsou molekuly, které disponují dvěma místy, z nichž jedno je hydrofilní a druhé hydrofobní povahy (Effendy et Maibach, 2006).

Hydrofilní (polární) část molekuly tvoří tzv. hlavičku. Hydrofobní (nepolární) část molekuly tvoří řetězec. Je-li detergent ve vodném roztoku v dostatečné koncentraci, začne se hydrofilní (polární) část vázat na molekuly polárního rozpouštědla (molekuly vody). Opačně se tak děje i při hydrofobní části, která se váže na molekuly hydrofobních částic. Tímto jevem se vytvoří vysoce organizované struktury, které označujeme jako micely (Garavito et Ferguson-Miller, 2001). Využívají se pro uvolnění a rozpouštění membránově vázaných proteinů, cytolyze, dále ke stabilizaci, krystalizaci nebo denaturaci proteinů, rozrušení bipolárních lipidických buněčných membrán nebo ke snížení povrchového napětí (Seddon et al., 2004).

Detergenty lze charakterizovat pomocí hodnoty **CMC** (kritická koncentrace micel, Critical Micelle Concentration). Tato hodnota udává koncentraci detergentu v roztoku, při které se formují micely (Gohon et Popot, 2003; Seddon et al., 2004).

Další udávanou hodnotou je **CMT** (kritická micelární teplota, Critical Micellar Temperature), která udává teplotu, při které se micely v detergentu rozpustí a tím se detergent aktivuje a dojde k navýšení CMC na požadovanou hodnotu (Seddon et al., 2004; Strnadová a Kvítek, 2009).

Detergenty lze rozdělit do čtyř skupin na iontové detergenty, neiontové detergenty, silo žlučových kyselin a obojetné detergenty.

IONTOVÉ DETERGENTY – patří mezi denaturující detergenty. Jejich hlavička nese záporný nebo kladný náboj. Při působení iontových detergentů, jako je například SDS (sodium dodecyl sulfát), dochází k denuraci proteinů.

NEIONTOVÉ DETERGENTY – patří mezi nedenaturující a nenesou žádný náboj. Jejich účinky jsou výrazně mírnější, avšak narušují lipid-proteinové a lipid-lipidové interakce.

SOLI ŽLUČOVÝCH KYSELIN – řadí se do iontových detergentů. Jsou tvořeny lineárním řetězcem, který disponuje polární a nepolární stranou a je složen z pevných steroidních skupin. Tyto detergenty nejsou často používané.

OBOJETNÉ DETERGENTY – obsahují charakteristiky iontových i neiontových detergentů. Jejich náboj je nulový a mají menší schopnost denurace.

(Seddon et al., 2004)

3.4 Metoda pachové identifikace

Psi se řadí mezi živočišné druhy, které vykazují pozoruhodné čichové schopnosti. Jsou využíváni v různých forenzních oblastech, především pro citlivost čichu a schopnost detekovat nejrozličnější pachy (Marchal et al., 2016). Psi jsou schopni identifikovat jedince podle jejich individuálního tělesného pachu (Curran et al., 2005b; Curran et al., 2010a; Vyplelová et al., 2014) s vysokou specifičností (Marchal et al., 2016). Na této naučené schopnosti je založena metoda pachové identifikace, která spočívá v porovnávání pachu podezřelé osoby zanechaném na předmětu z místa činu, z kterého se odebrala pachová stopa, s pachem odebraným z těla podezřelé osoby (Schoon, 2005).

Metoda pachové identifikace se provádí v místnosti s kontrolovatelnými podmínkami (Prada et al., 2015). Pes by se měl řídit individuálním pachem jedince a nevěnovat pozornost jiným přidruženým pachům (Curran et al., 2005; Prada et al., 2015; Jezierski, 2016).

Při ztotožňování pachů se dá psovi nejdříve načichat pach, který byl odebrán z místa činu a následně v řadě jiných pachů musí pes identifikovat podezřelou osobu (Schoon, 2005).

V této řadě by měly být pachy podobné od osob stejného pohlaví. Po každé komparaci by měly být cílové vzorky vyměněny, aby nedocházelo ke kontaminaci slinami psů (Jeziarski, 2016). Pokud by se v řadě vyskytoval pach, který by výrazně odlišoval od ostatních pachů, mohl by být pro psa zajímavější a ovlivnit výsledné srovnávání (Jeziarski et al. 2012).

Snímat pachové stopy lze na místech, kde se předpokládá zanechání pachového vzorku cílové osoby. Pachovou stopu může snímat v kriminalistické praxi kriminalistický technik nebo specializovaný psovod z pracoviště zaměřující se na metodu pachové identifikace. Při snímání se používají výhradně sterilní pomůcky, mezi které patří latexové rukavice, pinzeta nebo peán, sterilní pachové bavlněné snímače, aluminiová folie a sterilní skleněná sklenice se vzduchotěsným uzávěrem (Straus et Kloubek, 2010).

Postup snímání je následující, ze sterilní skleněné sklenice se v latexových rukavicích za pomoci sterilní pinzety vyjme pachový snímač, který se přiloží na povrch, kde je předpoklad výskytu pachové stopy. Následně se pachový snímač překryje aluminiovou folií a zatíží se na minimálně 30 minut. Poté se sejme aluminiová folie, pachový snímač se vloží do sterilní označené sklenice a uzavře se (Straus et Kloubek, 2010).

Při odebírání pachových vzorků osob se v západní Evropě používají kovové trubky, které podezřelá osoba drží určitý čas v dlaních. Poté jsou trubky vloženy do řady. Psovi se dá načichat pach odebraný z místa činu a následně projde řadou pachových vzorků z trubek a označí podezřelou osobu naučeným způsobem. Ve východní Evropě se k odebírání pachů používají tkaniny, které se přikládají na tělo podezřelé osoby. Tkanina se sterilními pomůckami sejme z těla a vloží do sterilní sklenice, která se následně vloží do pachové řady, kterou pes komparuje (Prada et al., 2008). Prada et al. (2011) potvrzuje výborné výsledky pro snímání pachových vzorků především na bavlněné snímače (Prada et al., 2011).

4 Hypotéza

H1: napachované kovové sorbenty po umytí v UV čističce nebudou dostatečným zdrojem lidského pachu pro komparaci pomocí speciálně cvičených psů.

H2: bude rozdílná úspěšnost komparace pachu získaného z kovových sorbentů po čištění v UV čističce s detergentem nebo bez něj.

5 Materiály a metody

5.1 Výběr osob v experimentu

Do experimentu byly vybrány 2 cílové osoby, ženského pohlaví, stejného etnika a podobného věku. Jednalo se o studentky České zemědělské univerzity v Praze. Doplňkové pachy byly odebrané od žen stejného etnika a podobného věku.

5.2 Materiály

V experimentu byly k odběru pachu použité následující pomůcky:

- Nitrilexové rukavice
- Sterilní peány – nástroje byly umyty v silném roztoku saponátu v ultrazvukové čističce, opláchnuty vodou a umístěny do sterilizátoru k sušení, doba sušení probíhala 35 minut na 180 °C.
- Sterilní sklenice se šroubovacím uzávěrem – prošly stejným procesem jako peány. Víčka byla umyta v silném roztoku saponátu v ultrazvukové čističce, opláchnuty vodou a umístěny do sterilizátoru při teplotě 60 °C po dobu 12 hodin.
- Bavlněná tkanina obchodní značky Aratex[®] s absorpčními schopnostmi o rozměrech 30x30 cm, byla vystavena sterilizaci v autoklávu horkou párou po dobu 30 minut při teplotě 120 °C, následně byla dosušena po dobu 12 hodin při teplotě 60 °C ve sterilizátoru.



Obrázek č. 5 - Pomůcky pro odběr pachů (Jandová, 2016)

- Sterilní nerezové trubky – s nízkým obsahem hliníku, které jsou odolné proti mezikrystalové korozi. Trubky byly umyty v silném roztoku saponátu v ultrazvukové čističce, opláchnuty vodou a umístěny do sterilizátoru k sušení, doba sušení probíhala 35 minut na 180 °C.



Obrázek č. 6 - Nerezové trubky (Jandová, 2018)

5.3 Detergent

Pro experiment byl vybrán detergent Jar lemon od výrobce Procter & Gamble. Tento detergent je běžně využívaný k mytí nádobí a v našem experimentu sloužil pro mytí rukou před odběrem pachu a jako 2% roztok do UV čističky.

Chemické složení dle bezpečnostního listu:

Název	Identifikátor výrobku	%	Klasifikace podle směrnice Rady 67/548/EHS	Třídění podle nařízení (ES) č.1272/2008 (CLP)
Sodium C12-14 Alkyl Sulfate	(Číslo CAS) 85586-07-8 (Číslo ES) 287-809-4 (REACH-c) 01-2119489463-28	1 - 5	Xn; R22 Xi; R41 Xi; R38	Acute Tox. 4 (Oral), H302 Skin Irrit. 2, H315 Eye Dam. 1, H318 Aquatic Chronic 3, H412
Lauramine Oxide	(Číslo CAS) 308062-28-4 (Číslo ES) 931-292-6 (REACH-c) 01-2119490061-47	1 - 5	Xn; R22 Xi; R41 Xi; R38 N; R50	Acute Tox. 4 (Oral), H302 Skin Irrit. 2, H315 Eye Dam. 1, H318 Aquatic Acute 1, H400 Aquatic Chronic 2, H411
Sodium Laureth Sulfate	(Číslo CAS) 161074-79-9 (Číslo ES) 500-513-4 (REACH-c) 01-2119513369-37	1 - 5	Xi; R41 Xi; R38	Skin Irrit. 2, H315 Eye Dam. 1, H318 Aquatic Chronic 3, H412
Sodium Lauryl Sulphate	(Číslo CAS) 1231880-35-5 (REACH-c) 01-2119582870-31	1 - 5	Xn; R22 Xi; R41 Xi; R38	Acute Tox. 4 (Oral), H302 Skin Irrit. 2, H315 Eye Dam. 1, H318 Aquatic Chronic 3, H412

Obrázek č. 7 - Chemické složení detergentu (bezpečnostní list)

5.4 Ultrazvuková čistička

Jedná se celonerezovou nádobu, která je složena z vany, koše, ultrazvukového zařízení a víka. V tomto experimentu byla použita menší ultrazvuková čistička Ulsonix Proclean 0.7M. Rozměry vnitřní vany 152x87x65 mm (DxŠxV), objem vany 0,7 litrů, frekvence čištění 40 kHz. Čistička disponuje regulovatelným ohřevem 25 – 80 °C a délkou čištění 5 - 60 minut. Tento typ čističky je vhodný pro čištění malých předmětů. Výhodami této čističky jsou menší rozměry a kratší doba nahřívání.



Obrázek č. 8 - UV čistička (Jandová, 2018)



Obrázek č. 9 - UV čistička Ulsonix (Jandová, 2018)

5.5 Pachové vzorky

5.5.1 Načichávací vzorky

Pro experiment byly vybrány 2 cílové osoby, které si před odběrem vzorků pachu umyly ruce detergentem (Jar), ruce si opláchly vodou a nechaly volně schnout 30 minut. Následně byl osobám podán do dlaně sterilní pachový snímač, nerezová trubka. Nerezové trubky osoby držely v dlaních 5 minut. Po uplynutí 5 minut byly nerezové trubky odebrány sterilním peánem a vloženy do označené sterilní sklenice. Cílové osoby se nabíraly samostatně v podobném časovém intervalu jako pachy doplňkové. Před samotným experimentem vždy proběhlo čištění ultrazvukové čističky v klasickém cyklu se 4% roztokem detergentu, aby se eliminovaly možné zbytkové pachové stopy.

Experiment byl rozdělen na 2 různá ošetření v ultrazvukové čističce. Následně byly provedeny 2 různé komparace, viz Výsledky.

1. Ošetření nerezových napachovaných trubek – trubky byly vloženy do ultrazvukové čističky do 2% roztoku detergentu po dobu 16 minut, při teplotě 70 °C. Po ukončení mycího cyklu se trubky vyjmuly a uzavřely do nové sterilní sklenice. Poté se nechaly volně uschnout v předem vydezinfikované místnosti. Po uschnutí se vložily sterilním peánem do nové sterilní označené sklenice s Aratexem[®] na 30 minut. Tím se vytvořil otisk pachové stopy. Po 30 minutách se trubky vyjmuly. Sklenice s Aratexem[®] se uzavřely a umístily v laboratoři CVCHP.
2. Ošetření nerezových napachovaných trubek – trubky byly vloženy do ultrazvukové čističky, kde byla přítomna jen čistá voda bez detergentu. Čistící proces trval 16 minut, při teplotě 70°C. Po ukončení mycího cyklu se trubky vyjmuly a uzavřely do nové sterilní sklenice. Poté se nechaly volně uschnout v předem vydezinfikované místnosti. Po uschnutí se vložily sterilním peánem do nové sterilní označené sklenice s Aratexem[®] na 30 minut. Tím se vytvořil otisk pachové stopy. Po 30 minutách se trubky vyjmuly. Sklenice s Aratexem[®] se uzavřely a umístily v laboratoři CVCHP.

Všechny čistící procesy napachovaných trubek 1. cílové osoby probíhaly vždy izolovaně od čištění napachovaných trubek 2. cílové osoby.

5.5.2 Cílové vzorky

Odebíraly se cílovým osobám a stejným způsobem jako pachy načichávací. Osoby si umyly ruce detergentem, opláchly vodou a nechaly samovolně uschnout po dobu 30 minut. Po uschnutí držely v dlaních nerezové trubky po dobu 5 minut. Poté byly trubky vloženy sterilním peánem do sterilní sklenice s Aratexem[®]. Tam byly ponechány 30 minut. Po uplynutí této doby se trubky sterilním peánem vyjmuly a sklenice s Aratexem[®] se uzavřela a uložila v laboratoři CVCHP.

5.5.3 Doplnkové pachy

Doplnkové pachy slouží k doplnění porovnávací řady, kde pes komparuje pach. Tyto pachy byly odebrány ženám stejného etnika a podobného věku. Odběr probíhal stejným způsobem jako u cílových pachů na nerezové trubky a následně se vytvořil otisk pachové stopy na Aratex[®].



Obrázek č. 10 - Odběr pachového vzorku na nerezovou trubku (Jandová, 2016)



Obrázek č. 11 - Snímání pachového vzorku z trubky na Aratex® (Jandová, 2018)



Obrázek č. 12 - Připravená pachová konzerva ke komparaci (Jandová, 2018)

6 Komparace pachů

Experiment se uskutečnil na půdě České zemědělské univerzity v Praze v Centru pro výzkum chování psů. Před experimentem se provedl test TNZ, neboli „test náhodné zajímavosti,“ jejímž cílem je ověření, zda cílový pach není sám o sobě pro psa zajímavý a zároveň slouží jako ukazatel, zda je pes způsobilý k použití v experimentu.

Všechny feny prošly testem náhodné zajímavosti a mohly přistoupit k provedení experimentu. Čtyři feny procházely řadu sklenic, která je tvořena šesti vzorky pachů (1 cílový a 5 doplňkových). Jedna fena procházela tzv. karusel, který je postaven na speciálním stojanu ve tvaru kruhu a je tvořen celkem osmi vzorky (1 cílový a 7 doplňkových). Cílový vzorek byl předem náhodně umístěn a psovod, který s fenou prováděl komparaci, neznal pozici cílového vzorku. Psovod dal feně k načichání načichávací pach a následně s ní prošel řadu vzorků nebo karusel. Pokud fena ztotožnila načichávací vzorek s cílovým vzorkem, označila jej naučeným způsobem.

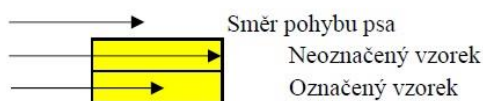
Ověřování řady či karuselu každá fena provedla třikrát pro dané ošetření.

1. cílovou osobu ověřily třikrát při ošetření trubek v ultrazvukové čističce s přidáním 2% detergentu a třikrát při ošetření trubek ultrazvukovou čističkou bez detergentu.
2. cílovou osobu ověřily třikrát při ošetření trubek v ultrazvukové čističce s přidáním 2% detergentu a třikrát při ošetření trubek ultrazvukovou čističkou bez detergentu.

Načichávací vzorek	1.pozice	2.pozice	3.pozice	4.pozice	5.pozice	6.pozice
TNZ			CP		TNZ →	
UV 2%-OPS		CP →				
UV 2%-OPS					CP	→
UV 2%-OPS			CP			→
UV-OPS		CP				→
UV-OPS					CP →	
UV-OPS	CP →					

TNZ - Zkušební pach v testu náhodné zajímavosti
 - řada TNZ - pach k prověření testu náhodné zajímavosti
 - řada UV 2%-OPS - otisk pachové stopy - z trubky ošetřené ve 2% roztoku v ultr. čističce
 - řada UV-OPS - otisk pachové stopy - trubky ošetřené v ult. čističce bez detergentu

CP - Cílový pach
 - Doplňkový pach



Obrázek č. 13 - Schéma komparace pachů v řadě (Jandová, 2018)

Pes	Cílová osoba	TNZ	UV+2% detergent	UV bez detergentu
			+	-
Kora	1.	+	-	+
			-	+
			+	+
Kora	2.	+	+	-
			+	+
			-	-
Goja	1.	+	-	-
			-	-
			-	-
Goja	2.	+	-	+
			-	+
			+	+
Helga	1.	+	-	+
			-	+
			+	+
Helga	2.	+	+	-
			+	+
			-	+
Freny	1.	+	+	+
			+	+
			+	+
Freny	2.	+	+	+
			+	+
			-	+
Ivka	1.	+	-	+
			-	+
			-	+
Ivka	2.	+	-	+
			-	-

Tabulka č. 1 - Výsledky komparace (+ ztotožnění načichávacího pachu s cílovým pachem, - nesprávné ztotožnění)

V experimentu mohly feny reagovat správně ztotožnění cílového pachu nebo nesprávně (fena neznačila pach nebo označil nesprávný pach). Porovnávaly se výsledky mezi ztotožňováním vzorků s 2% roztokem a s UV ošetřením bez detergentu pomocí chí-kvadrát testu v proceduře FREQ programu SAS 9.4 (2013). Výpočet zjistil rozdíl v úspěšnosti značení podle typu ošetření. Na základě statistického vyhodnocení dat byla zjištěna pravděpodobnost nižší než 0,05 ($P < 0,05$). To ukazuje, že v úspěšnosti ztotožnění mezi typem ošetření vzorků byl významný rozdíl a potvrzuje se hypotéza číslo 2.

Dle výsledků psi významně lépe ztotožňují pach ošetřený UV bez přídavku detergentu. Počítala se i charakteristika zvaná poměr šanci (odds ratio). Při výpočtu poměru šanci, bylo zjištěno, že šance psa ztotožnit pach z trubek ošetřených pouze UV byla 3,5962 x větší než šance ztotožnit pach z trubek ošetřených v 2 % roztoku detergentu. Prokázalo se, že kombinace ultrazvuku s nižší koncentrací detergentu než 4% není dostatečná pro destrukci lidského pachu. A zároveň se zvyšovala úspěšnost ztotožnění při snižující se koncentrací detergentu.

7 Diskuze

Destrukci lidského pachu pomocí ultrazvuku jsem se již zabývala v mé bakalářské práci, kde byla použita ultrazvuková čistička o stejných frekvenčních parametrech, stejnou délkou čištění a teplotou, jako experiment v předkládané práci. Významný rozdíl byl v použití 4% roztoku detergentu v ultrazvukové čističce. Prokázalo se, že tato koncentrace byla dostatečná k odstranění lidského pachu (Jandová, 2016). Obecně na toto téma mnoho studií prozatím není. Niemczewski (2013) uvádí experiment, kde při použití ultrazvuku o frekvenci 38 kHz a 40 kHz a teplotě nad 60 °C dochází k odplynění vody a tím se snižují účinky kavitace (Niemczewski, 2013). V této práci byl použitý ultrazvuk o frekvenci 40 kHz a teplota 70 °C, což může naznačovat snížení účinků kavitace.

Niemczewski (2002) tvrdí, že existuje rozdíl mezi intenzitou kavitace u anionického a neionického detergentu. Obecně lze říci, že snížení intenzity kavitace je menší v anionickém detergentu než v neionickém detergentu, při teplotách 50 – 65 °C (Niemczewski, 2002). Dále Niemczewski (2009) ve své studii vyhodnotil 3 - 4% roztok detergentu v kombinaci s ultrazvukem jako optimální pro čistící účinek (Niemczewski, 2009). Ověřením odolnosti lidského pachu vůči chemickým detergentům se ve své diplomové práci zabývala Čajágiová (2016). V její studii odběr cílových vzorků probíhal na nerezové trubky, které byly vystaveny dvěma čistícím procesům v ultrazvukové čističce, při použití detergentu na běžné mytí Celestina a sanitárnímu prostředku Medium. Oba detergenty byly použity v doporučené koncentraci k mytí výrobcem. Oba dva detergenty společně s ultrazvukovou čističkou degradovaly pach natolik, že jej speciálně vycvičení psi nebyli schopni identifikovat (Čajágiová, 2016). Jiným experimentem, kde byl použitý detergent, bylo vystavení lidského pachu vypráním v automatické pračce (Pechová, 2013). Zde však detergent lidský pach neodstranil a psi jej po vyprání ztotožnili. I jiné studie, zmíněné v literární rešerši, se zabývaly destrukcí lidského pachu, jako bylo vystavení lidského pachu v proudící vodě (Santariová et al., 2012) nebo vystavení lidského pachu parní sterilizaci (Kloubek et al., 2015). V žádné této studii se nepodařilo lidský pach odstranit.

Zdá se, že k destrukci lidského pachu je nejvhodnější kombinace ultrazvukových vln a detergentu (Čajágiová, 2016; Jandová, 2016). Při úvaze o dalších experimentech na toto téma je nutné zvolit správnou koncentraci detergentu, dále lze řešit teplotu, která by se neměla zvyšovat, spíše naopak otestovat efekt nižší teploty přibližně 40 °C, která se dle studií Niemczewskiho zdá být pro výši kavitace významnější.

8 Závěr

Tento experiment přinesl nové poznatky v čištění ultrazvukovou technologií. Ukázalo se, že vytvořením 2% roztoku detergentu je možné lidský pach částečně destruovat, ale výsledky ztotožnění nejsou zcela jednoznačné, mohlo to být ovlivněno zkušenostmi nebo aktuálním fyzickým či psychickým stavem fen, které prováděly ztotožnění. Naopak čištění v ultrazvukové čističce bez přítomnosti detergentu se ukázalo jako nedostatečný prostředek k destrukci lidského pachu.

9 Seznam použité literatury

- Acevedo, C. A., Sanchez, E. Y., Reyes J. G., Young, and M. E. 2007. Volatile Organic Compounds Produced by Human Skin Cells. *Biological Research*. 40. 347-355.
- Ashokkumar, M. 2015. Applications of ultrasound in food and bioprocessing. *Ultrasonics Sonochemistry*. 25. 17–23.
- Blažej, A. 1977. *Tenzidy*. Bratislava: Alfa. 481 s. ISBN: 63-173- 77.
- Brown JS, Prada PA, Curran AM, Furton KG. 2013. Applicability of emanating volatile organic compounds from various forensic specimens for individual differentiation. *Forensic Science International*. 226. 173–82.
- Curran, A. M., Prada, P., Furton, K. G. 2010a. The Differentiation of the Volatile Organic Signatures of Individuals Through SPME-GC/MS of Characteristic Human Scent Compounds. *Journal of Forensic Science*. 55. 50-57.
- Curran, A. M., Prada, P. A., Furton, K. G. 2010b. Canine human scent identifications with post-blast debris collected from improvised explosive devices. *Forensic Science International*. 199. 103–108.
- Curran, A. M., Rabin, I., Furton, K. G. 2005a. Analysis of the uniqueness and persistence of human scent. *Forensic Science Communications*. 7. 1-20.
- Curran, A. M., Rabin, S. I., Prada, P. A., Furton, K. G. 2005b. Comparison of the volatile organic compounds present in human odor using SPME-GC/MS. *Journal of Chemical Ecology*. 31. 1607-1608.
- Curran, A. M., Rabin, S. I., Prada, P. A., Furton, K. G. 2006. On the Definition and Measurement of Human Scent: Response by Curran. *Journal of Chemical Ecology*. 32. 1617–1623.
- Curran, A. M., Ramirez, C. F., Schoon, A. A., Furton, K. G. 2007. The frequency of occurrence and discriminatory power of compounds found in human scent across a population determined by SPME-GC/MS. *Journal of Chromatography*. 846. 86 –97.
- Cuzuel, V., Cognon, G., Rivals, I., Sauleau, Ch., Heulard, F., Thiebaut, D., Vial, J. 2017. Origin, Analytical Characterization, and Use of Human Odor in Forensics. *Journal Forensic Science*. Vol. 62. No. 2.

- Čajáiová, M. 2016. Odolnost' ľudského pachu voči chemickým detergentom. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 45 s.
- Čihák R. 2016. Anatomie 3 Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5636-3
- De Lacy Costello, B., Amann, A., Al-Kateb, H., Flynn, C., Filipiak, W., Khalid, T., Osborne, D., Ratcliffe, N. 2014. A review of the volatiles from the healthy human body. *Journal of Breath*. 8.
- De São José, J. F. B., de Andrade, N. J., Mota Ramos, A., Dantas Vanetti, M. C., Stringheta, P. C., Paes Chaves, J. B. 2014. Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and Vegetables. *Food Control* 45. 36-50.
- Dormont, L., Bessière, J. M., Cohuet, A. 2013. Human Skin Volatiles: A Review. *Journal Chemical Ecology*. 39. 569-578.
- Doležal, P., Lněničková, J., Vyplelová, P., Pinc, L, Kyjáková, P., Valterová, I., Skeříková, V., Urban, Š. 2016. Human scent signature: an off-line coupling of GC with dogs to determine the scent composition and analysis of human scent samples by GCxGC-MS. Abstract book International symposium on capillary chromatography and GCxGC symposium. Riva del Garda. Italy. p. 550.
- Dylevský I. 2009. Funkční anatomie. Grada: Praha. 544 s. ISBN 978-80-247-3240-4.
- Effendy I., Maibach H.I. 2006. Detergents. *Chew AL. Irritant Dermatitis*. Springer. Berlin. Heidelberg.
- Gallagher, M., Wysocki, C. J., Leyden, J. J., Spielman, A. I., Sun, G. Preti, X. 2008. Analyses of volatile organic compounds from human skin. *British Journal of Dermatology*. 159. 780-791.
- Garavito, M., Ferguson-Miller., S. 2001. Detergents as Tools in Membrane Biochemistry. *The Journal of Biological Chemistry*. 279. 32403–32406.
- Gohon, Y., Popot. J. L. 2003. Membrane protein – surfactant complexes. *Current Opinion and Interface Science*. 8. 15–22.
- Gotoh, K., Harayama, K., Handa. K. 2015. Combination effect of ultrasound and shake as a mechanical action for textile cleaning. *Ultrasonics Sonochemistry* 22. 412–421.

- Guerrero-Flores, H., Apresa-García, T., Garay-Villar, O., Sánchez-Pérez, A., Flores-Villegas, D., Bandera-Calderón, A., García-Palacios, R., Rojas-Sánchez, T., Romero-Morelos, P., Sánchez-Albor, V., Mata, O., Arana-Conejo, V., Badillo-Romero, J., Taniguchi, K., Marrero Rodríguez, D., Mendoza-Rodríguez, M., Rodríguez-Esquivel, M., Huerta-Padilla, V., Martínez-Castillo, A., Hernández-Gallardo, I., López-Romero, R., Bandala, C., Rosales Guevara, J., Salcedo, M. 2017. A non-invasive tool for detecting cervical cancer odor by trained scent dogs. *BMC Cancer*.
- Hasegawa Y, Yabuki M, Matsukane M. 2004. Identification of new odoriferous compounds in human axillary sweat. *Chemical Biodivers*. 1. 2042–50.
- Hepper, P. G., Wells, D. L. 2005. How many footsteps do dogs need to determine the direction of an odour trail?. *Chemical Senses*. 30. 291-298.
- Hrazdíra, I., Mornstein, V. 1998. Úvod do obecné a lékařské biofyziky. Brno: Masarykova univerzita Lékařská fakulta. 274 s. ISBN 80-210-1822-4.
- Hudson DT. 2009. Variables affecting the collection and preservation of human scent components through instrumental and biological evaluations [Ph.D. dissertation]. Miami, FL: Florida International University.
- Chowdhury, P., Viraraghavan, T. 2009. Sonochemical degradation of chlorinated organic compounds, phenolic compounds and organic dyes – A review. *Science of the total environment*. 407. 2474-2492.
- Chuong, C. M., Nickoloff, B. J., Elias P. M., Goldsmith, L. A., Macher, E., Maderson, P. A., Sundberg, J. P., Tagami, H., Plonka, P. M., Thestrup-Pederson, K., Bernard, B. A., Schroder, J. M., Dotto, P., Chang, C. M., Williams, M. L., Feingold, K. R., King, L. E., Kligman, A. M., Rees, J. L., Christophers, E. 2002. What is the 'true' function of skin. *Exp. Dermatology*. 11. 159-187.
- Jandová, V. 2016. Ultrazvuk jako prostředek k destrukci lidského pachu. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 45 s.
- Jezierski, T., Sobczynska, M., Walczak, M., Gorecka-Bruzda, A., Ensminger, J. 2012. Do trained dogs discriminate individual body odors of women better than those of men?. *Journal of Forensic Sciences*. v. 57, p. 647-653.

- Jeziarski, T., Ensminger J., Papet L. E. 2016. *Canine Olfaction Science and Law*. CRC Press. Taylor & Francis Group. p. 461. ISBN: 13:978-1-4822-6027.
- Kloubek, M., Pinc, L., Santariová, M., Vypelová, P., Čapková, Z. 2015. Parní sterilizace a lidský pach. *Kriminalistika*. roč. 4. č. 48. s. 275-283. ISSN: 1210-9150.
- Marchal, S., Bregeras, O., Puaux, D., Gervais, R., Ferry. B. 2016. Rigorous Training of Dogs Leads to High Accuracy in Human Scent Matching-To Sample Performance. *PLoS ONE* 11: e0146963.
- Mochalski, P., Ruzsanyi, V., Wiesenhofer, H., Mayhew, Ch. 2018. Instrumental sensing of trace volatiles—a new promising tool for detecting the presence of entrapped or hidden people. *Journal of Breath*. 12.
- Munk, S., Johansen, C., Stahnke, L. H., Adler-Nissen, J. 2001. Microbial survival and odor in laundry. *Journal of Surfactants and Detergents*. 4. 385-394.
- Niemczewski. B. 2002. Influence of Surfactant Additives on the Intensity of Acoustic Causative Agents of Ultrasonic Cleaning in Water Solutions. *Transactions of the IMF*. 137-138.
- Niemczewski. B. 2009. Influence of concentration of substances used in ultrasonic cleaning in alkaline solutions on cavitation intensity. *Ultrasonics Sonochemistry*. 16. 402-407.
- Niemczewski, B. 2013. Cavitation intensity of water under practical ultrasonic cleaning Conditions. *Ultrasonics Sonochemistry*. 21. 354–359.
- Noel, F., Pierard-Franchimont, C., Pierard G., E., Quatresooz, P. 2012. Sweaty skin, background and assessments. *International Society of Dermatology*. 51. 647-655.
- Otto, C., Zahn, S., Rost, F., Zahn, P., Jaros, D., Rohm, R. 2011. Physical Methods for Cleaning and Disinfection of Surfaces. *Food Engineering Reviews*. 3. 171-188.
- Pauling, L., Robinson, A., Teranishit, R., Cary, P. 1971. Quantitative Analysis of Urine Vapor and Breath by Gas-Liquid Partition Chromatography. *Partition. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 68. 2374-2376.
- Pechová E. 2013. Použití psů k identifikaci lidského pachu odebraného z vypraných oděvů. *Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů*. Praha. 45 s.
- Penn D, Potts W. 1998. How do major histocompatibility complex genes influence odor and mating preferences?. *Adv. Immunology*. 69: 411–36.

- Penn, D. J., Oberzaucher, E., Grammer, K., Fischer, G., Soini, H. A., Wiesler, D. Novotny, M. V., Dixon, S. J., Xu, Y., Brereton, R: G. 2007. Individual and gender fingerprints in human body odour. *Journal of the Royal Society Interface* 4. 331–340.
- Prada P. A., Kenneth B.S., Furton G. 2008. Human scent detection: A review of its developments and forensic applications. *Revista de Ciencias Forenses*. p. 81-87.
- Prada, P. A., Curran, A. M., Furton, K. G. 2011. The Evaluation of Human Hand Odor Volatiles on Various Textiles: A Comparison Between Contact and Noncontact Sampling Methods. *Journal Forensic Sciences*. 56. 866-881.
- Prada, P. A., Curran, A. M., Furton, K. G. 2015. *Human Scent Evidence*. CRC Press. Taylor & Francis Group. p. 212. ISBN: 13:978-1-4665-8396-2.
- Prokop-Prigge, A., Greene, K., Varallo, L., Wysocki, Ch. J., Preti, G. 2016. The Effect of Ethnicity on Human Axillary Odorant Production. *Journal of Chemical Ecology*. Vol. 42. pp. 33–39.
- Rezic, I. 2008. Optimization of ultrasonic extraction of 23 elements from cotton. *Ultrasonics Sonochemistry* 16. 63–69.
- Rokyta, R. aj. 2000. *Fyziologie: pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV. s. 176-180, ISBN 80-85866-45-5.
- Rosner, B. 2006. *Fundamentals of Biostatistics*. Belmont. 7. ed. CA: Thomson – Books/Cole-868 p. ISBN: 10-0-538-73349-7.
- Ruzsanyi, V., Mochalski, P., Schmid, A., Wiesenhofer, H., Klieber, M., Hinterhuber, H., Amann, A. 2012. Ion mobility spectrometry for detection of skin volatiles. *Journal of Chromatography. B* 911. 84–92.
- Salager, J., *Surfactants*, L. 2002. Types and uses. Mérida Venezuela: Universidad de Los Andes. 49 p.
- Santariová, M., Pinc, L., Bartoš, L. Vyplelová, P., Gerneš, J., Sekyrová. V. 2016 Resistance of human odours to extremely high temperature as revealed by trained dogs. *Czech Journal of Animal Science*. roč. 61. č. 4 s. 172-176. ISSN: 1212-1819.
- Santariová, M. Písaříková, A., Kloubek, M., Vyplelová, P., Pinc, L. 2012. Schopnost psů identifikovat lidský pach poté, co byl vystaven působení proudící vody. *Bezpečnostní teorie a praxe*, roč. Zvláštní číslo č. 2. díl. s. 355-365. ISSN: 1801-8211.

- Santos, P. S. C., Schinemann, J. A., Gabardo, J., Bicalho, M. G. 2005. New evidence that the MHC influences odor perception in humans: a study with 58 Southern Brazilian students. *Hormones and Behavior*. 47. 384-388.
- SAS Institute Inc. 2013. *Base SAS® 9.4 Procedures Guide: Statistical Procedures*, Second Edition. Cary. NC. SAS Institute Inc.
- Seddon, A. M., Curnow, P., Booth, P. J. 2004. Membrane proteins, lipids and detergents: not just a soap opera. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1666. 105 – 117.
- Singer AG, Beauchamp GK, Yamazaki K. 1997. Volatile signals of the major histocompatibility complex in male mouse urine. *Proc Natl Acad Sci USA* 94:2210 –4.
- Singh PB, Pearse-Pratt R, Schellinck H, Brown R, Roser B, 1999. Soluble MHC antigens and olfactory recognition of genetic individuality: the mechanism. *Genetica*. 104. 23-30.
- Schoon, G. A. A. 2005. The Effect of the Ageing of Crime Scene Objects on the Results of Scent Identification Line-Ups Using Trained Dogs. *Forensic Science International*. 147. 43-47.
- Stockham, R. A., Slavin, D. L., Kift, W. 2004. Specialized Use of Human Scent in Criminal Investigations. *Forensic Science Communications*. 6.
- Straus, J., Kloubek, M., 2010. *Kriminalistická odorologie*. Aleš Čeněk. Plzeň. 192 s. ISBN. 978-80-7380-238-7.
- Strnadová, H., Kvítek L. 2009. Vliv pufru na tvorbu micel vybraných povrchově aktivních látek. *Chemické listy* 103. 315–319.
- Syrotuck W. G. 1972. *WG Scent a Scenting Dog*. Arner Publications, Řím, New York.
- Šmidrkal, J. 1999. Tenzidy a detergenty dnes. *Chemické Listy* 93. 421-427.
- Štengl, V., Šubrt, J. 2004. Výkonový ultrazvuk a jeho aplikace. *Chemické Listy* 98. 324-327.
- Takeuchi, K., Yabuki, M., Hasegawa Y. 2013. Review of odorants in human axillary odour and laundry malodour. The importance of branched C7 chain analogues in malodours perceived by humans. *Flavour and Fragrance Journal*. 28. 223-230.
- Tran, K. V. B., Kimura, T., Kondo, T., Koda, S. 2014. Quantification of frequency dependence of mechanical effects induced by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*. 21. 716–721.

- Trojan, S., Langmaier, M. (eds.). 2003. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada Publishing. 420 s. ISBN 80-247-0512-5.
- Vyplelová, P., Vokálek, V., Pinc, L., Pacáková, Z., Bartoš, L., Santariová, M., Čapková, Z. 2014. Individual human odor fallout as detected by trained canines. *Forensic Science International*. 234. 13–15.
- Warmoeskerken, M. M. C. G. van der Vlist, P., Moholkar, V. S., Nierstrasz, V. A. 2002. Laundry process intensification by ultrasound, *Colloids and Surfaces. Physicochemical and Engineering Aspects*. 210. 277 - 285.
- Wedekind, C., Furi, S. 1998. Body odor preferences in men and women: do they aim for specific MHC combinations or simply heterozygosity?. *Proceedings of the Royal Society. Biological Sciences*. 264 (1387). 1471-1479.
- Xu, Y., Gong, F., Dixon S. J., Brereton, R. G., Soini H. A., Novotny M. V., Oberzaucher, E., Grammer, K., Penn, DJ. 2007. Application of dissimilarity indices, principal coordinates analysis, and rank tests to peak tables in metabolomics of the gas chromatography/ mass spectrometry of human sweat. *Analytical Chemistry*. 79. 5633–5641.
- Yamazaki, K.; Beauchamp, G. K. 2005. Chemosensory Recognition of Olfactory Individuality. *Chemical Senses*. 30. 142–143.
- Zeng XN, Leyden JJ, Spielman AI, Preti G. 1996. Analysis of characteristic human female axillary odors: qualitative comparison to males. *Journal Chemical Ecology* 22. 237–257.

10 Seznam zkratek

AIMS – aspirační iontová mobilní spektrometrie

CMC – (Critical Micelle Concentration); kritická koncentrace micel

CMT – (Critical Micellar Temperature); kritická micerální teplota

CVCHP – Centrum pro výzkum chování psů

FAIMS – asymetrická iontová mobilní spektrometrie

IMS – iontová mobilní spektrometrie

MHC – (Major Histokompatibility Complex); hlavní histokompatibilní komplex

MPI – metoda pachové identifikace

SDS - (sodium dodecyl sulfát); iontový detergent

SPME GC/MS – plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií

UV - ultrazvuk

v – rychlost (šíření magnetických vln)

VOC – (Volatile organic compounds); těkavé organické sloučeniny

W – výkon

11 Samostatné přílohy

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 - Relativní počet sloučenin VOC, které byly zjištěny ve stolici, moči, dechu, kůži, mléce, krvi a slinách (De Lacy Castello et al., 2014)	12
Obrázek č. 2- Stavba kůže (Rokyta, 2002)	16
Obrázek č. 3 - Kavitace ve vodě (Štengl et Šubrt, 2004).....	22
Obrázek č. 4 - Působení ultrazvuku (de São José et al., 2014).....	23
Obrázek č. 5 - Pomůcky pro odběr pachů (Jandová, 2016).....	28
Obrázek č. 6 - Nerezové trubky (Jandová, 2018)	29
Obrázek č. 7 - Chemické složení detergentu (bezpečnostní list).....	29
Obrázek č. 8 - UV čistička (Jandová, 2018)	30
Obrázek č. 9 - UV čistička Ulsonix (Jandová, 2018)	30
Obrázek č. 10 - Odběr pachového vzorku na nerezovou trubku (Jandová, 2016).....	32
Obrázek č. 11 - Snímání pachového vzorku z trubky na Aratex® (Jandová, 2018)	33
Obrázek č. 12 - Připravená pachová konzerva ke komparaci (Jandová, 2018)	33
Obrázek č. 13 - Schéma komparace pachů v řadě (Jandová, 2018)	34

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 - Výsledky komparace (+ ztotožnění načichávacího pachu s cílovým pachem, - nesprávné ztotožnění)	35
---	----