

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra obecné zootechniky a etologie**

**Centrum pro výzkum chování psů**



**Individuální lidský pach**

**Bakalářská práce**

**Vedoucí práce: Ludvík Pinc**

**Autor práce: Veronika Minaříková**

© 2013 ČZU v Praze

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma individuální lidský pach vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne:.....

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu práce Ing. Ludviku Pincovi za vedení, poskytnutou literaturu, poznámky a připomínky k práci. Také bych chtěla poděkovat Ing. Mileně Santariové a celému Centru pro výzkum chování psů. Ráda bych také touto cestou poděkovala rodičům, manželovi a přátelům za jejich podporu.

## **Autorský referát**

Problematikou lidského pachu se člověk intenzivně zabývá již řadu let. Lidská kůže produkuje řadu těkavých metabolitů, které jsou důležitými přispěvateli k lidskému pachu. Většina objektů vydává současně několik pachů, může se jednat o směsi těkavých i netěkavých chemikálií a tato směs může být zachycena a detekována. Tyto metabolity jsou tvořeny několika typy kožních žláz.

Jedná se o žlázy ekrinní, apokrinní, apoekrinní a mazové. Složení sekretů těchto žláz se mění v závislosti na mnoha faktorech, ale i přes tyto změny si zachovává něco jedinečného a neměnného. Tyto žlázy jsou v různém zastoupení rozmístěny po celém těle. Jejich počty se liší nejen na různých částech těla, ale i mezi jedinci a etnickými skupinami.

I proto je pravděpodobné, že vývoj lidského pachu je z velké části řízen geneticky. Můžeme pozorovat rozdíly mezi axilárním pachem bělochů, Afričanů a Asiatů. Afričané a běloši mají obecně silný axilární pach, na rozdíl od Asiatů. Asiáté mají pouze slabou axilární vůni. Vzhledem k tomuto rozdílu, bylo provedeno několik studií na toto téma a následně byl zjištěn vliv genu ABCC11.

Přesné mechanismy vzniku lidského pachu nebyly dosud zcela objasněny. Na povrchu kůže dochází ke složitým reakcím mezi kožními sekrety, kožními bakteriemi a okolním prostředím. V současné době jsme schopni z odebraných vzorků vytvořit lidský pachový profil, který nám může pomoci diagnostikovat závažné nemoci nebo odhalit pachatele závažné trestné činnosti.

Byly zkoumány podobnosti v rámci jednotlivců a rozdíly v rámci pohlaví. Bylo zjištěno, že axilární pot je bohatší na VOC než moč a sliny. Podle výsledků analýzy bylo zjištěno, že není látka, která by se u všech jedinců vyskytovala ve stejném složení i množství. V současné době máme mnoho informací o lidském pachu, které nám pomáhají pochopit jeho vznik i význam, ale ještě mnoho informací o lidském pachu zůstává stále neodhaleno.

Klíčová slova: tělesný pach, pachový profil, pot, apokrinní žlázy, ekrinní žlázy, mazové žlázy, MHC, kůže

## Abstrakt

The issue of human scent with one intensely engaged for many years. Human skin produces a variety of volatile metabolites, which are important contributors to human scent. Most of the objects at the same time gives some odors may be a mixture of volatile and non-volatile chemicals and the mixture can be captured and detected. These metabolites are composed of several types of skin glands.

It is the eccrine glands, apocrine, apoekrinní and sebaceous. The composition of the secretions of these glands varies depending on many factors, but despite these changes retains something unique and unchanging . These glands are distributed in different representation throughout the body. Their number varies greatly in different parts of the body, but also between individuals and ethnic groups.

And so it is likely that the development of human scent is largely genetically controlled. We can observe the differences between axillary odor Caucasians, Africans and Asians. Africans and whites generally have a strong axillary odor, unlike Asians. Asians have only weak axillary odor. Due to this difference, there have been several studies on this topic and was subsequently found to influence gene ABCC11.

The exact mechanisms of human odor have not been fully elucidated. On the skin surface, complex reactions between skin secretions, skin bacteria and the environment. Currently, we are able to create samples of human odor profile that can help us diagnose a serious illness or detect perpetrators of serious crimes.

Were examined similarity within individuals and differences in terms of sex. It was found that axillary sweat is richer than the VOC urine and saliva. According to this analysis, it was found that there is a substance, which would occurred in all individuals of the same composition and quantity. Currently, we have a lot of information about the human odor that help us to understand its origin and meaning, but still a lot of information about human odor remains undetected.

Keywords: body odor, odor profile, sweat, apocrine glands, eccrine glands, sebaceous glands, MHC, skin.

## Obsah

1	Úvod .....	9
2	Cíl práce .....	10
3	Literární rešerše.....	11
3.1	Pach .....	11
3.2	Lidský pach .....	12
3.3	Dělení lidského pachu .....	12
3.4	Kůže .....	13
3.4.1	Pokožka - Epidermis .....	14
3.4.2	Škára – dermis .....	16
3.5	Kožní žlázy .....	16
3.5.1	Mazové žlázy.....	17
3.5.2	Ekrinní žlázy .....	18
3.5.3	Apokrinní žláza .....	21
3.5.4	Apoekrinní žláza .....	23
3.6	Složení kožní mikroflóry .....	23
3.7	Analýza VOC kožních sekretů .....	24
3.8	Analýzy VOC v moči .....	28
3.9	Analýzy VOC v dechu .....	28
3.10	Genetický vliv na podobu lidského pachu.....	29
3.11	Vliv MHC genů na lidský pach.....	31
3.11.1	Vliv MHC na párovou preferenci .....	32
4	Závěr .....	35
5	Přehled literatury .....	37
6	Seznam příloh.....	51



## 1 Úvod

Lidský pach provází lidské tělo od narození až do smrti. Podle některých studií má každý jedinec svůj vlastní, originální pach, který je stejně jedinečný, jako podpis nebo otisk prstu (Schoon, 1994, Settle, 1994, Harvey, 2003).

Ale do dnes se stále nepodařilo přesně analyzovat všechny složky lidského pachu. Na vině je nedostatečná přesnost analytických přístrojů, nestálost a krátkodobost pachu a také snadná kontaminace a mnoho dalšího. Několik studií se zabývalo složením lidského potu. Bylo zjištěno, že obsahuje komplexní směs těkavých látek (Nicolaidis 1974, Sastry et al., 1980, Zeng et al., 1991,1996, Bernier et al., 2000, 2002, Natsch et al., 2006).

I kdyby byl přesně analyzován pot a přesně odhaleny a stanoveny všechny látky, které obsahuje, neznamená to, že by bylo odhaleno složení lidského pachu. Na kůži dochází ke složitým reakcím mezi kožními sekrety a bakteriální mikroflórou, které způsobují přeměnu látek na povrchu kůže. Pach jednotlivce se může měnit v závislosti na celé řadě faktorů (Penn et Potts, 1998, Ackerl et al., 2001, Singh et Bronstad, 2001) ale i přes tyto změny si zachovává něco jedinečného a neměnného.

Speciálně cvičení psi jsou schopni rozlišovat pachy jednotlivců, i když u jednovaječných dvojčat je to složitější (Kalmus, 1955) a jsou schopni rozpoznat osoby s různým stupněm přesnosti (Brisbison et al., 2000, Curan et al., 2005). Dále bylo zjištěno, že komáři jsou přitahováni k některým jednotlivcům více než k ostatním, v závislosti na chemických látkách obsažených v jejich potu (Schreck et al., 1990, Qiu et al., 2006).

## **2 Cíl práce**

Cílem práce je shrnutí a zpracování nejdůležitějších poznatků o lidském individuálním pachu, tedy o jeho vzniku, složení a možnostech jeho detekce a identifikace pomocí přístrojové techniky a biosystémů.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Pach

Pach je většinou tvořen malými molekulami o molární hmotnosti nižší než 300 a tenzi par vyšším než 0,01 mm Hg. Takovéto molekuly jsou uvolňovány z chemických sloučenin a ve vzduchu jsou rozptýleny ve formě suspenze. Jedná se převážně o těkavé chemikálie, ale suspendovat mohou i těžké organické látky, když získají dostatek kinetické energie z vnějšího zdroje. Míru a rychlost uvolňování molekul z chemických sloučenin ovlivňuje několik faktorů. Ovlivňuje ji vazebný povrch, vlhkost a teplota okolního prostředí (Regnier et Goodwin, 1977). Savci jsou schopni zachytit tuto suspenzi pomocí čichu (Rawson, 2000). Člověk používá svůj čich k odhalování pachů, které se nacházejí ve výšce asi 1,5 - 2 m nad zemí, což odpovídá výšce lidského nosu. V této výšce se nacházejí látky s nízkou molekulární hmotností a vysokou těkavostí. Savci, kteří jsou svým nosem blíže k zemi, jsou schopni zachytit i pachy s vysokou molekulární hmotností a také tzv. těžké látky, které se v této výšce vyskytují. Většina objektů vydává současně několik pachů, může se jednat o směsi těkavých i netěkavých chemikálií a tato směs může být zachycena a detekována. Čichový systém savců má vyvinutou schopnost detekovat tuto směs pachů a identifikovat jí jako zvláštní pach. Čich je podobný vidění. Směs látek je inhalována nosem, tato směs pokryje nosní sliznici. Za pomoci speciálních proteinů jsou látky ze sliznice přepraveny do cilia a přes nervový vzruch vedeny do mozku. V mozku se tyto informace shromáždí a nastane čichový vjem. Čich je pravděpodobně nejstarší a nejméně pochopený smysl. Přesný průběh detekce pachu stále není objasněn. Například vůně kávy obsahuje více než 800 různých chemických látek. Identifikace směsi pachů je velice složitý jev. Když člověk cítí kávu, není schopen odlišit chemické látky, které vůni tvoří, ale pokud jsou látky samy o sobě, dokáže je identifikovat. Přítomnost těchto jednotlivých látek se spojí do pachu kávy, stejně jako se spojí modrá a žlutá barva a vytvoří barvu zelenou (Laing, 1991). Vzhledem k tomu, že čich je syntetický smysl, je obtížné předvídat, jak bude vnímána směs dvou různých pachů.

## 3.2 Lidský pach

Fyziologický a biologický význam lidského tělesného pachu je mnohostranný, ale stále ještě ne zcela objasněný (Beauchamp et Yamazaki, 2005, Grammer et al., 2005, McClintock et al., 2005, Ziegler et al., 2005). Důvodem pro tento nedostatek znalostí týkajících se lidského pachu je fakt, že pach často trvá jen krátce, je těžce skladovatelný a lehce kontaminovatelný, popis je nesnadný a stále je obtížně chemicky analyzovatelný. I navzdory nedostatku stabilních dat se zdá, že lidský pach se může lišit. Může to být z důvodu změny velikosti a počtu potních žláz v kůži (Stoddart, 1999) nebo změny v aktivitě sekrece kožních žláz (Kreyden et al., 2002).

Složení lidského pachu je dáno řadou okolností, které mají na konkrétního člověka vliv. Jedná se zejména o biochemické reakce v jeho těle. Podle dalších názorů ho ovlivňuje i věk, rasa, pohlaví, způsob života včetně charakteru přijímané potravy, nemoci, požívání léků, pracovní a životní prostředí, konzumace tabákových výrobků, alkoholu, drog a používání kosmetických přípravků (Penn et Potts 1998a; Ackerl et al., 2001, Singh et Bronstad, 2001). Již od roku 1950 je známa teorie, že metabolická aktivita mikroorganismů na lidské kůži je zásadní pro rozvoj tělesných pachů. Ale jiné teorie ukazují, že lidský pach se tvoří velice rychle, což podporuje myšlenku, že lidský pach vzniká jednoduchými štěpnými reakcemi a ne složitým bakteriálním štěpením (Zeng et al., 1996).

## 3.3 Dělení lidského pachu

**Primární pach jedince** - obsahuje složky, které jsou produkovány tělem. Je stabilní v čase bez ohledu na dietní návyky, životní prostředí a psychické faktory. Je ovlivňován především geneticky, jedná se o endogenní vlivy jako je plemenná příslušnost nebo pohlaví. Primární pachové sloučeniny tvoří pouze zlomek celkového pachového profilu člověka.

**Sekundární pach jedince** - obsahuje složky, které také pochází z tělních procesů. Sekundární pach je také ovlivňován endogenně, ale není stálý v čase. Může být ovlivňován stravou, životním prostředím i psychickými faktory.

**Terciární pach jedince** - obsahuje složky exogenního původu. Terciární pach je ovlivňován vodou, mýdly, krémy, parfémy (Curran et al., 2005b).

V současné době existují objektivní a subjektivní metody identifikace lidského pachu (Straus et Kloubek, 2010). Objektivní metoda, též olfaktorika, je založena na analýze pachových molekul. Pomocí laboratorní techniky je zjišťováno složení pachu, celkový počet látek přítomných ve vzorku a jejich relativní koncentrace (Niessen, 2001, Newton, 2007). Velmi dobrých výsledků při pachové identifikaci osob je dosahováno spojením plynové chromatografie s hmotnostní spektrometrií označované zkratkou SPME GC/MS (Curran et al., 2010). V současné době se již podařilo získat pomocí přístrojových metod pachové profily osob a porovnat je mezi sebou (Curran et al., 2010). Výhodou této metody je její objektivnost, nicméně ani nejcitlivější metoda SPME GC/MS nedosahuje zatím takové citlivosti jako čichové ústrojí psa (Kurz, 1994).

Subjektivní metoda označovaná jako olfaktorika využívá především psy, kteří jsou speciálně cvičeni v metodách pachové identifikace (Schoon et Haak, 2002, Kloubek, 2005, Gallagher et al., 2008).

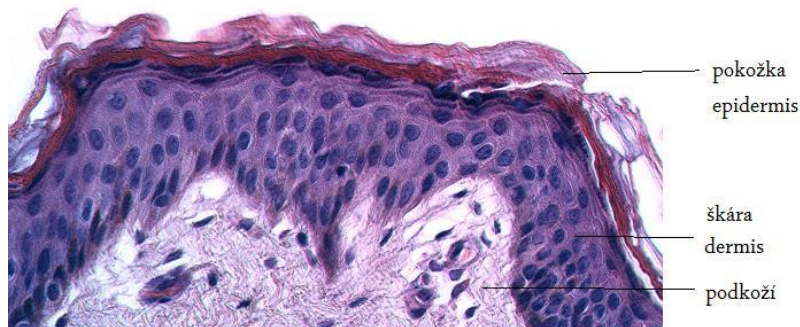
### **3.4 Kůže**

Lidská kůže je multifunkční orgán, který chrání lidské tělo (Segre, 2006). Kožní soustava tvoří souvislý povrch celého těla. Tvoří bariéru mezi vnitřním prostředím organismu a jeho okolím, má proto mnoho významných funkcí. Poskytuje první ochranou bariéru před viry a bakteriemi. Poskytuje mechanickou ochranu hlouběji uloženým orgánům a částem těla, je sídlem nervových smyslů, podílí se na termoregulaci, uplatňuje se při látkové, tvoří vitamin D a je orgánem zásobním. Je to největší orgán, tvoří 12% - 15% těla.

Kůže má podobu blány, která pokrývá celý povrch lidského těla. V tělních otvorech přechází ve sliznice (Kanatakis, 2002). Povrchová strana kůže není v žádném místě zcela hladká. Jsou na ní značné vyvýšeniny a vklesliny, které vytvářejí složitý povrchový reliéf. Charakteristickým znakem kůže mnoha savců je přítomnost chlupů, v tomto případě ani člověk není výjimkou. Každý chlup vyrůstá z chlupového váčku. Pro každý chlupový váček je typická přítomnost mazové žlázy (Stoddart, 1999). Lidský vlas sám o sobě pach neprodukuje, ale vzhledem k tomu, že na něm ulpívají sekrety kožních žláz, stává se významným nosičem tělesného pachu (Straus et Kloubek, 2010).

Na průřezu kůží rozlišujeme dvě základní vrstvy: pokožku (epidermis) a škáru (dermis s. corium). Obě tyto vrstvy vzájemně spolupracují a vzniká tedy velice specializovaná a dynamická membrána na povrchu těla (Baroni et al., 2012)

Obr. 1: Histologický řez lidskou kůží



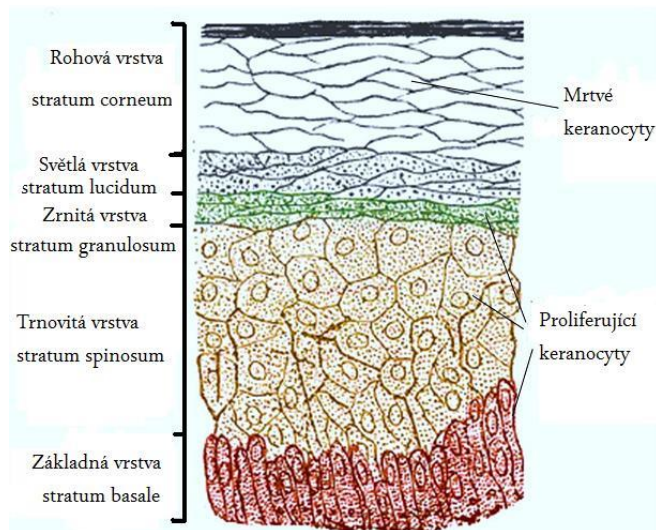
zdroj [www.exbio.com](http://www.exbio.com), upraveno by autor

Kožní buňka má délku života 36 hodin, poté odumře a odpadne. Staré buňky se shlukují do šupinek, každá z těchto šupinek nese DNA informaci, sekrety (pot, maz), mikrobiální cestující (bakterie). Průměrná velikost kožní šupinky je okolo 0,014 mm v průměru a váží přibližně 0,04 mikrogramu. V těchto kožních shlucích opustí tělo 50 milionů buněk denně (Syrotuck, 2000).

### 3.4.1 Pokožka - Epidermis

Epidermis se dělí na několik vrstev. Počínaje basální vrstvou, která nasedá na basální membránu, přes trnovitou vrstvu, zrnitou vrstvu, světlou vrstvu, rohovou vrstvu (stratum corneum). Epidermis je tvořena buňkami dlaždicového epitelu, dále skrývá několik dalších typů buněk, jako jsou Langerhansovy buňky, Merkelovy buňky, melanocyty, lymfocyty, ale největší část tvoří keratinocyty (Baroni et al., 2012). Ve zdravé epidermis je vyvážený poměr mezi deskvamací a proliferací. V epidermis probíhá syntéza bílkovin, která je regulována vápníkem. Epidermis se neustále obnovuje, obnova všech kožních buněk trvá asi 28 dní (Webb et al., 2004).

Obr. 2: Struktura a popis epidermis

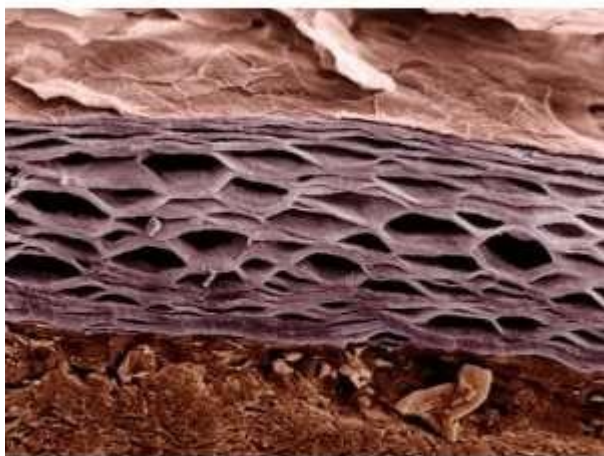


zdroj [www.exbio.com](http://www.exbio.com), upraveno by autor

**Stratum basale** - Basální vrstva a trnovitá vrstva mají schopnost se mitoticky množit a tím vznikají nové diferencované kožní buňky. Basální buňky jsou zodpovědné za kontinuální obnovu epidermis. Ale jen 15% basálních buněk se podílí na tomto procesu, více buněk je zapojeno pouze v případě náhlého poškození epidermis (Blanpain et al., 2006). Nově vzniklé buňky postupně putují vzhůru celou epidermis až na povrch a zde jsou mrtvé odděleny od lidského těla. Během své cesty se mění a vykonávají funkci, která je pro vrstvu, ve které se nacházejí, specifická.

**Stratum corneum** - Její hlavní funkcí je chránit kůži před potenciálními nebezpečími, jako je voda, chemikálie, teplo, bakterie a další vlivy. Jedná se o antimikrobiální vrozenou imunitu. Ochrannou bariéru tvoří corneum. Corneum je tvořeno unikátní směsí lipidů, kyselinami, hydrolytickými enzymy, antimikrobiotickými peptidy a makrofágy. Tyto látky se nachází i v mezibuněčném prostoru stratum corneum (Proksch et al., 2008). Vnější vrstva epidermis (stratum corneum) poskytuje propustnou bariéru (Wertz, 2000, Madison, 2003) tato bariéra působí proti ztrátě vody a soli z kůže a pronikání látek ve vodě rozpustných (Wertz et Bergh, 1988, Bouwstra et al., 2006). Lipidy jsou syntetizovány v keranocytech z meziprojektu metabolismu nebo z esenciálních mastných kyselin dodávaných zvenčí, dále jsou propouštěny do mezibuněčných prostor ve stratum corneum. Epidermální buňky mají schopnost akumulovat tyto lipidy. Keranocyty při své cestě do stratum corneum syntetizují různé strukturální proteiny a lipidy. Epidermální lipidy tvoří pojivo buněk stratum corneum.

Obr. 3: Srtatum corneum

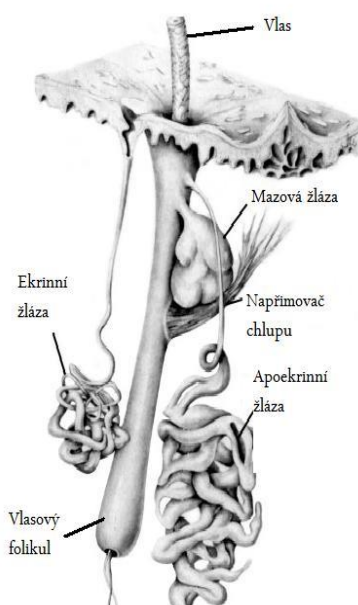


Zdroj [www.allposters.co.uk](http://www.allposters.co.uk)

### 3.4.2 Škára - dermis

Dermis je integrovaný systém vláknité amorfní tkáně, která pojímá nervové a cévní síť, fibroblasty, žírné buňky a makrofágy. V dermis se nachází také kožní žlázy a vlasové folikuly. Je asi 1 - 3 mm silná, její tloušťka závisí na části těla nejtenčí je na očních víčkách (Dokládala et Páč, 1995). Dermis je pevně spojená s epidermis přes bazální membránu. Strukturální komponenty dermis jsou kolagen, elastická vlákna a extrafibrilární matice, dodávají kůži pevnost, tažnost, pružnost. Dermis se skládá z hlavních tří typů buněk - fibroblastů, makrofágů, tukových buněk. Dále se v dermis vyskytují prvky jako kolagen, elastin a glykosaminoglykan.

Obr. 4: Vlasový folikul a kožní žlázy



Převzato z Ramotowski 2001a upraveno

### 3.5 Kožní žlázy

Žlázy mohou být charakterizovány podle morfologie nebo podle způsobu sekrece. Známe čtyři typy kožních žláz. Mazové žlázy můžeme podle způsobu sekrece klasifikovat jako žlázy holokrinní, celá buňka je usmrcena a následně vyloučena v sekretu. Dále máme apokrinní sekreci, vnější část sekreční buňky je odškrcena a vyloučena. Ekrinní vylučování, z buňky je propuštěna kapalina bez rozkladu buňky (Schiefferdecker, 1922). Sato et al., (1987) objevili čtvrtý typ kožních žláz, který se podobal vlastnostmi jak ekrinním žlázám tak apokrinním žlázám. Nedávné studie objev Sato et al.,(1987) potvrdily (Wilke et al., 2003, 2004).



### 3.5.1 Mazové žlázy

Mazové žlázy jsou drobné alveolární žlázy rozmístěné v kůži téměř po celém povrchu těla při vlasových váčcích, do kterých ústí. Mazové žlázy chybí v kůži dlaní a chodidel. Samostatně jsou však vnořeny i na místech, kde není chlupový pokryv (volný okraj rtů, prsní bradavka, glans penis a clitoridis, vnitřní plocha předkožky, apod.). Skládají se zpravidla z několika lalůčků. Do jednoho folikulu může ústít i několik mazových žláz. Velikost mazových žláz není přímo úměrná velikosti vlasového folikulu. Největší žlázy můžeme nalézt v kůži hlavy, hrudníku a obličeje. Člověk má v době narození 100 žláz na 1cm čtvereční. V průběhu života se počet žláz mění. Počet žláz v kůži hrudníku, hlavy a na obličeji může dosahovat až 1000 žláz na 1cm čtvereční. Mazové žlázy vylučují kožní maz (sebum cutaneum), který vzniká rozpadem celých žlázových buněk (holokrinní sekrece). Úkolem mazových žláz je promašťovat chlup a pokožku, a tím ji chránit před potem a vodou a také pomáhá tepelné izolaci (Pochi et al., 1982). Podle některých názorů je část mazu pokožkou vstřebávána. Maz je produkován kontinuálně. Ani časté mytí kožní maz neodstraní. Maz je stále doplňován ale pouze do určité vrstvy, když dosáhne určité úrovně, produkce se zpomalí (Noel et al., 2012). Mazové žlázy jsou přítomny již v prenatálním období, produkují vernix caseosa (Zouboulis et al., 2003). Jedná se o lipidový film, který chrání pokožku embrya před plodovou vodou. Po narození podporuje integritu kožní bariéry (Pilgram et al., 2001, Fluhr et al., 2003) a ovlivňuje folikulární diferenciaci (Selleri et al., 2006, Winiarska et al., 2006).

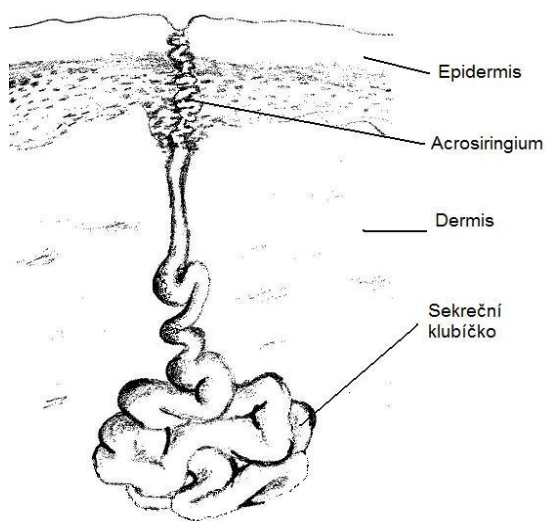
Významným charakterovým rysem mazových žláz je to, že jsou výrazně aktivnější až během puberty (Zouboulis, 2008). Tato schopnost svědčí o tom, že tyto žlázy jsou spojeny s reprodukcí. U některých druhů tyto žlázy uvolňují feromony pro pachovou komunikaci (Mykityowycz et Goodrich, 1974, Ebling et al., 1992). V období puberty stoupá hladina androgenu a začínají se vyvíjet alveolární váčky. Ve stejnou dobu se začínají zvětšovat mazové buňky a plní se kapénkami lipidů a odvodní kanálek se plní mazem (Smith et Thiboutot, 2008). Aktivita žláz je nejspíše řízena hormonálně, podílejí se na tom androgen, progesteron a estrogen. O tom svědčí i to, že u žen v období před menstruačním cyklem dochází ke vzniku akné (Stoddart, 1999).

#### 3.5.1.1 Maz

Mazové žlázy produkují maz bohatý na lipidy. Maz je složený z glyceridů, vonných mastných kyselin, vosků, esterů, skvalenu a cholesterolu. Široká škála sloučenin nalezených v mazu může být ovlivněna jak geneticky, tak stravou. Složení mazu je pozoruhodně druhově specifické (Wheatley, 1956, Nikkari, 1963, Thody et Shuster, 1989). Maz chrání pokožku

před před oxidativním stresem a také keranocyty před UVB zářením. Lipidy mazových žláz vykazují přímé protizánětlivé účinky (Zouboulis et al., 1998, Wrobel et al., 2003, Alestas et al., 2006, Zhang et al., 2006) a antibakteriální aktivitu (Wille et al., 2003). Hydrolýza lidského mazu vede ke vzniku mastných kyselin a množství vonných mastných kyselin. Složení se může měnit, ale v průmětu pouze o 15 - 20% (Ramotowski 2001). Maz může fungovat jako dopravník odorantů na povrch kůže (Kimoto et al., 2005).

Obr. 5: Ekrinní žláza



Obrázek vytvořen autorem

### 3.5.2 Ekrinní žlázy

Ekrinní žlázy jsou na lidském těle vyvinuty již od narození. Lze je nalézt po celém těle kromě rtů a žaludu penisu (Sato et al., 1989). Na celém těle můžeme naléznout 1,6 – 5 milionů potních žláz, jejich hustota je průměrně 200 žláz na 1cm čtvereční, ale jejich počty se liší podle části těla. Nejvyšší hustota potních žláz je na dlaních a ploskách nohou (Piérard et al., 2003). Údaje o počtech potních žláz se v některých studiích zásadně liší (Wilke, 2005). Může to být z důvodu odlišných analytických metod.

Ekrinní žláza se skládá z kanálku o délce 4 - 8 mm, který se dělí na tři části. Epidermální zvlhčenou část nazývanou acrosiringium, dále na dermální část, sestávající z rovného kanálku a stočené části, která se nachází hluboko v dermis.

Vnitřní průměr lumenu acrosiringium je 20 – 60  $\mu\text{m}$ , dermální kanálek má menší průměr než epidermální část, pouze 10 – 20  $\mu\text{m}$  (Hibbs, 1958, Montgomery et al., 1985). Základní funkcí ekrinního kanálku je reabsorbce iontů z primárního potu. Sekreční část se skládá z tubulu 60 - 120  $\mu\text{m}$  vnějšího průměru, 30 - 40 mikrometrů vnitřního průměru. Vnější průměr sekrečního klubička je 500 - 700  $\mu\text{m}$ . V sekrečním klubičku lze nalézt tři typy buněk, průhledné, tmavé a mioepiteliární. Jejich role při sekreci nejsou zcela objasněné (Hashimoto, 1971).

Ekrinní žlázy jsou inervované postgangliovými synaptickými vlákny. Kromě cholinergní inervace, která byla u ekrinních žláz prokázána, reagují také na stimuly adrenergní. Při cholinergní stimulaci je sekrece potu rychlejší (Warndorff et Neefs, 1971, Warndorff 1972, Sato et Sato, 1981).

Různé podněty aktivují specializovaná střediska v CNS (centrální nervové soustavě) ovládající ekrinní pocení. Tyto podněty jsou především tepelné, emociální, chuťové a intelektuální. Hypoglikemie, hypertyreóza a hyperkapnie představují další důležité podněty pro ekrinní pocení. (Piérard et al., 2003) Vylučovací funkce ekrinních potní žláz je ve srovnání s ledvinami zanedbatelná. Přesto, že s potem z těla odchází malé množství škodlivin, nedá se přímo říci, že vylučování škodlivin je přímo funkcí potních žláz. I toto malé množství vyloučených škodlivých látek může lidský pach do jisté míry ovlivnit.

### **3.5.2.1 Ekrinní pot**

Ekrinní pot produkuje hluboko uložená, klubičkovitě stočená žláza. Ekrinní pot je zředěný roztok elektrolitů, jehož primární funkcí je kontrolovat tělesnou teplotu přes mechanismus odpařování (Sato, 1977). Přes to, že pot je primárně složen z vody, předchozí studie ukázaly, že obsahuje různorodé organické (Yokoyama et al., 1991, Al-Tamer et al., 1997) a anorganické sloučeniny (Berglund et McMall, 1973, Bijman et Quinton, 1987). Tyto sloučeniny jsou odvozeny z extracelulární tekutiny. Pot, který je vyloučen, obsahuje látky rozpustné v plasmě. Koncentrace látek v plasmě rozpuštěných se liší mezi jednotlivci, dokonce můžeme pozorovat rozdíly i mezi žlázami. Předchozí studie ukázaly, že ekrinní pot obsahuje širokou škálu metabolitů (Quinton et al., 1999). Je známo, že koncentrace těchto metabolitů se liší v závislosti na fyziologickém stavu jedince. Je velmi složité analyzovat tyto metabolické a biochemické parametry.

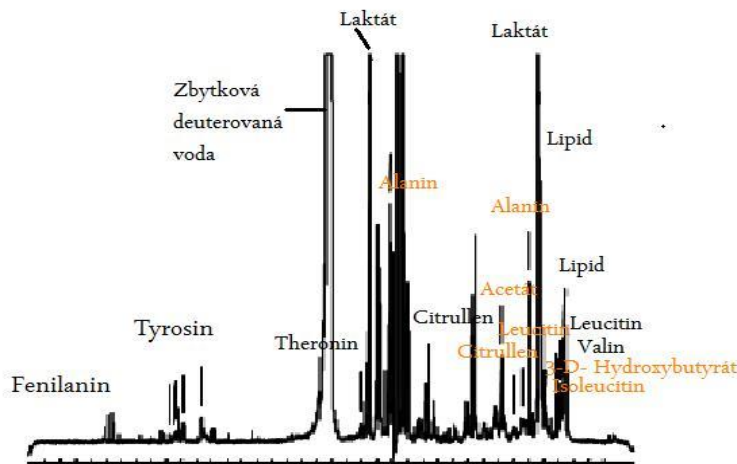
Složení potu se mění s mnoha faktory včetně míry sekrece, tranzitivního času vylučování, činnosti, fyzické zátěže a aklimatizace na okolní teplotu. Množství a složení potu ukazuje na individuální rozdíly modulované v místě těla a čase (Sato et al., 1989).

Je pravděpodobné, že sekreční klubičko vytváří izotonický ultrafiltrát plasmy. Následné změny ve složení vyplývají ze selektivní resorbce iontů. Během transportu potu ze sekrečního klubička na povrch pokožky dochází v tubulu k resorbci iontů, zejména Na<sup>+</sup>. Pot se stává hypotonickým a obsahuje mnohem méně elektrolitů a velmi málo glukózy, naopak laktát je

zde přítomen ve vysokém množství. Pot může obsahovat také malé množství sloučenin klinického významu, jako jsou například drogy a alergeny.

Podle Harker et al. (2006) byli zjištěny tři hlavní skupiny metabolitů. Jedná se o laktát, lipidy a aminokyseliny. Laktát byl hlavním metabolitem nalezeným ve všech potních vzorcích.

Obr. 6: Spektrum lidského potu



Převzato z Harker et al., 2006

V potním vzorku získaném při tepelné stimulaci byla zjištěna několikanásobně menší koncentrace aminokyselin než v potním vrorku získaném po tělesné aktivitě. Tento výsledek získaný ve studii Harker et al. (2006) souhlasí s výsledky získanými ve studii Liappis et al. (1980), dále byli zjištěny konstantní kvalitativní koncentrace aminokyselin s velkými kvantitativními rozdíly mezi jedinci.

Ve stálých podmínkách je aktivita potních žláz přerušovaná. Sekrece potu probíhá v pravidelných cyklech. Je to přibližně 0,3 – 12 aktivních cyklů za hodinu. Tyto cykly se od sebe liší v závislosti na tom, o jakou část těla se jedná, v závislosti na okolnostech a na jedinci. Potní žlázy se v aktivitě střídají, i při nadměrném pocení je aktivních maximálně 50 % žláz ve stejném čase. Tento fakt se ale nevztahuje na palmoplantární regiony, kde je činnost většiny žláz synchronizovaná (Noel et al., 2012).

Tab. 1: Složení ekrinního potu

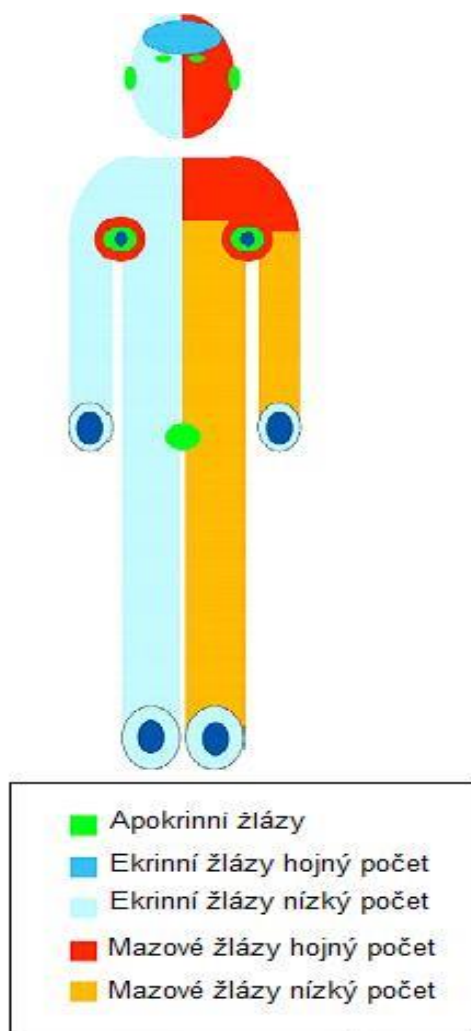
Složení čerstvého ekrinního potu	
Komponenty ekrinního potu podle Noel et al., 2012	Metabolity nalezené v ekrinním potu ve studii Harker et al., 2006
Formate	Kyselina octová
Fenilalanin	Anoniak
Tyrosin	Kyselina máselná
Threonin	Kyselina kaprionová
Laktát	Kyselina citronová
Alanin	Kyselina mravenčí
Lysin	Kyselina mléčná
Valin	Kyselina propionová
Glicin	Močovina
Prolin	Ca <sup>2+</sup>
Citrulen	Cl <sup>-</sup>
Glutamin	Cu <sup>2+</sup>
Acetát	Fe <sup>3+</sup>
Leucin	K <sup>+</sup>
3-D-Hydroxybutyrát	Mg <sup>2+</sup>
Isoleucitin	Na <sup>+</sup>
Lipid (CH <sub>3</sub> -)	Organické elektrolity, Ionty

### 3.5.3 Apokrinní žláza

Apokrinní žlázy jsou vyvinuty již při narození, ale nejsou aktivní. Jejich aktivita začíná až během puberty. Tyto žlázy jsou přítomny pouze na ochlupených částech těla. Z tohoto důvodu je můžeme nalézt hlavně v podpaží, v oblasti genitálií, perineální oblasti a v prsních dvorcích. Žlázy jsou otevřené a ústí do vlasového kanálku. Hustota apokrinních žláz byla studována Sato et al., (1987), kteří našli 8 - 43 jasně apokrinních žláz a 54 apoekrinních na 1cm čtvereční. Počty se liší i v závislosti na původu a pohlaví. Asiáté mají méně apokrinních žláz než kavkazské rasy (Bang et al., 1996) a muži mají méně žláz než ženy (Wundram, 1988).

Vnější průměr tubulu žlázy je 120 - 200 mikrometru, zatím co vnitřní 80 - 100 mikrometrů. Apokrinní kanálek je velice krátký a většinou leží v těsné blízkosti vlasového folikulu (Ackermann, 1997). Sekreční klubičko má vnější průměr 800um a je větší než sekreční

Obr. 7: Umístění kožních žláz na těle



Převzato z Smallegange et al. 2011 a upraveno autorem

folikulů a těmi ústí na povrch kůže. Apokrinní pot je mírně viskózní mléčná tekutina bohatá na lipidy, dusík, mléčnany a různé ionty. Apokrinní pot obsahuje velké množství bílkovin (Froebe et al., 1990, Jacoby et al., 2004), dále bezpaché steroidy, například dehydroepiandrosteron (DHEA), androsteron, testosteron a jejich odpovídající sírany (Toth et Faredin, 1985). Nicméně apokrinní pot nelze s jistotou určit, jelikož ústí do vlasového kanálku spolu s mazovou žlázou.

klubičko ekrinní žlázy. Můžeme v něm nalézt dva typy buněk, sekreční a mioepitelární. Myoepitelární buňky jsou jasně vyvinuty, ale funkce není zcela objasněna. Sekreční buňky se mohou lišit velikostí i tvarem, souvisí to s jejich sekreční činností. Jádro sekrečních buněk je uloženo blízko bazální membrány. Buňky jsou plné mitochondrií a různých granul.

Žláza reaguje na emociální podněty, jako je úzkost, bolest, vzrušení. Sekrece je řízena adrenergně přes adrenalin a noradrenalin. Dosud nebylo objasněno, zda k aktivaci dochází inervací nebo cirkulujícími katecholaminy. Adrenergní receptory zatím nebyly v oblasti lidských apokrinních žláz nalezeny.

### 3.5.3.1 Apokrinní pot

Apokrinní pot je tvořen uvnitř velkých žláz umístěných hluboko v dermis a podkoží. Vývod vede do sousedních vlasových

### **3.5.4 Apoekrinní žláza**

Jedná se o žlázu smíšeného typu. Poprvé byla popsána v roce 1987. Stejně jako apokrinní žlázy je můžeme najít v podpaží, v oblasti genitálií, perineální oblasti a v prsních dvorcích (Putte, 1991). Předpokládá se, že se tyto žlázy vyvíjí v období puberty z ekrinních žláz, tím se podílí na klesání počtu ekrinních žláz s věkem. Podle odhadů může být až 50% žláz v axilární oblasti apokrinních. Typickým morfoloogickým znakem je nepravidelnost tubulu. V apokrinní žláze můžeme naleznout myoepitelární buňky, apokrinní sekreční buňky a ekrinní sekreční buňky. Apoekrinní žlázy vykazují kontinuální sekreci tekutin srovnatelnou s ekrinní potní žlázou. Zajímavé je, že mají větší schopnost reagovat na cholinergní aktivaci stejně jako na adrenergní podněty, než ostatní žlázy. Celková míra aktivity apoekrinních žláz je vyšší než u jiných typů, což naznačuje, že může značně přispívat k pocení (Sato et al., 1987, Sato et Sato, 1987).

#### **3.5.4.1 Apoekrinní pot**

Apoekrinní žlázy vylučují vodnatý roztok stejně jako ekrinní žlázy, je možné, že se apoekrinní pot podobá složením právě ekrinnímu. Při rozboru izolovaných apoekrinních žláz (Sato et al., 1987) byly výsledky složení potu podobné potu ekrinnímu. Až dosud ale složení nebylo přesně objasněno, protože při sběru potních vzorků z axilární oblasti není možné rozlišovat typy žláz.

## **3.6 Složení kožní mikroflóry**

Od roku 1950 je známa teorie, že metabolická aktivita mikroorganismů na povrchu kůže je zásadní pro rozvoj tělesného pachu (Shelley et al., 1953). Generace zápachu na různých místech těla je způsobena mikrobiální biotransformací přírodních sekretů z povrchu těla do těkavých zapáchajících molekul. Výrazný zápach vychází zejména z podpaží, kde si velká a stálá populace mikroorganismů libuje v sekretech všech kožních žláz. Mikrobiologické studie nás informovali, že tuto oblast obývají gram pozitivní bakterie rodu *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Corynebacterium* a *Propionibacterium*. Z většiny dostupných důkazů vyplývá, že *Corynebacterium* jsou hlavními původci axilárního zápachu a že hlavní pachové substráty pocházejí z apokrinních žláz (James et al., 2013). Naopak u jedinců s převahou stafylokoků v axilární oblasti byli hladiny pachu nízké (Taylor et al., 2003). Složení bakteriální komunity v axilární oblasti je velice rozmanité v porovnání mezi různými osobami, dokonce i nepatrné rozdíly lze pozorovat mezi pravým a levým podpažím téhož jedince (Kuhn et Natsch, 2009).

Lidská kůže může být kolonizována různými druhy kožních bakterií, protože nabízí fyziologicky odlišná prostředí. Mastná kůže, jako v oblasti vnějšího zvukovodu, nabízí nejvhodnější prostředí pro propionibakterie a stafylokoky, suchá kůže je nejvhodnější pro Beta-proteobakterie a flavobakterie (Grice et al., 2009).

Trasy generování komponentů z kožních sekretů stále ještě nejsou dobře vysvětlené. Ale bylo prokázáno, že bakteriální komunity na generování pachových steroidů pracují společně (Austin et Ellis, 2003). Bakterie nalezené v lidském podpaží musí působit vzájemně pro efektivní biotransformaci.

### **3.7 Analýza VOC kožních sekretů**

Již v minulých letech proběhly testy kožních sekretů s cílem objasnit základní interakce mezi tělem a pachem (Natsch et al., 2006). Některé se soustředily spíše na oblasti s apokrinními žlázami a některé na oblasti bez apokrinních žláz. Analýzy přinesly mnoho různorodých výsledků, některé se shodovali, jiné ne. Pro analýzy bylo použito mnoho různých metod i absorpčních materiálů. Ale i přes rozsáhlé analýzy kožních sekretů, tyto informace nemusí vypovídat o složení lidského pachu.

Bylo prokázáno, že různé typy materiálů včetně kovů, gázy, papíru i plastu jsou schopné udržet lidský pach po kontaktu s jedincem. Vysoká míra diferenciace byla získána SPME-GC/MS analýzou VOC přítomných v lidském pachovém vzorku odebraném z rukou i z jiných částí těla (Curran et al., 2010). Gravimetrická analýza také ukázala, že lidský pach odebraný na gázu je schopen přetrvat až 3 měsíce. Lidská kůže uvolňuje řadu těkavých metabolitů různého biologického původu a spolu s působením bakterií přispívá k různým pachům (Gallagher et al., 2008). Těkavé organické sloučeniny, které jsou uvolňovány z kůže a přispívají k osobitému tělesnému pachu, mohou poskytovat informace o metabolických procesech.

V současné době je velký zájem o složení lidského pachu získaného z rukou. Důvodem je fakt, že rukama v běžném životě přicházíme do styku s nejvíce předměty. Rozsáhlý průzkum VOC identifikovaných v pachových vzorcích odebraných z rukou a analyzovaných pomocí SPME-GC/MS byl proveden Curran et al. (2007) pro stanovení složek lidského pachového profilu. Ze vzorku bylo identifikováno 63 různých sloučenin. Jednalo se o kyseliny, alkoholy,



aldehydy, uhlovodíky, estery, ketony a uhlíkaté látky. Většina látek (79,3%) byla přítomna u méně než jedné třetiny testovaných jedinců.

Pach rukou se skládá z ekrinních a mazových sekretů bakteriálně degradovaných. 15 z 63 extrahovaných látek byly aldehydy, z nichž některé byly identifikovány jako produkty oxidativní degradace komponentů mazových žláz (Curran et al., 2007).

Podle některých pokusů a analytického měření byla v ekrinním potu zjištěna komplexní směs těkavých organických látek včetně uhlovodíků, alkoholů, karboxylových kyselin, ketonů a aldehydů (Bernier et al., 2000). V tomto případě se jednalo o odběr z rukou za použití skleněných korálků.

Bernier et al. (2000) při své studii objevili 303 standardních látek obsažených ve vzorku, 43 neznámých. Z 303 látek obsažených ve vzorku bylo 26 identifikováno jako pachy pozadí a 277 látek jako kandidáti na VOC pocházející z lidské kůže a také jako komáří atraktanty. Jelikož komáři se orientují podle pachu potu a lidský pach je vodítkem k potravě. V tomto ohledu jsou komáři vybíraví, některé pachy preferují více než jiné.

Axilární oblast obsahuje ekrinní, apokrinní a mazové žlázy. Podle některých názorů je charakteristický pach axilární oblasti tvořen bakteriálními reakcemi, které pocházejí z apokrinních žláz. Oblast podpaží je charakteristická vlhkým a mastným prostředím, obsahujícím převážně bílkoviny, steroidní deriváty, cholesterol, squalen a široké spektrum lipidů. Tyto látky jsou vylučovány všemi žlázami, některé z nich jsou stimulovány emočním stresem. Analýzy axilární oblasti se týkali jak složení axilárního potu, tak analýzy bakteriálního složení. Srovnáním vzorků mužského a ženského podpažního potu byly získány kvalitativní podobnosti VOC, což naznačuje podobný původ a mechanismus vzniku (Zeng et al., 1996).

Každodenní zkušenost říká, že VOC pocházející z těchto oblastí výrazně přispívají k lidskému tělesnému pachu. Některé studie ukazují, že VOC z axilární oblasti mohou obsahovat chemické signály, které ovlivňují menstruační cyklus (McClintock, 1978) nebo pachovou preferenci při výběru partnera (Wedeking et al., 1995). Od průkopnické práce Shelley et al. (1953) je známo, že typický silný pach je nejspíš produkován apokrinním sekretem, který je degradován kožními bakteriemi na zapáchající látky. V lidském podpaží můžeme najít stafylokoky a korynebakterie v hojných počtech (Leyden et al., 1981).

Analýzy axilárního pachu mužů i žen prokázaly přítomnost nenasycených kyselin s rozvětveným řetězcem o délce C6 až C11, které významně přispívají ke vzniku lidského pachu. Jako hlavní odorant byla identifikována (E)-3-methyl-2 hexenová kyselina. Dále byly analyzovány nenasycené 2-methyl-C6-C10 kyseliny, 4-ethyl-C5 až C11 kyseliny, které se také důležitou měrou podílí na vzniku pachu (Zeng et al., 1991, 1996).

Dále byla nalezena (R)-3-hydroxy-3-methyl hmotnostní kyselina hexanová (Natsch et al., 2003) dále R/S-3-methyl-3-sulfanylhexan-1-ol , R/S-3-Sulfanylhexan-1-ol (Hasegawa et al., 2004, Natsch et al., 2004, Troccaz et al., 2004). Tyto látky nejsou vylučovány v těchto formách, ale jsou vylučovány jako glutamin-N-alfa-konjugáty a cystein-S-konjugáty a uvolňovány působením kožních bakterií. Detailní analýza potních vzorků získaných od různých dárců zjistila, že všechny vzorky obsahují charakteristické sloučeniny, ale v různém množství (Akutsu et al., 2006, Natsch et al., 2006, Troccaz et al., 2009). Tyto konjugáty byly také zjištěny v lidském mléce. Můžeme předpokládat, že hrají důležitou roli v komunikaci mezi matkou a dítětem. Zatím co jejich koncentrace v mléce je menší než v axilárním potu, dopad látek uvolněných z těchto konjugátů může být velký za předpokladu, že budou pachové látky z těchto konjugátů uvolněny (Hartmann et al., 2012). Látky nalezené v lidském mléce, mlezivu a plodové vodě potvrzují hypotézu, že všechny lidské sekrety jsou částečně specifické pro každého jedince (Kuhn et Natsch 2009). Natsch et al ve své studii axilární oblasti byl schopen extrahovat 28 těkavých karboxylových kyselin uvolněných z lidského potu a označili je jako hlavní složky lidského pachu.

Penn et al. (2007) provedl velkou analýzu axilárního sekretu na 197 subjektech. Odběr probíhal jednou za 14 dní a pětkrát se opakoval, subjekty byli řádně poučeny o zásadách hygieny před odběrem a po dobu probíhající studie. Po odběru byl vyplněn subjektem dotazník týkající se stravy, léků atd. Kromě hygienických zásad nebyly subjekty nijak ve svých aktivitách omezovány. V rámci výzkumu byly sestaveny rodokmeny pro zjištění případné příbuznosti. Pokud odebrané vzorky poukazovali na kontaminaci, byly vyřazeny. Pro porovnání byly odebírány i sliny a moč. Z výzkumu bylo vyřazeno celkem 20 vzorků z celkového počtu 985. Zbýlých 965 vzorků bylo analyzováno a z výsledků byly sestaveny grafy.

Byly zkoumány podobnosti v rámci jednotlivců a rozdíly v rámci pohlaví. Bylo zjištěno, že axilární pot je bohatší na VOC než moč a sliny. Podle výsledků analýzy bylo zjištěno, že není látka, která by se u všech jedinců vyskytovala ve stejném složení i množství. Podle Penn et al. (2007) existují „značkovací“ látky, které mohou potencionálně odlišovat skupiny nebo jednotlivce. V axilárním potu bylo analyzováno 373 složek potu. Podle výsledků mají někteří jedinci více charakteristický pach než jiní. Dále bylo zjištěno, že příbuzní jedinci mají více podobný pach, než jedinci vzájemně nepříbuzní. Tato informace dále napovídá o genetickém řízení tvorby lidského pachu. Také bylo zjištěno, že některé sloučeniny se všeobecně objevují v potu jednoho pohlaví se neobjevují v potu druhého pohlaví. Díky tomuto zjištění podle analýzy potu lze stanovit, jestli subjektem byl muž nebo žena.

Podle analýzy Munk et al. (2000) primární složky lidského pachu jsou při praní beze zbytků odstraněny. Po vyprání jsou dále přítomny tyto látky: estery (ethyl-2-methylpropanoate a ethylbutanoate), ketony (1-hexen-3-on a 1-en-3-on), aldehydy ((Z)-4-heptenal, octanal, (E)-2-octenal, methional, (Z)-2-nonenal, (E, Z)-2,6-nonadienal, (E, Z) -2,4-nonadienal, (E, E) -2,4-decadienal a 4-methoxybenzaldehyd).

Jednalo se o studii, při které pro odběr axilárního potu byla použita bavlněná trička, která absorbovala pot a následně byla vyprána v pračce. Dále byly zbytkové látky, nalezené i po vyprání, analyzovány. Na rozdíl od organických kyselin, které jsou považovány za dominantní odoranty v lidském axilárním potu, po vyprání zjištěny nebyly.

Ve své studii se Gallagher et al. (2008) zabývali nejen analýzou kožních VOC ale i VOC pocházející z prostředí a mýdla. Podle těchto výsledků, můžeme odhadnout, které složky VOC jsou primární, které sekundární a které jsou terciární.

Někteří jedinci mají problémy se zápachem nohou. Jejich pach je mnohdy silnější a pronikavější než běžný pach. V pachu nohou byl zjištěn hojný výskyt mastných kyselin včetně kyseliny octové, máselné a izomáselné, dále kyselina propionová a velorová. A právě krátké mastné kyseliny jsou podle Kanda et al. (1989) hlavními odoranty přítomnými v plantární oblasti.

### 3.8 Analýzy VOC v moči

Sběr a analýza moči na přítomnost určitých látek je v současné době běžnou praxí i při nejběžnějších klinických vyšetřeních. Z látek přítomných v moči lze diagnostikovat mnoho nemocí nebo přispět k jejich odhalení.

Ale jen velmi ojediněle se můžeme setkat s diagnostikou pomocí plynů uvolňujících se z moči. Zprávy o profilu těkavých látek v moči se datují až od roku 1970. Tyto testy prováděli například Zlatkis et al. (1981). Studovali některé těkavé metabolity v lidské moči, jako jsou například 2-butanol, 2-pentanol, 4-heptanone, dimethyl disulfid, alkan furany, pyrrol a karvon. Jedná se o VOC v moči zdravých jedinců. Dále byly provedeny analýzy VOC v moči jedinců s diagnózou diabetes melitus, kteří si aplikovali inzulin a následně porovnány s VOC zdravých jedinců. Bylo zjištěno, že nemocní jedinci měly některé sloučeniny ve zvýšené koncentraci, například piraniny, cyklohexanon a některé naopak v nižší koncentraci, například alifatické alkoholy a octanol (Liebich, 1975).

Kombinace a množství VOC v moči tedy také mohou poskytnout informace o metabolických poruchách v organismu. Bohužel i v současné době je jen velmi málo informací o charakteristických VOC v moči zdravých jedinců. Zlatkis et al. (1981) ve své studii porovnávali výsledky VOC analýzy zdravých jedinců a jedinců s diabetem melitus a zjistili velké koncentrační rozdíly v některých sloučeninách.

### 3.9 Analýzy VOC v dechu

V posledních letech roste zájem o informace o sloučeninách obsažených v lidském dechu a to zejména pro lékařské účely. Bylo zjištěno, že 90% sloučenin obsažených v lidském dechu pochází z ústní dutiny a zbylých 10% pochází z distálních bodů trávicího a dýchacího systému (Feller et al., 2005). Složení VOC v dechu se velice liší mezi jedinci, rozdíly jsou jak kvalitativní, tak kvantitativní (Ligor, 2008). Je to převážně směs dusíku, kyslíku, oxidu uhličitého, vody a inertních plynů. Jako endogenní složky v lidském dechu a jeho kondenzátu byli nalezeny VOC, jako například isopren, ethan, pentan a aceton a dále netěkavé látky jako isoprostany, peroxyinitrin a cyokiny (Miekisch, 2008). Některé VOC mohou pocházet z tělních procesů, ale také to mohou být kontaminanty z prostředí. Přestože VOC zjištěných v lidském dechu je více než 1000, většina z nich jsou identifikovatelné. Mezi VOC zjištěné v dechu a společně pro více jedinců patří isopren, aceton, ethan a metanol. Ve snaze poskytnout kompletní profil VOC sloučenin v dechu byla prokázána široká škála mastných kyselin, včetně nenasycených mastných kyselin s řetězcem C14 a C6-C10 a také aldehydy.

I v těchto vědeckých pokusech jsou značné rozdíly ve výsledcích (Cao et al., 2006). Většinou jsou způsobeny rozdílnými analytickými postupy. Problematikou je nízká koncentrace sloučenin ve vydechovaném vzduchu a problémy se zkoncentrováním sloučenin pro analýzu. Vědci jsou stále nuceni vymýšlet jiné způsoby odběru a následně metody analýzy.

### **3.10 Genetický vliv na podobu lidského pachu**

Bylo zjištěno, že velikost a počet apokrinních žláz se liší mezi různými etnickými skupinami. I proto je pravděpodobné, že vývoj lidského pachu je z velké části řízen geneticky.

Můžeme pozorovat rozdíly mezi axilárním pachem bělochů, Afričanů a Asiatů. Afričané a běloši mají obecně silný axilární pach na rozdíl od Asiatů. Asiáté mají pouze slabou axilární vůni. Vzhledem k tomuto rozdílu, bylo provedeno několik studií na toto téma a následně byl zjištěn vliv genu ABCC11. Tento gen kóduje apikální efluxní pumpu a je zásadní pro tvorbu charakteristického pachu. (SNP)single-nukleotide polymorphism 538G>A vede k téměř úplné ztrátě typických pachových složek v potu. Tvorba aminokyseliných konjugátů (lidských specifických odorantů) ustává, pokud je SNP homozygotní a přítomnost steroidů v axilárním potu výrazně klesá. SNP 538G je v asijské populaci hojně rozšířen, jedná se až o 95%. SNP 538G také určuje typ ušního mazu. SNP,538G>A, v ABCC11 vede k G180R substituci v příslušném proteinu = suchý ušní maz (Martin et al., 2010). A je zajímavé, že podle Adachi (1937) jsou vlastnosti ušního mazu propojeny se silou axilárního pachu.

ABCC11 je znám ve funkci řízení dopravy lipofilních aniontů (Chen et al., 2005, Kruh et al., 2007) včetně cyklických nukleotidů, estradiolů a steroidních sulfátů.

ABCC11 má nejspíš důležitou roli v přepravním procesu axilárních pachových molekul. Pro ověření byl na toto téma vypracován pokus.

Pokus se týkal 25 dobrovolníků, kteří byli testováni na ABCC11 genotyp. Těmto subjektům byly připevněny bavlněné polštářky do podpaží, dále byli vystaveni 30 minutové fyzické aktivitě. Z odevzdaných vzorků byly stanoveny hladiny VOC.

Dále, byl proveden odběr kožní mikroflóry z axilární oblasti pomocí seškrabu. Ve vzorcích kožní mikroflóry byly zjištěny stafylokoky, korinebakterie a propinobakterie.

Podle přiřazení výsledků vzorků ke genotypu a statistického vyhodnocení nebyly zjištěny žádné zásadní rozdíly v kožní mikroflóře. U vzorků potu byla provedena kvalitativní a kvantitativní analýza VOC pomocí chromatografu a hmotnostní spektrometrie. Ve vzorcích

axilárního potu, byly zjištěny zásadní rozdíly spjaté s genotypem jedince. Ve vzorcích jedinců s genotypem AA byli všechny konjugáty pod detekčním limitem na rozdíl od AG heterozygotů a GG homozygotů. Tyto výsledky znamenají, že ABCC11 genotyp má zásadní vliv na sekreci aminokyseliných konjugátů v příslušné axilární oblasti. Dále byly analyzovány všechny složky axilárního potu různými analytickými metodami a výsledky ukázaly, že všechny látky byli u AA homozygotních jedinců svým množstvím pod limitem narozdíl od ostatních genotypů. Pouze testosteron byl u všech genotypů na stejné úrovni.

Rozborem kůže z různých oblastí bylo zjištěno, že ABCC11 je přítomen ve tkáni apokrinálních potních žláz. Je zajímavé, že imunohistochemickými řezy byly zjištěny mírné morfologické odlišnosti apokrinálních žláz jedinců s genotypem AA homozygotů od ostatních genotypů.

Dopad ABCC11 genu na vlastnosti ušního mazu a mleziva byl dokázán již dříve (Yoshiura et al., 2006, Miura et al., 2007). Na základě analýzy u axilárních potních vzorků různých ABCC11 genotypů, bylo dokázáno, že ABCC11 je přímo nezbytný pro sekreci charakteristických látek, které přispívají k axilárnímu pachu. Má zásadní význam pro sekreci aminokyseliných konjugátů (3M2H-Gln, HMHA-Gln a Cys-Gly-(S), 3M3SH) které jsou prekurzory klíčových tělesných pachů (3M2H, HMHA a 3M3SH). Z analýzy vyplynulo, že jedinci AA homozygoti mají tyto látky výrazně nižší. Zajímavé je, že se to netýká aminocyklázy (s rovně větveným řetězcem), kyseliny 3hydroxihexanové a 3hydroxiheptanové, které jsou známé jako beta-oxidační metabolity.

Několik autorů prokázalo, že funkční ABCC11 přepravní protein je schopen dopravovat DHEAS (Chen et al., 2005, Kruh et al., 2007). Je tedy možné, že nefunkční ABCC11 přepravní protein vede k poklesu DHEAS a DHEA v apokrinálním potu, což může snížit bakteriální produkci vonných steroidů. DHEA a jeho sulfátový derivát DHEAS je prekurzorem bakteriálního metabolismu, který vede k tvorbě 5alfa-androst-16-en-3on v axilárním potu (Labows et al., 1979, Gower et al., 1997). Nefunkční ABCC11 vede také k poklesu bílkovin v axilárním potu. ABCC11 má širokou substrátovou specificitu pro různé lipofilní látky (Guo et al., 2003, Kruh et al., 2005). Je také možné, že ABCC11 ovlivňuje funkci i strukturu apokrinálních žláz. ABCC11 protein může mít úlohu v zásobování žláz látkami pro další metabolismus od mioepitelárních do sekrečních buněk apokrinální potní žlázy (Aumuller et al., 1999, Saga, 2001).

Podle Hartmann et al. (2012) apokrinní mlezivový sekret z prsních žláz je také spojen s typem ušního mazu. Bylo zjištěno, že Asiatky neprodukuje mlezivo (Miura et al., 2007), mají suchý ušní maz a jsou recesivního genotypu. Bylo prokázáno propojení mezi genem ABCC11 a axilárním pachem (Nakano et al., 2009, Martin et al., 2010). Tyto důkazy ukazují, že sekrece konjugátů je řízena geneticky a že klostrum obsahuje specifické molekuly, které jsou vylučovány i v jiných sekretech.

### **3.11 Vliv MHC genů na lidský pach**

MHC je označení několika typů glykoproteinových komplexů nacházejících se na vnější straně cytoplazmatické membrány všech jaderných buněk. Jejich úkolem je vázat na sebe peptidy pocházející z metabolických reakcí buněk. Po navázání peptidů je MHC prezentuje T-lymfocytům, buňkám imunitního systému, čímž je dosaženo specifické imunitní odpovědi. MHC geny se u člověka nacházejí na šestém chromozomu, někdy se také tyto geny značí HLA. MHC se dělí na tři třídy. MHC třídy I na sebe váže peptidy o délce 8 - 9 aminokyselin (peptidy endogenního původu), MHC třídy II na sebe váže peptidy o délce 11 a více aminokyselin (peptidy exogenního původu). Ke genům MHC třídy I patří HLA-A, HLA-B, HLA-C. Jako HLA-D (DP, DQ, DR) se označují geny MHC třídy II.

Jedná se o gen, který má velice polymorfní lokusy, které řídí imunitní reakce některých obratlovců (Penn, 2000). MHC je nejdůležitější část genomu vzhledem k odolnosti jedince (Horton et al., 2004). MHC geny hrají hlavní roli v imunitním systému a v reakcích na širokou škálu infekčních a autoimunitních reakcí, určují odolnost i citlivost na některé látky (Apanius et al., 1997) také ovládají tkáňovou reakci štěpu. MHC je nejvíce polymorfní gen, což je důvod proč nepříbuzní dárci mají jen zřídka kdy shodnou tkáň, tedy tkáň, která by nevyvolala imunitní reakci a následné vypuzení z těla. Je zde stále spousta nejasností o tom, jak přírodní výběr vede k těmto extrémním polymorfizmům. Mnoho důkazů naznačuje, že MHC je také zodpovědný za pach jedince (Yamazaki et al., 1998). MHC kontroluje produkci těkavých látek obsažených v pachu.

Hlavní otázkou je jak tento proces probíhá. K dispozici máme několik teorií.

1. MHC geny mohou působit jako nosiče pro VOC (Pratt et al., 1999, Singh et al., 1999).
2. Metabolity MHC vázaných peptidů mohou být zdrojem odorantů (Singer et al., 1997).
3. MHC geny mohou za pach nepřímo, formují pouze kožní mikroflóru (Howard, 1977, Schellinch et al., 1993).

### **3.11.1 Vliv MHC na párovou preferenci**

Většina důkazů ukazuje, že samice mohou zvýšit životaschopnost svých potomků selektivním pářením s některými samci (Promislow et al., 1998). Například u myši domácích bylo pozorováno, že pokud si samice mohly vybrat samce samy, produkovali životaschopnější potomstvo, než samice, které se pářily řízeně s náhodně vybranými samci (Drickamer et al., 2000)

S MHC geny je také spojován přirozený výběr partnera pomocí pachových preferencí. Stále více důkazů naznačuje souvislost mezi volbou partnera, pachem a genetickou variabilitou. Na téma funkce MHC genů ve výběru partnera bylo provedeno mnoho experimentů. Výsledky pokusů se velice často lišily. Mechanismus, jakým MHC ovlivňuje sexuální výběr, je předmětem širokých diskusí. U myši peptidové ligany MHC aktivují podmožiny vomeronasálních a čichových neuronů a tyto peptidy působí na výběr partnera. Milinski et al. (2013) zkoumali, zda tento mechanismus působí i na člověka. Pomocí magnetické rezonance bylo zjištěno, že peptidy konkrétně aktivují oblast pravého a středního frontálního kortexu. Tyto výsledky naznačují, že i přes absenci vomeronasálního orgánu, má člověk schopnost detekovat a vyhodnocovat MHC peptidy obsažené v tělesném pachu.

Podle Rich et Hurst (1999) samice myši domácích dávají při výběru partnera přednost kvalitě hnízdiště před kvalitou samce. Potts et al. (1994) navrhli, že pokud se samice páří v exteriitoriálním území, hledá samce s MHC geny odlišnými od vlastních. Některé studie potvrdili závislost výběru partnera na MHC genech (Yamazaki et al., 1988), jiné studie nenašli pro tyto souvislosti žádné důkazy (Eklund et al., 1991).

Podle studie Wedekind et al. (1995) dávají ženy přednost vůni mužů, kteří mají MHC geny odlišné od jejich. Na toto téma provedli T-Shirt test, který testoval pachové preference 49 žen a 44 mužů. Muži měli na sobě bavlněné tričko po dvě noci a ženy pak hodnotili příjemnost přítomných pachů. Ženy dávali přednost pachům mužů, kteří měli MHC geny odlišné.



Naopak pach mužů s MHC geny podobnými hodnotící ženě byl označován za nepříjemný. Pokud hodnotící žena používala hormonální antikoncepci, její preference pachů byli přesně opačné.

Pokud vezmeme v úvahu, že MHC geny opravdu ovlivňují výběr partnera, existuje několik teorií pro důvod tohoto výběru.

1. Zvýšená heterozygotnost potomstva = zvýšená odolnost proti infekčním chorobám jako je HIV (Carrington et al., 1999) a hepatitida (Thurz et al., 1998).

Ale experimenty na myších tuto odolnost proti nemocím nepotvrdili (Apanius et al., 1997).

2. Pachová preference závislá na MHC může poskytnout obranu proti rychle se přizpůsobujícím parazitům, kteří se rychle adaptují na hostitelské MHC (Penn et al., 1999).

3. MHC závislé párové preferenci mohou fungovat z důvodu zabránění imbreedingu (Potts et al., 1994, Brown 1994).

Podle funkcí MHC je pravděpodobné, že MHC vliv na výběr partnera může zvýšit nebo optimalizovat množství nevlastních antigenů, které dokáže tělo rozpoznat a tím zvýšit odolnost těla vůči patogenům (Penn et al., 1999, Milinski et al., 2006). Nebo také může přispívat k minořádnému polymorfizmu pozorovanému na MHC lokusech (Parhan et Ohta, 1996). Nebylo prokázáno, že pach hraje klíčovou roli při výběru partnera. Z doposud provedených studií vyplývá, že lidé jsou schopni používat MHC pachové preference při výběru partnera ale tato schopnost je využívána pouze v určitých komunitách a etnických skupinách. Této hypotéze nasvědčuje i testování HLA u manželských párů různých etnických skupin.

Ve studii Chaix et al. (2008) bylo zjištěno, že evropské a americké manželské páry mají MHC více odlišné, než při náhodném výběru partnera. Naopak Africké manželské páry měli MHC více podobné než při náhodném výběru partnera. Nicméně další analýza ukázala, že potomci těchto MHC odlišných manželských párů se neukázali jako MHC rozmanitější, než při náhodném výběru partnerů. To naznačuje, že sociodemografické faktory u afrických párů mohou být důležitější než biologické faktory pro výběr partnera.

Modifikace lidského pachu v důsledku infekce jako potencionální signál pro výběr partnera dosud nebyla podrobně studována. Přesto, že by mohl hrát důležitou roli zejména pro

sexuálně přenosné choroby, právě pro to, že tyto infekce nemají žádné zjevné vnější projevy. Ve své studii Mashkin et al. (2013) zkoumali pach mladých mužů nakažených kapavkou. Shromáždil axilární pot a sliny zdravých mladých mužů (17 – 25 let), celkem 16 osob a pot a sliny mladých mužů nakažených kapavkou, celkem 13 osob. Pach potu posuzovaly mladé ženy (17 – 20 let). Podle vyhodnocení výsledků bylo zřejmé, že pach infikovaných mužů byl označován jako méně příjemný v porovnání se zdravými jedinci. Pach infikovaných mužů byl označen jako hnilý zápach. Ve slinách byly měřeny hladiny kortisolu, testosteronu, imunoglobulinu a imunoglobulinu G. Pach mužského potu koreloval s koncentrací nespecifických slinných imunoglobulinů a imunoglobulinů G.

## 4 Závěr

Lidská kůže uvolňuje řadu těkavých metabolitů různého biologického původu a spolu s působením bakterií přispívá k různým pachům (Gallagher et al., 2008). Těkavé organické sloučeniny, které jsou uvolňovány z kůže, přispívají k osobitému tělesnému pachu a mohou poskytovat informace o metabolických procesech.

Složení lidského pachu je dáno řadou okolností, které mají různý vliv na konkrétního člověka. Pach jednotlivce se může měnit v závislosti na celé řadě faktorů (Penn et Potts, 1998, Ackerl et al., 2001, Singh et Bronstad, 2001) ale i přes tyto změny si zachovává něco jedinečného a neměnného. Podle některých názorů ho ovlivňuje věk, rasa, pohlaví, způsob života včetně charakteru přijímané potravy, nemoci, požívání léků, pracovní a životní prostředí, konzumace tabákových výrobků, alkoholu, drog a používání kosmetických přípravků. Tvorba zápachu na různých místech těla je způsobena mikrobiální biotransformací přírodních sekretů z povrchu těla do těkavých organických molekul. Výrazný zápach vychází zejména z podpaží, kde si velká a stálá populace mikroorganismů libuje v sekretech všech kožních žláz. Mikrobiologické analýzy ukázali, že tato oblast je obývána gram pozitivními bakteriemi rodu *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Corynebacterium* a *Propionibacterium*. Z většiny dostupných důkazů vyplývá, že *Corynebacterium* jsou hlavními původci axilárního zápachu a hlavní pachové substráty pocházejí z apokrinálních žláz (James et al., 2013). Naopak u jedinců s převahou stafylokoků v axilární oblasti byli hladiny pachu nízké (Taylor et al., 2003). Bylo zjištěno, že velikost a počet apokrinálních žláz se liší mezi různými etnickými skupinami. I proto je pravděpodobné, že vývoj lidského pachu je z velké části řízen geneticky. Můžeme pozorovat rozdíly mezi axilárním pachem bělochů, Afričanů a Asiatů. Afričané a běloši mají obecně silný axilární pach na rozdíl od Asiatů. Asiaté mají pouze slabou axilární vůni. Vzhledem k tomuto rozdílu, bylo provedeno na toto téma několik studií a následně byl zjišťován vliv genu *ABCC11*.

Stále více důkazů naznačuje souvislost mezi volbou partnera, pachem a genetickou variabilitou. Dále některé důkazy naznačují, že se na lidském pachu podílí i MHC geny. Podle funkcí MHC je pravděpodobné, že MHC má vliv na výběr partnera. Může zvýšit nebo optimalizovat množství nevlastních antigenů, které dokáže tělo rozpoznat a tím zvýšit odolnost těla vůči patogenům (Penn et al., 1999, Milinski et al., 2006). Nebo také může přispívat k minořádnému polymorfizmu pozorovanému na MHC lokusech (Parhan et Ohta, 1996). Na téma funkce MHC genů ve výběru partnera bylo provedeno mnoho experimentů.

Výsledky pokusů se velice často lišily. Mechanismus jakým MHC ovlivňuje sexuální výběr je předmětem širokých diskusí. U myši peptidové ligandy MHC aktivují podmnožiny vomeronasálních a čichových neuronů a tyto peptidy působí na výběr partnera (Milinski et al., 2013). Modifikace lidského pachu v důsledku infekce dosud nebyla podrobně studována jako potencionální signál, pro výběr partnera. Přesto, že by mohl hrát důležitou roli zejména pro sexuálně přenosné choroby, právě pro to, že tyto infekce nemají žádné zjevné vnější projevy. Ve své studii Mashkin et al. (2013) zkoumali pach mladých mužů nakažených kapavkou. Výsledky jejich studie podporují hypotézu výberu partnera na základě lidského pachu. V současné době většina studií podporuje teorii, že individuální lidský pach je řízen částečně geneticky. Bohužel zatím nevíme, do jaké míry se geny na tvorbě pachu podílí. Ve studii Pinc et al. (2011) bylo zjištěno, že speciálně cvičení psy jsou schopni rozeznat pachy monozygotických dvojčat, které jsou geneticky totožné, navzdory tomu že žijí ve stejném prostředí a jedí stejné jídlo. Z toho vyplývá, že geneticky totožní jedinci nemají totožný pach. Ale studie Penn et al. (2007) potvrzuje, že pachové profily jedinců geneticky příbuzných jsou výrazně podobnější než profily nepříbuzných jedinců. I Kuhn et Nasch (2009) ve své studii uvádějí, že pachy dvojčat jsou si výrazně podobné v porovnání s nepříbuznými jedinci.

Bylo prokázáno, že různé typy materiálů včetně kovů, gázy, papíru i plastu jsou schopné udržet lidský pach po kontaktu s jedincem. Vysoká míra diferenciacce byla získána SPME-GC/MS analýzou VOC přítomných v lidském pachovém vzorku odebraném z rukou i z jiných částí těla (Curran et al., 2010). Gravimetrická analýza také ukázala, že lidský pach odebraný na gázu je schopen přetrvat až 3 měsíce. V informacích o individuálním lidském pachu je stále mnoho nevyřešených otázek. Další zkoumání lidského pachu nám může pomoci pochopit celý proces vzniku a tím přispět k lepšímu odhalování nemocí a také k odhalování pachatelů závažné trestné činnosti.

## 5 Přehled literatury

Ackerl K, Atzmueller M, Grammer K, 2002. *The scent of fear*. Neuro Endocrinol Lett. 23(2):79-84.

Ackermann, A. B., 1997. *Embryologic, histologic, and anatomic aspects*. In: Histologic Diagnosis of Inflammatory Skin Diseases (Stamathis, G., ed.), pp. 3–56. Williams and Wilkins, Baltimore.

Adachi B 1937 *Das Ohrenschmalz als Rassenmerkmal und der Rassegeruch(“Achselgeruch”) nebst dem Rassenunterschied der Schweißdrüsen*. Z Rassenkunde 6:273–307

Akutsu T, Sekiguchi K, Ohmori T, Sakurada K., 2006. *Individual comparisons of the levels of (E)-3-methyl-2-hexenoic acid, an axillary odor-related compound, in Japanese*. Chemical Senses.31(6):557-63.

Alesta T, Ganceviciene R, Fimmel S, Müller-Decker K, Zouboulis CC., 2006. *Enzymes involved in the biosynthesis of leukotriene B4 and prostaglandin E2 are active in sebaceous glands*. Journal of Molecular Medicine (Berl). 84(1):75-87.

Al-Tamer YY, Hadi EA, Al- Badrani II, 1997. *Sweat urea, uric acid and creatinine concentrations in uraemic patients*. Urological Research 25(5):337-40

Apanius V, Penn D, Slev PR, Ruff LR, Potts WK.1997. *The nature of selection on the major histocompatibility complex*. Critical Reviews in Immunology17(2):179-224.

Aumuller G, Wilhelm B, Seitz J., 1999. *Apocrine secretion-fact or artifact?* Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger 181:437–446. ISSN: 0940-9602

Austin C, Ellis J. 2003. *Microbial pathways leading to steroidal malodour in the axilla*. The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology. 87(1):105-10.

Bang YH, Kim JH, Paik SW, Park SH, Jackson IT, Lebeda R, 1996. *Histopathology of apocrine bromhidrosis*. Department of Plastic Surgery 98, 288–292

Baroni, A., Buommino, E., Vincenza De Gregorio, Ruocco,E., Ruocco, V., Wolf, R., 2012. *Structure and function of the epidermis related to barrier properties*. Department of Dermatology 30, 257–262

Beauchamp GK et Yamazaki K., 2005. *Chemosensory recognition of olfactory individuality*. Chemical Senses 1:i142-3.

Berglund, L. G., Gallagher, R. R., McNall, P. E., 1973. *Simulation of the thermal effects of dissolved materials in human sweat*. *Computers and Biomedical Research* 6,127-138.

Bernier UR, Kline DL, Schreck CE, Yost RA, Barnard DR, 2002. *Chemical analysis of human skin emanations: comparison of volatiles from humans that differ in attraction of Aedes aegypti (Diptera: Culicidae)*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 18(3):186-95.

Bernier, U. R., Kline, D. L., Barnard, D. R., Schreck, C. E., and Yost, R. A., 2000. *Analysis of human skin emanations by gas chromatography/mass spectrometry. 2. Identification of volatile compounds that are candidate attractants for the yellow fever mosquito (Aedes aegypti)*. *Analytical Chemistry*, 72(4), 747-756.

Bijman J, Quinton PM., 1987. *Lactate and bicarbonate uptake in the sweat duct of cysticfibrosis and normal subjects*. *Pediatric Reserch*.21(1):79-82.

Blanpain C, Fuchs E., 2006. *Epidermal stem cells of the skin*. *Annual Review of Cell and Developmental Biology* 22, 339-73.

Bouwstra JA, Pilgrim K, Ponc M., 2006. *Structure of the skin barrier*. In: *Elias PM, Feingold KR, editors. Skin barrier*. New York: Taylor and Francis. 65-95.

Bouwstraa,JA,P.Loan Honeywell-Nguyena,Gert S Goorisa Maria Ponc 2003. *Structure of the skin barrier and its modulation by vesicular formulations*. *Progress in Lipid Research* 1–36

Brisbin IL Jr, Austad S, Jacobson SK. 2000. *Canine detectives the nose knows or does it?* *Science*. 10;290(5494):1093

Brisbin, I.L., Austad, S.N., 1991. *Testing the Individual Odor Theory of Canine Olfaction*. *Animal Behaviour* 42, 63-69.

Cao T,Racz P,Szauter KM,Groma G,Nakamatsu GY,Fogelgren B, 2007. *Mutation in Mpzl3,a novel [corrected ] gene encoding a predicted [corrected ] adhesion protein, in the rough coat (rc)mice with severe skin and hair abnormalities*. *Journal of Investigative Dermatology* 2007;127:1375 .86

Carrington M, Nelson GW, Martin MP, Kissner T, Vlahov D, Goedert JJ, Kaslow R, Buchbinder S, Hoots K, O'Brien SJ., 1999. *HLA and HIV-1: heterozygote advantage and B\*35-Cw\*04 disadvantage*. *Science*.283(5408):1748-52.

- Curran, A. M., Rabin, S. I., Furton, K. G. 2005b. *Analysis of the uniqueness and persistence of human scent. (Research and Technology)*, Forensic Science Communications 7, 1-20.
- Curran, A. M., Rabin, S. I., Prada, P. A., 2005a. *Comparison of the volatile organic compounds present in human odor using SPME-GC/MS*, Journal of chemical ecology 31 (7).
- 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-Gems*. Journal of Chromatography B-Analytical Technologies in the Biomedical and Life, Sciences 846, 86-97.
- Curran, A. M., Prada, P. A., Kenneth, G., Furton, G., 2010. *The Differentiation of the Volatile Organic Signature of Individuals Through SPME-GC/MS of Characteristic Human Scent Compounds*. Journal Forensic Science. 55 (1).
- Dokládál, M., Páč, L., 1995. *Anatomie člověka III. Systém kožní, smyslový a nervový*. Brno: Vydavatelství Masarykovy Univerzity,. 285 s. ISBN 80-210-1169-6
- Drickamer LC, Gowaty PA, Holmes CM., 2000. *Free female mate choice in house mice affects reproductive success and offspring viability and performance*. Department of Zoology, Southern Illinois University 59(2):371-378
- Ebling, F. J., Strauss, J. S., Downing, D. T., and Stewart, M. E., 1991. *Sebaceous glands*. In Goldsmith LA, Ed. Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology of the Skin, ISBN: 0-19-505612-4
- Eklund, A., Egid, K. & Brown, J. L. 1991. *The major histocompatibility complex and mating preferences of male mice*. Animal Behaviour, 42, 693–694.
- Randall VA, Thornton MJ, Hamada K, Redfern CP, Nutbrown M, Ebling FJ, Messenger AG., 1991. Androgens and the hair follicle. Cultured human dermal papilla cells as a model system. Annals of the New York Academy of Sciences 26;642:355-75.
- Feller MB, Scanziani M. 2005. A precritical period for plasticity in visual cortex. Current Opinion in Neurobiology. 15(1):94-100.
- Fluhr JW, Mao-Qiang M, Brown BE, Wertz PW, Crumrine D, Sundberg JP, Feingold KR, Elias PM. 2003. *Glycerol regulates stratum corneum hydration in sebaceous gland deficient (asebia) mice*. Journal Invest Dermatology 120(5):728-37.
- Froebe CS, A, Charig A, Eigen E, 1990. *Axillary malodor production: a new mechanism*. J Social Cosmetic Chemistry 41:173–185

Gallagher, M., Wysocki, C. J., Leyden, J. J., Spielman, A I., Sun, X., Preti, G., 2008. *Analyses of volatile organic compounds from human skin*. British Journal of Dermatology. 159 (4) 780-791.

Gower DB, Mallet AI, Watkins WJ, Wallace LM, Calame JP. 1997. *Capillary gas chromatography with chemical ionization negative ion mass spectrometry in the identification of odorous steroids formed in metabolic studies of the sulphates of androsterone, DHA and 5alpha-androst-16-en-3beta-ol with human axillary bacterial isolates*. The Journal of steroid biochemistry and molecular biology 63(1-3):81-9.

Grammer K, Fink B, Neave N., 2005. *Human pheromones and sexual attraction*. European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology 1;118(2):135-42.

Grice EA, Kong HH, Conlan S, Deming CB, Davis J, Young AC; NISC Comparative Sequencing Program, Bouffard GG, Blakesley RW, Murray PR, Green ED, Turner ML, Segre JA., 2009. *Topographical and temporal diversity of the human skin microbiome*. Science 324:1190–1192

Guo Y, Kotova E, Chen ZS, Lee K, Hopper-Borge E, Belinsky MG, ,Kruh GD. (2003) *MRP8, ATP-binding cassette C11 (ABCC11), is a cyclic nucleotide efflux pump and a resistance factor for fluoropyrimidines 2',3'-dideoxycytidine and 9'-(2'-phosphonylmethoxyethyl)adenine*. The Journal of Biological Chemistry 278:29509–29514

Harker M, Coulson H, Fairweather I, Taylor D, Clare A. Daykin 2006. *Study of metabolite composition of eccrine sweat from healthy male and female human subjects by 1H NMR spectroscopy*. The Metabolomics society , pp 105-112

Hartmann C, Doucet S, Niclass Y, Dittrich R, Cupisti S, Schaal B, Buettner A, Starkenmann Ch, 2012.*Human sweat odour conjugates in human milk, colostrum and amniotic fluid*.Food Chemistry, p. 228-233, ISSN: 0308-8146

Harvey, L. M., Harvey, J. W., 2003. *Reliability of Bloodhounds in Criminal Investigations*. Journal of Forensic Sciences 48, 811-816.

Hasegawa Y., Yabuki, M., Matsukane, M., 2004. *Identification of New Odoriferous Compounds in Human Axillary Sweet*. Kao Corporation, Chemistry and Biodiversity, 1 (12) 2042 – 2050.

Hashimoto, K., 1971. *Demonstration of the intercellular spaces of the human eccrine sweat gland by lanthanum. I. The secretory coil*. Journal of ultrastructure research 36,249–262.



Hibbs, R. G., 1958. *The fine structure of human eccrine sweat glands*. American Journal of Anatomy 103, 201–217.

Horton R, Wilming L, Rand V, Lovering RC, Bruford EA, Khodiyar VK, Lush MJ, Povey S, Talbot CC Jr, Wright MW, Wain HM, Trowsdale J, Ziegler A, Beck S. 2004. *Gene map of the extended human MHC*. Nature Reviews Genetics 5: 889–899.

Howard JC, 1977. *H-2 and mating preferences*. Nature 266, 406-408.

Chaix R, Cao C, Donnelly P, 2008. *Is Mate Choice in Humans MHC-Dependent?* PLoS Genetic 4(9): e1000184

Chen ZS, Guo Y, Belinsky MG, Kotova E, Kruh GD, 2005. *Transport of bile acids, sulfated steroids, estradiol 17-beta-D-glucuronide, and leukotriene C4 by human multidrug resistance protein 8 (ABCC11)*. Molecular Pharmacology 67:545–557

Jacoby RB, Brahms JC, Ansari SA, Mattai J., 1990, *Detection and quantification of apocrine secreted odor-binding protein on intact human axillary skin*. Dermatologica., 181(4):277-83.

James et Wheatley 1956. *Studies of sebum. 6. The determination of the component fatty acids of human forearm sebum by gas-liquid chromatography*. Biochem J. 63(2):269-73.

Kalmus, H., 1955. *The Discrimination by the Nose of the Dog of Individual Human Odours and in Particular of the Odours of Twins*. British Journal of Animal Behaviour III, 25-31.

Kanda, F., Yagi, E., Fukuda, M., Nakajima, K., Nakata, O., 1989. *Elucidation of chemical compounds responsible for foot malodour*. British Journal of Dermatology 122 (6) 771-776.

Kanitakis J. 2002. *Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin*. Department of Dermatology, 69437

Kimoto H, Haga S, Sato K, Touhara K, 2005. *Sex-specific peptides from exocrine glands stimulate mouse vomeronasal sensory neurons*. Nature.437(7060):898-901.

Kloubek, M., 2005. *Metoda pachové identifikace prostřednictvím speciálně vycvičeného psa, aktuální stav a prognóza*. Kriminalistika 1

Kreyden OP., 2002. *Rare forms of hyperhidrosis*. Current Problems in Dermatology 30, 178-87.

Kruh GD, Guo Y, Hopper-Borge E, Belinsky MG, Chen ZS, 2007. *ABCC10, ABCC11, and ABCC12*. Pflugers Archiv: European Journal of Physiology 453:675–684

Kuhn, F. et Natsch, A., 2009. *Body odour of monozygotic human twins: a common pattern of odorant carboxylic acids released by a bacterial aminoacylase from axilla secretions contributing to an inherited body odour type.* *Journal of the Royal Society, Interface.* 6, 377–392 .

Kurz, M. E., Billard, M., Rettig, M., Augustiniak, J., Lange, J., Larsen, M., Warrick, R., Mohns, T., Bora, R., Broadus, K., Hartke, G., Glover, B., Tankersley, D., Marcouiller, J., 1994. *Evaluation of Canines for Accelerant Detection at Fire Scenes.* *Journal of Forensic Sciences.* 39 1528-36.

Kurtz J, Wegner KM, Kalbe M, Reusch TB, Schaschl H, Hasselquist D, Milinski M., 2006. *MHC genes and oxidative stress in sticklebacks: an immuno-ecological approach.* *Proc Biol Sci.* 273(1592):1407-14.

Labows, J., Reilly, J., Leyden, J., Preti, G., 1999. “Axillary odor Determination, Formation and Control“, in: *Antiperspirants and Deodorants, 2<sup>nd</sup> Edition*, ed K. Laden, *Cosmetic and Technology Series Vol 20*, Marcel Dekker Inc., New York, 59-82

Labows JN, Preti G, Hoelzle E, Leyden J, Kligman A, 1979. *Steroid analysis of human apocrine secretion.* *Steroids* 34:249–258

Laing, D.G., 1991, *Characteristics of the human sense of smell when processing odor mixtures*, in *D.G. Laing, R.L. Doty, and W. Breipohl, Eds., The Human Sense of Smell*, Springer-Verlag, New York, pp. 241–259.

Liappis N, Kelderbacher, SD., Kessler K, Bantzer P, 1979. *Quantitative study of free amino acids in human eccrine sweat excreted from the Forearms of healthy trained and untrained men during exercise.* *European journal of applied physiology and occupational physiology* 42(4):227-34.

Liebich HM., 1975. *Specific detection of volatile metabolites in urines of normal subjects and patients with diabetes mellitus using computerized mass fragmentography.* *Journal of Chromatography.* 112:551-7.

Ligor T, Ligor M, Amann A, Ager C, Bachler M, Dzien A, Buszewski B. 2008. *The analysis of healthy volunteers' exhaled breath by the use of solid-phase microextraction and GC-MS.* *Journal of Breath Reserch.*(4):046006.

- Leyden, J. J., Mc Ginley, K. J., Holzle, E, Labows, J. N, Klingman, A. M., 1981. *The microbiology of the human axilla and its relationship to axillary odor*. Journal Investigation Dermatology 77 (5) 413-416.
- Madison KC., 2003. *Barrier function of the skin: “la raison d’etre” of the epidermis*. Journal Investigation Dermatology 121, 231-41.
- Martin A, Saathoff M, Kuhn F, Max H, Terstegen L, Natsch A. 2010. *A functional ABCC11 allele is essential in the biochemical formation of human axillary odor*. Journal Investigation Dermatology 130(2):529-40.
- McClintock SD, Barron AG, Olle EW, Deogracias MP, Warner RL, Opp M, Johnson KJ., 2005. *Role of interleukin-6 in immune complex induced models of vascular injury*. Inflammation.(4-6):154-62.
- McClintock MK, 1978. *Estrous synchrony and its mediation by airborne chemical communication (Rattus norvegicus)*. Hormonal Behaviour 10(3):264-75.
- Moshkin M, Litvinova N, Litvinova EA, Bedareva A, Lutsyuk A, Gerlinskaya L. 2012. *Scent recognition of infected status in humans*.The Journal of Sexual Medicine. 9(12):3211-8.
- Montgomery, I., Jenkinson, D.M., Elder, H.Y., Czarnecki D, MacKie RM., 1985.*The effects of thermal stimulation on the ultra-structure of the human atrichial sweat gland II. The duct*. The British Journal of Dermatology 112, 165–177.
- Miekisch W, Fuchs P, Kamysek S, Neumann C, Schubert JK, 2008. *Assessment of propofol concentrations in human breath and blood by means of HS-SPME-GC-MS*. Clinic Chim Acta.395(1-2):32-7.
- Miura K, Yoshiura K, Miura S, Shimada T, Yamasaki K, Yoshida A, Nakayama D, Shibata Y, Niikawa N, Masuzaki H., 2007. *A strong association between human earwax-type and apocrine colostrum secretion from the mammary gland*. Human Genetic 121:631–633
- Munk, S., Munch, P., Stahnke, L., Adler-Nissen, J., Schieberle, P., 2000. *Primary odorants of laundrysoiled with sweat/sebum: Influence of lipase on the odor profil*. Journal of surfactant and detergents 3 (4) 505-515.
- Mykytowycz, R. and Goodrich, B.S.1974. *Skin glands as organs of communication in mammals*. Journal Investigation Dermatology, 62, 124-131, 1974.
- Natsch, A, Derrer, S., Flaschmann, F., Schmid, J., 2006. *A broad diversity of volatile carboxylic acids, released by bacterial aminoacylase from axilla secretions, as candidate*

*molecules for the determination of human – body odor type*, Chemistry and Biodiversity, 3 (1) 1-20

Natsch A., Schmid J., Flachsmann F., 2004. *Identification of odoriferous sulfanylalkanols in human axilla secretions and their formation through cleavage of cysteine precursors by a C-S lyase isolated from axilla bacteria*. Chemistry and Biodiversity 1:1058–1072

Natsch A, Gfeller H, Gygax P, Schmid J, Acuna G., 2003. *A specific bacterial aminoacylase cleaves odorant precursors secreted in the human axilla*. The Journal of Biological Chemistry 278:5718–5727

Newton, D.E., 2007. *Forensic Chemistry, Fact on File*, Inc. An Imprint of Infoase Publishing, ISBN 0-8160-5275-1

Nicolaides N., 1974. Skin lipids: their biochemical uniqueness. Science. 4;186(4158):19-26.

Niessen, W.M.A., 2001. *Current Practice of Gas Chromatography-Mass Spectrometry*. Word Wide Web, United States of America, ISBN 0-8247-0473-8

Nikkari T, Hakkinen HM, Kulonen E. 1963. *Metabolic products from labelled ethanol. IV. Disappearance of ethanol-carbon from morphological fractions and lipids of rat tissues*. Arch Int Pharmacodyn Ther.142:74-85

Noël F, Piérard-Franchimont C, Piérard GE, Quatresooz P., 2012. *Sweaty skin, background and assessments*. International Journal of Dermatology. 51(6):647-55.

Penn DJ, Oberzaucher E, Grammer K, Fischer G, Soini HA, Wiesler D, Novotny MV, Dixon SJ, Xu Y, Brereton RG., 2007. *Individual and gender fingerprints in human body odour*. Journal of the Royal Society, Interface 4(13):331-40.

Penn DL, 2000. *Some reflections on social-cognitive research in schizophrenia*. Psychiatry. 2000 63(4):339-43.

Penn DL, Kommana S, Mansfield M, Link BG, 1999. *Dispelling the stigma of schizophrenia: II. The impact of information on dangerousness*. Schizophr Bull. 25(3):437-46.

Penn, D. J., Potts, W. K., 1998a. *How Do Major Histocompatibility Complex Genes Influence Odor and Mating Preferences?*, Advances in Immunology 69, 411-436.

- Penn, D. J., Potts, W. K., 1998b. The Evolution of Mating Preferences and Major Histokompatibility Complex Genes, *The American Naturalist* 153, 145-164
- Piérard GE, the EEMCO group 2003. *EEMCO guidance for the efficacy assessment of antiperspirants and deodorants*. *Skin Pharmacol Appl Skin Physiol* 16: 324–342
- Pinc L, Bartoš L, Reslová A, Kotrba R, 2011. *Dogs discriminate identical twins*. *PLoS One*.6(6)
- Pilgram G S, van der Meulen J, Gooris G S, Koerten H K, Bouwstra J A, 2001. *The influence of two azones and sebaceous lipids on the lateral organization of lipids isolated from human stratum corneum*. *Biochim Biophys Acta* 1511: 244–254.
- Pochi P, 1982. *The sebaceous gland*. In: *Maibach H I, Boisits E K, eds. Neonatal Skin Structure and Function*. New York: Marcel Dekker, 67–80.
- Potts WK, Manning CJ, Wakeland EK, 1994. *The role of infectious disease, inbreeding and mating preferences in maintaining MHC genetic diversity: an experimental test*. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*;346(1317):369-78.
- Proksch E, Brandner JM, Jensen JM., 2008. *The skin: an indispensable barrier*. *Experimental Dermatology* 17:1063-72.
- Promislow DE, Jordan IK, McDonald JF, 1998. *Genomic demography: a life-history analysis of transposable element evolution*. *Proc Biol Sci*. 266(1428):1555-60.
- Putte, S.C.J., 1991. *Anogenital "sweat" glands. Histology and pathology of a gland that may mimic mammary glands*. *The American Journal of Dermatopathology*. 13, 557–567.
- Qiu YT, Smallegange RC, Van Loon JJ, Ter Braak CJ, Takken W, 2006. *Interindividual variation in the attractiveness of human odours to the malaria mosquito Anopheles gambiae s. Medical and Veterinary. Entomology*, 20. 280–287
- Quinton PM, Reddy MM, 1999. *Bumetanide blocks CFTR GCl in the native sweat duct*. *Am J Physiol*.276(1 Pt 1):C231-7.
- Ramotowski, R. S., 2001. *Advances in fingerprints technology in: Schoon, A., Haak, R., 2002. K9 Suspect discrimination*. Detseling Enterprises Ltd., Calgary, 167.
- Rawson, N.E., 2000. *Human olfaction, in T.E. Finger, W.L. Silver, and D. Restrepo, Eds., The Neuro-biology of Taste and Smell, 2nd ed., Wiley-Liss, New York, pp. 257–284*.

Regnier, F.E. and M. Goodwin, 1977, *On the chemical and environmental modulation of feromone release from vertebrate scent marks*, in D. Muller-Schwarze and M.M. Mozell, Eds., *Chemical Signals in Vertebrates*, Plenum Press, New York, pp. 115–133.

Rich TJ. et Hurst JL, 1999. *The competing countermarks hypothesis: reliable assessment of competitive ability by potential mates*. *Anim. Behav.*, 58: 1027-1037.

Saga K., 2001. *Histochemical and immunohistochemical markers for human eccrine and apocrine sweat glands: an aid for histopathologic differentiation of sweat gland tumors*. *The journal of investigative dermatology*. Symposium proceedings 6:49–53

Sastry S.D, Buck K.T, Janák J, Dressler M, Preti G, 1980. *Volatiles emitted by humans* Waller G.R, *Dermer O.C In Biochemical applications of mass spectrometry: first supplementary volume* Chichester, UK:Wiley 1085–1129.

Sato, K. and Sato, F., 1981. *Pharmacologic responsiveness of isolated single eccrine sweat glands*. *The American Journal of Physiology* 240, R44–R51.

Sato K., Kang, W.H., Saga, K. 1989. *Biology of sweat glands and their disorders. I. Normal sweat gland function*. *Journal of the American. Academi of Dermatology*. 20, 537–563

Sato K, Leidal R, Sato F 1987. *Morphology and development of an apoecrine sweat gland in human axillae*. *Am J Physiol* 252:166–180

Sato K., 1977. *Pharmacology and function of the myoepithelial cell in the eccrine sweat gland*. *Experientia*.33(5):631-3.

Segre JA., 2006. *Epidermal barrier formativ and recovery in skin disorders*. *The Journal of Clinical Investigation*. 116(5):1150-8.

Settle, R. H., Sommerville, B. A., McCormick, J., Broom, D. M., 1994. *Human scent matching using specially trained dogs*. *Animal Behaviour* 48, 1443-1448

Selleri S, Seltmann H, Gariboldi S Shirai YF, Balsari A, Zouboulis CC, Rumio CI, .2006. *Doxorubicin-induced alopecia is associated with sebaceous gland differentiation*. *J Inves Dermatol* 126: 711–720.

Shelley, W.B., Hurley, H.J. and Nichols, A.C.1953. *Axillary odor; experimental study of the role of bacteria, apocrine sweat, and deodorants*. *A.M.A. archives of dermatology and syphilology* 68, 430–446.

Schellinck HM, Monahan E, Brown RE, Maxson SC, 1993. *A comparison of the contribution of the major histocompatibility complex (MHC) and Y chromosomes to the discriminability of individual urine odors of mice by Long-Evans rats.* Behav Genet.23(3):257-63.

Schiefferdecker, 1922. P. *Die Hautdrüsen des Menschen und der Säugetiere, ihre biologische und rassenana-tomische Bedeutung, sowie die Muscularis sexualis.*Zoologica 27, 1–154.

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(3):223-30.

Schoon, G. A. A., Debruin, J. C., 1994. *The Ability of Dogs to Recognize and Cross-Match Human Odors.* Forensic Science International 69, 111-118.

Schoon, G. A. A., Haak, R., 2002. *K9 Suspect Discrimination Training and Practicing Scent Identification Line - Ups.* National Library of Canada in Publication Data, Canada. ISBN 1-55059-233-5

Schreck CE, Kline DL, Carlson DA., 1990. *Mosquito attraction to substance from the skin of different humans.* Journal of the American Mosquito Control Association 6(3):406-10.

Singh D, Bronstad PM., 2001. *Female body odour is potenciál cue to ovulation.* Proceedings. Biological Sciences. 22;268(1469):797-801.

Smith, K. R., Thiboutot, D.M., 2008. *Thematic review series: skin Lipids. Sebaceous gland lipids: friend or foe?*, Journal of Lipid Research, 49, (2) 271–281.

Stoddart, D. M., 1999. *The scented ape*, Cambridge University Press, Cambridge. ISBN 0 521 37511 8.

Straus, J., Kloubek, M., 2010. *Kriminalistická odorologie.* Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 8073802384

Syrotuck, W. G., 2000. *Scent and the scenting dog.* Barkleigh Productiobns, Pensilvanina. ISBN 0-9700494-2-0

Taylor D, Daulby A, Grimshaw S, James G, Mercer J, Vaziri S., 2003. *Characterization of the microflora of the human axilla.* International Joutnal of Cosmetic Science 25:137–145

Tóth I, Faredin I. 1985. *Concentrations of androgens and C19-steroid sulphates in abdominal skin of healthy women and men.* Acta Med Hung.42(1-2):13-20.

Tóth I, Faredin I., 2004. Concentrations of androgens and C19-steroid sulphates in abdominal skin of healthy women and men. International Journal of Cosmetic Science 26(1):37-46.

Thody A J, Shuster S, 1989. *Control and function of sebaceous glands.* Physiol Rev 69: 383–416.

Troccez M, Borchard G, Vuilleumier C, Raviot-Derrien S, Niclass Y, Beccucci S, Starkenmann C.2009. *Gender-specific differences between the concentrations of nonvolatile (R)/(S)-3-methyl-3-sulfanylhexan-1-Ol and (R)/(S)-3-hydroxy-3-methyl-hexanoic acid odor precursors in axillary secretions.* Chemical Senses.34(3):203-10.

Troccez M, Starkenmann C, Niclass Y, van de Waal M, Clark AJ, 2004. 3-Methyl-3-sulfanylhexan-1-ol as a major descriptor for the human axilla-sweat odour profile. Chem Biodivers.1(7):1022-35.

Wheatley VR. 1954. Studies of sebum. 5. The composition of some sebum-like materials of human origin. Biochem ;58(1):167-72.

Warndorff, J.A., Mamer M., 1972. *The response of the sweat glands to  $\beta$ T-adrenergic stimulation with isoprenaline.* British Journal of Dermatology. 86, 282–285.

Warndorff, J.A. and Neefs, J., 1971. *A quantitative measurement of sweat production after local injection of adrenalin.* The Journal of Investigation Dermatology. 56, 384–386.

Webb A, Li A, Kaur P., 2004. *Location and phenotype of human adult keratinocyte stem cells of the skin.* Differentiation ;72,387-95.

Wedekind, C., Penn, D., 2000. *MHC genes, body odours, and odour preferences.* Nephrology Dialysis Transplantation 15, 1269-1271.

Wedekind, C., Seebeck, T., Bettens, F., Paepke, A. J., 1995. *MHC-Dependent Mate Preferences in Humans.* Proceedings: Biological Sciences 260, 245-249.

Wertz PW.,2000 *Lipids and barrier function of the skin.* Acta dermato-venereologica. Supplementum 208,7-11.



- Wertz PW, Bergh B., 1988. *The physical, chemical and functional properties of lipids in the skin and other biological barriers*. Chemistry and Physics of Lipids 91, 85-96.
- Wille J J, Kydonieus A, 2003. *Palmitoleic acid isomer (C16:1D6) is the active antimicrobial fatty acid in human skin sebum*. Skin Pharmacol Appl Skin Physiol 16: 176–187.
- Wilke, K., Martin, A. Terstegen, Biel SS, 2007. A short history of sweat gland biology. International Journal of cosmetics science 29(3):169-79.
- Wilke, K., 2005. *Struktur- und Funktionsaufklärung von Schweißdrüsen und ihre Interaktion mit Antitranspirantien*. Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg 182
- Wilke, K., Keil, F.J., Wittern, K.P. et al., 2004. *Immunolabeling is essential for the differentiation of human axillary apocrine glands*. Journal Investigation of Dermatology. 123, A93
- Wilke, K., Biel, S.S., Schmidt-Rose, T. et al., 2003. *Differentiation of human glands with immunohistochemical markers on cryosections*. Journal Investigation of. Dermatol. 121, 947
- Winiarska A, Mandt N, Kamp H et al. 2006. *Effect of 5alpha-dihydrotestosterone and testosterone on apoptosis in human dermal papilla cells*. Skin Pharmacol Physiol 19: 311–321.
- Wrobel A, Seltmann H, Fimmel S, Müller-Decker K, Tsukada M, Bogdanoff B, Mandt N, Blume-Peytavi U, Orfanos CE, Zouboulis CC., 2003. *Differentiation and apoptosis in human immortalized sebocytes*. J Invest Dermatol 120:175–181
- Wundram, D. *Anru'chig – Deos und ihre Logistik, in Kosmetik – Chemie auf Haut und Haaren*, pp. 143–151. Rowohlt, Hamburg (1988).
- Yamazaki K, Singer A, Curran M, Beauchamp GK., 1998. *Origin, functions and chemistry of H-2 regulated odorants*. Genetica 104(3):235–40.
- Yamazaki K, Beauchamp GK, Kupniewski D, Bard J, Thomas L, Boyse EA, 1988. *Familial imprinting determines H-2 selective mating preferences*. Science. 3;240(4857):1331-2.
- Yokoyama S, 1990. *Self-associated tetramer of human apolipoprotein E does not lead to its accumulation on a lipid particle*. Biochim Biophys Acta. 22;1047(1):99-101.
- Yoshiura K, Kinoshita A, Ishida T, Ninokata A, Ishikawa T, Kaname T, Bannai M, Tokunaga K, Sonoda S, Komaki R, Ihara M, Saenko VA, Alipov GK, Sekine I, Komatsu K, Takahashi H, Nakashima M, Sosonkina N, Mapendano CK, Ghadami M, Nomura M, Liang DS, Miwa

- N, Kim DK, Garidkhuu A, Natsume N, Ohta T, Tomita H, Kaneko A, Kikuchi M, Russomando G, Hirayama K, Ishibashi M, Takahashi A, Saitou N, Murray JC, Saito S, Nakamura Y, Niikawa N. 2006. *A SNP in the ABCC11 gene is the determinant of human earwax type*. *Nature Genetics* 38:324–330
- Zeng, X. N., Leyden, J. J., Lawley, H. J., Sawano, K., Nohara, I., Preti, G., 1991. *Analysis of characteristic odors from human male axillae*. *Journal of Chemical Ecology* 17, 1469-1492.
- Zeng, X. N., Leyden, J. J., Spielman, A. I., Preti, G., 1996. *Analysis of characteristic human female axillary odors: Qualitative comparison to males*. *Journal of Chemical Ecology* 22, 237-257.
- Zhang Z.M, Cai J.J, Ruan G.H, Li G.K, 2005. *The study of fingerprint characteristics of the emanations from human arm skin using the original sampling system by SPME-GC/MS J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci* 822 244–252.
- Ziegler CG, Bornstein SR, 2005. *Incidentaloma and aberrant neuroendocrine regulativ*. *Horm Metab Res.*37(8):528-9.
- Zouboulis, C. C., Baron, J. M., Böhm, M., Kippenberger, S., Kurzen, H., Reichrath, J., Thielitz, A. 2008. *Frontiers in sebaceous gland biology and pathology*. *Experimental Dermatology*. 17, 542–551.
- Zouboulis CC, Adjaye J, Akamatsu H, Moe-Behrens G, Niemann C, 2008. *Human skin stem cells and the ageing process*. *Exp Gerontol*. 43(11):986-97.
- Zouboulis C C, 2003. *Sebaceous gland in human skin – the fantastic future of a skin appendage*. *J Invest Dermatol* 120: xiv–xv.
- Zouboulis CC, Boschnakow A, 2001. *Chronological ageing and photoageing of the human sebaceous gland*. *Clinical and Experimental Dermatology* 26:600 .7.
- Zlatkis A, Brazell RS, Poole CF, 1981. *The role of organic volatile profiles in clinical diagnosis*. *Clinical Chemistry*.(6):789-97

## Seznam zkratk

MHC	Major Histocompatibility Complex - hlavní komplex tkáňové slučitelnosti
VOC	Volatile Organic Compounds - těkavé organické látky
SPME	Solid Phase Microextraction System - pevná fáze mikroextrakce
GC/MS	Gas Chromatography/Mass Spectrometry - plynová chromatografie/hmotnostní spektrometrie

## 6 Seznam příloh

### Seznam obrázků

Obr. 1: Histologický řez lidskou kůží .....	14
Obr. 2: Struktura a popis epidermis .....	15
Obr. 3: Stratum corneum .....	16
Obr. 4: Vlasový folikul a kožní žlázy .....	16
Obr. 5: Ekrinní žláza .....	18
Obr. 6: Spektrum lidského potu .....	20
Obr. 7: Umístění kožních žláz na těle .....	22

### Seznam tabulek

Tab. 1: Složení ekrinního potu .....	21
--------------------------------------	----