

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra obecné zootechniky a etologie

Centrum pro výzkum chování psů



Ultrazvuk jako prostředek k destrukci lidského pachu

Bakalářská práce

Autor práce: Veronika Jandová

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

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Ultrazvuk jako prostředek k destrukci lidského pachu " jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.4.2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mé vedoucí bakalářské práce Ing. Zuzaně Čapkové, Ph.D. za odborné vedení, cenné připomínky, ochotu a pomoc poskytnutou při psaní této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat celému týmu v Centru pro výzkum chování psů za možnost realizace tohoto výzkumu, pomoc při odběru pachů a komparaci se psy. Na závěr bych chtěla poděkovat mým rodičům, kteří mě podporovali při psaní mé bakalářské práce a měli se mnou strpení.

Ultrazvuk jako prostředek k destrukci lidského pachu

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá ultrazvukem jako prostředkem k destrukci lidského pachu. Na teoretickou část práce, která je zaměřena na lidský pach, metodu pachové identifikace, ultrazvuk a detergenty plynule navazuje část praktická - výzkum, který spočíval ve zkoumání účinku ultrazvukové čističky s použitím určeného množství detergentu k destrukci lidského pachu. Účinek ultrazvukové čističky na destrukci lidského pachu byl ověřován pomocí speciálně cvičených psů na metodu pachové identifikace (MPI). Tato kriminalisticko - odorologická metoda je založena na schopnostech speciálně vycvičených psů porovnávat pach sejmutého na místě činu s pachem podezřelé osoby.

Experimentální vzorky pro komparaci byly zajištěny na sterilní nerezové trubky, které pokusné osoby držely v umytých a suchých dlaních. Poté byly trubky vloženy do sterilních sklenic. Následoval čistící proces v ultrazvukové čističce ve vodném roztoku detergentu. Po umytí byly trubky usušeny ve sterilní místnosti a poté přeneseny do sterilních uzavíratelných sklenic s látkovým sorbentem (ARATEX[®]), aby došlo k přenosu pachu na tento sorbent. O týden později byly zajištěny pachové vzorky z těla cílových osob a osob, jejichž pachy sloužily jako doplňkové.

Pro komparaci pachů byly použity čtyři speciálně vycvičené feny německého ovčáka, které se v Centru pro výzkum chování psů při České zemědělské univerzitě v Praze rutinně používají k metodě pachové identifikace.

Kombinace detergentu a ultrazvukové čističky degradovala pach natolik, že speciálně vycvičení psi nedokázali ztotožnit pachy odebrané z trubek, které prošly čistícím procesem, s pachem odebraným z těla stejné osoby.

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

Ultra - sound cleaning as a means to human scent destruction

Summary

This thesis deals with ultrasound as a means of destruction of human scent. The theoretical part of the work, which focuses on human smell, odor identification method, ultrasound and detergents, is fluently followed by the practical part of the work – research, which was based on the investigation of the effect of ultrasonic cleaners using a specified amount of detergent for the destruction of human scent. The effect of ultrasonic cleaners on the destruction of human scent was tested using specially trained dogs to odor identification method. This forensic - odorology method is based on the abilities of specially trained dogs to compare the smell captured at the crime scene with the smell of the suspect.

The experimental samples for the comparison of the dogs were seized on a sterile stainless steel pipes which subjects held in their dry and washed hands, then the pipes were put into sterile jars. It was followed by a cleansing process in the ultrasonic cleaners in the detergent solution. After washing, the tubes were dried in a sterile room and then transferred to sterile sealable jars with fabric sorbent (ARATEX[®]) in order to transfer the odor on this sorbent. A week later the odor samples from the body of the target persons and persons whose odors served as decoys were ensured.

Four specially trained German shepherd female dogs, which are used for the scent identification line - up in the Canine Behavior Research Center of the Czech University of Life Sciences, were used for the comparison of the odors.

The combination of detergent and ultrasonic cleaner debased the smell so much that specially trained dogs could not identify the odors collected from pipes, that undergone the cleaning process, with the smell of the body taken from the same person.

Key words: human scent, odor identification, detergent, ultrasound, ultrasonic cleaners

Obsah

1	ÚVOD	8
2	CÍL PRÁCE	9
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	10
3.1	Lidský pach	10
3.1.1	Faktory ovlivňující složení pachu.....	10
3.1.2	Komponenty zodpovědné za vznik lidského pachu.....	11
3.1.2.1	Těkavé organické sloučeniny (VOC – Volatile organic compounds) ..	11
3.1.2.2	Analýzy lidského pachu z prádla po vyprání.....	12
3.1.2.3	Analýzy axilárního pachu	12
3.1.2.4	Analýzy pachu odebraného z oblasti rukou	13
3.1.2.5	MHC (Major Histokompatibility complex).....	13
3.1.3	Kůže	13
3.1.3.1	Vrstvy kůže	14
3.1.3.2	Funkce kůže	16
3.1.3.3	Kožní žlázy	16
3.1.3.4	Ekrinní potní žlázy a jejich složení.....	17
3.1.3.5	Apokrinní potní žlázy a jejich složení	17
3.1.3.6	Mazové žlázy – Sebaceální žlázy	17
3.2	Metoda pachové identifikace	18
3.2.1	Snímání pachové stopy	18
3.2.2	Typy pachových snímačů	19
3.2.3	Odběr pachových vzorků z těla osob	19
3.2.4	Výcvik psů na MPI	20
3.3	Ultrazvuk	21
3.3.1	Princip ultrazvuku.....	21
3.3.2	Akustická kavitace	21

3.3.3	Stabilní kavitace.....	22
3.3.4	Přechodná kavitace	22
3.3.5	Čištění ultrazvukem	23
3.3.6	Výzkumy v oblasti ultrazvukového čištění.....	24
3.4	Detergent.....	25
3.4.1	Detergenty a jejich vlastnosti.....	25
3.4.2	Charakteristiky detergentů	26
3.4.3	Detergenty - legislativní úprava.....	28
4	MATERIÁLY A METODY.....	29
4.1	Psi.....	29
4.2	Snímaný materiál	29
4.3	Výběr osob	30
4.3.1	Pachové vzorky.....	30
4.4	Detergent.....	32
4.5	Ultrazvuková čistička.....	32
4.6	Ztotožnění pachů.....	33
5	VÝSLEDKY	34
5.1	Diagramy.....	34
6	DISKUZE	38
7	ZÁVĚR	39
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	40
9	SEZNAM ZKRATEK	44
10	SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY.....	45

1 Úvod

Psí čich je pro potřeby člověka využíván v mnoha oblastech, například k detekci výbušnin a nášlapných min armádou a policií. V poslední době bylo popsáno několik případů využití psů v humánní medicíně, při detekci onemocnění, např. rakoviny či diabetu.

Výsledky mnoha studií potvrdily schopnost psů rozlišovat konkrétní jedince na základě jejich individuálního a specifického tělesného pachu. Tato schopnost psů je považována za předpoklad, ze kterého vychází i metoda pachové identifikace (MPI). Tato kriminalistická metoda se využívá zhruba od 70. let. 20. st. a dnes je její využití rozšířeno do více evropských zemí.

Lidský pach se skládá z mnoha látek, podle chemického složení se jedná zejména o aldehydy, alkany, alkoholy, estery, ketony a mastné kyseliny. Lidský pach je výsledkem kombinace metabolismu těla, sekrece žláz, působení hormonů a interakce bakterií na povrchu kůže.

Ultrazvuková technologie se využívá mimo jiné k dekontaminaci povrchů a ultrazvuk sám o sobě je silný dezinfekční prostředek. Účinnost ultrazvukového čištění může být podpořena detergenty. Akustická kavitace jako složka ultrazvukového procesu odstraňuje zbytkové pachové látky a má velmi dobré mechanické čistící účinky.

Cílem této práce bylo ověřit účinnost ultrazvukové čističky v kombinaci s detergentem na odstranění lidského pachu z povrchu předmětu, kterého se dotýkala osoba.

2 Cíl práce

Cílem práce je ověřit účinnost ultrazvukové čističky jako prostředku k destrukci lidského pachu v takové míře, že speciálně cvičení psi nebudou schopni takto upravený pach detekovat.

3 Literární rešerše

3.1 Lidský pach

Pach lze charakterizovat jako složitý komplex mnoha látek. Každý člověk je nositelem individuálního pachu (Stockham et al., 2004), který je ovlivněn geneticky i vnějšími faktory (Hepper et Wells, 2005). Primární pach jedince je část pachu, který je s největší pravděpodobností v průběhu času stabilní a není ovlivněn vnějšími faktory (Curran et al. 2006; 2007). Historicky se mělo za to, že jediným zdrojem pachu jsou odumřelé buňky, které jsou rozptýleny do okolí a nacházejí se na všech místech pobytu člověka (Curran et al., 2005a; 2010a). Nejrozšířenější idea tvorby lidského pachu je založena na působení bakterií na odumřelé kožní buňky a sekrety (Curran et al., 2005a).

Produkce lidského pachu je komplexní proces, který nebyl doposud plně pochopen (Curran et al., 2005a; 2010a). Rozdílné složení povrchu kůže, kožní mikroflóry (biocene) má významný vliv na vznik individuálního tělesného pachu. K formaci lidského pachu z velké části přispívají i kožní mikroorganismy (Dormont et al., 2013; Noel et al., 2012).

3.1.1 Faktory ovlivňující složení pachu

Doposud nebylo jednoznačně prokázáno, jaké složky pachu jsou skutečně individuální a typicky charakteristické pro každého jedince, a které jsou variabilní a mění se v souvislosti s konkrétními podmínkami, ve kterých člověk žije. Současné výzkumy prokázaly, že na složení tělesného pachu se podílí genetické faktory, prostředí, zkušenosti, potrava a životní návyky (Curran et al., 2005b; Vypelová et al., 2014).

Premisa, že lidský pach je v čase stabilní a odlišitelný mezi jedinci, je základem, ze kterého vychází metoda pachové identifikace (MPI), která umožňuje rozlišení mezi konkrétními jedinci na základě jejich identického a specifického tělesného pachu (Curran et al., 2010a).

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

Primární pach - Obsahuje složky, které jsou v průběhu času stabilní bez ohledu na stravu nebo environmentální faktory. Tělesný pach je ovlivněn rozdíly mezi muži a ženami a jednotlivými etniky (Penn et al., 2007). Primární faktory nejsou ovlivněny změnami vnitřního nebo vnějšího prostředí (Curran et al., 2005b; 2007).

Sekundární pach - Je ovlivněn změnami vnitřního i vnějšího prostředí. Mezi změny vnějšího prostředí patří strava, požívání tabáku, alkoholu, drog, léků, atd. Mezi změny vnitřního prostředí: oslabení imunitního systému, nemoc, psychický stav, hormonální změny, nástup menstruačního cyklu nebo také věková období v životě člověka, např. nástup puberty (Curran et al., 2006; 2007).

Terciární pach – Ovlivněn z vnějších zdrojů (tj. pleťové vody, mýdla, parfémy, detergenty profesní nebo místní expozice, ošacení, pach jiné osoby, zvířete atd.) (Curran et al., 2005a,b; 2007).

3.1.2 Komponenty zodpovědné za vznik lidského pachu

3.1.2.1 TĚKAVÉ ORGANICKÉ SLOUČENINY (VOC – VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS)

Těkavé organické sloučeniny jsou pravděpodobně zodpovědné za lidský pach (Santos et al., 2005). Postupně se uvolňují z tělesných orgánů a sekretů a dochází k interakci s kožními bakteriemi (Gallagher et al., 2008). Podle chemického složení se jedná převážně o aldehydy, alkany, alkoholy, estery kyselin, ketony, mastné kyseliny, nitrosloučeniny. Lidský pach je kombinací různých sloučenin. Mezi jednotlivými jedinci je zaznamenán rozdíl v poměru některých sloučenin (Curran et al., 2007).

Organické těkavé sloučeniny byly z pachových vzorků osob analyzovány metodou plynové chromatografie už od roku 1971 (Pauling et al., 1971; Acevedo et al., 2007). K analýze těkavých organických sloučenin bývá nejčastěji využita plynová chromatografie (GC) ve spojení s hmotnostní spektrometrií (MS), metoda SPME GC/MS. Tato metoda, která umožňuje identifikaci těkavých organických sloučenin ze vzorků lidského pachu, byla vyvinuta pro analýzu pachových profilů jedinců. Umožňuje chromatografické rozlišení mezi jednotlivci na základě analýzy relativního poměru běžných těkavých organických sloučenin a odlišných komponentů ze vzorků lidského pachu (Curran et al., 2005b; 2007; 2010b).

Metodou SPME GC/MS se také analyzují rozdíly pachových vzorků osob (Curran et al., 2006; Acevedo et al., 2007).

Analytická metoda je rovněž vhodná pro extrakci, separaci a identifikaci těkavých organických látek (Curran et al., 2005b; 2007; 2010b).

Analýzy těkavých organických sloučenin prokázaly:

- kvantitativní odlišnosti mezi muži a ženami (Curran et al., 2005b; Penn et al., 2007)
- odlišnosti v zastoupení určitých látek u lidí různého věku, ve vzorcích pachu z různých částí těla a z různých tělních sekretů jedné osoby (Curran et al., 2005b).
- jedinečný pachový profil každého jedince, který určuje kvalitativní a kvantitativní rozdíly v zastoupení těkavých organických sloučenin (Sommerville et al., 1994; Curran et al., 2006).

3.1.2.2 ANALÝZY LIDSKÉHO PACHU Z PRÁDLA PO VYPRÁNÍ

Po vyprání oděvů, které byly znečištěny od lidského potu, pracím práškem byla provedena analýza vypraného prádla na zbytkovou přítomnost látek, které se podílí na složení lidského pachu (Munk et al., 2001). Výzkum ukázal, že po vyprání byly na oděvu identifikovány estery, ketony a aldehydy. Organické kyseliny, které jsou charakteristickými aromatickými látkami v podpaží, byly praním odstraněny (Munk et al., 2001; Takeuchi et al., 2013). Bakterie nacházející se na lidské kůži nebyly kompletně praním odstraněny (Munk et al., 2001).

3.1.2.3 ANALÝZY AXILÁRNÍHO PACHU

Při porovnávání množství těkavých organických sloučenin pomocí chemické a plynové chromatografické analýzy s hmotnostní spektrometrií, se zjistilo, že podpažní pot obsahuje větší množství těkavých organických sloučenin než sliny a moč (Penn et al., 2007).

V potu v podpaždí byly zjištěny tyto látky: C₆ – C₁₁ nenasycené kyseliny s rovným rozvětveným řetězcem – C₁₁. 2-methyl-C₆-C₁₀ kyseliny, 4-ethyl-C₅ až C₁₁-kyseliny v menším množství. Ze vzorků axilárního potu byla dále detekována 3-methyl-2-hexenová kyselina a všechny zmíněné kyseliny jsou považovány za hlavní zdroje, které ovlivňují pach (Curran et al., 2005a; Acevedo et. al., 2007).

Axilární pach zaujímá významnou roli v individuálním pachu člověka (Xu et al., 2007). Je chápán také jako nový komunikační prostředek. Za jeho tvorbu jsou zodpovědné apokrinní žlázy, které vylučují pot s dalšími substancemi.

Apokrinní sekret je složen z proteinů, uhlovodíků a amonných iontů a je hlavním zdrojem aromatických látek v podpaží (Trojan a kol. 2003; Gallagher et al., 2008). Tyto těkavé organické sloučeniny mají vliv i na intenzitu apokrinní exkrece.

Byly zjištěny rozdíly ve složení axilárního potu mezi etniky (Curran et al., 2010a; Noel et al., 2012). Axilární pach u mužů je výraznější než u žen. Způsobuje to častější výskyt lipofilních koryneformních bakterií. Rozdíl mezi axilárním pachem mužů a žen je v kvantitativním složení organických těkavých sloučenin (Curran et al., 2005b).

3.1.2.4 ANALÝZY PACHU ODEBRANÉHO Z OBLASTI RUKOU

Pach odebraný z oblasti rukou ovlivňuje sekret, který je výsledkem kombinace ekkrinních a mazových žláz, bez účasti apokrinních žláz (Curran et al., 2010a). V pachu zajištěném v oblasti rukou byly nalezeny látky, jejichž chemické složení lze charakterizovat sedmi skupinami organických látek: kyseliny, alkoholy, aldehydy, uhlovodíky, estery, ketony a sloučeniny obsahující dusík (Curran et al., 2007; Dormont et al., 2013).

3.1.2.5 MHC (MAJOR HISTOKOMPATIBILITY COMPLEX)

Bylo zjištěno, že jednou z oblastí, která je pravděpodobně odpovědná za odchylky ve složení individuálního pachu jedinců, jsou geny hlavního histokompatibilního komplexu (MHC), (Wedekind et al., 1998). Geny na buněčném povrchu prezentují neznámé substance T-lymfocytům, které se ve spojitosti antigenem pomnoží a zajišťují tak ochranu organismu (Wedekind et al., 1998). Doposud není znám přesný mechanismus, jakým způsobem dochází k demonstraci MHC v tělesném pachu u člověka (Curran et al., 2010a). V oblasti MHC byla zaznamenána velká rozmanitost. Geny MHC ovlivňují atraktivitu tělesného pachu jedince, projevují se i v jeho pachové identitě a významnou roli hrají zejména při výběru partnera. Jedinci při volbě sexuálního partnera preferují protějšky s odlišnými MHC geny. Tím je zajištěna vyšší heterozygotnost potomků a dochází k zamezení inbreedingu (Yamazaki et al., 2005).

3.1.3 Kůže

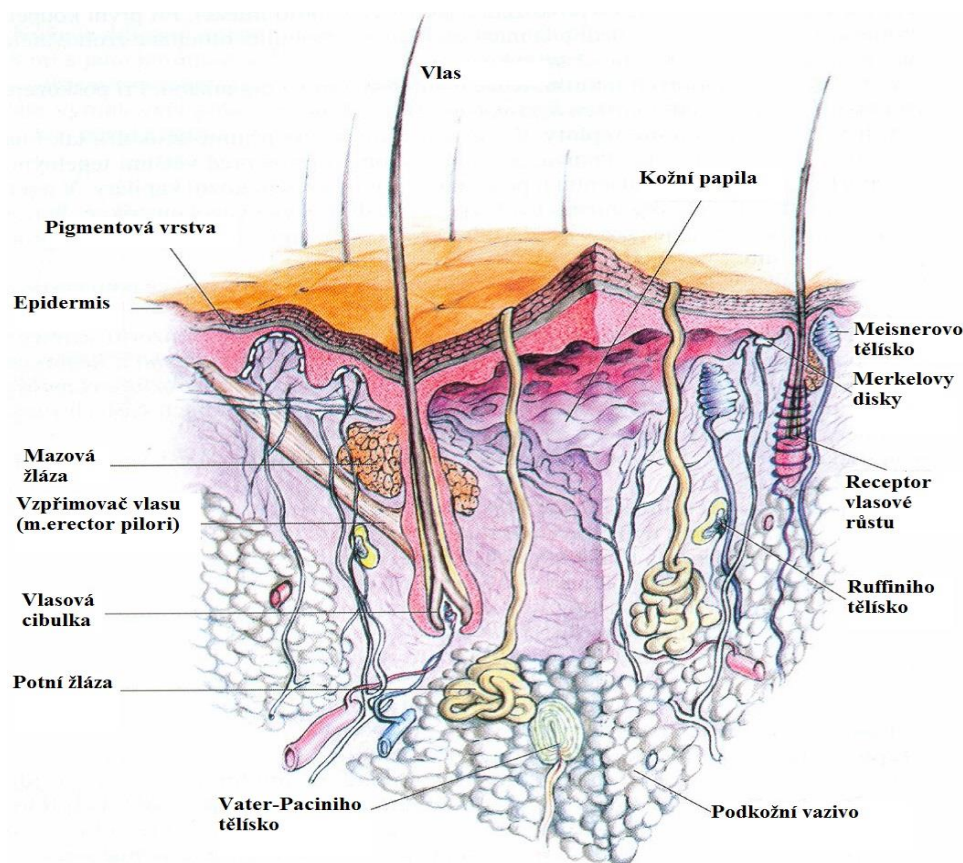
Kůže (curie, dermis) je flexibilní, plošně největší orgán lidského těla (Dylevský, 2009; Curran et al., 2010b). Má schopnost exkrece, zejména celé řady těkavých metabolitů odpadních látek (Curran et al., 2010a).

Vnější vrstva kůže pokožka (epidermis) produkuje do svého okolí těkavé organické sloučeniny (Acevedo et al., 2007) a zároveň dochází k neustálému uvolňování epitelových buněk do okolního prostředí (Curran et al., 2010a).

Člověk zanechává pachové stopy při kontaktu s okolím a na všech místech svého působení. Zdrojem pachových látek mohou být jak sekrety kožních žláz metabolizované kožní mikroflórou, tak chemické látky z odlupujících se buněk epidermis (Curran et al., 2005b; Gallagher et al., 2008; Curran et al., 2010a).

3.1.3.1 VRSTVY KŮŽE

Kůži tvoří tři vrstvy tkáně: povrchová pokožka (epidermis), škára (dermis nebo korium) a podkožní vazivo (subcutis nebo tela subcutanea). Vlastní kůži tvoří pokožka a škára. Pod kůží se nachází vrstva podkožního vaziva (Dylevský, 2009). Ke kůži zařazujeme i kožní adnexa jako chlupy, vlasy, nehty, potní žlázy a žlázy mazové (Curran et al., 2010a; Dylevský, 2009).



Obrázek č. 1 – Stavba kůže (Rokyta, 2002)

3.1.3.1.1 Pokožka (epidermis)

Jedná se o vnější vrstvu kůže, její tloušťka je přibližně 1 milimetr. Epidermis zajišťuje primární ochranu organismu proti jeho poškození. Nejsvrchnější část pokožky se nazývá stratum corneum (rohová vrstva). Tvoří ji bezjaderné, keratinizované buňky, jež jsou označovány jako korneocyty – zrohovatělé buňky podléhající každodennímu odlupování (Curran et al., 2010b). Pro hlubší buněčné vrstvy je charakteristická schopnost dělení, doplňují tak odlupující se odumřelé buňky vnější povrchové vrstvy (Dylevský, 2009).

Jednou ze specifických funkcí epidermis je i tvorba kožního pigmentu melaninu, který způsobuje různé zbarvení pokožky společně s karotenem a hemoglobinem. Melanin se tvoří ve specializovaných buňkách melanocytech. Nejvíce melanocytů se vyskytuje na slunci exponovaných místech, např. na obličeji a na hřbetech rukou. Nejdůležitější úlohou melaninu je ochrana hlubokých vrstev epidermis, aby nedošlo k poškození chromosomů UV zářením (Trojan a kol., 2003; Dylevský, 2009).

3.1.3.1.2 Škára (dermis)

Nachází se hned pod epidermis. V této vrstvě jsou uloženy potní (ekrinní a apokrinní) i mazové (sebaceální) žlázy. Mezi nejvýznamnější buňky dermis patří fibroblasty, které jsou bohaté na kolagen a zajišťují tak kůži mechanickou pevnost, ohebnost a pružnost (Acevedo et. al., 2007). V dermis se nachází také síť krevních cév a vlasové folikuly. Škára je vazivová tkáň bohatá na cévy a nervová zakončení (nocireceptory), která jsou charakteristická pro vnímání bolesti (Jablonski, 2006; Curran et al., 2010b; Dylevský, 2009).

3.1.3.1.3 Podkožní vazivo (subcutis)

Podkožní vrstvu tvoří tkáň bohatá na tukové buňky, kolagenní a vazivová vlákna (Dylevský, 2009). Upevňuje kůži na povrch vlastního těla, izoluje a rovněž chrání svaly a nervy. Tuková tkáň představuje zásobárnu energie. V této vrstvě se nachází žilní a tepenné řečiště, lymfatické cévy a nervová vlákna, která mají svá zakončení v dermis. Podkožní vazivo plní pomocnou funkci: ochranu před mechanickými vlivy a přispívá k pružnosti kůže (Trojan a kol., 2003; Dylevský, 2009).

3.1.3.2 FUNKCE KŮŽE

- Senzorická funkce – ovlivněna množstvím receptorů, které jsou uloženy v kůži. Prostřednictvím těchto receptorů dochází k vnímání tepelných, tlakových nebo bolestivých počítků (Acevedo et al., 2007; Dylevský, 2009).
- Termoregulační funkce – udržuje tělesnou teplotu těla, reguluje tepelný režim organismu, zároveň jej chrání před většími tepelnými ztrátami (Trojan a kol., 2003; Dylevský, 2009).
- Ochranná (bariérová) funkce – odděluje vnitřní a vnější prostředí, zamezuje pronikání škodlivých látek do vnitřního prostředí organismu (Trojan a kol., 2003; Acevedo et al., 2007). Kůže představuje určitou ochrannou bariéru před fyzikálními, mechanickými, chemickými a biologickými vlivy, před vlivem UV zářením a ztrátě tekutin v lidském organismu (Dylevský, 2009), acidita povrchu kůže zabraňuje enormnímu rozmnožení mikroorganismů, zejména kvasinek, plísní a některých koků (Trojan a kol., 2003; Dylevský, 2009).
- Exkreční (vylučovací) funkce – zprostředkována potními a mazovými žlázami. Za normálních okolností dochází k neustálé produkci sekretu (potu). Maz a pot zabezpečují ochranu kůže i celého organismu (Trojan a kol., 2003; Dylevský, 2009).
- Imunologická funkce – zabezpečuje ochranu kůže před vnějšími vlivy, ale také před patologickými imunologickými reakcemi endogenní povahy.
- Resorpční funkce – kůže je schopna vstřebat určité látky rozpustné v tucích. Pro vodu a látky rozpustné ve vodě je prakticky nepropustná (Trojan a kol., 2003; Dylevský, 2009).
- Depotní funkce – zásobárna krve, vody, tuku, minerálů a vitamínů. Podkožní vazivo obsahuje velké množství tuku, tím tvoří energetickou zásobárnu pro celý organismus (Trojan a kol., 2003; Dylevský, 2009).

3.1.3.3 KOŽNÍ ŽLÁZY

Lidské tělo pokrývají potní a mazové žlázy. Mezi potní žlázy patří ekrinní a apokrinní žlázy. Potní žlázy se také označují jako tzv. merokrinní žlázy tj. žlázy, které produkují sekret. Ekrinní a apokrinní potní žlázy se od sebe odlišují na základě konzistence sekretu, který produkují. U ekrinních žláz je sekret čirá tekutina bez zápachu a u apokrinních se jedná o sekret s hustou olejovou substancí (Curran et al., 2005a; 2010a; Trojan a kol. 2003; Dormont et al., 2013; Dylevský 2009).

Sebaceální žlázy se nazývají též tukové nebo mazové. Sekret u těchto žláz je téměř bez zápachu (Dormont et al., 2013; Gallagher et al., 2008). Charakteristický pach vzniká až na základě působení celé kožní mikroflóry včetně kožních bakterií.

3.1.3.4 EKRINNÍ POTNÍ ŽLÁZY A JEJICH SLOŽENÍ

Ekrinní žlázy lze nalézt po celém těle, nejvyšší hustota žláz je na dlaních, chodidlech, čele a v podpaží (Gallagher et al., 2008; Curran et al., 2005a). Jejich nejvýznamnější funkcí je termoregulace. Vylučovaný sekret ekrinních žláz pot, který má konzistenci tekutiny, je čirý, bezbarvý a bez zápachu (Noel et al., 2012).

Sekret ekrinních žláz se skládá z anorganických látek: sodíku, draslíku, vápníku, železa, chloridů, fluoridů, bromidů, jodidů, bikarbonátů, fosfátů, sulfátů a amoniaku; dále z organických látek, aminokyselin, proteinů, glukózy, laktátu, močoviny, pyruvátu, kreatinu, kreatininu, glykogenu, kyseliny močové, vitamínů a lipidů. Sekret ekrinních žláz obsahuje rovněž enzymy a imunoglobiny (Curran et al., 2005b; Gallagher et al., 2008; Dormont et al., 2013).

3.1.3.5 APOKRINNÍ POTNÍ ŽLÁZY A JEJICH SLOŽENÍ

Apokrinní potní žlázy se nacházejí zejména v oblasti podpaží, genitálií, okolo pupíku, na očních víčkách, bradavkách a kolem uší (Gallagher et al., 2008). Aktivují se až v pubertě. Jsou podstatně větší než potní žlázy ekrinní. Tyto merokrinní žlázy vylučují pot s dalšími substancemi. Reagují na vnější podněty, vlivem psychického stresu dochází k tzv. emočnímu pocení (Noel et al., 2012). Jsou zodpovědné za produkci sekretu, který má konzistenci husté, olejové substance s barvou bílou, naředlou až načervenalou. Sekret u apokrinních potních žláz obsahuje: proteiny, uhlovodíky a amonné ionty (Trojan a kol., 2003). Byly zaznamenány rozdíly v intenzitě apokrinní exkrece mezi jednotlivými etniky (Gallagher et al., 2008; Curran et al., 2010a; Dormont et al., 2013).

3.1.3.6 MAZOVÉ ŽLÁZY – SEBACEÁLNÍ ŽLÁZY

Celý povrch lidského těla je pokryt mazovými žlázami s výjimkou dlaní a chodidel. Jsou vázány na folikuly vlasů nebo chlupů. Sebaceální žlázy vylučují lipidy a maz (Dormont, et al., 2013). Sekret mazových žláz má konzistenci husté, olejnaté substance. Obsahuje glycerol, lanosterol, mastné kyseliny s dlouhým řetězcem triglyceridů, cholesterol a jeho deriváty.

Charakteristický je lipid kožního mazu skvalen. Organické sloučeniny, které maz obsahuje, mohou být ovlivněny potravou nebo genetickou výbavou jedince. Tukový maz ochraňuje kůži před působením vlhka nebo před vysycháním. Má také baktericidní účinky (Curran et al., 2010b; Dylevský, 2009).

3.2 Metoda pachové identifikace

Výsledky četných studií potvrdily schopnost psů rozlišovat konkrétní jedince podle jejich individuálního tělesného pachu. Na základě této schopnosti psů je založena metoda pachové identifikace (MPI) (Curran et al., 2005b; Curran et al., 2010a; Vypelová et al., 2014). Tato metoda spočívá v tom, naučit psy ztotožňovat pachovou stopu zanechanou pachatelem na místě činu s pachem, který byl odebrán z těla podezřelé osoby (Schoon, 2005).

3.2.1 Snímání pachové stopy

Pachové stopy lze snímat na místech, kde předpokládáme zanechání pachového vzorku cílové osoby. Pachové stopy se mohou snímat z různých materiálů i z různého prostředí, například pokud je předmět ve stabilní poloze pod vodní hladinou, odkud je vyjmut a sušen bez proudění vzduchu, bez přídavného tepelného zdroje a slunečního záření (Straus et Kloubek, 2010).

Snímání pachové stopy provádí v kriminalistické praxi kriminalistický technik nebo psovod specialista z odborného pracoviště metody pachové identifikace. Ke snímání musí být použité výhradně sterilní pomůcky. Jedná se o latexové rukavice, peán nebo pinzeta, sterilní bavlněné pachové snímače (v České republice používán ARATEX™), aluminiová folie, sterilní skleněná sklenice předepsaného standardního tvaru se vzduchotěsným uzávěrem. Ze sterilní sklenice se sterilní pinzetou vyjme pachový snímač a přiloží na povrch, kde se nachází pachová stopa. Pachový snímač se překryje aluminiovou folií a zatíží se, případně přelepí páskou. Minimální doba potřebná k sejmutí pachové stopy je 30 minut, v některých případech to může být i delší časový úsek. Po uplynutí doby se aluminiová folie sejme a snímač se vloží zpět do sklenice a uzavře se, čímž vznikne pachová konzerva. Sklenice musí být následně řádně označena (Straus et Kloubek, 2010).

3.2.2 Typy pachových snímačů

Prada et al. (2011) porovnávali pachové snímače, které se používají při odběru vzorků. Zkoumané materiály, ze kterých jsou vyrobeny pachové snímače, byly rozděleny na přírodní a syntetické.

- Přírodní materiály – bavlna, která je vyrobena z rostlinných zdrojů, a vlna, která pochází ze živočišných zdrojů.
- Syntetické materiály – viskózní hedvábí a polyester.

Pachy byly odebírány z rukou dobrovolníků v laboratorním prostředí na výše zmíněné nosiče. Před odběrem si osoby myly ruce mýdlem bez vůně, poté si ruce opláchly a nechaly oschnout. Následně si osoby ruce třely o předloktí a pak sevřely na dobu 10 minut pachový snímač do dlaní.

- Bavlna - zjištěno výborné snímání aldehydů (62 %), alkoholů (27 %) a ketonů (26 %), zachycení karboxylových kyselin bylo pouhých 0,7 % v porovnání s ostatními materiály. Podle Prada et al. (2011) má bavlna jako pachový snímač nejlepší výsledky při snímání a udržení lidského pachu.
- Polyester vykázal velmi dobré snímání mastných kyselin, zvláště karboxylových kyselin (47 %), dále aldehydů (61 %), aromatických látek (9 %) a ketonů (21,5 %).
- Hedvábí dobře fixovalo aldehydy (39 %), alkoholy (31 %), ketony (45%), naopak velmi málo karboxylové kyseliny (1,5%) a aromatické látky.
- Vlna – velmi dobře snímala aldehydy (59 %), alkoholy (10 %), ketony (61 %), ale také karboxylové kyseliny (8,69% u žen, 4% u mužů) a aromatické látky (Prada et al., 2011).

3.2.3 Odběr pachových vzorků z těla osob

Odběr pachových vzorků se provádí za účelem zajištění důkazu, kontroly nebo prokázání kontaktu s doličným předmětem. Zpravidla se odebírají pachy na dva pachové snímače, které jsou uloženy zvlášť do sterilních nádob. K odběru se používají sterilní pomůcky. Proškolená osoba použije sterilní nástroj k vyjmutí pachového snímače, který se přiloží osobě na holé tělo z boku v oblasti pasu, kde se nechá působit nejméně 20 minut. Pokud se nedá vzorek odebrat z této části těla, může se přiložit k jiné oblasti, která však nesmí být kontaminována jiným pachem. Osoba se nesmí snímače dotýkat rukou, aby nedošlo ke kontaminaci, nesmí být oblečena do oděvu s intenzivním pachem nebo oděvu cizí osoby.

Po uplynutí doby se stejným sterilním nástrojem odebere pachový snímač z těla, uzavře se do sterilní nádoby a řádně zdokumentuje (Straus et Kloubek, 2010).

3.2.4 Výcvik psů na MPI

Tréninkové metody k výcviku psa na metodu pachové identifikace se v jednotlivých studiích liší nebo nejsou dostatečně popsány, což zmínili ve své práci Johnen et. al. (2013), kteří porovnávali tréninkové metody několika studií.

Marchal et al. (2016) popsali metodiku výcviku, kterou používá francouzská policie. Výcvikový program trvá přibližně 18 - 20 měsíců. Je do něj zahrnuta počáteční fáze (1. – 5. krok) a kontinuální fáze (8 – 10 měsíců a poté celý život psa). Psi byli cvičeni denně, před začátkem procházení řady sklenic naučil psovod načichávání čistého bavlněného snímače ze sklenice po dobu minimálně 5 sekund. Po fázi načichávání učil psovod psa čichat do více sklenic za sebou v řadě. V 1. kroku byl pes odměňován za umístění nosu do všech sklenic, kde byl bavlněný snímač a odměna (pamlsek). Ve 2. kroku byly ve všech sklenicích čisté bavlněné snímače a pouze ve dvou sklenicích pamlsek, odměna přišla při umístění nosu do těchto dvou sklenic. Ve 3. kroku byly ve všech sklenicích opět čisté bavlněné snímače a pamlsek pouze v jedné sklenici, jejíž umístění bylo náhodně měněno. Pes byl odměněn, když umístil nos do této sklenice a lehl si u ní. Ve 4. kroku se pes učil rozpoznávat lidský pach mezi čistými vzorky. Bavlněný snímač s lidským pachem byl umístěn pouze v jedné sklenici, v ostatních byly čisté bavlněné snímače. Samotnému ztotožňování předcházelo načichání lidského pachu ze sklenice po dobu minimálně 5 sekund. Poté byl pes naveden na řadu, kde sám začal čichat ke sklenicím a byl odměněn, když zareagoval lehnutím u sklenice s lidským pachem, totožným s pachem, který dostal načichat. Krok 5. zahrnoval srovnání načichávacího lidského pachu s pachem stejné osoby umístěným v řadě jiných lidských pachů. V tomto kroku byl cílový pach umístěn v jedné sklenici, v ostatních sklenicích byly pachové snímače, které obsahovaly pachové stopy jiných osob (stejněho pohlaví, věku a etnika). Návčik 5. kroku začínal načicháním cílového pachu ze sklenice po dobu minimálně 5 sekund. Po načichání byl pes přiveden k řadě, kde sám začal pracovat. Při správném označení, byl odměněn. Vždy byly cílové pachy rozmístěny náhodně, přičemž psovod nevěděl, kde se cílových pach nachází. Při tréninku byly použity i testy, kdy v řadě nebyl umístěn pach osoby, jejíž pach dostal pes načichat.

3.3 Ultrazvuk

3.3.1 Princip ultrazvuku

Ultrazvuk představuje podélnou tlakovou vlnu ve frekvenčním rozsahu vyšším než 25 kHz (Warmoeskerken et al., 2002). Jedná se o určitou formu energie produkovanou zvukovými vlnami nad frekvencí hranice lidské slyšitelnosti (Otto et al., 2011).

Akustické vlnění lze rozdělit na tři základní části podle rychlosti (v) šíření magnetických vln:

- infrazvuk ($v < 16$ Hz)
- člověkem slyšitelný zvuk (16 Hz $< v < 16$ kHz)
- ultrazvuk (nízkofrekvenční 20 kHz $< v < 1$ MHz a vysokofrekvenční $v > 1$ MHz) pásmo (Otto et al., 2011; de São José et al., 2014).

Vlnění - kmitání se rozlišuje na dva druhy, příčné (transverzální) a podélné (longitudinální) (Hrazdíra, 1998). V tekutém prostředí (plynném a kapalném) se zvuk šíří prostřednictvím vlnění podélného, kdy molekuly prostředí kmitají ve směru zvukové vlny a střídavě se zředí a zhušťují (de São José, et al., 2014). Příčné vlnění může nastat v prostředí s pevným nebo kapalným skupenstvím, kde jsou na sebe částice (molekuly) pevněji vázány (Hrazdíra, 1998, Chowdhury et Viraraghavan, 2009).

Kategorizace ultrazvukové aplikace se stanovuje na základě uvedených hodnot: množství užití energie: (W) výkon, intenzita zvuku (W_m) a hustota energie (W_{Sm} a³) (Chowdhury et Viraraghavan, 2009; de São José et al., 2014).

3.3.2 Akustická kavitace

Ultrazvuk prochází vodou jako zvuková vlna kompresně a mění vzdálenost molekul vody (Otto et al., 2011). Pokud je tlaková amplituda (výkmit) dostatečně intenzivní, dochází ke zvýšení vzdálenosti mezi sousedícími molekulami vody na hranici vyšší, než je kritická vzdálenost pro rozdělení vazby (Chowdhury et Viraraghavan, 2009; de São José et al., 2014). V tento moment se na hladině kapaliny vytvoří nové kavitační dutiny v podobě bublin. Tento jev se nazývá akustická kavitace (Warmoeskerken et al., 2002; Chowdhury et Viraraghavan, 2009; de São José, et al., 2014;).

3.3.3 Stabilní kavitace

Teoretická tlaková amplituda způsobující kavitaci ve vodě je přibližně 1500 barů. V praxi vzniká akustická kavitace za podstatně nižších hodnot tlakového amplitudy, a to méně než 5 bar (de São José et al., 2014). Ultrazvukový generátor a převodník vytvářejí v kapalině střídavé vlny komprese a expanze při extrémně vysokých rychlostech, obvykle mezi 25 a 100 kHz (Otto et al., 2011; Gotoh et al., 2015). Je to důsledkem přítomnosti mikrobublin, které narušují strukturu kapalného skupenství a vytváří tak slabá místa v tekutině. Jakmile se bubliny (kavitační dutiny) vytvoří, mohou se rozpustit zpět do kapaliny, vznášet se v tekutině, zvětšit se anebo zmenšit v závislosti na oscilaci ultrazvukového pole. Tento proces se nazývá stabilní kavitace (Warmoeskerken et al., 2002; Otto et al., 2011; de São José et al., 2014).

3.3.4 Přejídná kavitace

Jakmile je ultrazvuková vlna dostatečně silná, začínají se bubliny zvětšovat, nejsou však již stabilní. Tlak v bublině, který se vytvořil, je dostatečně velký a při následující ultrazvukové vlně dochází k tzv. implozi, kdy se bubliny zborstí sami do sebe (de São José et al., 2014; Otto et al., 2011; Gotoh et al., 2015). Bubliny se dostanou do oblasti vyššího tlaku, kde opět změní svoje skupenství z plynného 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 přejídné kavitace se bubliny v blízkosti materiálu zhroutí (de São José et al., 2014). To způsobí proud kapaliny a rozpadající bublina vytvoří „mikrotrysky“, které způsobují během ultrazvukového čištění samotný čistící efekt (Warmoeskerken et al., 2002; Chowdhury et Viraraghavan, 2009; de São José et al., 2014).

Pomocí ultrazvukové technologie je možné dekontaminovat povrchy, je využívána v elektronickém průmyslu, ve zdravotnictví, je doporučeno její využití i v potravinářském průmyslu (Otto et al., 2011; de São José et al., 2014). Odlišné technologické postupy při zpracování potravin, jako tepelné, pulzní elektrické pole nebo vysoký tlak byly využity v rámci prodloužení skladovací doby u potravin (Ashokkumar, 2015).

Ultrazvuk sám může sloužit jako silný dezinfekční činitel (Otto et al., 2011). Působení ultrazvuku nebo v kombinaci s kyselinou peroctovou bylo velmi účinné při odstraňování bakterií *Salmonella* z povrchu cherry rajčat (de São José et al., 2014).

Obecně lze použití ultrazvuku rozdělit na:

Nízkofrekvenční ultrazvuk (zvuková frekvence 20 kHz až 100 kHz) s nízkou spotřebou energi, s nízkým výkonem nebo malou intenzitou (de São José et al., 2014). Tyto ultrazvukové vlny neovlivňují chemické ani fyzické vlastnosti materiálů, poskytují pouze informace o struktuře, složení, fyzikálních a chemických vlastnostech (Otto et al., 2011; de São José, et al., 2014). Nízkofrekvenční ultrazvuk se využívá pro uchování nutričních hodnot potravin. Je také významný pro inaktivaci mikroorganismů (Chowdhury et Viraraghavan, 2009; de São José et al.; 2014; Ashokkumar, 2015).

Vysokofrekvenční ultrazvuk (zvuková frekvence vyšší než 1 MHz) s vysokou spotřebou energie (vysoký výkon a velká intenzita) (de São José et al., 2014). Může způsobovat fyzikální, chemické nebo mechanické efekty, urychluje některé reakce, může způsobit fyzikální narušení. Používá se zejména k čištění pevných látek formou krystalizace, k odplynování kapalných potravin, k měření viskozity a obsahu pevných i kapalných látek, k indukci nebo inaktivaci mikroorganismů. (Otto et al., 2011; de São José et al., 2014). Vysokofrekvenční ultrazvuk se využívá také při oddělení tuku od mléka a modifikaci viskozity v procesech pro výrobu škrobu (Otto et al., 2011; Ashokkumar, 2015).

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

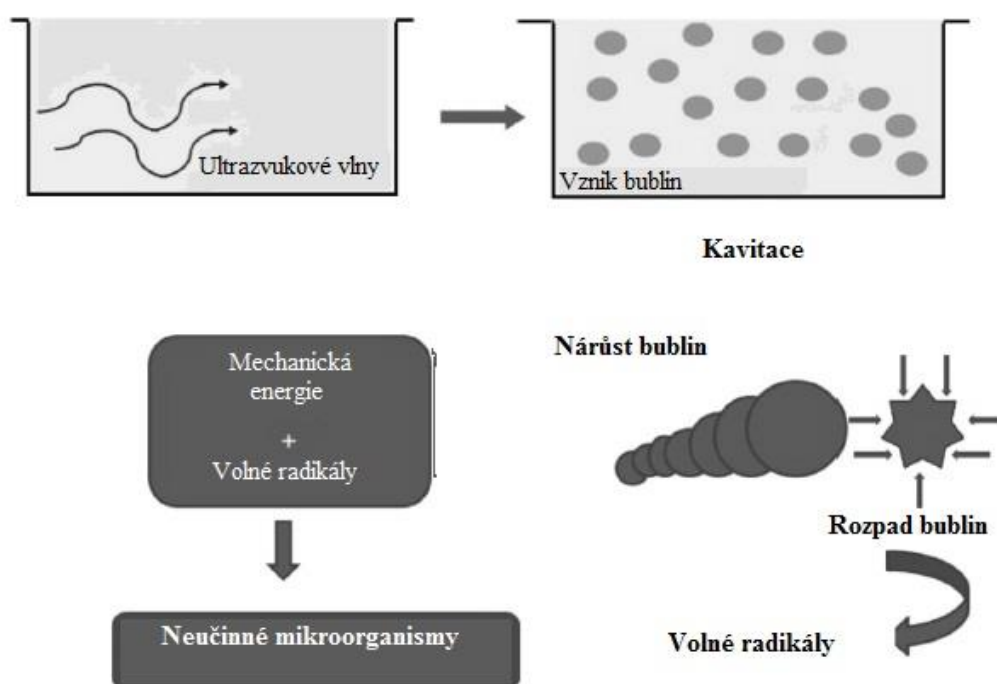
3.3.5 Čištění ultrazvukem

Ultrazvukové čištění je velmi efektivní metoda, která zkracuje dobu čištění a umožňuje vyčistit i jinak nepřístupná místa (de São José et al., 2014). Lze jej použít na různé druhy povrchů, jako jsou kovy, plasty, sklo, keramika nebo textilie. Ultrazvukové čištění a dezinfekce se rovněž užívají při zpracování potravin (Otto et al., 2011; de São José et al., 2014). Efektivitu ultrazvukové čištění významně ovlivňuje množství rozpuštěného kyslíku v kapalině (de São José et al., 2014; Gotoh et al., 2015).

Účinnost ultrazvukového čištění může být podpořena detergenty, které se přidávají do kapaliny. Pro optimální čistící účinek se doporučuje přidat určité množství čistícího prostředku, ideálně takové, aby se vytvořil 3% roztok. Dále se již množství detergentu nenavyšuje, protože s navyšováním koncentrace detergentu nedochází ke zkrácení doby čištění, spíše dochází k opačnému jevu (Niemczewski, 2009; Otto et al., 2011).

Podle Niemczewskiho (2009) zvýšení koncentrace roztoku negativně ovlivňuje účinnost čištění, která je způsobena snížením intenzity kavitace.

Jednu z nevýhod ultrazvuku představuje rozšířená vibrace, která může vyvolat povrchovou erozi způsobenou kavitačními účinky (Otto et al., 2011). V momentě, kdy se bubliny do sebe hroubí, jsou vytvářeny intenzivní pulsové impulsy, a při jejich četném opakování může dojít až k erozi, odstranění povrchu z daného materiálu (Otto et al., 2011; Gotoh et al., 2015). Byl dokumentován negativní vliv ultrazvukového čištění strukturu používaných tkanin (bavlna, polyester) (Gotoh et al., 2015).



Obrázek č. 2 – Působení ultrazvuku (de São José et al., 2014)

3.3.6 Výzkumy v oblasti ultrazvukového čištění

Niemczewski (2013) uvádí, že použití nízkofrekvenčního ultrazvuku pomocí akustické kavitace, má velmi dobré destruktivní účinky. Ke stejnému výsledku se dopracovali i Tran et al. (2014), kteří zjistili, že při nízkofrekvenčním působení ultrazvukové vlny (20 kHz) se objevují velké bubliny v roztoku a ty způsobují prudší průtok, který má výborné mechanické účinky. Při zvyšující se frekvenci (až do 1 MHz) mechanické účinky klesaly.

Rezic (2008) uvádí, že ultrazvukové čištění je velmi vhodné při odstranění těžkých kovů z textilií, které mohou ohrožovat i zdraví člověka.

Když se porovnávala účinnost odstranění těžkých kovů buď roztokem kyselin nebo ultrazvukovou čističkou, použití ultrazvukové čističky mělo stejně dobré výsledky při odstranění těžkých kovů jako použití slabého roztoku kyseliny dusičné nebo kyseliny chlorovodíkové (Rezic, 2008). Velmi dobré výsledky byly také při odstraňování soli z bavlněných tkanin (Warmoeskerken et al., 2002).

3.4 Detergent

3.4.1 Detergenty a jejich vlastnosti

Detergenty jsou chemické látky složené z tenzidů a dalších látek, jež mají detergentní vlastnosti. Proces detergence lze vyjádřit jako schopnost detergentů převést nečistoty z pevného povrchu do objemové fáze roztoku. Tenzid je povrchově aktivní organická látka, která má schopnost hromadit se v nízkých koncentracích na fázovém rozhraní, tj. na místě, kde se oddělují dvě fáze (kapalina/kapalina, kapalina/pevná látka) a tím snižuje mezifázovou, neboli povrchovou energii. Snižování povrchové energie způsobí zvýšení rozpustnosti látek ve vodě nebo v roztoku vody a rozpouštědla a usnadňuje se tím smočení povrchu a odstranění nečistot.

Tenzidy se dělí do několika skupin, a to na: anionické, kationické, amfoterní a tenzidy neionické (Šmidrkal, 1999; Salager, 2002).

- Anionické tenzidy – nejčastěji mají funkční skupiny - COOH, - SO₃H, - OPO(OH)₂ na hydrofilní části molekuly. Patří sem: mýdla, alkylsulfáty, alkansulfonany, aj., tyto látky mohou být základem nebo vedlejší přísadou v mycích detergencích. Anionické tenzidy představují 70 – 75% celkové produkce tenzidů (Blažej, 1977; Šmidrkal, 1999; Salager 2002).
- Kationické tenzidy – sloučeniny s jednou nebo více funkčními skupinami, které ve vodném roztoku disociují, přičemž vznikají kladně nabitě organické ionty, které jsou nositeli povrchové aktivity. Mezi tyto tenzidy se zařazují látky, které se vyskytují v avivážních prostředcích. Patří sem amoniové soli nebo soli alkylaminů. Jejich nevýhodou je nízká detergentní schopnost v porovnání s anionickými a neionickými tenzidy a také vyšší cena.

Kationické tenzidy mají změkčovací, dezinfekční a antistatické účinky. Tyto tenzidy tvoří asi 10% celkové produkce (Blažej, 1977; Šmidrkal, 1999).

- Amfoterní tenzidy – jejich molekuly obsahují dvě hydrofilní skupiny, kyselou (karboxylové skupiny) a zásaditou (amoniové skupiny), které dávají molekule amfoterní charakter. Výhodou těchto tenzidů je dobrá kombinovatelnost s ostatními typy tenzidů. Nachází se zejména v šamponech na vlasy, jelikož splňují požadavek mírnější dráždivosti a schopnosti lehce vytvářet pěnu (Blažej, 1977; Šmidrkal, 1999).
- Neionické tenzidy - tyto tenzidy nedisociují s vodou, avšak jejich rozpustnost ve vodě způsobuje přítomnost hydrofilních skupin, jako jsou fenolové, hydroxylové nebo aminoskupiny, které tvoří společně s vodou vodíkové můstky. Nachází se v práškových pracích prostředcích. Jejich nevýhodou je horší biologická rozložitelnost, proto jsou používány ve speciálních průmyslových detergentech (Šmidrkal, 1999; Salager, 2002).

Detergenty jsou tvořeny souborem látek, které jsou schopny v roztoku mezi molekulami vytvářet hydrofilní a hydrofobní interakce. Používají se k cytolýze, pro uvolnění a rozpuštění membránově vázaných proteinů, rozrušení bipolárních lipidických buněčných membrán, k stabilizaci, denaturaci nebo krystalizaci proteinů a snížení povrchového napětí (Seddon et al., 2004). Detergenty jsou amfipatické (amfifilní) molekuly, které se vyznačují jak polární, tak i nepolární oblastí. Polární (hydrofilní) část tvoří tzv. hlavička. Část nepolární (hydrofobní) je tvořena řetězcem.

Pokud je detergent přítomen v dostatečné koncentraci ve vodném roztoku, začne se svojí polární hydrofilní částí vázat k molekulám polárního rozpouštědla (molekuly vody) a naopak hydrofobní řetězcem se váží k molekulám hydrofobních částic. Tím se vytváří vysoce organizované struktury označované jako micely (Garavito et Ferguson-Miller, 2001).

3.4.2 Charakteristiky detergentů

Detergenty charakterizuje hodnota **CMC** (Critical Micelle Concentration, kritická koncentrace micel), která udává koncentraci detergentu v roztoku, při které dochází k formaci micel (Gohon et Popot, 2003; Seddon et al., 2004).

Jelikož při nízkých teplotách v roztoku zůstávají detergenty převážně v krystalické, nerozpustné formě, udává se další proměnná **CMT** (Critical Micellar Temperature, kritická micelární teplota), která upřesňuje teplotu, při které se detergent aktivuje, jednotlivé monomery se rozpustí a navýší se požadovaná hodnota CMC (Seddon et al., 2004; Strnadová a Kvítek, 2009).

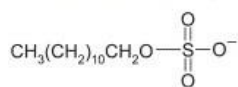
Druhy detergentů

Detergenty rozdělujeme do čtyř skupin: iontové detergenty, soli žlučových kyselin, neiontové a obojetné (zwitteriontové) detergenty.

- **Iontové detergenty** – jsou používány jako denaturující detergenty. Obsahují hlavičku, která nese kladný nebo záporný náboj. Při působení detergentu dochází k denaturaci proteinů a ztrácí svoji primární, sekundární, terciární i kvartérní strukturu. Příkladem iontových detergentů je sodium dodecyl sulfát (SDS).
- **Soli žlučových kyselin** - patří mezi iontové detergenty, avšak se liší od SDS hlavním řetězcem, který je složen z pevných steroidních skupin. Tvoří lineární řetězce, které mají polární a nepolární stranu. Jejich účinky jsou však mírné a nejsou tak často používány.
- **Neiontové detergenty** - fungují jako nedenaturující, protože jejich účinky jsou mírnější. Nenesou žádný náboj, avšak dobře solubilizují hydrofobní proteiny a narušují lipid-lipidové a lipid-proteinové interakce.
- **Obojetné (zwitteriontové) detergenty** - sjednocují je charakteristiky iontových a neiontových detergentů. Vykazují schopnost menší denaturace než iontové detergenty a jejich celkový náboj je nulový (Seddon et al., 2004).

A. Iontové detergenty

Sodium dodecyl sulfate (SDS)

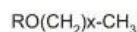


B. Neiontové detergenty

R = glucose, x = 7, n-octyl-β-D-glucopyranoside

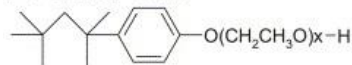
R = maltose, x = 9, decyl-β-D-maltoside

x = 11, dodecyl-β-D-maltoside



x = 9, Triton® X-100

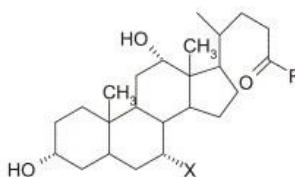
x = 7-8, Triton® X-114



C. Soli žlučových kyselin

X=H, R = O-Na⁺, sodium deoxycholate

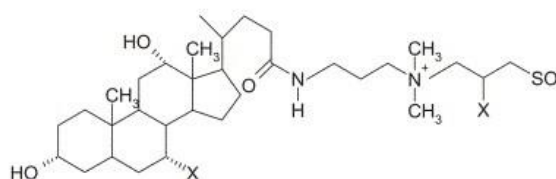
X=OH, R = O-Na⁺, sodium cholate



D. Obojetné detergenty

x = H, CHAPS

x = OH, CHAPSO



Obrázek č. 3 - Rozdělení detergentů (Seddon et al., 2004)

3.4.3 Detergenty - legislativní úprava

Detergentům je věnována v legislativě zvláštní pozornost, zejména v oblasti nakládání s nimi, regulace jejich pohybu na trhu a zajištění ochrany životního prostředí. Například na trh EU mohou být bez dalších omezení uváděny výhradně takové detergenty, které odpovídají určitým požadovaným limitům. Jsou to detergenty, jejichž povrchově aktivní složky splňují příslušné limity pro úplný biologický rozklad. Stupeň primárního rozkladu (tj. strukturní přeměna povrchově aktivní látky mikroorganismy vedoucí ke ztrátě povrchově aktivních vlastností v důsledku rozkladu výchozí látky) musí být alespoň 90 % resp. 80 %, informace o složení a dávkování přípravku, musí se uvádět přítomnost enzymů, dezinfekčních prostředků, optických zjasňovačů, parfémů a konzervačních činidel. Důležitý z hlediska detergentů je zákon č. 371/2008 Sb. ze dne 18. července 2008, kterým se mění zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů (Kujalová et al., 2011).

4 Materiály a metody

4.1 Psi

Pro tento výzkum byly použity čtyři speciálně vycvičené feny na metodu pachové identifikace. Feny se nacházejí na akademické půdě České zemědělské univerzity v Praze v Centru pro výzkum chování psů (CVCHP), kde jsou ustájeny. Feny jsou plemene německý ovčák a jsou rutinně používány pro metodu pachové identifikace.

4.2 Snímaný materiál

Jako nosiče lidského pachu určeného k vystavení působení ultrazvukové čističky byly použity sterilní nerezové trubky s nízkým obsahem hliníku, který zaručuje odolnost proti mezikrystalové korozi.

Pro odběr tělesného pachu byla použita sterilní speciální bavlněná tkanina s absorpčními schopnostmi (Aratex®) o rozměrech 30 x 30 cm. Aratex® se vzorkem pachu byl umístěn do sterilní sklenice s hermetickým uzávěrem a sklenice byla označena kódem. Sklenice s pachovými vzorky byly umístěny v k tomu určené místnosti v CVCHP.

Při odběru pachů na nerezové trubky asistovala jiná osoba než při odběru pachů na bavlněnou tkaninu. Asistenti zajišťující odběr pachu prováděli veškerou manipulaci s pachovými nosiči pouze sterilními nástroji a po dobu odběru měli nasazeny jednorázové nitrilexové rukavice.

Před použitím byly používané nástroje umyty v silném roztoku saponátu v ultrazvukové čističce, opláchnuty vodou a přemístěny k sušení do sterilizátoru, doba sušení byla nastavena na 35 minut při teplotě 180 °C. Stejnou procedurou procházely i sklenice. Víčka byla umyta také v roztoku saponátu v ultrazvukové čističce, poté opláchnuta vodou a sušena ve sterilizátoru po dobu 12 hodin při teplotě 60 °C. Aratex® byl sterilizován v autoklávu horkou párou při teplotě 120 °C po dobu 30 minut a poté dosušen po dobu 12 hodin při teplotě 60 °C ve sterilizátoru.



Obrázek č. 4 - Pomůcky pro odběr pachu (Jandová, 2016)

4.3 Výběr osob

Jako cílové osoby byly zvoleny ženy, studentky České zemědělské univerzity v Praze ve věku 20 - 25 let. Doplňkové vzorky pachů byly získány od osob ženského pohlaví, podobného věku a stejného etnika.

4.3.1 Pachové vzorky

Načichávací pachy

Před odběrem vzorků pachu si cílové osoby umyly ruce detergentem bez vůně (Jar), ruce si opláchly a nechaly volně schnout po dobu 30 minut. Poté byl osobám do dlaně podán sterilní pachový snímač, v tomto případě ocelová trubka. Ocelové trubky osoby držely po dobu 5 minut. Po uplynutí 5 minut, byly trubky sterilním peánem odebrány a uloženy do označené sterilní sklenice.

Ošetření trubek probíhalo v určené místnosti na CVCHP. Trubky byly vloženy do ultrazvukové čističky do 4 % roztoku s detergentem po dobu 15 minut a při teplotě 60 °C. Po skončení cyklu se trubky vyjmuly a uzavřely do sterilní sklenice. Následně se v předem dezinfikované a uzamčené místnosti nechaly volně uschnout. Po uschnutí se sterilním peánem uložily do nové označené sterilní sklenice s Aratexem[®], po dobu 30 minut. Takto se vytvořil otisk pachové stopy. Po uplynutí určeného intervalu 30 minut se trubky vyjmuly a sklenice s Aratexem[®] se uzavřely a umístily do k tomuto účelu určené místnosti na CVCHP.



Obrázek č. 5 - Odběr pachového vzorku na trubku (Jandová, 2016)



Obrázek č. 6 - Snímání pachové stopy z trubky (Jandová, 2016)

Kontrolní pachy

Odběr kontrolních načichávacích vzorků probíhal podobně. Cílové osoby si umyly ruce detergentem bez vůně (Jar), ruce si opláchly a nechaly volně schnout po dobu 30 minut. Poté byla osobám do dlaní vložena sterilní ocelová trubka, kterou osoby držely po dobu 5 minut. Pak byly trubky sterilním peánem odebrány a uloženy do sterilní sklenice s Aratexem[®] na 30 minut. Následně se trubky vyjmuly a sklenice s Aratexem[®] se uzavřely a umístily do k tomuto účelu určené místnosti na CVCHP.

Cílové pachy

Cílové pachy se odebraly stejným osobám, kterým se odebraly pachy načichávací. Odběr pachu prováděla jiná osoba a v jiném prostředí než při odběru pachů načichávacích. Pach byl odebírán na sterilní textilii Aratex[®], která byla sterilním peánem umístěna na holý bok osoby. Po 20 minutách byl Aratex[®] opět pomocí peánu vrácen zpět do sklenice, která byla pečlivě uzavřena, označena a uložena do určené místnosti na CVCHP.

Doplňkové pachy

Doplňkové pachy jsou určeny k tomu, aby doplnily porovnávací řadu, ve které pes ztotožňuje pach. Odběr probíhal stejně jako při odběru cílových pachů.



Obrázek č. 7 - Snímání pachu z těla (Jandová, 2016)

4.4 Detergent

V našem experimentu byl aplikován detergent při mytí rukou a pro přípravu vodného roztoku v UV čističce o koncentraci 4%. Použit byl prostředek Jar lemon, výrobce Procter & Gamble. Výrobce uvádí složení jako směs laurethsulfátu sodného (Sodium Lauryl Sulphate), laurylethersulfátu sodného založeného na syntetickém alkohol ethoxylátu C12-14 s 3 moly EO (Sodium C12-14 Pareth-3 Sulfate), lauryl dimethylamin oxidu (Lauramine Oxide), kyseliny sírové (Sulfuric acid), mono-C12-14-alkyl esterů, sodných solí, benzisothiazolinonu (Benzisothiazolinone). Při doporučeném běžném použití nejsou známy nepříznivé účinky. Výrobek není považován za škodlivý pro vodní organismy ani nemá dlouhodobý nepříznivý vliv na životní prostředí.

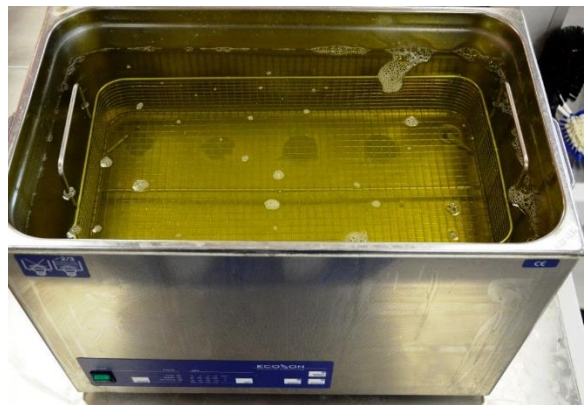
4.5 Ultrazvuková čistička

Ultrazvuková čistička je celonerezová nádoba, která se skládá z vany, koše, ultrazvukového přístroje a víka. V našem experimentu byla použita laboratorní ultrazvuková čistička ECOSON U-28STH o rozměrech 530x325x357 (DxŠxV), objem vany 27,5 litru, ultrazvukový výkon 2 x 800 W za periodu, frekvence 40 kHz, výkon ohřevu 1400 W a časovač. Čistička disponuje funkcemi: SWEEP (frekvenční modulace ultrazvukového pole), DEGAS (odplyňování čistícího roztoku), regulace výkonu (40% -100%), regulovatelný ohřev (40°C - 70°C).

Vana byla naplněna vodou, nalil se do ní detergent a vytvořil se jeho vodný roztok. Pak se do ní vložily napachované nerezové trubky, vana se zavřela víkem a spustil se 16 minutový cyklus s nastavenou teplotou vody na 60 °C.



Obrázek č. 8 - Ultrazvuková čistička
(Jandová, 2016)



Obrázek č. 9 - Roztok Jaru v UV čističce
(Jandová, 2016)

4.6 Ztotožnění pachů

Experiment byl proveden v Centru pro výzkum chování psů na České zemědělské univerzitě. Před samotným experimentem byl proveden test tzv. „náhodná zajímavost“ cílových vzorků, jehož účelem je ověřit, zda cílový pach sám o sobě není pro psa zajímavý. Zároveň tento test prověří způsobilost psa k použití v experimentu.

Po testu náhodné zajímavosti se přistoupilo k provedení vlastního experimentu. Tři feny procházely řadou sklenic, která je tvořena celkem šesti vzorky pachů (jeden cílový a pět doplňkových), u jedné feny byl použit tzv. karusel (viz diagram č. 4) s celkem osmi vzorky (jeden cílový a sedm doplňkových). Pozice cílového vzorku byla předem náhodně umístěna a psovod, který prováděl se svojí fenou ztotožnění, nebyl o pozici cílového vzorku informován.

Psovodi dali fenám načichat načichávací pach a ty prověřily řadu vzorků (nebo karusel). Pokud fena ztotožnila načichaný vzorek se vzorkem cílovým, označila jej naučeným způsobem. Ověřování řady / karuselu bylo každou fenou provedeno třikrát. Poté se provedlo srovnání kontrolních načichávacích vzorků, při kterém feny dostaly načichat pach odebraný z trubek neošetřených v UV čističce. Způsob ztotožnění byl stejný jako u vzorků načichávacích. Ověřování kontrolních vzorků bylo provedeno každou fenou třikrát.

Každé feně byla postavena řada (karusel) s novými vzorky.

5 Výsledky

Při testování náhodné zajímavosti ani jedna fena neprojevila o předložené cílové vzorky zájem. To umožnilo všem fenám pokračovat a mohly být použity pro samotný experiment.

Po testu náhodné zajímavosti měly feny za úkol ztotožňovat načichávací vzorky. Každá fena provedla každé porovnání třikrát. Všechny feny provedly ztotožnění negativně (ani jednou neoznačily pozici cílového vzorku v řadě / karuselu).

Při ztotožňování kontrolních vzorků tři feny správně ztotožnily kontrolní načichávací vzorky. Jedna fena (Kora) provedla dvakrát ztotožnění kontrolního vzorku správně a jednou neztotožnila.

5.1 Diagramy

Níže zobrazené diagramy (diagram č. 1, 2 a 3) znázorňují průběh pachové komparace v řadě. Šipka ukazuje směr pohybu feny podél řady. Jestliže u některé sklenice šipka končí, znamená to, že fena daný vzorek označila. Pokud šipka pokračuje až na konec řady, znamená to, že fena žádný vzorek neoznačila. Modrá prázdná políčka představují doplňkové pachové vzorky. Diagramy č. 4 znázorňuje práci feny na karuselu, kde se obchází sklenice do kruhu.

Vysvětlivky:

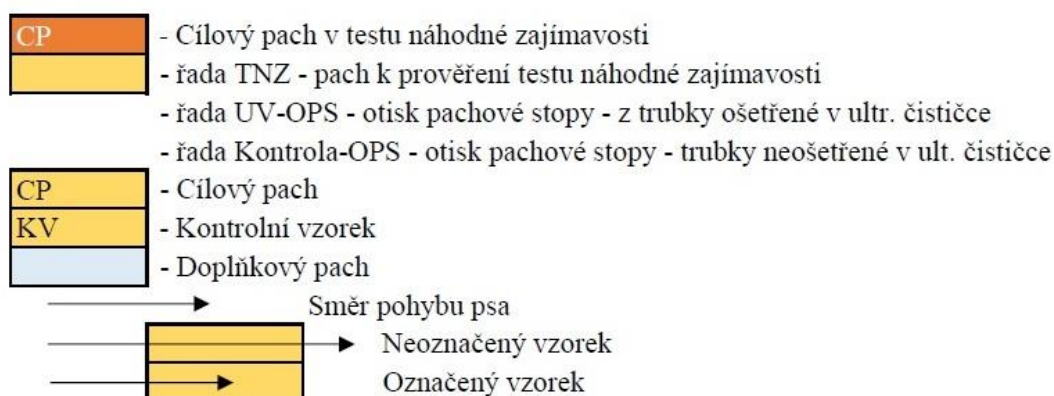


Diagram č. 1. - Kora

Načíchávací vzorek	1.pozice	2.pozice	3.pozice	4.pozice	5.pozice	6.pozice
TNZ			CP		TNZ →	
UV-OPS	CP					→
UV-OPS				CP		→
UV-OPS		CP				→
Kontrola-OPS					KV	→
Kontrola-OPS			KV →			
Kontrola-OPS	KV →					

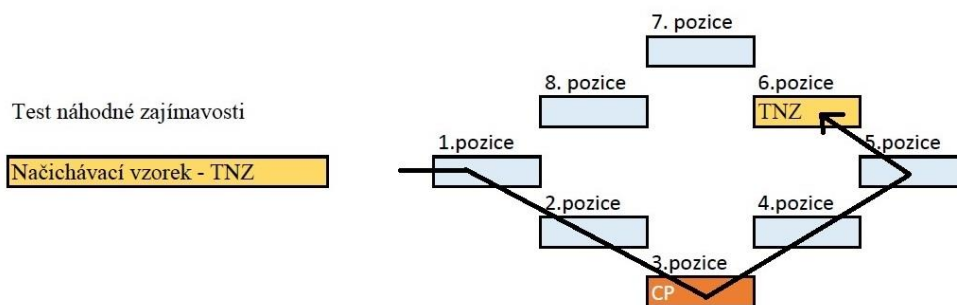
Diagram č. 2. - Freny

Načíchávací vzorek	1.pozice	2.pozice	3.pozice	4.pozice	5.pozice	6.pozice
TNZ		CP		TNZ →		
UV-OPS				CP		→
UV-OPS		CP				→
UV-OPS						CP →
Kontrola-OPS				KV →		
Kontrola-OPS	KV →					
Kontrola-OPS						KV →

Diagram č. 3. - Skathi

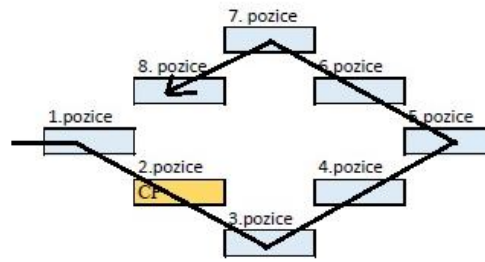
Načíchávací vzorek	1.pozice	2.pozice	3.pozice	4.pozice	5.pozice	6.pozice
TNZ			CP		TNZ →	
UV-OPS				CP		→
UV-OPS	CP					→
UV-OPS						CP →
Kontrola-OPS			KV →			
Kontrola-OPS		KV →				
Kontrola-OPS					KV →	

Diagram č. 4. - Helga

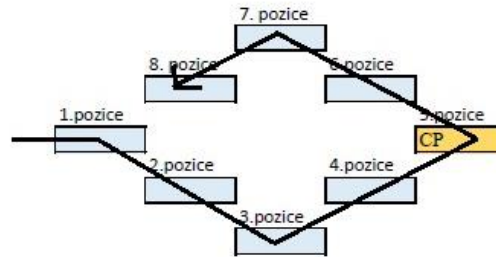


Načíchávací vzorek

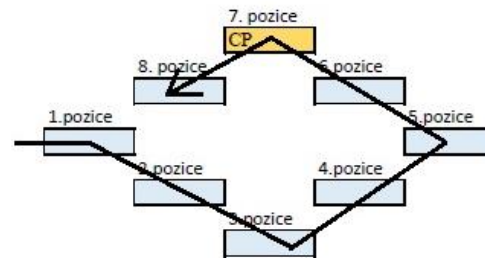
UV-PVO



UV-PVO

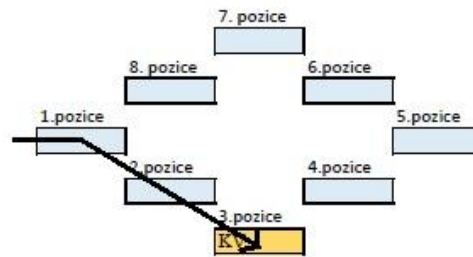


UV-PVO

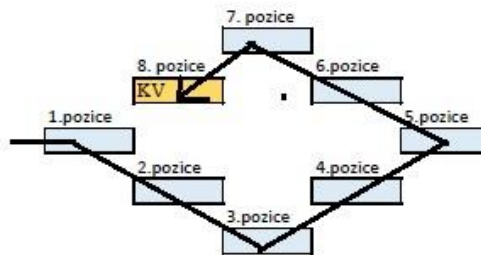


Načíchávací vzorek

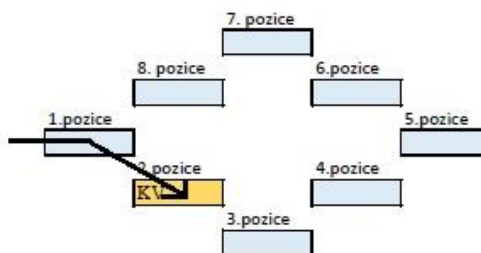
Kontrola-OPS



Kontrola-OPS



Kontrola-OPS



Tabulka č. 1. - Výsledky komparace (+ správné ztotožnění, - nesprávné ztotožnění)

PES	TNZ	UV - OPS	KONTROLA - OPS
Kora	+	-	-
		-	+
		-	+
Freny	+	-	+
		-	+
		-	+
Skathi	+	-	+
		-	+
		-	+
Helga	+	-	+
		-	+
		-	+

Statisticky lze výsledky prezentovat takto. Počet možných ztotožnění odpovídal celkovému počtu pachových konzerv v řadě. Feny mohly reagovat buď správně (ztotožnění cílového pachu) nebo nesprávně (pes buď indikoval nesprávný pach, nebo neznačil vůbec). Pravděpodobnost náhodného označení cílového pachu psem byla $1 / X$, kde X je definován jako počet pachových konzerv + 1 (protože pach byl v řadě přítomen). Podobně pravděpodobnost nesprávné odpovědi byla $(X - 1) / X$: zbývající počet pachové konzervy, děleno celkovým počtem podnětů - Bernoulli pravděpodobnost (Rosner, 2006). Použit program Exact Binomial Probability Calculator (Lowry, 2013).

Pravděpodobnost menší než 0,01 byla považována za významně odlišnou od náhody, což se zde potvrdilo. Výsledky statistického vyhodnocení ukazují, že se nejedná o náhodu při ztotožnění cílového pachu mezi pachy doplňkovými ($P < 0,01$). Dále byly porovnány výsledky mezi úspěšností ztotožňování kontrolních vzorků a vzorků načichávacích pomocí Fisherova testu v proceduře FREQ programu SAS 9.4 (2013). Byla zjištěna pravděpodobnost nižší než 0,01 ($P < 0,01$), což znamená, že byl významný rozdíl v úspěšnosti při porovnání výsledků experimentální a kontrolní skupiny (ošetřené vs. neošetřené trubky).

Dá se říci, že UV čistička degraduje pach natolik, že jej speciálně cvičení psi nejsou schopni ztotožnit.

6 Diskuze

Destrukce lidského pachu je stále málo prozkoumaná problematika. Z toho důvodu je obtížné výsledky této práce srovnávat s jinými studii.

Avšak byly publikovány experimenty, které se zabývaly schopností speciálně vycvičených psů detekovat pachy vystavené vlivům vody (Písaříková, 2012) a procesem praní v automatické pračce (Pechová, 2013). Pechová (2013) uvádí, že psi byli schopni detekovat lidský pach po vyprání v automatické pračce s použitím detergentu (při teplotě 30 °C). V obou případech dokázali psi alespoň u jedné z pokusných osob označit pach, který byl podroben vyprání v detergentu. Naopak pach, který byl vystavený vyprání bez detergentu, ztotožnila pouze jedna z fen a to jen v případě mužského pachu. Druhý výzkum prokázal ztotožnění lidského pachu, který byl krátkodobě (po dobu 60 minut) vystaven proudění vody (Písaříková, 2012).

V tomto výzkumu se použily ultrazvukové vlny v čističce a následkem byl destruktivní účinek lidského pachu. To poukazuje na výsledky prací Niemczewskiho (2013) a Tran et al. (2014), kteří uvádí, že při použití nízkofrekvenčního ultrazvuku se objevují velké bubliny v roztoku a ty způsobují prudší průtok, který má výborné mechanické účinky. Použitá ultrazvuková čistička o frekvenci 40 kHz, odpovídá parametrům nízkofrekvenčního ultrazvuku.

Z praktického hlediska by stálo za zvážení pořízení ultrazvukové čističky na pracoviště, která se zabývají MPI nebo pracoviště s požadavkem na velmi dobrou čistotou nástrojů. Provoz a údržba není nijak specifická a proškolený personál by dokázal čističku obsluhovat bez větších problémů. Nevýhodou může být vyšší pořizovací cena.

7 Závěr

Tento experiment přinesl novou možnost, jak lze odstranit lidský pach z materiálu. To je potvrzení pro CVCHP, kde používají ultrazvukovou čističku s detergentem na čištění sklenic a nástrojů. Tento poznatek může být přínosem i pro jiná pracoviště, kde se zaměřují na MPI, pro širokou veřejnost a výzkumy, zabývající se destrukcí lidského pachu. Výsledky přinesly premisu, že UV čistička s detergentem dokáže degradovat pach tak, že speciálně vycvičení psi nejsou schopni komparace.

8 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.
- 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 (7). 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 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 (1-2). 86–97.
- 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., Bessièrè, J. M., Cohuet, A. 2013. Human Skin Volatiles: A Review. *Journal Chemical Ecology*. 39. 569-578.
- Dylevský I. 2009. *Funkční anatomie*. Grada: Praha. 544 s. ISBN 978-80-247-3240-4.

- 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 (35). 32403–32406.
- Gohon, Y., Popot. J. L. 2003. Membrane protein – surfactant complexes. *Current Opinion and Interface Science*. 8 (1). 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.
- Hepper, P. G., Wells, D. L. 2005. How many footsteps do dogs need to determine the direction of an odour trail? *Chemical Senses*. 30 (4). 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.
- 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.
- Johnen, D., Heuwieser, W., Fischer-Tenhagen., C. 2013. Canine scent detection fact or fiction?. *Animal Behaviour Science*. 148. 201–208.
- Kujalová, H., Hejnicová, M., Sýkora, V. 2011. Právní předpisy o tenzidech a detergentech. *Chemické Listy*. 105. 445-451.
- Lowry, R. 2013. Appendix to Chapter 5: Exact to Binominal Probability Calculator [online]. [cit.2016-04-04]. Dostupné také z <http://www.vassarstats.net/textbook/ch5apx.html>.
- 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(2): e0146963.
- Munk, S., Johansen, C., Stahnke, L. H., Adler-Nissen, J. 2001. Microbial survival and odor in laundry. *Journal of Surfactants and Detergents*. 4 (4). 385-394.
- 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 (6). 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 (3-4). 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 (10). 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. 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 (13). 331–340.
- Písaříková A. 2012. Schopnost psů identifikovat lidský pach poté co byl vystaven působení vody. *Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 39 s.*
- 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 (4). 866-881.
- Rezic, I. 2008. Optimization of ultrasonic extraction of 23 elements from cotton. *Ultrasonics Sonochemistry* 16 (1). 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.*
- Salager, J., Surfactants, L. 2002. Types and uses. Mérida Venezuela: Universidad de Los Andes. 49 p. Dostupné také z <http://www.nanoparticles.org/pdf/Salager-E300A.pdf>
- 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.
- Seddon, A. M., Curnow, P., Booth, P. J. 2004. Membrane proteins, lipids and detergents: not just a soap opera. *Biochemica et Biophysica ActA*. 1666. 105 – 117.
- 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 (1). 43-47.

- Strnadová, H., Kvítek, L. 2009. Vliv pufru na tvorbu micel vybraných povrchově aktivních látek. *Chemické Listy* 103. 315-319.
- Stockham, R. A., Slavin, D. L., Kift, W. 2004. Specialized Use of Human Scent in Criminal Investigations. *Forensic Science Communications*. 6 (3).
- Straus, J., Kloubek, M., 2010. *Kriminalistická odorologie*. Aleš Čeněk. Plzeň. 192 s. ISBN. 978-80-7380-238-7.
- Šmidrkal, J. 1999. Tenzidy a detergenty dnes. *Chemické Listy* 93. 421-427.
- 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 (4). 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 (2). 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 (2-3). 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 (15). 5633–5641.
- Yamazaki, K.; Beauchamp, G. K. 2005. Chemosensory Recognition of Olfactory Individuality. *Chemical Senses*. 30 (1). 142–143.

9 Seznam zkratk

CMC – (Critical Micelle Concentration); kritická koncentrace micel

CMT – (Critical Micellar Temperature); kritická micerální teplota

COOH - karboxylové kyseliny

CVCHP – Centrum pro výzkum chování psů

EU – Evropská unie

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

UL – ultrazvuk

UV – ultrafialové sluneční záření

v – rychlost (šíření magnetických vln)

VOC – (Volatile organic compounds); těkavé organické sloučeniny

W – výkon

10 Samostatné přílohy

Seznam obrázků

Obrázek č. 1. – Stavba kůže (Rokyta, 2002)	14
Obrázek č. 2. – Působení ultrazvuku (de São José et al., 2014)	24
Obrázek č. 3. - - Rozdělení detergentů (Seddon et al., 2004).....	28
Obrázek č. 4. - Pomůcky pro odběr pachu (Jandová, 2016).....	30
Obrázek č. 5 - Odběr pachového vzorku na trubku (Jandová, 2016)	31
Obrázek č. 6. - Snímání pachové stopy z trubky (Jandová, 2016)	31
Obrázek č. 7. - Snímání doplňkového pachu (Jandová, 2016)	32
Obrázek č. 8. - Ultrazvuková čistička (Jandová, 2016).....	33
Obrázek č. 9. - Roztok Jaru v UV čističce (Jandová, 2016).....	33

Seznam diagramů

Diagram č. 1. - Kora	35
Diagram č. 2. - Freny	35
Diagram č. 3. - Skathi	35
Diagram č. 4. - Helga.....	35

Seznam tabulek

Tabulka č. 1. - Výsledky komparace (+ správné ztotožnění, - nesprávné ztotožnění)	37
-----------------------------------------------------------------------------------------	----