

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Zastoupení androstenonu, skatolu a indolu u vybraných
genotypů prasat**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Petra Vaničková

Obor studia: Chov hospodářských zvířat

Vedoucí práce: Ing. Monika Okrouhlá, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Zastoupení androstenonu, skatolu a indolu u vybraných genotypů prasat" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Monice Okrouhlé, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a velkou nápomoc a konzultace při psaní mé diplomové práce. Mé spolužačce Tereze Ztratilové, bez které bych celých 5 let studia na ČZU nezvládla. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině a zejména mému příteli za velkou podporu a motivaci v průběhu celého studia. A v neposlední řadě mým spoluhráčkám a také všem kolegyním a kolegům z práce, kteří pro mě byli také velkou oporou, zejména ve zkouškovém období.

Zastoupení androstenonu, skatolu a indolu u vybraných genotypů prasat

Souhrn

Problematika kančího pachu je v současné době celosvětově probírané téma. Přísnější pravidla welfare zvířat a čím dál vyšší nároky spotřebitelů vepřového masa nutí producenty prasat ke změnám v chovech. Velký tlak je kladen zejména na odstranění chirurgické kastrace bez anestezie a nahrazení této metody eliminace kančího pachu jinými alternativami, jako je imunokastrace či úprava stravy.

Hlavními složkami kančího pachu jsou androstenon, skatol a indol. Androstenon vzniká ve varlatech. Je produkován Leydigovými buňkami zejména v období puberty. Pach androstenonu připomíná pach moči či potu. V těle prasat se ukládá do tukové tkáně, ze které se uvolňuje při tepelném zpracování. Jeho fyziologickou funkcí je regulace sexuálního chování prasat. Skatol vzniká aktivitou střevní mikroflóry zejména v sestupném tračníku tlustého střeva. Pach skatolu lze přirovnat k výkalům. Část skatolu je metabolizována v játrech a část odchází z těla pryč výkaly a močí, avšak je stejně jako androstenon ukládán i v tukové tkáni. Skatol je nejvýrazněji vnímaná látka kančího pachu ze všech. K tomu může přispívat indol, který pach skatolu zvýrazňuje. Indol je, stejně jako skatol, produkován v trávicím traktu prasat.

Cílem této práce bylo porovnat množství látek kančího pachu v tukové tkáni u vybraných genotypů prasat. Do experimentu bylo zapojeno 28 jedinců genotypu DanBred a (ČBU x L) x BO, 14 imunokastrátů a 14 nekastrovaných samců. Prasata byla chována v Testační stanici v Ploskově u Lán.

Z výsledků této studie vyplývá, že existuje vliv interakce genotypu a pohlaví na obsah androstenonu a skatolu v tukové tkáni prasat. Statisticky významný rozdíl byl stanoven v rámci pohlaví u indolu ($P = 0,004$). Imunokastrovaní samci genotypu DanBred měli průměrnou hodnotu androstenonu $0,53 \mu\text{g/g}$ a průměrnou hodnotu skatolu $0,06 \mu\text{g/g}$. Oproti tomu u nekastrovaných samců tohoto genotypu jsme naměřili průměrnou hodnotu androstenonu $2,38 \mu\text{g/g}$ a průměrnou hodnotu skatolu $0,22 \mu\text{g/g}$. U genotypu (ČBU x L) x BO byly u imunokastrátů naměřeny průměrné hodnoty androstenonu $0,90 \mu\text{g/g}$ a skatolu $0,04 \mu\text{g/g}$. U nekastrovaných kanců byly průměrné hodnoty androstenonu $1,43 \mu\text{g/g}$ a hodnota skatolu $0,05 \mu\text{g/g}$.

Lze tedy potvrdit, že imunokastrace může snížit množství kančího pachu v tukové tkáni prasete, a to zejména u hladiny androstenonu. Genotyp prasete výrazně ovlivnil hladinu skatolu. Nižších průměrných hodnot obsahu skatolu v tuku dosáhli jedinci finálního hybridu (ČBU x L) x BO.

Klíčová slova: prase, androstenon, skatol, indol, genotyp

Androstenone, skatole and indole representation in selected pig genotypes

Summary

The issue of boar taint is currently a hot topic worldwide. Stricter animal welfare rules and the increasing demands of pork consumers are forcing pig producers to make changes to their farms. In particular, there is great pressure to eliminate surgical castration without anaesthesia and to replace this method of eliminating boar odour with other alternatives such as immunocastration or dietary modification.

The main components of boar odour are androstenone, skatole and indole. Androstenone is created in the testicles. It is produced by Leydig cells, especially during puberty. The smell of androstenone resembles the smell of urine or sweat. It is stored in the body of pigs in adipose tissue from which it is released during heat treatment. Its physiological function is to regulate the sexual behaviour of pigs. Skatol is produced by the activity of the intestinal microflora, particularly in the descending colon. The smell of skatole can be compared to faeces. Part of skatole is metabolised in the liver and part is passed out of the body in faeces and urine, but like androstenone it is also stored in adipose tissue. Skatol is the most strongly perceived substance in the boar's odour of all. This may be due to indole, which accentuates the smell of skatole. Indole, like skatole, is produced in the digestive tract of pigs.

The aim of this study was to compare the amount of boar taint substances in adipose tissue of selected pig genotypes. The experiment involved 28 individuals of the DanBred and (CBU x L) x BO genotypes, 14 immunocastrated and 14 entire males. The pigs were kept in the Testing Station in Ploskov near Lány.

The results of this study show that there is an interaction effect of genotype and sex on the content of androstenone and skatole in the adipose tissue of pigs. A statistically significant difference was determined within sex for indole ($P = 0.004$). Immunocastrated males of the DanBred genotype had an average androstenone value of 0.53 $\mu\text{g/g}$ and an average skatole value of 0.06 $\mu\text{g/g}$. In contrast, in entire males of this genotype we measured an average androstenone value of 2.38 $\mu\text{g/g}$ and an average skatole value of 0.22 $\mu\text{g/g}$. In the (CBU x L) x BO genotype, an average values of androstenone 0.90 $\mu\text{g/g}$ and skatole 0.04 $\mu\text{g/g}$ were measured for immunocastrated pigs. In entire males, an average values of androstenone were 1.43 $\mu\text{g/g}$ and skatole 0.05 $\mu\text{g/g}$.

It can be confirmed that immunocastration can reduce the amount of boar taint in pig adipose tissue, especially for androstenone levels. The genotype of the pig significantly influenced the skatole level. Lower average values of skatole content in fat were obtained by the final hybrid (CBU x L) x BO.

Keywords: pig, androstenone, skatole, indole, genotype

Obsah

1	Úvod	1
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	2
3	Literární řešerše	3
3.1	Kančí pach	4
3.1.1	Androstenon (5 α -androst-16-en-3-on).....	4
3.1.2	Skatol (3-methylindol).....	5
3.1.3	Indol (2,3-benzopyrol).....	7
3.1.4	Další pachové sloučeniny	8
3.2	Pohlavní soustava kanců	8
3.2.1	Varlata (<i>testis</i>).....	8
3.2.2	Nadvarlata (<i>epididymis</i>).....	9
3.2.3	Chámovod (<i>ductus deferens</i>)	9
3.2.4	Přídavné pohlavní žlázy (<i>glandulae genitalis accessoriae</i>)	10
3.2.4.1	Semenné včky (<i>vesiculae seminales</i>)	10
3.2.4.2	Předstojná žláza (<i>prostata</i>).....	11
3.2.4.3	Bulbouretrální žlázy (<i>glandula bulbourethrales</i>).....	11
3.2.5	Pyj (<i>penis</i>).....	11
3.3	Trávicí soustava kanců	12
3.3.1	Tlusté střevo (<i>intestinum crassum</i>).....	12
3.3.2	Játra (<i>hepar</i>).....	13
3.4	Detekce kančího pachu	13
3.4.1	Senzorické hodnocení (čich).....	15
3.4.2	Kolorimetrický test	16
3.4.3	Detekce pomocí hmyzu	16
3.4.4	Elektronické nosy (E-nosy)	16
3.4.5	Hmotnostní spektrometrie.....	17
3.4.6	Ramanova spektrometrie	18
3.4.7	Biosenzory	19
3.5	Možnosti eliminace kančího pachu	19
3.5.1	Chirurgická kastrace	20
3.5.2	Imunokastrace	20
3.5.3	Změna stravy.....	22
3.5.4	Prostředí chovu	23
3.5.5	Genetika	24
4	Metodika	28
4.1	Zvířata	28
4.1.1	DanBred	28

4.1.2	(ČBU x L) x BO	28
4.2	Ustájení zvířat	29
4.3	Výživa a krmení	29
4.4	Sledované ukazatele	30
4.4.1	Ukazatele výkrmnosti	30
4.4.2	Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty	30
4.4.3	Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – fyzikální vlastnosti	30
4.4.4	Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – chemické vlastnosti	30
4.4.5	Stanovení androstenonu, skatolu a indolu	30
4.4.5.1	Odběr vzorků	30
4.4.5.2	Stanovení látek kančího pachu	31
4.5	Statistické vyhodnocení	31
5	Výsledky	32
5.1	Ukazatelé výkrmnosti	32
5.2	Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty	34
5.3	Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – fyzikální vlastnosti.....	36
5.4	Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – chemické vlastnosti.....	38
5.5	Obsah androstenonu, skatolu a indolu ve hřbetním tuku.....	40
6	Diskuze	42
6.1	Ukazatele výkrmnosti	42
6.2	Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty	42
6.3	Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – fyzikální vlastnosti.....	43
6.4	Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – chemické vlastnosti.....	43
6.5	Obsah androstenonu, skatolu a indolu.....	43
7	Závěr.....	45
8	Literatura	46
9	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	54
10	Seznam obrázků, tabulek a grafů	56

1 Úvod

Produkce prasat se stává stále více konkurenceschopnou, ale zároveň se stává méně ziskovou, což vyžaduje trvalou pozornost při snižování výrobních nákladů, aby se zvýšila ziskovost podniku. Zlepšení efektivity krmiv a snížení plýtvání vyžaduje k tomuto účelu neustálé změny a nové technologie (Dalla Costa et al. 2020).

V 90. letech 20. století se stavy prasat v České republice pohybovaly nad 4 mil kusů. Od roku 2000 začal jejich počet na našem území každoročně ubývat. K 1.4.2021 bylo dle Českého statistického úřadu v ČR chováno 1 508 402 kusů prasat. Z tohoto počtu bylo přibližně 90 500 kusů prasnic, 40 000 kusů prasniček a 451 000 kusů selat. Meziročně počet selat klesl o 26 000 kusů. Spotřeba vepřového masa se v České republice pohybovala od roku 2011 do roku 2020 na průměrné hodnotě 42,2 kg na obyvatele za rok. Vepřové maso je stále nejkonzumovanějším druhem masa na našem území. V roce 2020 byla soběstačnost produkce vepřového masa v ČR 43,2 %. Oproti roku 2019 klesla pouze o 0,2 %, avšak oproti roku 2000 (soběstačnost 95,9 %) klesla o 52,7 % (Český statistický úřad 2021a,b).

Důležitým pilířem udržitelnosti v produkci masa jsou dobré životní podmínky zvířat (welfare). Welfare je spojeno s dalšími aspekty jako je zdraví zvířat, produktivita, bezpečnost potravin, kvalita potravin a účinnost z hlediska nákladů na produkci. Tyto interakce jsou přítomny ve všech fázích produkčního cyklu, od narození až po porážku (Velarde et al. 2015).

Maso některých nekastrovaných samců prasat může mít sníženou přijatelnost kvůli kančímu pachu (Dalla Costa et al. 2020). Kančí pach představuje v oblasti chuti masa zvláštní případ. Chuť masa vzniká během procesu vaření prostřednictvím složité série chemických reakcí mezi prekurzorem, meziproduktem reakce a produktem rozkladu. Obsah a povaha prekurzorů v mase je podmíněna několika faktory včetně genetiky, krmiva, manipulace s živými zvířaty a následné manipulace s masem. Kančí pach je způsoben zvýšenou koncentrací látek zodpovědných za tento nepříjemný odér, zejména androstenonu, skatolu a indolu (Aaslyng & Meinert 2017).

Tyto lipofilní látky se mohou nacházet zejména v tukové části jatečně upraveného těla prasat (Aaslyng & Meinert 2017). Androstenon je spolu s androgeny a estrogény produkován Leydigovými buňkami ve varlatech. Následně se akumuluje zejména v tukové tkáni samců prasat. Pach androstenonu lze přirovnat k pachu potu nebo moči (Bone & Squires 2021). Skatol vzniká bakteriální aktivitou v zadním střevě prasat. Stejně jako androstenon se i skatol hromadí v tukové tkáni, avšak část odchází i z těla ven stolicí. Pach skatolu lze přirovnat právě k zápachu z výkalů (Han et al. 2019). Indol přispívá k produkci kančího pachu v menší míře. Vzniká stejně jako skatol v tlustém střevě a přispívá k výraznějšímu zápachu stolice z kančího masa (Wauters et al. 2016).

Nejběžnějším způsobem eliminace kančího pachu je po celém světě chirurgická kastrace selat v prvních dnech po narození. Tato metoda však negativně ovlivňuje zdraví a životní podmínky zvířat. Z tohoto důvodu bylo navrženo ukončení chirurgické kastrace ve státech Evropské unie do roku 2018. V souladu s tím byla vyvinuta např. imunokastrace (aktivní imunizace proti GnRH) jako alternativa chirurgické kastrace šetrná ke zvířatům (Han et al. 2019). I nadále jsou zkoumány další alternativy, které by mohly chirurgickou kastraci nahradit, ať už z pohledu genetiky, výživy anebo prostředí, ve kterém jsou prasata chována.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

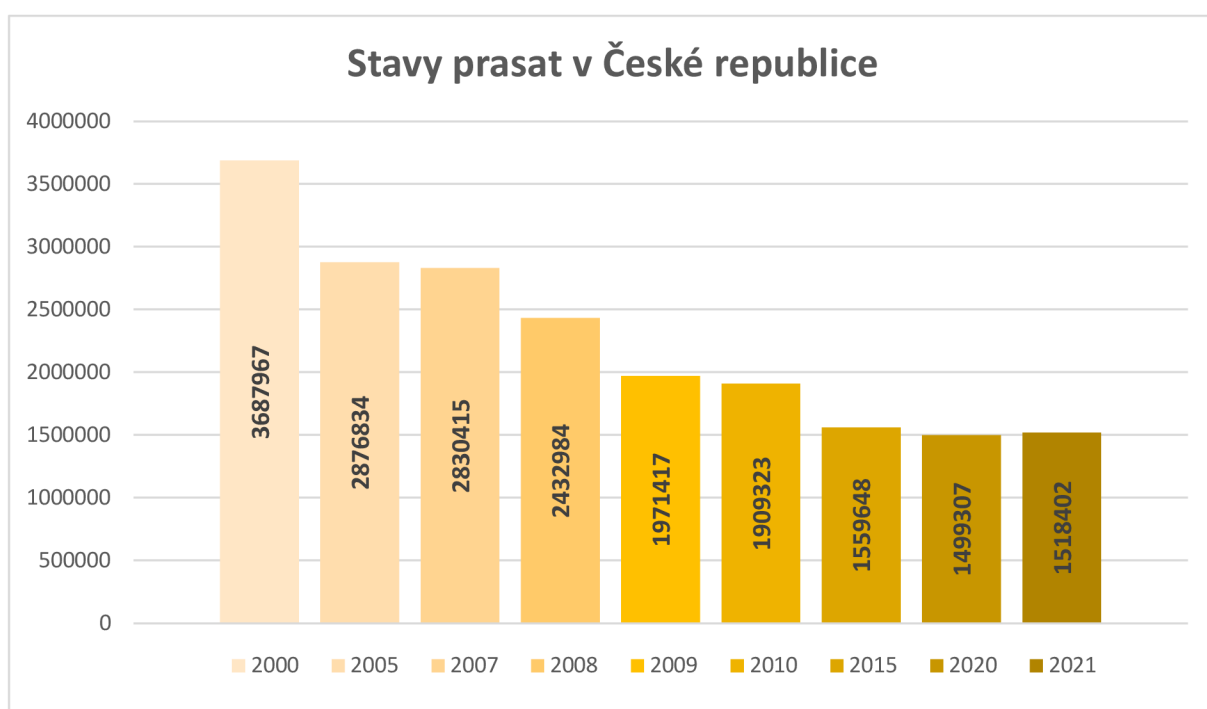
Vědecká hypotéza: Kančí pach způsobují tři hlavní složky – androstenon, skatol a indol. Hladina kančího pachu se může lišit nejen v rámci plemenné příslušnosti jedinců, ale i v rámci jednoho plemene. Předpokládáme, že u rozdílných genotypů bude hladina složek kančího pachu variabilní, zejména v případě androstenonu.

Cílem diplomové práce bylo, si na základě získaných literárních pramenů osvojit a pomocí realizace vlastní experimentální části i vyhodnotit množství androstenonu, skatolu a indolu u vybraných genotypů prasat.

3 Literární rešerše

Výhledový graf stavu prasat v České republice od roku 2000 do roku 2021 (graf 1) ukazuje, jak počty prasat na našem území rapidně klesaly. Od roku 2012 se snižování stavů prasat zastavilo na průměrném počtu 1 556 000 kusů prasat (Český statistický úřad 2021a).

Bilance vepřového masa je v České republice na velmi špatné úrovni. Po vstupu ČR do Evropské unie neustále stoupá dovoz vepřového masa na naše území, avšak produkce na českém trhu klesá. Spotřeba vepřového masa se drží na stejné úrovni. Tyto faktory výrazně snižují soběstačnost České republiky v oblasti vepřového masa.



Graf 1: Stavy prasat v České republice v letech 2000 až 2021 (Český statistický úřad 2021a)

Příznivá není ani cena zemědělských výrobců za jatečná prasata. Trh s vepřovým masem je v posledním roce výrazně ovlivněn nárůstem cen energií, krmiva a pohonných hmot. Dalším negativním faktorem je stále přítomná pandemie covidu a v současné době i dění v Evropské unii a zejména na východě Evropy. V roce 2018 činila průměrná cena zemědělských výrobců za jatečná prasata 27,27 Kč/kg živé hmotnosti. V roce 2019 tato cena stoupla na 31,82 Kč/kg živé hmotnosti. V roce 2020 se udržela průměrná cena na skoro stejné úrovni (31,64 Kč/kg živé hmotnosti), avšak v průběhu roku 2020 byl zaregistrován měsíční propad cen o 31 % (11,45 Kč/kg živé hmotnosti). V lednu 2022 se cena za tuto komoditu pohybovala okolo 25,18 Kč/kg živé hmotnosti (Vališ 2022).

V neposlední řadě je trh ovlivněn konečnými spotřebiteli, kteří čím dál tím více začínají sledovat životní podmínky prasat a prostředí, ve kterém jsou chována. Často probírané téma je kastrace kanečků. Kastrací kanečků v raném věku života se však předchází vzniku kančího pachu (Kress et al. 2019).

3.1 Kančí pach

Tento nepříjemný zápach se vyskytuje v mase některých nekastrovaných samců prasat (Burgeon et al. 2021). Zápach je složitou směsí molekul, jejíž hlavními složkami jsou androstenon, skatol a indol (Aluwé et al. 2017). Další sloučeniny, které se podílí na vzniku kančího pachu, jsou aldehydy, fenoly a mastné kyseliny s krátkým řetězcem. Tyto sloučeniny zesilují účinky hlavních složek zápachu, androstenonu a skatolu, a tím způsobují kančí pach (Squires et al. 2020).

Po metabolizaci přenášejí krevní cévy tyto tři sloučeniny do tukové tkáně beder, kde se ukládají z důvodu jejich lipofilní povahy. Pokud se vyskytuje jedna ze tří sloučenin kančího pachu v mase, nemusí to nutně znamenat přítomnost i dalších dvou. Ve studii Aluwé et al. (2017) byly zjištěny nízké korelace ($r = 0,20-0,39$) mezi koncentracemi sloučenin kančího pachu. Při hodnocení kančího pachu je tedy potřeba zahrnout jak indoly, tak steroidy, aby bylo dosaženo spolehlivého výsledku (Sørensen & Engelsen 2014).

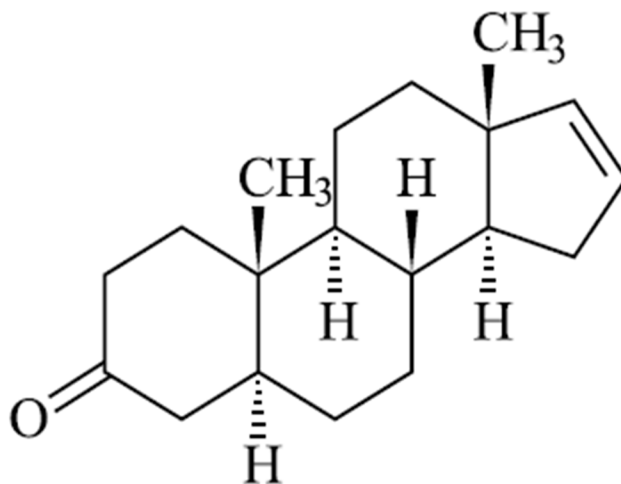
Hlavní složky kančího pachu se uvolňují zejména při vaření masa. Maso je poté cítit po moči a exkrementech (Burgeon et al. 2021). Ze studií Matthews et al. (2000) a Whittington et al. (2011) vyplývá, že skatol přispívá k vnímání pachu čichem více než androstenon, ale obě látky stejnou mírou ovlivňují chuť masa.

Skatol, indol a androstenon ovšem neodpovídají za všechny nepříjemné pachy, které se mohou v kančím mase objevovat (Bee et al. 2015). Zpracování masných výrobků také ovlivní vnímavost kančího pachu koncového spotřebitele (Westmacott et al. 2019). Jatečně upravená těla, u kterých je detekováno nadlimitní množství kančího pachu, lze využít ve zpracovatelském průmyslu k výrobě produktů, kde je k vepřovému masu přidáváno různé koření nebo se maso nakládá či udí a výrobky se poté podávají za studena (Squires et al. 2020). Díky těmto metodám je kančí pach zamaskován, jelikož jsou jak androstenon tak i skatol látky těkavé a tepelně zpracování snižuje úroveň kančího pachu (Squires & Bonneau 2014).

3.1.1 Androstenon (5 α -androst-16-en-3-on)

Androstenon je produkován Leydigovými buňkami ve varlatech (Squires et al. 2020). Pach androstenonu lze přiřadit k pachu moči či potu (Aluwé et al. 2017). V kančím pachu se objevuje v izomeru 3 α -androst-16-en-3-on (Sørensen & Engelsen 2014). Je metabolizován a eliminován v játrech ve dvou fázích, hydroxylace a konjugace. Souhrn metabolického procesu androstenonu ukazuje obrázek 3. Biosyntéza androstenonu je řízena prostřednictvím aktivace hypothalamo-hypofýzo-gonádní osy, proto se hladiny androstenonu zvyšují právě v období puberty (Squires & Bonneau 2014). Fyziologickou funkcí androstenonu je regulace reprodukčního vývoje a sexuálního chování prasat, je to sexuální feromon (Squires et al. 2020).

Nejúčinnější způsob redukce androstenonu je genetická selekce. Avšak výběr genetických linií bez kančího pachu a zároveň bez nepříznivých důsledků na růstovou a reprodukční schopnost jedinců je složitý (Bee et al. 2015). V těle kanců se shromažďuje v tukové tkáni, ze které se začíná uvolňovat při tepelném opracování. Také ho můžeme najít ve slinných žlázách, kde se mění na feromon a uplatňuje se zejména při říji prasnic (Bernardy 2010).



Obrázek 1: Androstenon (Haugen 2010)

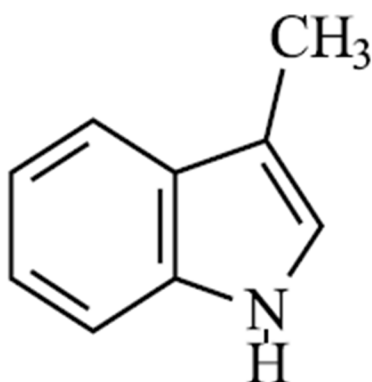
Pouze 40 až 50 % spotřebitelů je citlivých na androstenon. Proto je tato citlivost důležitá při vybírání odborníků pro sensorické hodnocení kančího pachu (Aluwé et al. 2017). Dle Squires & Bonneau (2014) pach androstenonu více vnímají muži nežli ženy. Studie Font-i-Furnols et al. (2016) využila ke zjištění citlivosti spotřebitelů v Číně a v Rusku na androstenon pouze ženy. Výsledky studie ukazují, že pouze 37 % ruských žen zapojených do studie bylo citlivých na androstenon a čínských žen tuto látku cítilo jen 32 %. V porovnání s evropskými studii, Weiler et al. (2000) a Blanch et al. (2012), kde vyšla citlivost na androstenon u 34 % německých žen zapojených do experimentu, avšak u Francouzek a Britek tato hodnota vyšplhala až na 57 % spotřebitelů.

3.1.2 Skatol (3-methylindol)

Skatol je produkován bakteriálním metabolismem tryptofanu v zadním střevě (sestupný tračník) (Squires et al. 2020). Má zápach přirovnatelný k výkalům. Je produkován zejména z L-tryptofanu, který pochází z buněčného odpadu střevní sliznice (Aluwé et al. 2017). Tryptofan je nejprve přeměněn na kyselinu 3-indolactovou, která se poté přemění na skatol (Squires & Bonneau 2014). Část skatolu odchází pryč z těla výkaly a močí, část se ukládá do tukové tkáně a část je metabolizovaná v játrech (Bernardy 2010). Někteří samci jej kvůli snížené aktivitě enzymů CYP2E1 a CYP2A špatně metabolizují, což má za následek hromadění této látky v tukové tkáni. Hladina skatolu se také zvyšuje v období puberty v důsledku poklesu jaterního metabolismu, což je způsobeno zvýšenými hladinami testikulárních steroidů (Squires & Bonneau 2014). Souhrn metabolického procesu skatolu ukazuje obrázek 3. Limitní hodnotu

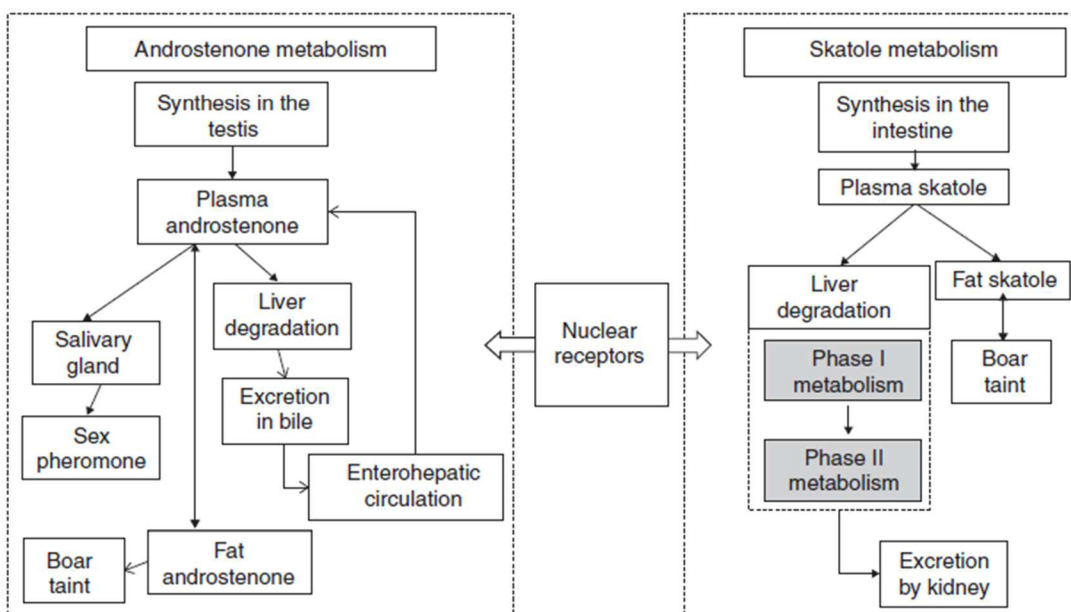
této látky ve vepřovém masu převyšuje přibližně 3 % poražených kusů prasat (Bernardy 2010). Skatol mohou vnímat téměř všichni spotřebitelé vepřového masa (Aluwé et al. 2017). Studie Squires & Bonneau (2014) uvádí, že na skatol je citlivých až 99 % spotřebitelů vepřového masa. Studie Font-i-Furnols et al. (2016) zabývající se citlivostí spotřebitelů na skatol a androstenon potvrdila vysoké číslo citlivosti na látku skatol. Dle výsledků byl podíl spotřebitelů citlivých na skatol 70 % v Rusku a 60 % v Číně. Oproti tomu androstenon vnímalo mnohem méně žen.

Existuje celá řada studií, které popisují snížení hladiny skatolu, ovlivnění jeho produkce či absorpce (Aluwé et al. 2017). Produkci skatolu lze ovlivnit složením potravy, zejména v posledních dnech před porážkou (Kjos et al. 2010). Ovlivňuje jí ale také genetika a faktory prostředí a složení střevní mikrobioty (Squires et al. 2020). Studie popisují snížení hladiny skatolu ve střevě a tukové tkáni přidáním čekanky, inulinu či fruktooligosacharidy do krmných směsí (Aluwé et al. 2017). Dobrých výsledků dosahuje i přidání syrového bramborového škrobu (Kjos et al. 2010).



Obrázek 2: Skatol (Haugen 2010)

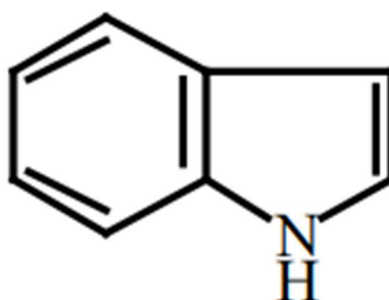
Skatol může být také absorbován prasaty z hnoje. Samci, ale i samice prasat pohybující se ve špinavém prostředí tak mohou skatol akumulovat v tuku, a to zvláště při vyšších teplotách. Skatol je produkován ve střevě samců i samic prasat, avšak předpokládá se, že produkce pohlavních steroidů na začátku puberty u samců inhibuje jaterní metabolismus a očistění krevní plazmy od skatolu, což má za následek zvýšenou akumulaci skatolu u nekastrovaných samců (Squires et al. 2020).



Obrázek 1: Souhrn metabolických drah androstenonu a skatolu (Squires & Bonneau 2014)

3.1.3 Indol (2,3-benzopyrol)

Zápach indolu je podobný, stejně jako u skatolu, výkalům (Aluwé et al. 2017). Zápach indolu má ale mnohem vyšší koncentraci. Je taktéž produkován z L-tryptofanu v gastrointestinálním traktu monogastrických zvířat a metabolizován jaterní tkání (Zadinová et al. 2016; Aluwé et al. 2017). L-tryptofan je degradován na indol, nebo transformován na kyselinu indol-3-octovou, ze které je syntetizován skatol (Zadinová et al. 2016).



Obrázek 2: Indol (Gribble 2003)

Indol se hromadí, stejně jako 2 předchozí sloučeniny kančího pachu, v tukové tkáni a jeho hladiny mohou být ovlivněny vnějším prostředím, ve kterém jsou prasata chována a složením krmné směsi (Zadinová et al. 2016). Avšak studie Kjos et al. (2010); Aluwé et al. (2017) prokázaly, že hladinu indolu nelze ovlivnit dietní léčbou. Indol má vliv na kvalitu vepřového masa v menší míře nežli skatol nebo androstenon. Tato sloučenina spíše zesiluje nepříjemný zápach, který je způsobený zejména skatolem (Zadinová et al. 2016).

3.1.4 Další pachové sloučeniny

Další látky, které přispívají k vnímání kančího pachu a chuti vepřového masa obecně, jsou např. 2-aminoacetofenon, benzylidenaceton (4-fenyl-3-buten-2-on) nebo produkty z oxidace lipidů. Mastné kyseliny ovlivňují chuť vepřového masa zejména během oxidačních procesů. Maso s vysokým obsahem omega-3 polynenasycených mastných kyselin produkuje vyšší koncentrace produktů degradace lipidů, zejména aldehydů, alkoholů a ketonů. Zejména aldehydy přispívají k nežádoucí chuti v potravinách. Ke kančímu pachu velkou měrou přispívají také mastné kyseliny s krátkým řetězcem (Liu et al. 2017).

Ze studie Liu et al. (2017) vzešly 3 důležité výsledky – existuje korelace obsahu mastných kyselin a sloučenin kančího pachu, korelace mezi složením mastných kyselin a androstenonem je vyšší než u skatolu, složení mastných kyselin nevysvětluje falešně negativní nebo falešně pozitivní sensorické hodnocení a původ kanců vysvětluje většinu rozdílů ve složení mastných kyselin. Studie Mörlein & Tholen (2015) ukazuje, že nekastrovaní samci prasat, kteří měli nízké koncentrace androstenonu, skatolu a indolu, vykazují vyšší počet polynenasycených mastných kyselin (PUFA) a menší počet nasycených mastných kyselin (SAFA). Ze studie Liu et al. (2016) vyplývá, že složení mastných kyselin souvisí se sloučeninami kančího pachu.

3.2 Pohlavní soustava kanců

Hlavní funkcí reprodukčního systému kanců je produkce spermií a sekrece pohlavních hormonů. Pohlavní ústrojí se skládá z pěti orgánů: varlata, nadvarlata, chámovod, penis a přídatné pohlavní žlázy. Pohlavní soustava všech samců je úzce spojena s vylučovací soustavou (Bonet et al. 2013). Funkce pohlavní soustavy řídí autonomní nervový systém a hormony (Reece 2011).

3.2.1 Varlata (*testis*)

Varlata jsou samčím pohlavním orgánem. Mezi hlavní funkce varlat patří zejména produkce samčích pohlavních buněk – spermií. Varlata jsou také žlázou s vnitřní sekrecí, produkují pohlavní hormony jako je testosteron (Bonet et al. 2013). Varlata kance mají délku 12-15 cm a hmotnost 700-1200 g (obě dohromady) (Marvan et al. 2017). Ve vztahu k tělesné hmotnosti kance nepřesahuje hmotností procento obou varlat 0,45. U sexuálně dospělých a zdravých kanců jsou obě varlata uložena v šourkovém vaku, přičemž levé je nižší než pravé (Bonet et al. 2013). K varlatům přiléhají na kraniodorzální straně nadvarlata (Marvan et al. 2017).

Po dokončení puberty lze u většiny druhů pozorovat sezonní změny ve velikosti a aktivitě varlat. Hladina testosteronu v krvi a hmotnost varlat je u samců prasat vyšší v zimě než v létě. V letních měsících klesá reprodukční výkonnost samců, klesá koncentrace a pohyblivost spermií a zvyšuje se počet abnormálních spermií (Sarlós et al. 2011).

Obal varlat se nazývá bělavá blána (*tunica albuginea*), která směrem dovnitř tvoří řadu vazivových přepážek – radiálních sept. Mezi těmito septy se nachází množství semenotvorných tubulů (testikulární parenchym) a pojivová tkáň (testikulární stroma) (Bonet et al. 2013). Ve varleti se nacházejí 2 typy buněk, které jsou nezbytné pro správnou funkci pohlavní soustavy. Pojivová tkáň je bohatá na Leydigovy (intersticiální) buňky. Tyto buňky syntetizují androgeny, zejména pak testosteron. Tento proces je řízen luteinizačním hormonem z hypofýzy (Reece 2011).

Testikulární parenchym je bohatý na Sertoliho (podpůrné) buňky, které jsou zodpovědné za tvorbu spermií, procesy spermatogeneze a spermiogeneze (Bonet et al. 2013). Podpůrné buňky také vyživují vyvíjející se spermie (Reece 2011). Semenotvorné tubuly tvoří ve varleti komplexní síť tubulů, ze kterých vznikají eferentní kanálky, kterými jsou transportovány spermie do nadvarlete (Bonet et al. 2013).

3.2.2 Nadvarlata (*epididymis*)

Nadvarlata jsou orgánem, který se u samců prasat nachází na kraniodorzální straně varlat. Hlavními funkcemi nadvarlat jsou: transport spermií z varlat až do chámovodu, zrání spermií, při kterém spermie získají aktivní pohyblivost a schopnost oplození a v neposlední řadě tvoří tzv. rezervoár zralých spermií (Bonet et al. 2013). Do nadvarlete jsou spermie dopravovány díky proudům tekutin ze semenotvorných kanálků. Tekutiny se poté v hlavě nadvarlete vstřebávají (Reece 2011).

Nadvarle se dělí na 3 hlavní oblasti: hlavu (*caput*, proximální oblast), tělo (*corpus*, střední oblast) a ocas (*cauda*, distální oblast). V každém kančím nadvarleti je uložen 54 m dlouhý stočený kanálek, který přepravuje spermie z proximální oblasti až k ocasu nadvarlete. Spermie tuto vzdálenost urazí za 12 až 15 dní. Transport spermií v tomto kanálku je usnadněn pomocí hladkého svalstva, které se nachází na vnitřní straně kanálku. Proces zrání spermií probíhá zejména v cefalitické oblasti a v oblasti ocasu. Kaudální oblast slouží jako rezervoár již zralých spermií. Zde se spermie udržují v klidovém stavu až do ejakulace. Klidový stav je způsoben vysokým počtem spermií, vysokou hladinou osmolality a draslíkových iontů a na druhou stranu nízkou koncentrací sodných a hydrogenuhličitanových iontů a nízkou hladinou kyslíku (Bonet et al. 2013). Díky těmto faktorům si spermie udržují životaschopnost a oplozovací schopnost po dobu 2 až 3 týdnů (Marvan et al. 2017). Během ejakulace se obsah spermií v ocasu nadvarlete snižuje v průměru o 60 % (Bonet et al. 2013).

3.2.3 Chámovod (*ductus deferens*)

Chámovod je úsek vývodního systému mezi ocasem nadvarlete a pánevní částí močové trubice. Chámovod je součástí semenného provazce společně s varletní tepnou, žílou, nervy, lymfatickými cévami a vnitřním zdvihačem varlete. Celý tento svazek prostupuje tříselným kanálem a poté se z něj chámovod odděluje a vyústí do močové trubice (Reece 2011).

3.2.4 Přídatné pohlavní žlázy (*glandulae genitalis accessoriae*)

Mezi přídatné pohlavní žlázy patří u kanců semenné vāčky, prostata a bulbouretrální žlázy. Při ejakulaci se spermie z kaudální oblasti nadvarlete mísí se sekrety z pomocných pohlavních žláz. Sekreční aktivita těchto žláz je závislá na hormonu androgenu. Všechny tyto exokrinní žlázy uvolňují sekret do močové trubice. Tento sekret je hlavní složkou semenné plazmy (ejakulátu). Semenná plazma obsahuje 94-98 % vody a její pH se pohybuje v rozmezí 7,3 a 7,9 (Bonet et al. 2013). Dále obsahuje velké množství elektrolytů, fruktózy, kyselinu askorbovou a další vitamíny (Reece 2011).

Přídatné pohlavní žlázy vylučují také řadu organických a anorganických látek, zejména mezi ně patří důležité bílkoviny. Mezi nejdůležitější ionty vylučované pohlavními žlázami patří ionty sodíku, draslíku, vápníku, hořčíku, zinku, manganu a železa. Pohyblivost spermií je závislá na hladinách sodíku a draslíku, kapacitu spermií ovlivňují hladiny vápníku a hořčíku a struktura několika proteinů v semenné plazmě závisí na hladinách zinku, manganu a železa (Bonet et al. 2013).

Funkcí sekretů přídatných pohlavních žláz je výživa spermií a úprava prostředí samčí močové trubice a samičího pohlavního ústrojí při průchodu semenné plazmy (Marvan et al. 2017).

3.2.4.1 Semenné vāčky (*vesiculae seminales*)

Semenné vāčky, či měchýřkovité žlázy, jsou u prasat velmi rozsáhlé, nacházejí se na dorzolaterální straně močového měchýře a zasahují přes pánevní dutinu až do břišní. Mají narůžovělou barvu a houbovitý vzhled. Tyto trubicovité žlázy mohou vážit až 130 g a měřit 10-15 g. Ze semenných vāček vede vylučovací kanálek do močové trubice. Semenné vāčky produkují slabě zásaditý sekret bohatý na ionty, proteiny a energetický substrát. Do močové trubice je sekret přenášen pomocí vyměšovacího kanálku, který u kance vede samostatně (u ostatních druhů hospodářských zvířat vede společně s chámovodem). I když není semenná plazma nezbytná k zajištění samčí plodnosti, má důležitou antioxidační a výživnou funkci (Bonet et al. 2013; Marvan et al. 2017).

Energetické substráty vylučované semennými vāčkami jsou sorbitol, glycerofosfocholin a fruktóza. Proteiny, které jsou vylučovány semennými vāčkami, představují 80-90 % z celkového obsahu semenných plazmatických bílkovin. Jednou z nejdůležitějších řad proteinů jsou spermadhesiny. Jsou to glykoproteiny, které podporují interakci spermie a oocytů, kapacitaci spermií a chrání spermie před aglutinací. Dalším významným proteinem je enzym kyselá fosfatáza, který se podílí na metabolismu spermií. Jeho aktivita je závislá na působení kyseliny askorbové, která je také vylučována semennými vāčkami, a navíc má i antioxidační funkci (Bonet et al. 2013).

3.2.4.2 Předstojná žláza (*prostata*)

Tato nepárová přídatná pohlavní žláza se nachází na začátku močové trubice, kaudálně od vstupu chámovodů a měchýřkovitých žláz. U kance je prostata rozdělena na 2 části, na tělo a na roztroušenou část (Marvan et al. 2017). Prostatické tělo se nachází pod močovým měchýřem, roztroušená prostata, která je mnohem více vyvinuta, se nachází podél močové trubice v pánevní dutině. Prostatické tělo má nepravidelný tvar, je 5-6 cm dlouhé a 0,7-0,8 cm silné, má bělavou barvu a houbovitý vzhled. Diseminovaná (rozesetá) prostata je kompaktní žláznatá tkáň s houbovým bělavým vzhledem (Bonet et al. 2013). Obě části jsou navzájem propojené a obě mají sekreční funkci (Marvan et al. 2017).

Prostata je silně prokrvovaná, obsahuje hustou cévní síť a je četně členěna na prostatické laloky. Drobné vývody, které shromažďují prostatickou zásaditou tekutinu ústí do močové trubice v pánevní oblasti, v blízkosti místa, kde ústí kanálky semenných váčků (Bonet et al. 2013; Marvan et al. 2017). Prostata vylučuje do lumen močové trubice mucin, bohatý na vysoce hydratované O-glykoproteiny odolné vůči proteolýze. Mucin chrání epitel močové trubice proti patogenním organismům. Prostata také syntetizuje imunomodulační spermadheziny, které brání děloze v imunitní odpovědi a chrání sperma před aglutinací, a kyselé fosfatázy, které udržují stabilitu plazmatické membrány (Bonet et al. 2013).

3.2.4.3 Bulbouretrální žlázy (*glandula bulbourethrales*)

Bulbouretrální žlázy, též Cowperovy žlázy, jsou dvě kompaktní trubkovité žlázy nacházející se dorzoventrálně od močové trubice v pánevní dutině. Žlázy válcovitého tvaru mají růžovou barvu a každá váží 90-110 g (Bonet et al. 2013) a jsou dlouhé 10-15 cm. Kanec má tyto žlázy silně vyvinuté (Marvan et al. 2017). Produkují bělavou, vysoce viskózní tekutinu, která je vylučována kanálky do močové trubice poblíž začátku pyjové močové trubice. Sekret bulbouretrálních žláz obsahuje látky neutrálních a karboxylovaných kyselin a sulfátové kyseliny. Jedná se zejména o sialoproteiny, které jsou uvolňovány hlavně na konci ejakulace. Tvoří gelovou zátku, která má zabránit toku spermatu zpět močovou trubicí (Bonet et al. 2013).

3.2.5 Pyj (*penis*)

Pyj je pářícím orgánem samců. Pyj tvoří nepárové houbovitě těleso, párové topořivé těleso, pomocné svaly, cévy a nervy (Marvan et al. 2017). Prochází jím močová trubice, kterou protéká moč i semeno (Reece 2011). Penis kance je tenký, v průměru 1-1,5 cm, a dlouhý 50 až 60 cm (Marvan et al. 2017). Skládá se ze tří částí – kořene, těla a žaludu. Kanec má penis stočen v esovité ohbí, které se při erekci vyrovnává (Reece 2011). Kraniální konec pyje kance se zužuje a vývrtkovitě stáčí vlevo (Marvan et al. 2017).

3.3 Trávicí soustava kanců

Trávicí soustava je soustava orgánů počínající od dutiny ústní až po konečník, jmenovitě zahrnuje ústní dutinu, hltan, jícen, žaludek a střevo, a přídatné orgány, jako jsou slinné žlázy, játra a slinivka břišní (Marvan et al. 2017). Primární funkcí gastrointestinálního systému je trávení (chemické a mechanické zpracování) a vstřebávání živin. Další funkcí soustavy je komplexní ochrana organismu před prvky z vnějšího prostředí, jejíž důležitou součástí jsou střevní mikrobiota a lokální složky imunitního systému. V trávicí soustavě jsou přijaté živiny zpracovány, enzymaticky degradovány nebo fermentovány střevní mikrobiotou. Živiny a metabolity jsou po zpracování absorbovány z lumen směrem do krve a systémových orgánů a tkání (Jansman 2016).

Během fylogeneze došlo k rozsáhlým druhovým rozdílům v důsledku přizpůsobení se přijímané potravě. Podle typu přijímané potravy se zvířata dělí na masožravce (*carnivora*), býložravce (*herbivora*) a všežravce (*omnivora*). Prase, jako všežravec, má velmi rozsáhlé střevo, což mu umožňuje přijímat a trávit potravu bohatou na vlákninu (Marvan et al. 2017). Částečná fermentace vlákniny probíhá v rozšířené části tlustého střeva (Reece 2011).

S kančím pachem jsou z orgánů trávicí soustavy spojeny zejména tlusté střevo, kde vzniká bakteriální aktivitou skatol a játra, ve kterých je metabolizován androstenon (Squires & Bonneau 2014).

3.3.1 Tlusté střevo (*intestinum crassum*)

Tlusté střevo se dělí na 3 tvarově a funkčně odlišné části: slepé střevo (*cecum*), tračník (*colon*) a konečník (*rectum*) (Reece 2011). Délka tlustého střeva u prasete dosahuje 5 metrů a objemu 8 litrů. Slepé střevo je charakteristické svým slepým zakončením. Prase má tuto část střeva širokou a krátkou. Nachází se v levé polovině dutiny břišní a jeho hrot směřuje kaudovětrálně. Tračník se skládá ze vzestupného, příčného a sestupného tračníku. U prasete je vzestupný tračník mohutně vyvinutý a uspořádaný do tzv. tračnickového labyrintu. Ve stěně slepého střeva a tračníku prasete se nacházejí výdutě (*haustra*). Tyto výdutě jsou tvořeny podélnou a kruhovou vrstvou hladké svaloviny. Hlavní funkcí výdutí je zadržení tráveniny v tlustém střevě a tím umožnění intenzivnějšího bakteriálního trávení. Konečník má funkci rezervoáru nestrávených zbytků potravy (Marvan et al. 2017). Trávicí soustava je ukončena řitním otvorem, který navazuje na konečník (Reece 2011). Tlusté střevo je bohaté na pohárkové buňky, a to zejména ve své kaudální části. Tyto buňky produkují hlenový sekret, který napomáhá formování výkalů (Marvan et al. 2017).

V tlustém střevě mohou být částečně fermentovány nestrávené složky krmiva, zejména vláknina a rezistentní škrob, lipidy a proteiny. To má za následek tvorbu mastných kyselin s krátkým řetězcem (kyselina octová, kyselina propionová, kyselina máselná, kyselina izovalerová a kyselina izomáselná). Tyto kyseliny se vstřebávají ze zadního střeva přispívají k zásobování zvířete energií. Kromě toho vznikají další konečné produkty mikrobiální fermentace, jako je amoniak, metan, oxid uhličitý, voda a mikrobiální masa. Mezi nejdůležitější faktory ovlivňující fermentovatelnost vlákniny spadá původ vlákniny, její rozpustnost, stupeň

lignifikace, míra zařazení do stravy a její zpracování, míra zařazení do stravy, doba průchodu střevem, věk a hmotnost zvířete a mikrobiální složení střev. Střevní mikrobiota má ochrannou, strukturální a metabolickou funkci (Jansman 2016). Více než 90 % bakterií ve střevě prasat pochází ze dvou kmenů – *Firmicutes* a *Bacteroidetes* (Isaacson & Kim 2012). U prasete jsou tyto mikroorganismy podílející se na trávení vyloučeny s výkaly (Reece 2011).

3.3.2 Játra (*hepar*)

Játra jsou největší žlázou v těle a jejich hlavními funkcemi jsou: termoregulace, krvetvorba v embryonálním období, přeměna a zásobárna živin a detoxikace organismu (Marvan et al. 2017). Jednou z nejdůležitějších funkcí jater je produkce žluče obsahující soli žlučových kyselin (Reece 2011). Hmotnost jater u prasete je 1-3 kg (Marvan et al. 2017). Játra prasete se skládají z 5 laloků, levý laterální a mediální, pravý laterální a mediální a ocasatý lalok (Kim & Lee 2013). Epiteliální buňky jater syntetizují, skladují a přeměňují celou řadu látek. Prase má jaterní lalůčky obklopeny přepážkami z vaziva, které vytvářejí tzv. mramorování jater (Reece 2011). Hvězdicovité buňky mají schopnost fagocytózy a jsou součástí retikulohistocytárního systému (neboli makrofágového systému). Jaterní buňky mají vysokou metabolickou aktivitu, mají podíl na metabolismu sacharidů, bílkovin, lipidů, železa a vitamínů (Marvan et al. 2017).

Do jater vstupují dvě cévy, jaterní tepna přivádí krev pro výživu jaterních buněk a portální žíla, která přivádí žilní krev ze žaludku, střev, sleziny a slinivky břišní. Krev v játrech poté cirkuluje v jaterních sinusoidách. Zde je krev detoxikována a čištěna a přes jaterní žílu a zadní dutou žílu se dostává do srdce. V játrech se nacházejí také tzv. Kupfferovy buňky, což jsou přisedlé makrofágy a jsou součástí obranného systému organismu. Vychytávají cizorodé organismy, které se ze střev a žaludku dostali do krve. Hvězdicovité (Kupfferovy) buňky také vychytávají staré a poškozené červené krvinky, zbytky tkání a mají regulační schopnost (Reece 2011).

3.4 Detekce kančího pachu

Masný průmysl je díky vysokým nárokům spotřebitelů na kvalitu masa nucen více dbát na kontrolu masa a masných výrobků, které se dostávají na trh. Důležitým aspektem splnit tento nárok je, aby se ke spotřebiteli nedostalo maso, ze kterého by byl cítit kančí pach (Trautmann et al. 2016). Mohlo by to mít negativní ekonomické důsledky pro celý masný průmysl (Font-i-Furnols et al. 2020). Z tohoto důvodu je pro průmysl prasat zcela zásadní mít účinnou technologii pro přesnou, rychlou, citlivou a nákladově efektivní detekci hlavních sloučenin kančího pachu (Westmacott et al. 2019).

Hromadění látek způsobujících kančí pach, a tedy i stupeň zápachu, se mezi jatečně upravenými těly kanců značně odlišuje. Z tohoto důvodu je při porážce nutná kontrola kvality vepřového masa, zejména pak u zvířat, která nebyla kastrována. Legislativa EU vyžaduje, aby maso z jatečně upravený těl, které není považováno za vhodné k spotřebě koncovým spotřebitelem, bylo speciálně označeno (nařízení ES č. 854/2004, 2004) (Liu et al. 2016).

Pro detekci základních 3 sloučenin, které zapříčiňují kančí pach, existuje široká škála analytických metod, které zahrnují imunologické a chromatografické přístupy v kombinaci s různými postupy úpravy vzorků (Bee et al. 2015). V průběhu let byly vyvinuty chemické metody pro stanovení sloučenin kančího pachu, které jsou založené především na kapalinové nebo plynové chromatografii. Zatímco přímé měření chemickými metodami může být objektivní, reprodukovatelné a může se opakovat, tyto metody vždy vyžadují odběr a přípravu vzoru před hodnocením. Proto jsou chemické metody časově ale i finančně nákladné a omezené pouze na laboratoř (Font-i-Furnols et al. 2020).

Hladiny hlavních látek kančího pachu, androstenonu a skatolu, které jsou přijatelné pro spotřebitele, jsou rozdílné (Zadinová et al. 2016). Mezní hodnoty byly stanoveny na základě senzorkého hodnocení vyškolenými pracovníky (Squires & Bonneau 2014). Hladina pro androstenon se pohybuje mezi 0,50 – 1,00 µg/g, hladina pro skatol mezi 0,20 – 0,50 µg/g (Squires & Bonneau 2014). Hladiny prahových hodnot se liší jak v rámci kontinentů, tak i v rámci jednotlivých států. Tyto prahové hodnoty jsou důležité při stanovování kančího pachu pomocí chemických metod (Duarte et al. 2021).

Klasifikace kančího pachu může být provedena buď přímo na jatečně opracovaném těle na porážkové lince, bez odebrání vzorku, nebo je vzorek po odebrání zkoumán v oddělené místnosti v budově jatek (Font-i-Furnols et al. 2020). Metody detekce kančího zápachu by měly splňovat určité standardy, jako je nízká cena, rychlost vyhodnocení výsledku, automatizace a stoprocentní citlivost a specifická (žádné falešně pozitivní a negativní výsledky) (Burgeon et al. 2021). V současné době není k dispozici žádná oficiální metoda pro analýzu sloučenin kančího pachu (Aluwé et al. 2012). Haugen et al. (2012) ve své studii uvádí, že srovnávání výsledků laboratorních analýz je složité, a to z důvodu rozdílů mezi protokoly jednotlivých metod, skladováním vzorků a místem odběru vzorků.

Nejčastěji využívanou metodou detekce kančího pachu v evropském průmyslu je organoleptické posuzování (metoda lidského nosu), které posuzuje zahřátý vzorek tukové tkáně. Tento postup je však plný vědeckých nesrovnalostí a spolehlivost této metody není dostatečně zdokumentována (Westmacott et al. 2019). Metoda kolorimetrického testu je využívána zejména na dánských jatkách (Burgeon et al. 2021). Analytické metody, jako například plynová chromatografie, jsou sice přesnější a citlivější než metoda lidského nosu, ale nevýhodou je vysoká cena, potřeba laboratoře pro vyhodnocení výsledku, a i delší čas vyhodnocení výsledku (Westmacott et al. 2019). Z toho důvodu je tato metoda detekce spíše na ústupu, stejně tak detekce kančího pachu pomocí hmyzu a hodnocení hladiny látek kančího pachu elektrickými nosy. Metody založené na hmotnostní spektrometrii, Ramanově spektrometrii a detekci kančího pachu pomocí biosenzorů nyní procházejí rozsáhlým zkoumáním a dle výsledků studií představují možnosti detekce kančího pachu v příštích letech (Burgeon et al. 2021).

Ve studii Haberland et al. (2013) bylo navrženo upřednostňovat metody, které měří koncentraci sloučenin kančího pachu před metodami senzorkými, z důvodu vysokého odhadu dědičnosti skatolu a androstenonu. U chemických analýz je důležité stanovení prahových hodnot, aby bylo možné posoudit, zda je jatečně upravené tělo vhodné k přímé spotřebě či není. Nejčastěji uváděné prahové hodnoty jsou pro androstenon 1,0 µg/g a pro skatol 0,25 µg/g.

Z výsledků studií Bonneau & Chevillon (2012) a Mörlein et al. (2016) vyplývá, že lze uvažovat o vyšší prahové hodnotě pro androstenon, 2-3 µg/g, pokud by byla prahová hodnota

skatolu menší než 0,1 µg/g. Studie Mörlein et al. (2016) také ukazuje, že vnímání kančího pachu je ovlivněno nejen koncentrací látek androstenonu, skatolu a indolu, ale také vzájemným působením těchto látek mezi sebou. Na vnímání zápachu se také velkou měrou podílejí další sloučeniny, na které ale není při chemické analýze brán ohled. Vnímavost kančího zápachu je také ovlivněna věkem a pohlavím spotřebitele a rozdílné prahové hodnoty a sensorická citlivost se také liší v rámci států (Duarte et al. 2021).

3.4.1 Sensorické hodnocení (čich)

Nepřístrojovou metodou detekce kančího pachu je metoda hodnocení pomocí lidského nosu. Jedná se o sensorickou metodu třídění prasečích těl na jatkách, též známá pod názvem skóre lidského nosu (Bee et al. 2015). Může být prováděna přímo na jatečně opracovaném těle zahřátím tukové tkáně, nebo se vzorky mohou po odebrání hodnotit v laboratoři (Font-i-Furnols et al. 2020). Pokud odborný posuzovatel neodhalí pomocí svého čichů v zahřátém tuku kančí pach, je jatečně upravené tělo možno dále zpracovávat až na konečné produkty (Burgeon et al. 2021). Nelze však vyloučit, že někteří spotřebitelé budou mít citlivější čich než posuzovatelé (Font-i-Furnols et al. 2020). Velice důležitý je výběr posuzovatele z důvodu různé čichové ostrosti osob a důležité je také jeho řádné proškolení. V průběhu detekce pachu může na školitele působit řada negativních vnitřních i vnějších vlivů, jako je únava posuzovatele, narušení vnějšího prostředí jiným pachem, nedostatek času na posouzení vzorku a další (Bee et al. 2015).

Existuje řada různých technologií k zahřívání vzorků tukové tkáně, např. mikrovlny, pájka, horká voda nebo plynový hořák. Nejpoužívanější metodou pro stanovení kančího pachu přímo na jatkách je plynový hořák. Doporučuje se, aby se během tréninku hodnotitelů využívala metoda, která je poté využívána na jatkách (Font-i-Furnols et al. 2020). Studie Trautmann et al. (2016) porovnávala tři sensorické protokoly pro stanovení kančího pachu přímo na lince jatek pomocí mikrovln, horkého železa a horké vody. Ve studii došli k závěru, že nejlepší z hlediska citlivosti je zahřívání tuku pomocí horkého železa. Ve studii Whittington et al. (2011) porovnávali zahřívání tuku pomocí mikrovln, žhavého drátu, tavení a horké vody. Všechny tyto způsoby zkoušeli při 75 °C a při 25 °C. Nejlepších výsledků bylo dosaženo u mikrovln, rozžhaveného drátu a horké vody při teplotě 75 °C.

Náklady této metody, stejně jako všech sensorických metod hodnocení, závisí na počtu posuzovatelů pachu, rychlosti vyhodnocení výsledku, použitém postupu a počtu opakování. Ve zpracovatelském závodě nemusí náklady na testování přesáhnout na jatečně upravené tělo 1 euro, zatímco náklady na analýzu sloučenin kančího pachu se blíží částce 55 eur. Z tohoto důvodu je použití metody detekce kančího pachu pomocí lidského nosu levnější, než laboratorní testy. Je všeobecně známo, že mezi lidmi existují velké rozdíly ve vnímání kančího pachu. Citlivost na kančí pach je odlišná v závislosti na státu (různé prahové hodnoty), na pohlaví a věku spotřebitele/hodnotitele. Obecně jsou ženy více citlivé na kančí pach než muži. Citlivost se zvyšuje společně s věkem (Mathur et al. 2012).

Studie Mathur et al. (2012) testovala touto metodou 6574 vzorků, kdy bylo z celkového počtu identifikováno pouze 8,7 % vzorků s kančím pachem. Poté byly vzorky roztříděny dle běžně používaných prahových hodnot pro skatol (0,25 µg/g) a androstenon (1 µg/g). Podíl vzorků s kančím pachem se po tomto třídění výrazně zvýšil, a to na 44 %. Při následném

přetřídění se také zjistilo, že i když mají některá jatečně upravená těla nízké hladiny androstenonu a skatolu, tak ale mají silný kančí zápach. Závěr studie uvádí, že spoléhání se při detekci kančího pachu jen na tyto dvě hlavní složky kančího pachu může vést k velkému počtu falešně pozitivních výsledků, a zároveň nelze vyloučit procento falešně negativních výsledků.

Studie Wesoly et al. (2016) zkoumala vliv odběrového místa vzorku tuku z jatečně upraveného těla na koncentrace skatolu a indolu a tím i možnost ovlivnění správně vyhodnoceného výsledku obsahu těchto látek v mase. Studie vydala doporučení, aby se vzorky tuku pro detekci kančího pachu odebíraly v oblasti břicha, aby se zvýšila pravděpodobnost úspěšné detekce skatolu a indolu. Výsledky studie ukázaly, že vyšší koncentrace skatolu, až o 26 %, byly nalezeny ve vzorcích odebraných z břicha oproti vzorků odebraných z dorzální části těla samců. V případě indolu dosahovalo toto číslo 20 %.

3.4.2 Kolorimetrický test

Metoda kolorimetrického testu se provádí v laboratoři či v místnosti k tomu určené mimo porážkovou linku (Burgeon et al. 2021). Na jatkách v Dánsku se kolorimetrický test pro stanovení zejména skatolu používá již po desetiletí. Tato technika detekce kančího pachu je plně automatizovaná a je založena na reakci mezi barevným činidlem a sloučeninami indolu, jako je například i skatol. Z jatečně upraveného těla se musí odebrat vzorek tuku, který se naseká a smíchá s extrakčním roztokem a barevným činidlem (4-dimethylaminobenzaldehyd). Výsledků se poté docílí pomocí spektrofotometru (Font-i-Furnols et al. 2020). Z důvodu, že touto metodou nelze odhalit přítomnost ostatních sloučenin, jako je androstenon, se používá spíše jako základ pro klasifikaci jatečně upravených těl. Jelikož detekce vyžaduje odběr tukové tkáně prasete, je tato metoda spojena s vyššími náklady, zejména s počáteční investicí do odběrového zařízení a následně do zařízení, která analyzují vzorek (Burgeon et al. 2021).

3.4.3 Detekce pomocí hmyzu

Jednou z metod byla detekce pachu založena na chování hmyzu. K tomuto rozpoznávání kančího pachu bylo využíváno parazitických druhů hmyzu, například vosičky *Microplitis croceipes*. Přítomnost indolu, skatolu či androstenonu nutilo hmyz ke shlukování u zdroje těchto látek (Burgeon et al. 2021). Olson et al. (2012) provedli výzkum, kde bylo odhaleno, že tyto parazitické vosy mohou detekovat vysoké, střední ale i nízké koncentrace molekul kančího pachu při teplotě 25 °C. Tato metoda má ale velké množství rizik a negativ pro využívání na jatkách. Další studie by se měly zabývat konkrétním režimem odběru vzorků s ohledem na čas a teplotu v závislosti na tom, jak a kde by se potencionálně na porážkové lince stanovování kančího pachu pomocí hmyzu provádělo (Olson et al. 2012).

3.4.4 Elektronické nosy (E-nosy)

Jedná se o zařízení složené z mnoha senzorů, které mají napodobit lidský nos, ať už z hlediska fungování, tak z hlediska výsledků (Burgeon et al. 2021). První mechanické zařízení tohoto typu bylo popsáno v roce 1961 a zkonstruováno o 3 roky později. Možné další výrazy pro tuto metodu jsou: soubor plynových senzorů nebo multisenzorický systém (Wojnowski et

al. 2017). Za obecně přijímanou definicí elektronického nosu se považuje: nástroj, který obsahuje řadu heterogenních elektrochemických plynových senzorů s částečnou specifitou a systémem rozpoznávání vzorků. Nyní se ale tento termín používá v širším slova smyslu pro označení plynových senzorů, které snímají a vyhodnocují okolní plynnou atmosféru (Loutfi et al. 2015)

Lidé vnímají pach pomocí receptorů na čichových neuronech v nose, které vytvářejí akční potenciál přenášený axony na čichový bulbus, kde je tento signál transformovaný na elektrický a přenesen do mozku, kde je tato informace zpracována. U e-nosů, když dosáhne plyn povrchu senzoru, dojde ke změně jeho vodivosti a absorpce. Změna je transformována na elektrické signály, které jsou poté zpracovány počítačem. Výsledek ukazuje, zda je hodnota těkavých organických sloučenin nad nebo pod prahovou hodnotou, tzn. zda je jatečně upravené tělo znečištěno kančím pachem nebo není (Burgeon et al. 2021). V různých odvětvích byly pro výzkum použity četné typy plynových senzorů, polovodičové polymery a piezoelektrické senzory. Jako vhodné se ukázaly elektronické nosy založené na hmotnostní spektrometrii a se senzory na bázi oxidů kovů, které byly hojně využívány z důvodu dobré dostupnosti. Hlavní důvody, které brání širokému využívání této metody, jsou reprodukovatelnost a funkce snímače (Wojnowski et al 2017).

Přestože jsou e-nosy spíše nespolehlivým nástrojem pro stanovení specifických chemických sloučenin, má tato metoda oproti ostatním, které hodnotí maso a masné výrobky i značné výhody. Analýzy jsou jednoduché a levné (Górska-Horczyzak et al. 2016). Metoda je ale velmi časově náročná a vyžaduje vysokou počáteční investici v podobě nákupu drahých zařízení (Burgeon et al. 2021). Dalším negativem je potřeba specifického a časově náročného školení personálu, který bude toto zařízení obsluhovat (Górska-Horczyzak et al. 2016). Zařízení jsou tvořena buď jedním typem plynového senzoru či kombinací více druhů. Senzory fungují na principu elektrochemickém, optickém nebo piezoelektrickém (Burgeon et al. 2021). V současné době se odborníci soustředí zejména na zkrácení doby výsledku jedné analýzy, zvýšení citlivosti měření a zmenšení přístroje (Wojnowski et al. 2017). Mikro-elektromechanické systémy a nanotechnologie jsou velice slibně vyvíjenými se technologie, které by mohly pomoci zařadit tuto metodu detekce kančího pachu do běžně využívaných metod na jatkách (Loutfi et al. 2015).

3.4.5 Hmotnostní spektrometrie

Hmotnostní spektrometrie byla využívána pro svou stabilitu, citlivost a reprodukovatelnost (Burgeon et al. 2021). První zařízení pro hmotnostní spektrometrii bylo vyrobeno v roce 1912 (Noda et al. 2016). Hmotnostní spektrometrie bývá k detekci kančího pachu často využívána v kombinaci se separačními technikami, jako jsou plynová chromatografie nebo kapalinová chromatografie. Plynová chromatografie byla první technikou použitou ke stanovení androstenonu z prasečí tukové tkáně. Později byly vyvinuty i metody plynové chromatografie ke stanovení koncentrací skatolu v hřbetním tuku prasat. Kapalinová chromatografie se využívá zejména na stanovení hladin skatolu a indolu. Indolové sloučeniny jsou snadno rozpustné v mnoha organických rozpouštědlech a mají polární i nepolární vlastnosti. Indoly vykazují intenzivní autofluorescenci, což je u této metody po zavedení

fluorescenční detekce značnou výhodou. Oproti tomu androstenon tuto schopnost nemá, a proto se tato metoda pro stanovení této látky kančího pachu používá omezeně (Haugen et al. 2012).

Ve studii Sørensen & Engelsen (2014) zjišťovali hladinu hlavních složek kančího pachu v tukové tkáni prasat zahřátím tuku na 150 °C po dobu 12 minut. Z výsledků studie vyplynulo, že by měla být dostatečně citlivá pro detekci kančího pachu, pokud budou použity běžné prahové hodnoty 0,2 µg/g pro skatol a indol a 1 µg/g pro androstenon. Avšak ze studie také vyplývá, že doba analýzy jednoho vzorku je celkem dlouhá ve srovnání např. s technikou lidského čichu. Další studie, Verplaken et al. (2017), využili také kombinací těchto dvou technik, avšak významně urychlili zahřívání tuku. Výsledek jednoho vzorku tak bylo možné získat za 3 a půl minuty. Metoda však postrádala citlivost, objevilo se velké množství falešných výsledků, jelikož se nedařilo detekovat kančí pach na prahových hodnotách (Burgeon et al. 2021).

Metoda hmotnostní spektrometrie vyžaduje vysokou počáteční investici do všech potřebných přístrojů (Burgeon et al. 2021). Tato metoda byla používána často z důvodu její přesnosti měření, možnosti opakování a dostatečné citlivosti na zmíněné látky. Metoda také splňuje požadavky metod kontroly potravin (Bee et al. 2015).

Studie Borggaard et al. (2017) popisuje metodu pro simultánní měření androstenonu a skatolu ze vzorků tuku spojenou s metodou hmotnostní spektrometrie vyvinutou v Dánském institutu pro výzkum masa. Jedná se o metodu založenou na technologii Laser Diode Thermal Desorpce (LDTD) a chemické ionizaci za atmosférického tlaku (APCI) spojenou s detekcí pomocí hmotnostní spektrometrie. Metoda měla dosáhnout jasně daných specifikací: čas od extrakce vzorku do výsledku musí být kratší než 30 minut a z jednoho vzorku změřit hladinu skatolu i androstenonu. Metoda i údržba stroje by měla být snadná a nízkonákladová (náklady na spotřební materiál pro analýzu nesmí přesáhnout 1 euro). Z výsledků studie vyplývá, že metoda splnila všechna specifika stanovená před zahájením studie.

3.4.6 Ramanova spektrometrie

Ramanova spektrometrie je metoda založena na Ramanově jevu. Jedná se o jev, při kterém je část fotonů rozptýlena ze vzorku ozářeného laserovým paprskem (Yaseen et al. 2017). Zjednodušený princip je takový, že je vzorek ozářen laserovým paprskem o známé frekvenci a to způsobí, že se malá část fotonů rozptýlí s posunutou frekvencí. Současně se mění vibrační nebo rotační režimy molekul vzorku. Rozdíl ve frekvenci mezi rozptýleným zářením a dopadajícím zářením se nazývá Ramanův posun (Liu et al. 2016). Rozptýlené záření je charakterizováno odlišnou vlnovou délkou. Ramanovo spektrum může být specifikováno jako lidský otisk prstu rozptylujícího materiálu (Yaseen et al. 2017). Výsledky mohou poskytnout strukturní i kvalitativní informace o látce, která je touto metodou hodnocena (Beganović et al. 2019).

Spektra u tohoto jevu jsou ovlivněna hlavně složením mastných kyselin v lipidech a také stupněm jejich nasycení. Výsledky studie Liu et al (2016) stanovily přesnost výsledků této metody na 81 %, avšak tento výsledek nebyl ověřen přímo na jatkách. Sørensen et al. (2015) ve své studii použili k detekci kančího pachu povrchově zesílený Ramanův jev. I když studie odhalila velké chyby predikce, mohla by být tato metoda po dalším prozkoumání v detekci kančího pachu hojně používána.

Ramanova spektrometrie může být využívána pro celou škálu analýz, tj. ke kvalifikaci složení mastných kyselin, profilování hloubky tukové tkáně, predikaci pH v mase, predikaci ztráty masa při vaření, určování sensorické kvality a také identifikaci pravosti potravin (Liu et al. 2016). Metoda má relativně nízké náklady a může poskytnout informace nejen o hodnotě kančího pachu, ale i o dalších aspektech kvality kančího masa (Burgeon et al. 2021).

3.4.7 Biosenzory

Biosenzory jsou další možností, jak by se v budoucnu mohl detekovat kančí pach, avšak metoda musí být nadále vyvíjena a testována. Biosenzory se dají definovat jako měřicí zařízení, která sledují kombinaci biologické složky s fyzikálním nebo chemickým převodníkem. Biologická složka může být enzym, prtilátka, organela, buňka, orgán nebo celý organismus. Princip metody je jednoduchý, převodník převede odezvu reakce biosložky a analytu a ti pak převedou na měřitelný výstup. Biosenzory jsou často založeny na použití specifických receptorů nebo proteinů sensorického systému. Finanční náklady této metody nelze nyní ještě zcela přesně určit, jelikož je metoda ještě stále prozkoumávána (Burgeon et al. 2021).

3.5 Možnosti eliminace kančího pachu

Jednou z metod, jak tomuto zápachu předejít, je chirurgická kastrace bez anestezie. Tento způsob zbavení se kančího pachu ale z velké části nevyhovuje welfare zvířat (Burgeon et al. 2021). V roce 2010 se státy Evropské unie zavázaly zastavit do roku 2018 chirurgickou kastraci selat. V roce 2019 však stále bylo okolo 60 % samců prasat, kteří se dostali na jatka pro produkci na trh s vepřovým masem, chirurgicky kastrováno (Kress et al. 2020). Pro producenty vepřového masa je jeho čistota prioritou. Proto se zkoumá řada alternativ, jak se kančího zápachu zbavit méně bolestivou cestou pro zvířata. Evropský úřad pro bezpečnost potravin vydal řadu alternativ. Jedná se o produkci nekastrovaných prasat, imunokastraci, určování pohlaví spermatu (pouze pro chov samic), chemickou kastraci a podávání hormonů k inhibici hypotalamo-hypofýzo-gonádní osy (Burgeon et al. 2021). Poslední 3 zmíněné metody jsou ale nereálné. Podávání hormonů je v EU zakázáno, chemická kastrace taktéž nesplňuje podmínky welfare zvířat a detekce pohlaví u spermií je příliš nákladná (Bonneau & Weiler 2019). Jediné alternativy jsou tedy imunokastrace a produkce nekastrovaných samců (Burgeon et al. 2021).

Pro další studie je zapotřebí integrovat metabolické, fyziologické a genomické informace k definování procesů, které vedou k rozdílu kančího pachu mezi plemeny a mezi jedinci v rámci jednoho plemene. Výsledkem mohou být faktory, díky nimž jsou některá zvířata náchylnější k produkci kančího pachu nežli jiná (Squires et al. 2020).

U nekastrovaných samců prasat se v období pohlavní dospělosti projevuje agresivnější chování vůči ostatním jedincům. Zvýšený počet bojů může vést ke zvýšenému výskytu DFD masa (tmavé, tuhé a suché), horšímu růstu a poškození kůže. Nutné je taky u nekastrovaných samců dbát na manipulaci před porážkou, aby se snížil stres zvířat (Squires & Bonneau 2014).

3.5.1 Chirurgická kastrace

Kastrace u hospodářských zvířat, a to zejména u samců, je běžně prováděný zákrok po celém světě. Kastrací u samců prasat je dosaženo jak zklidnění zvířat, která by v dospělosti mohla s narůstající pohlavní aktivitou agresivně ohrožovat jak ošetřovatele, tak ostatní zvířata, tak je kastrací zabráněno vzniku tzv. kančího pachu, který může způsobovat znehodnocení kančího masa. Kastrace kanečků je ve státech Evropské unie stanovena směrnicí z 18. prosince 2008, která určuje minimální standardy v chovu prasat 2008/120/EC a dbá na požadavky welfare zvířat (Bernardy 2010). Kastrace samců prasat může být provedena prostředky, které nepoškodí tkáň potrháním, za následujících podmínek: (1) u selat mladších 7 dnů bude kastrace provedena pouze veterinárním lékařem nebo proškolenou osobou v oblasti welfare zvířat, která má zkušenosti s prováděním těchto technik s odpovídajícími prostředky a hygienickými předpisy a podmínkami, (2) u selat od 7. dne věku včetně bude kastrace provedena pouze veterinárním lékařem v narkóze (Bee et al. 2015). Sele je zafixováno v držáku nebo pomocným pracovníkem a odborný pracovník vede dva souběžné sagitální řezy dezinfikovaným skalpelem, méně často jeden příčný horizontální řez. Poté jsou varlata vyndána z obalů, a i s nadvarlaty jsou v distální části semenného provazce pomocí emaskulátoru oddělena. Následně je místo antisepticky ošetřeno. Celý úkon trvá přibližně 20 až 70 sekund, dle typu anestezie (Bernardy 2010).

Některé státy EU, zejména severské, i u těchto selat před kastrací provádějí místní znecitlivění oblasti třísel. V Nizozemí a v Belgii je u tohoto zákroku vyžadováno celkové znecitlivění hlavně odběrateli a zpracovateli vepřového masa. V České republice jsou oprávněni provádět chirurgickou kastraci a injekční znecitlivění pouze veterinární lékaři a proškolený odborný personál (veterinární technici). Nově jsou legislativou definováni osoby odborné způsobilosti podle zákona na ochranu zvířat proti týrání 246/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů (Bernardy 2010).

Rostoucí zájem veřejnosti o dobré životní podmínky zvířat vedl k tomu, že zúčastněné strany v oblasti produkce vepřového v Evropě vyhlásily od roku 2018 zákaz chirurgické kastrace samců selat (Evropská deklarace o alternativách chirurgické kastrace prasat, 2010). Přesto se i nadále prasata téměř po celém světě tradičně kastrují v mladém věku, aby se zabránilo výskytu takzvaného kančího pachu (Duarte et al. 2021), a aby se usnadnila manipulace se zvířaty samčího pohlaví (Liu et al. 2016).

3.5.2 Imunokastrace

Nekrvavou metodou kastrace je tzv. imunologická kastrace (Bernardy 2010). Imunokastrace je bezbolestná, reverzibilní metoda, která eliminuje kančí pach v mase, což vede k nižším hodnotám pachu v tuku (Dalla Costa et al. 2020). Metoda je založena na očkování, kdy se využívá imunitní systém zvířete k potlačení produkce mužských hormonů (Aluwé et al. 2016). Vakcína způsobí produkci protilátek, které inhibují GnRH a tím se zastaví vývoj varlat a eliminuje se produkce androstenonu i pohlavních steroidů. I hladiny skatolu jsou u imunokastrovaných prasat nízké, což je s největší pravděpodobností zapříčiněno zvýšenou

metabolickou očistou krevní plazmy v játrech. Zákrok je neinvazivní a významně snižuje riziko infekce a bolesti oproti chirurgické kastraci (Squires et al. 2020).

V Evropě je v současné době dostupná pro komerční použití pouze vakcína Improvac[®]. Evropská léková agentura schválila tuto vakcínu používání ve státech Evropské unie v roce 2009. Tržní podíl imunokastrátů je však v Evropě velmi nízký, v roce 2017 bylo pouze okolo 3 % samců z celkového počtu imunokastrováno. Důvody nízkého přijetí vakcinace se různí a jsou způsobeny zejména mezerami ve znalostech ohledně optimálního využití imunokastrace pro požadavky trhu (Kress et al. 2020).

Vakcína se aplikuje do kořene ucha speciálním očkovacím zařízením, které je navrženo tak, aby zabránilo náhodnému píchnutí jehlou do jiného místa (Squires & Bonneau 2014). První dávka vakcíny stimuluje imunitní reakci a podává se nejčastěji v 8 až 9 týdnů věku jedince (Squires et al. 2020). Druhou dávkou se vyvolá imunitní odpověď. Druhá dávka by měla být aplikována 4 až 5 týdnů před porážkou, aby se včas zastavila produkce androstenonu. S druhou dávkou přicházejí i změny v chování kanců, což vede ke zvýšenému příjmu denní dávky krmiva. Avšak příjem krmiva musí být kontrolován a omezován, aby nedošlo ke zhoršení vlastností jatečně upraveného těla. Omezení krmiva může být jak kvalitativní, tak kvantitativní a závisí na genetice, pohlaví, hmotnosti zvířat a složení krmiva. Nutriční požadavky u imunokastrovaných prasat jsou však málo známy (Dalla Costa et al. 2020).

Jelikož se jedná o látku imunologické povahy, neovlivňuje kvalitu masa a nemá vliv na lidské zdraví (Bernardy 2010).

První dávka vakcíny vyvolá pouze malou protilátkovou odpověď, z tohoto důvodu by mohl být tento postup použit jako součást selekčního procesu pro chovné kance. Všichni kanci by dostali první dávku vakcíny a pouze nevybraní pro chov by dostali i druhou dávku. Imunokastrace také snižuje agresivní a sexuální chování, takže se imunokastrati neodlišují v chování od samců prasat kastrovaných před dosažením pohlavní dospělosti. Imunokastrace je hojně využívána v chovech prasat v Brazílii, Austrálii a na Novém Zélandu. V zemích Evropské unie a v Severní Americe není tato technologie široce využívána, a to zejména kvůli nedostatečnému přijetí ze strany spotřebitelů (Squires et al. 2020).

Studie Daza et al. (2016) testovala rozdíly mezi chirurgicky kastrovanými kanci, imunokastrovanými kanci i prasnicemi a nekastrovanými prasnicemi, jejichž maso je určeno k výrobě sušené šunky. Zaměřovala se zejména na kvalitu jatečně upravených těl těchto prasat. Jak je patrné ze studie, při porážce měla nejvyšší hmotnost těla imunokastrovaných samců, některé kusy nekastrovaných samic nebyly pro výrobu šunky vůbec vhodné, z důvodu nedostatku hřbetního tuku v těle. Obsah intramuskulárního tuku nebyl ovlivněn žádnou z metod, a kastrované kusy zvířat měly intenzivnější barvu masa. Žádné z kastrovaných prasat nebylo na jatkách odmítnuto. Imunokastrace u samců zlepšila konverzi krmiva a nesnížila tučnost jatečně upravených těl ve srovnání s fyzicky kastrovanými.

Ve studii Aluwé et al. (2016) hodnotili vliv načasování druhé dávky očkování na chování, a kvalitu masa u kanců. Jedna skupina samců dostala druhou dávku 4 týdny před porážkou a druhá 6 týdnů před porážkou a kontrolní skupina byla skupina samic. Výsledky ukazují, že druhá dávka injekce aplikována 4 týdny před porážkou snižuje nežádoucí agresivní chování samců prasat a neovlivní kvalitu masa. Oproti tomu studie Pauly et al. (2012) a Aluwé et al. (2015) uvádějí, že tloušťka tuku u imunokastrátů je vyšší ve srovnání s nekastrovanými kanci, což má za následek stejný nebo nižší podíl libového masa a vyšší obsah intramuskulárního tuku.

Z tohoto důvodu je optimální načasování druhé dávky důležité a mohlo by zlepšit výsledky produkce. Z literatury vyplývá, že ukládání tuku se zvyšuje od 4. týdne po druhé vakcinaci (Aluwé et al. 2016).

Dalla Costa et al. (2020) se zaměřili na vyhodnocení rozdílů mezi dietetickou metodou a chirurgickou kastrací nebo imunokastrací z hlediska užítkovosti prasat, jatečných znaků a kvality masa. Žádná z metod neovlivnila mramorování masa ani počáteční hodnoty pH. Imunokastráti vykazovali světlejší barvu masa na bedrech a kýtě s nižší konečnou hodnotou pH ve srovnání s chirurgicky kastrovanými prasaty. Vyšší konečné hodnoty pH vykazovali jedinci, kteří byli zařazeni do omezených krmných programů. Chirurgicky kastrování kancí měli nižší živou hmotnost nežli imunokastrovaní kancí. Imunokastráti měli naopak nižší jatečnou výtěžnost, avšak snížila se u nich také tloušťka hřbetního tuku a tím se zvýšil podíl libového masa. Nižší jatečná výtěžnost je způsobena nižší výtěžností vnitřností, jako je srdce, játra a ledviny. I varlata ovlivňují výnosnost na jatkách, i když zaujímají jen asi 1 % živé hmotnosti prasat.

Studie Werner et al. (2021) testovala ranou imunizaci prasat, kdy dostala selata první dávku již ve 3. týdnu života a druhou ve věku 7 týdnů. Sledovali vliv na produkci, kvalitu masa a dobré životní podmínky zvířat. Z výsledků vyplývá, že takto časně zahájená imunokastrace neměla vliv na výkrm a termín porážky a nedošlo ani k žádným výkyvům v chování prasat. Významné rozdíly nebyly odhaleny ani v kvalitě masa a ve složení mastných kyselin. Dle histologického vyšetření varlat byli všichni samci po podání kompletní vakcinace klasifikováni jako neplodní. Avšak při porážce naměřené hladiny testosteronu byly u zvířat, která podstoupila raný imunizační program, výrazněji vyšší než u zvířat, která byla zahrnuta do standartního postupu imunokastrace. Hladiny skatolu a androstenonu byly v průměru vyšší u časně imunokastrovaných prasat.

Studie Kress et al. (2020) posuzovala vliv vakcinace v různých systémech ustájení pomocí stanovení hodnot gonadotropin-releasing hormonu (GnRH), koncentrace testosteronu a hladin kančího pachu. Výsledky studie ukazují, že podmínky ustájení nemají na vakcinovaná prasata vliv, tedy že imunokastrace dosahuje požadovaných výsledků v různých systémech ustájení a zabraňuje tak kančímu pachu. Z výsledků je také patrné, že imunokastráti ve většině případů dosáhli většího vzrůstu než nekastrovaní samci prasat.

3.5.3 Změna stravy

K eliminaci kančího pachu byla navržena řada dietetických postupů, a to zejména ke snížení hladiny skatolu. Snížení skatolu lze dosáhnout přidáním do stravy fermentovaných sacharidů, jako jsou inulin, řízky z cukrové řepy, ječmen s vysokým obsahem amylázy nebo syrový bramborový škrob (Squires & Bonneau 2014). Ty mohou změnit aktivitu a složení střevní mikroflóry a tím snížit tvorbu skatolu ve střevě. Kancům jsou tyto přísady do potravy přidávány v posledních týdnech před porážkou. K ovlivnění mikrobiomu střev lze také využít probiotické a prebiotické sloučeniny. Mohou pomoci zlepšit metabolismus skatolu v játrech zvýšením exprese a aktivity klíčových enzymů zapojených do tohoto metabolismu a mají také příznivé účinky na růst (Squires et al. 2020).

Ke snížení hladiny androstenonu existují pouze omezené nutriční metody. Jednou z možností je krmení prasat speciálními dietami k dosažení maximální rychlosti růstu, aby

dosáhli porážkové hmotnosti dříve, než dosáhnou pohlavní dospělosti, jelikož hlavním místem tvorby androstenonu jsou varlata. Avšak pohlavní dospělost se u prasat liší nejen v rámci plemenné příslušnosti, ale i mezi jednotlivci v rámci plemene. Z tohoto důvodu není tato metoda až tak účinná (Squires et al. 2020).

Studie Jen & Squires (2011) testovala snížení hladiny androstenonu přidáním nenuutričních látek do krmiva v poslední fázi před porážkou. Androstenon je metabolizován v játrech a pomocí žluče se dostává do trávicího traktu. Ze střeva pak může být reabsorbován zpět do těla prostřednictvím enterohepatálního oběhu. Výsledky studie ukázaly, že po přidání aktivního uhlí ke krmivu, se snížila hladina androstenonu v tuku pod prahové hodnoty. Oproti tomu kontrolní skupina zvířat, která aditiva nedostávala, měla hladiny androstenonu nad přípustnou hodnotou. Studie Li et al. (2019) ukázala, že krmení nekastrovaných kanců kořenem čekanky (zdroj fermentované vlákniny) snížilo hladinu skatolu v zadním střevě a tukové tkáni. U zvířat krmených kořenem čekanky se však zvýšil počet bakterií *Olsenella scatoligenes*. Studie Difford et al. (2018), Maltecca et al. (2020) prokázaly, že existuje vliv interakce mezi střevním mikrobiomem a genomem hostitele. Složení mikrobiomu a jeho interakce a hostitelským genomem by mohly pomoci objasnit rozdíly u zvířat s vysokou a nízkou hladinou kančího pachu.

K posouzení účinnosti této metody, zejména v podmínkách komerční výroby, však musejí být zrealizovány další podrobné studie (Squires et al. 2020).

3.5.4 Prostředí chovu

Chov prasat v kotcích, které nejsou pravidelně čištěny a jsou v nich výkaly a moč, zejména v letních měsících zvyšuje hladinu indolu a skatolu v hřbetním tuku prasat oproti chovům, kde dochází k pravidelnému čištění kotců (Squires et al. 2020). Snížené hladiny skatolu mohou mít i prasata chovaná na roštových podlahách ve srovnání s chovem prasat na podestýlce (Squires & Bonneau 2014).

Předpokládá se, že prasata vykazují rychlejší pubertální vývoj a aktivitu varlat na podzim v důsledku zkrácení dnů. Proto je u kanců v tomto období možné naměřit vyšší hladinu androstenonu. Při zvýšené teplotě však může být jaterní metabolismus skatolu nižší, což způsobuje zvýšené koncentrace skatolu v tuku. V létě a na podzim tak mohou mít kanci vyšší hodnoty skatolu nežli v dalších částech roku. To může znamenat, že sezónní vliv teploty na pubertální vývoj může být v rozporu s přímým vlivem na metabolismus skatolu souvisejícím s kančím pachem. Na jedné straně se v podzimní a zimní sezóně zvyšuje pubertální vývoj, a tedy hladina androstenonu, na druhé straně je narušen metabolismus skatolu, a tím se hladina této látky zvyšuje v jarním a hlavně letním (tedy teplejším) období (Heyrman et al. 2021). Hladina androstenonu je ovlivněna i hierarchií v chovu, u dominantnějších kanců je hladina vyšší (Squires et al. 2020). Dle studie Wesoly et al. (2015) se hladiny androstenonu, skatolu i indolu zvyšují při přepravě a při manipulaci zvířat před porážkou. Proto by se měla snížit doba transportu na co nejkratší možnou.

Studie Heyrman et al. (2021) se zabývala vyhodnocením vlivu potencionálních rizikových faktorů, mimo jiné i období, které může ovlivnit hladinu kančího pachu. Do studie bylo zapojeno 22 belgických farem s prasaty. Z výsledků vyplývá, že výrazně vyšší hodnoty kančího

pachu byly naměřeny u samců poražených v období od prosince do května ve srovnání s jedinci, kteří byli poraženi v období od června až do listopadu.

3.5.5 Genetika

Produkce linií prasat s nízkou hladinou či nízkým výskytem kančího pachu za pomoci genetických metod by byla dlouhodobým řešením problému s kančím pachem. Potencionálně lze tento problém řešit selektivním šlechtěním pomocí testování užitečnosti nebo použitím genetických markerů nebo úpravou genomu genů podílejících se na kančím pachu (Squires et al. 2020).

Tabulka 1: Chromozomy spojené s kančím pachem nalezeny metodou QTL (dle Duarte et al. 2021)

Chromozom	Látka	Studie
1	Andostenon	Duijvesteijn et al. (2010)
2	Andostenon Indol	Lee et al. (2005) Bidanel et al. (2006)
3	Androstenon	Quintanilla et al. (2003)
4	Intenzita vůně a chuti Androstenon Androstenon	Grindflek et al. (2001) Quintanilla et al. (2003) Lee et al. (2005)
6	Intenzita vůně a chuti Androstenon Androstenon Skatol Indol Androstenon Androstenon Skatol Androstenon	Grindflek et al. (2001) Quintanilla et al. (2003) Lee et al. (2005) Varona et al. (2005) Binadel et al. (2006) Duijvesteijn et al. (2010) Grindflek et al. (2011) Ramos et al. (2011) Duijvesteijn et al. (2014)
7	Androstenon Intenzita vůně a chuti Androstenon Androstenon Skatol a indol	Milan et al. (1998) Grindflek et al. (2001) Quintanilla et al. (2003) Lee et al. (2005) Bidanel et al. (2006)
9	Androstenon Androstenon	Quintanilla et al. (2003) Lee et al. (2005)
12	Skatol	Binanel et al. (2006)
14	Skatol, indol a prasečí zápach Androstenon	Lee et al. (2006) Quintanilla et al. (2003)
X	Skatol	Binadel et al. (2006)

Metoda genetické selekce prasat s nízkou hodnotou kančího pachu je neinvazivní, nákladově efektivní a potencionálně dlouhodobé řešení eliminace kančího pachu. Množství kančího pachu se odlišuje nejen v rámci plemen prasat, ale i jednotlivce v rámci plemene. Androstenon a skatol mají střední až vysokou dědivost, což umožňuje selektovat jedince s nízkou hladinou kančího pachu (Parois et al. 2015). Pomocí studií lokusů kvantitativních znaků (QTL - Quantitative Trait Locus) a analýzy genové exprese je možné najít geny ovlivňující hodnoty kančího pachu. Problematikou genů ovlivňující hodnoty kančího pachu se zabývala celá řada studií. Jejich výsledky jsou shrnuty v tabulkách 1 a 2.

Tabulka 1 uvádí lokusy kvantitativních znaků pro androstenon a skatol, které se dle výsledků nacházejí hlavně na chromozomech 6, 7 a 14 (Duarte et al. 2021). Tyto chromozomy obsahují geny, které jsou odpovědné za syntézu a degradaci androstenonu a skatolu. Selektce proti kančímu pachu by mohla snižovat výkonnost některých reprodukčních znaků jedince, avšak příznivý vliv má na některé produkční znaky. Výsledky selekce ukázaly, že je možné snížit kančí pach během několika generací a mohou být s touto selekcí spojeny změny ve stravě a podmínkách prostředí (Duarte et al. 2021). Tabulka 2 uvádí geny v tkáni jater a varlat, které se mohou podílet na kančím pachu. Geny, které zapříčiňují vyšší koncentrace skatolu a androstenonu v těle prasat, není lehké objevit. Selektování těchto genů by mohlo způsobit vytracení vlastností, které ale chceme u prasat zachovat.

Z důvodu různých selekčních cílů, kterými každé plemeno prasat prošlo, je výskyt kančího pachu mezi plemeny proměnlivý. Vyšší hladiny androstenonu byly pozorovány v tukové tkáni prasat plemene duroc ve srovnání s prasaty plemene landrace (Grindflek et al. 2011). Ve studii Aluwé et al. (2011) pozorovaly vyšší hladiny kančího zápachu u plemene large white ve srovnání s prasaty plemene piertrain. Celkově je v mateřské linii pozorována vyšší hladina kančího pachu oproti linii otcovské. Toto může být způsobeno tím, že androstenon je syntetizován spolu s dalšími pohlavními hormony mateřské linie jsou vybírány zejména pro reprodukční znaky. Oproti tomu jsou otcovské linie vybírány hlavně pro produkční znaky. Selektce v linii samců by proto měla mít tendenci snižovat kančí pach (Squires et al. 2020). Avšak další vlivy, jako je věk, živá hmotnost a podmínky chovu, mohou tyto skutečnosti značně ovlivnit (Duarte et al. 2021).

Již v roce 2010 studie Valeeva et al. (2010) ukázala, že genetická selekce je nákladově efektivní alternativou k chirurgické kastraci prasat. Autoři této studie také doporučovali, aby byla pro produkci masa bez kančího pachu přijata více než jen jedna alternativa ke kastraci selat. Jako predikátor androstenonu by mohl sloužit plazmatický estradiol, jelikož byly mezi těmito látkami nalezeny vysoké genetické korelace (od 0,8 do 0,96). Dle hladiny plazmatického estradiolu by mohla být vybírána zvířata s nízkou hladinou androstenonu a tedy i hladinou kančího pachu (Duarte et al. 2021). Baes et al. (2013) ve své studii vyvinuli test výkonnosti kančího pachu pomocí bioptického zařízení k získání vzorků od živých kanců pro analýzu sloučenin kančího pachu, což umožňuje přímé testování jedinců chovu na fenotyp kančího pachu. Je ale potřeba také posoudit stupeň pohlavní zralosti testovaných kanců, aby bylo možné fenotyp přesně definovat.

Tabulka 2: Výsledky studií diferenciální genové exprese související s kančím pachem v tkáni jater a varlat (dle Duarte et al. 2021)

Tkáň	Gen	Vliv na látky kančího pachu	Studie
Játra	CYP2E1, CYP2A19	Snížená hladina androstenonu	Moe et al. (2008)
	3 β HSDs, 17 β HSDs	Zvýšená hladina androstenonu	Doran et al. (2004); Nicolau-Solano et al. (2006); Chen et al. (2007)
	HSD17B2	Snížená hladina androstenonu a skatolu	Moe et al. (2008); Gunawan et al. (2013a, 2013b)
	AKR1D1	Snížená hladina androstenonu	Moe et al. (2008)
Varlata	CYP11A1, CYP2C33, CYP17A1	Zvýšená hladina androsteonu	Moe et al. (2007); Leung et al. (2010); Grindflek et al. (2010); Gunawan et al. (2013b)
	CYB5	Zvýšená hladina androstenonu	Moe et al. (2007); Grindflek et al. (2010); Leung et al. (2010)
	CYB5	Zvýšená hladina kančího pachu	Drag et al. (2017)
	HSD17B4	Zvýšená hladina androstenonu	Moe et al. (2007); Grindflek et al. (2010); Leung et al. (2010)
	AKR1C2/3/4	Zvýšená hladina androsteonu	Moe et al. (2007); Grindflek et al. (2010); Leung et al. (2010)
	SULT2A1, SULT2B1	Zvýšená hladina androstenonu	Moe et al. (2007); Grindflek et al. (2010); Leung et al. (2010)

Androstenon negativně koreluje s celkovým počtem narozených selat (Strathe et al. 2013) a úmrtností ve vrhu (Mathur et al. 2013). Snížení androstenonu by tak mělo zvýšit počet narozených selat, ale zvýšit jejich úmrtnost. Složky kančího pachu vykazují příznivou korelaci s podílem hřbetního tuku a masa. Příznivou korelaci také vyazuje míra konverze krmiva s androstenonem a skatolem (Dugué et al. 2020). Ze studie Haberland et al. (2013) vyplývá, že průměrný denní přírůstek má nepříznivou korelaci s androstenonem, ale příznivou korelaci se skatolem. Ze studie Dugué et al. (2020) vyplývá, že mezi kožními lézemi v jatečně upraveném těle a androstenonem, skatolem a indolem je nízká genetická korelace. Měření agresivity je však u zvířat složité, jelikož agresivní chování velmi ovlivňují podmínky prostředí a interakce mezi zvířaty (Duarte et al. 2021).

Editace genů se výrazně odlišuje od starší transgenní technologie, kdy byly do zvířat vpraveny nové geny nebo byla funkce genu vyřazena a vznikl geneticky modifikovaný organismus. Avšak u spotřebitelů je ve větší míře k této metodě velký odpor. Editace genů zahrnuje specifické zacílení a změnu genu, které ovlivňují určitou vlastnost. Toto již bylo provedeno pomocí genu poll pro produkci bezrohého skotu, genu myostatin pro dvojité osvalení nebo pro změnu odolnosti vůči chorobám, jako je např. africký mor prasat. V současné době jsou zkoumány dvě možnosti využití této metody k eliminaci kančího pachu, založených na zpoždění nástupu puberty. Jedna z možností je vyřazení genu KISS1R, který se podílí na nástupu puberty a druhou je inaktivace genu SRY, který se podílí na vývoji varlat. Avšak u obou metod dochází také ke snížení produkce androgenů a estrogenů, které jsou zodpovědné za vynikající růst kanců a může to mít i návaznost do reprodukční schopnosti. V Brazílii bylo zkoumáno, jak veřejnost přijímá použití technologie úpravy genů. 80 % účastníků uvedlo jako hlavní problém nepředvídatelné důsledky genetické modifikace. A více než polovina považovala genové modifikace samců prasat za pozitivní z pohledu lepších životních podmínek. V Evropské unii je tato technologie omezená, jelikož EU považuje organismy vytvořené pomocí genové úpravy za geneticky modifikované organismy (Squires et al. 2020).

4 Metodika

4.1 Zvířata

Pro účely sepsání této diplomové práce bylo zařazeno celkem 28 kusů prasat. Bylo využito 14 kusů prasat genotypu DanBred ((bílý ušlechtilý x landrace) x duroc) a 14 kusů zvířat finální hybridní kombinace (ČBU x L) x BO ((český bílý ušlechtilý x landrace) x bílý otcovský). V rámci genotypu bylo vždy 7 imunokastrátů a 7 kanců. Na začátku testu byla průměrná živá hmotnost všech jedinců 7 kg při průměrném věku 28 dní.

Imunokastrace prasat byla provedena vakcínou Improvac[®]. Jedinci dostali dávku 2 ml v 94 a 115 dnech věku. Prasata byla poražena při dosažení 143 dnů věku.

4.1.1 DanBred

Tento genotyp vznikl ze 3 základních plemen – dánská landrace (L), dánský yorkshire (Y) nebo large white (LW) a dánský duroc (D). Finální hybrid vzniká křížením Y x L a jejich potomek je poté křížen s plemenem duroc.

Plemena v mateřské pozici, landrace a large white, vynikají svou plodností, mléčností, vyrovnanými vrhy s vysokou přežitelností selat ve vrhu.

Otcovské plemeno duroc má vysoké procento intramuskulárního tuku (vynikající kvalitu masa) a vynikající schopnost rychlého růstu při příznivé konverzi krmiva. Užiteklost finálního hybridu přesahuje hranici přírůstků 1000 g/den s konverzí krmiva až 2,6 kg a odchovaných 34 až 36 selat na prasnici a rok. Podíl libové svaloviny u tohoto plemene se pohybuje okolo 60 %. Jedná se o masný užitečný typ se středním až velkým tělesným rámcem (České vepřové 2021).

4.1.2 (ČBU x L) x BO

Finální hybrid vznikl křížením plemen český bílý ušlechtilý (ČBU) a landrace (L) v mateřské pozici s plemenem bílý otcovský (BO) v pozici otcovské. Plemeno bílý ušlechtilý má původ v Anglii. Jedná se o jedno z nejčastěji chovaných plemen na celém světě. Od tohoto plemene se odvozuje původ všech prasat bílého plemene. Plemeno vyniká reprodukčními a výkrmovými vlastnostmi. V hybridizačních programech je plemeno stavěno do pozic A nebo B.

Plemeno landrace bylo vyšlechtěno v Dánsku. V současné době se plemeno chová ve 3 užitečných typech – masné belgické, masné bekonové a přechodný typ mezi prvními dvěma typy. Stejně jako ČBU je plemenitba plemene zaměřena na výkrmové vlastnosti a vynikající reprodukční schopnost.

Bílý otcovský plemeno je jednou z variant plemene large white, masná varianta. Užiteklost vlastnosti předurčují toto plemeno v hybridizačních programech do pozice C. Plemeno se vyznačuje vysoce zmasilou plecí (Stupka et al. 2013).

4.2 Ustájení zvířat

Prasata byla ustájena v párech stejného genotypu a pohlaví. Vlhkost vzduchu, teplota a koncentrace plynu ve stáji byly sledovány s hodinovými rozestupy a řízeny automaticky tak, aby odpovídaly potřebám prasat.

4.3 Výživa a krmení

Prasata byla krmena kompletní krmnou směsí (KKS) dle Šimeček et al. (2000), tj. normy potřeby živin pro rostoucí prasata. Změny krmných směsí byly realizovány postupně dle dosažené hmotnosti. Krmné směsi obsahovaly tři základní komponenty (pšenici, sójový extrahovaný šrot a ječmen) a krmný doplněk (premix). Použité krmné směsi byly označeny jako P1, P2 a P3. Nutriční složení kompletních krmných dávek znázorňuje tabulka 3. Prasata byla krmena pomocí automatického krmného zařízení. Prasata měla po celý den *ad libitum* přístup k vodě.

Tabulka 3: Složení KKS pro fáze výkrmu

Komponenty	Kompletní krmná směs		
	P1 (30-45 kg)	P2 (45-85 kg)	P3 (85-120 kg)
Ječmen (g/kg)	353	432	500
Pšenice (g/kg)	440	400	378
SEŠ (g/kg)	177	140	95
Premix pro výkrm (g/kg)	30	28	27
Sušina (%)	88,79	88,68	88,59
Hrubý protein (%)	18	16,51	14,74
Tuky (%)	1,75	1,75	1,74
Hrubá vláknina (%)	3,59	3,68	3,76
Mep (MJ/kg)	12,92	12,84	12,75
Lysin (g/kg)	10,7	9,6	8,3
Methionin (g/kg)	3,1	2,9	2,7
Threonin (g/kg)	6,7	6,1	5,4

Poznámka: P1, P2, P3 - název kompletní krmné směsi, g (gram), kg (kilogram), % (procento), SEŠ (sojový extrahovaný šrot), Mep - metabolizovaná energie, MJ (megajoule)

4.4 Sledované ukazatele

4.4.1 Ukazatele výkrmnosti

U prasat zařazených do experimentu byla sledována spotřeba krmiva a také byli všichni jedinci pravidelně, v týdenních intervalech, váženi. Naměřená data poté sloužila k výpočtu průměrného denního přírůstku (g), průměrné spotřebě krmiva za jeden den (g) a konverzi krmiva (spotřeba krmiva na kilogram přírůstku, vyjádřeno v kg/kg).

4.4.2 Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty

V rámci experimentu byly z kvantitativní ukazatelů jatečné hodnoty sledovány hmotnost jatečně upraveného těla (JUT) (kg), hmotnost JUT – pravá půlka (kg), jatečná výtěžnost (%), podíl libové svaloviny (%), výška hřbetního tuku (mm), plocha svalu MLLT (*musculus longissimus lumborum et thoracis*) (mm²), hmotnost hlavních masitých částí (kg) a podíl hlavních masitých částí (%).

4.4.3 Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – fyzikální vlastnosti

Ze základních fyzikálních ukazatelů byly naměřeny hodnoty pH pečeně (MLLT), teplota pečeně (MLLT), pH kýty (MS – *musculus semimembranosus*), teplota kýty (MS), světlost L* (MLLT), barevný odstín a* (MLLT), barevný odstín b* (MLLT), ztráta masové šťávy odkapem – pečeně (%), síla stříhu syrového masa u pečeně (N), síla stříhu vařeného masa pečeně (N).

4.4.4 Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – chemické vlastnosti

Ze základních chemických ukazatelů byl sledován u jatečné partie pečeně obsah sušiny (%), obsah vody (%), obsah tuku (%), obsah dusíkatých látek (%), obsah popelovin (%).

4.4.5 Stanovení androstenonu, skatolu a indolu

4.4.5.1 Odběr vzorků

Pro stanovení obsahu androstenonu, skatolu a indolu byly 24 hodin *post mortem* odebrány z hřbetního tuku na pomezí 1 až 3 krčního obratle vzorky o velikosti 5 x 5 x 5 cm. Pro stanovení chemické analýzy byly vzorky vyříznuty z pravé půlky jatečné partie pečeně. Odebrané vzorky byly důkladně označeny a poté hluboko zamrazeny při teplotě -80 °C, než byly využity ke zpracování.

4.4.5.2 Stanovení látek kančího pachu

Obsah látek kančího pachu, tj. androstenonu, skatolu a indolu, byl určen pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (LC-2000Plus HPLC systém, Jasco, Tokio, Japonsko) dle metodiky Okrouhlá et al. (2016). Pro stanovení androstenonu byla použita kolona Agilent Eclipse XDB C18 (5 μ m, 150 x 4,60 mm vnitřní průměr) temperována na 40 °C. Parametry mobilní fáze byly A – tetrahydrofuran : acetonitril : pufr fosforečnan draselný (25mM) : kyselina octová (34 : 23,8 : 41,4 : 0,8) a B – methanol. Program gradientového profilu byl: 0-3,0 min., 90 % A; 3,5-15,0 min., 45-5 %; 15,0 -16,1 min., 5 % A; 16,1-17,0 min., 5-90 % A; 17,0-19,0 min., 90 % A. Průtok kolonou byl 1,2 ml/min se vstřikovacím objemem 40 μ l. Fluorescence byla detekována s excitací při 346 nm a emisí při 521 nm. Pro odpočet androstenonu z reálného vzorku byla použita kalibrační křivka.

Pro stanovení skatolu a indolu byla použita kolona Kinetex C18 100 A (5 μ m, 50 x 4,60 mm vnitřní průměr) při teplotě 40 °C. Parametry mobilní fáze byly: A – pufr fosforečnan draselný (10 mM) a B – methanol. Program gradientového profilu byl 0-0,2 min, 90 % A; 0,2-6,0 min., 90-55 % A; 6,0-7,0 min., 55-0 % A. Průtok kolonou byl 1,2 ml/min se vstřikovacím objemem 30 μ l. Detekce fluorescence byla provedena s excitací při 285 nm a emisí při 340 nm. Z reálného vzorku byl skatol a indol stanoven pomocí standartní kalibrační křivky.

4.5 Statistické vyhodnocení

Statistické zhodnocení experimentu bylo vyhodnoceno dvoucestnou analýzou variace (ANOVA) za použití postupu obecného lineárního modelu (GLM) programem SAS[®] (Statistical Analysis System, verze 9.04, 2001). Živá hmotnost, jatečná hmotnost a ustájení neměly významný vliv na hodnocené vlastnosti. Z tohoto důvodu nebyly zahrnuty do konečného modelu. Významnost rozptylu mezi skupinami byla testována pomocí Scheffeova testu.

Hodnota $P \leq 0,05$ byla stanovena jako významná pro všechna měření. Veškeré výsledky byly zaneseny do tabulek.

5 Výsledky

5.1 Ukazatelé výkrmnosti

Jak je patrné z tabulky 4, u žádného ukazatele výkrmnosti nebyla zjištěna statisticky významná interakce mezi genotypem a pohlavím prasat.

Živá hmotnost při porážce ($P = 0,046$) byl statistický ukazatel, který byl průkazný s ohledem na pohlaví prasat.

Průměrný denní přírůstek ($P = 0,043$) a průměrná konverze krmiva ($P = 0,046$) byly také statisticky významné ukazatele, ale s ohledem na genotyp prasat. Ostatní ukazatelé výkrmnosti nebyly statisticky průkazné.

Průměrná živá hmotnost prasat při porážce byla u genotypu DanBred 104 kg u imunokastrátů a 107 kg u kanců. U jedinců genotypu (ČBU x L) x BO se hmotnost při porážce pohybovala okolo 110 kg u imunokastrátů a 114 kg u kanců. Průměrný denní přírůstek u imunokastrátů genotypu DanBred byl 1103 g a u kanců 1139 g, u genotypu (ČBU x L) x BO byl 1012 g u imunokastrátů a 1039 g u kanců. Průměrná konverze krmiva byla u DanBreda u imunokastrátů 2,3 kg/kg a u kanců 2,2 kg/kg. U finálního hybridu (ČBU x L) x BO tyto hodnoty dosahovaly 2,0 kg/kg u imunokastrátů i u kanců.

Tabulka 4: Vybrané ukazatele výkrmnosti s ohledem na genotyp a pohlaví prasat.

Genotyp	DanBred		(ČBUxL) x BO		P-value		
	imunokastrát	kanec	imunokastrát	kanec	genotyp	pohlaví	genotyp x pohlaví
Pohlaví	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$			
Živá hmotnost při porážce (kg)	103,80±9,31	106,65±9,74	110,24±3,18	114,250±2,901	0,998	0,046	0,075
Průměrný denní přírůstek (g)	1103,00±119,50	1138,86±93,98	1011,50±23,58	1039,28±45,44	0,043	0,067	0,381
Průměrná denní spotřeba KKS (g)	2,47±0,12	2,45±0,28	2,20±0,17	2,30±0,20	0,051	0,375	0,769
Průměrná konverze krmiva (kg/kg)	2,25±0,18	2,16±0,08	2,01±0,18	2,04±0,22	0,046	0,262	0,813

Poznámka: \bar{x} (průměrná hodnota), SD (směrodatná odchylka), P-value (průkaznost), ČBU (české bílé ušlechtilé), L (landrace), BO (bílý otcovské), kg (kilogram), g (gram), KKS (kompletní krmná směs).

5.2 Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty

Naměřené hodnoty kvantitativních ukazatelů jatečné hodnoty s ohledem na genotyp a pohlaví prasat jsou shrnuty v tabulce 5. Z tabulky vyplývá, že významná interakce mezi genotypem prasat a pohlavím byla naměřena u hmotnosti JUT – pravá půlka ($P = 0,039$) a u výšky hřbetního tuku ($P = 0,008$). Naměřené průměrné hodnoty hmotnosti JUT – pravá půlka byly u DanBreda 38,88 kg u imunokastrátů a 39,48 kg u kanců, u finálního hybridu (ČBU x L) x BO 38,60 kg u imunokastrátů a 40,89 kg u kanců. Průměrné hodnoty výšky hřbetního tuku dosahovaly u genotypu DanBred 12,63 mm u imunokastrátů a 11,67 mm u kanců. U (ČBU x L) x BO byly naměřeny hodnoty tohoto ukazatele 10,80 mm u imunokastrátů a 15,63 mm u kanců.

Statisticky významná průkaznost s ohledem na genotyp prasete byla zjištěna u ukazatelů jatečná výtěžnost ($P < 0,0001$), plocha svalu MLLT ($P < 0,0001$), hmotnost hlavních masitých částí ($P = 0,049$) a podíl hlavních masitých částí ($P < 0,0001$).

Nejnižší naměřená průměrná hodnota jatečné výtěžnosti byla 74,25 % (kanci; DanBred). Nejvyšší naměřená průměrná hodnota jatečné výtěžnosti byla 81,43 % (kanci; (ČBU x L) x BO).

Nižších průměrných hodnot plochy MLLT dosáhli imunokastráti DanBreda (3727,90 mm²). U kanců DanBreda dosahovaly průměrné hodnoty plochy MLLT 3975,70 mm². Průměrné hodnoty u (ČBU x L) x BO byly 4764,75 mm² u imunokastrátů a 4960,50 mm² u kanců.

Průměrné naměřené hodnoty hlavních masitých částí byly u genotypu DanBred shodné u obou pohlaví. U finálního hybridu byla hmotnost hlavních masitých částí vyšší o 1 kg ve prospěch kanců (22 kg).

Podíl hlavních masitých částí byl u DanBreda naměřen u imunokastrátů 53,10 % a 51,84 % u kanců. U (ČBU x L) x BO tyto hodnoty dosahovaly v průměru 56,39 % u imunokastrátů a 54,80 % u kanců.

Tabulka 5: Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty s ohledem na genotyp a pohlaví prasat

Genotyp	DanBred		(ČBUxL) x BO		P-value		
	imunokastrát	kanec	imunokastrát	kanec	genotyp	pohlaví	genotyp x pohlaví
Pohlaví	$\bar{x}\pm SD$	$\bar{x}\pm SD$	$\bar{x}\pm SD$	$\bar{x}\pm SD$			
Hmotnost JUT (kg)	78,52±8,17	79,62±7,43	77,80±5,75	80,10±3,18	0,067	0,063	0,068
Hmotnost JUT – pravá půlka (kg)	38,88 ^b ±4,26	39,48 ^a ±3,80	38,60 ^b ±2,72	40,89 ^a ±1,23	0,057	0,017	0,039
Jatečná výtěžnost (%)	75,74±1,07	74,28±1,76	80,86±0,78	81,43±1,46	<0,0001	0,454	0,094
Podíl libové svaloviny (%)	60,17±5,18	58,45±5,71	59,13±2,60	56,97±2,71	0,544	0,354	0,914
Výška hřbetního tuku (mm)	12,63 ^b ±1,73	11,67 ^{bc} ±2,17	10,80 ^c ±1,34	15,63 ^a ±4,59	0,299	0,065	0,008
Plocha svalu MLLT (mm ²)	3727,90±485,42	3975,70±412,29	4764,75±480,55	4960,50±290,30	<0,0001	0,238	0,888
Hmotnost hlavních masitých částí (kg)	20,21±2,50	20,01±1,54	21,13±1,92	22,47±1,13	0,049	0,063	0,053
Podíl hlavních masitých částí (%)	53,10±2,06	51,84±1,31	56,39±0,82	54,80±1,51	<0,0001	0,062	0,942

Poznámka: \bar{x} (průměrná hodnota), SD (směrodatná odchylka), P-value (průkaznost), ČBU (české bílé ušlechtilé), L (landrace), BO (bílý otcovský), JUT (jatečně upravené tělo), MLLT (*musculus longissimus lumborum et thoracis*), kg (kilogram), g (gram), % (procento), mm (milimetr), mm² (milimetr čtverečný).

5.3 Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – fyzikální vlastnosti

Tabulka 6 ukazuje souhrn fyzikálních vlastností s ohledem na genotyp a pohlaví prasat. U těchto ukazatelů nebyla nalezena žádná významná interakce mezi genotypem a pohlavím jedinců.

Statisticky významná průkaznost s ohledem na pohlaví byla zjištěna u pH kýty (MS) ($P = 0,017$), teploty kýty (MS) ($P = 0,033$) a barevného odstínu a^* MLLT ($P = 0,004$).

Hodnoty pH kýty (MS) naměřené u genotypu DanBred dosahovaly průměrných hodnot 6,48 u imunokastrátů a 6,49 u kanců, u finálního hybridu (ČBU x L) x BO dosahovaly průměrné hodnoty 6,78 u imunokastrátů a 6,76 u kanců.

Nejnižší průměrná hodnota barevného odstínu a^* byla zjištěna u imunokastrátů DanBreda (-1,30). Naopak nejvyšší hodnota barevného odstínu a^* byla zjištěna u imunokastrátů finálního hybridu (ČBU x L) x BO (-0,27).

Tabulka 6: Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – fyzikální vlastnosti s ohledem na genotyp a pohlaví prasat

Genotyp	DanBred		(ČBUxL) x BO		P-value		
	imunokastrát	kanec	imunokastrát	kanec	genotyp	pohlaví	genotyp x pohlaví
Pohlaví	$\bar{x}\pm SD$	$\bar{x}\pm SD$	$\bar{x}\pm SD$	$\bar{x}\pm SD$			
pH - pečeně (MLLT)	6,43±0,29	6,36±0,31	6,67±0,37	6,65±0,44	0,069	0,725	0,835
Teplota - pečeně (MLLT)	37,08±0,93	37,87±1,11	37,55±2,36	37,95±0,95	0,608	0,272	0,716
pH - kýty (MS)	6,48±0,22	6,49±0,31	6,78±0,26	6,76±0,25	0,017	0,995	0,906
Teplota - kýty (MS)	35,85±1,48	36,63±1,67	37,28±1,09	37,90±0,29	0,033	0,249	0,897
Světlost L* (MLLT)	52,34±2,95	52,22±2,79	52,77±3,66	50,66±3,33	0,658	0,389	0,442
Barevný odstín a* (MLLT)	-1,30±0,49	-1,11±0,61	-0,27±0,73	-0,56±0,63	0,004	0,857	0,344
Barevný odstín b* (MLLT)	8,34±0,92	8,72±0,69	9,16±1,17	9,25±0,86	0,077	0,513	0,695
Ztráta masové šťávy odkapem – pečeně (%)	4,74±2,80	4,77±2,43	4,81±2,79	3,76±1,35	0,661	0,634	0,613
Síla stříhu syrového masa - pečeně (N)	51,82±7,67	51,58±8,20	44,05±9,63	47,56±16,15	0,154	0,686	0,644
Síla stříhu vařeného masa - pečeně (N)	27,87±3,28	28,62±3,87	34,09±2,27	30,79±5,45	0,072	0,083	0,374

Poznámka: \bar{x} (průměrná hodnota), SD (směrodatná odchylka), P-value (průkaznost), ČBU (české bílé ušlechtilé), L (landrace), BO (bílá otcovská), MLLT (*musculus longissimus lumborum et thoracis*), MS (*musculus semimembranosus*), L* (světlost), a* (barevný odstín), b* (barevný odstín), % (procento), N (newton).

5.4 Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – chemické vlastnosti

V tabulce 7 jsou shrnuty naměřené hodnoty sledovaných základních chemických vlastností, s ohledem na genotyp a pohlaví prasat. U sledovaných ukazatelů nebyla shledána žádná interakce mezi genotypem a pohlavím prasat. Také nebyl zaznamenán žádný vliv mezi pohlavím.

Statistická průkaznost byla zjištěna u jatečné partie pečeně u obsahu tuku ($P = 0,001$), obsahu dusíkatých látek ($P = 0,019$) a obsahu popelovin ($P = 0,002$) s ohledem ke genotypové příslušnosti. U genotypu DanBred dosahovaly průměrné hodnoty obsahu tuku v pečení 2,13 % (imunokastráti) a 2,18 % (kanci). U genotypu (ČBU x L) x BO byly hodnoty 1,73 % (imunokastráti) a 1,60 % (kanci). Nejnižší průměrné hodnoty obsahu dusíkatých látek v pečení byly zjištěny u kanců DanBreda (22,18 %), nejvyšší průměrné hodnoty u kanců (ČBU x L) x BO (23,57 %). Vyšší obsah popelovin v pečení byl zjištěn u finálního hybridu (ČBU x L) x BO (kanci 1,30 %, imunokastráti 1,31 %), oproti DanBredovi, který vykazoval hodnoty popelovin u imunokastrátů 1,17 % a kanců 1,15 %.

Tabulka 7: Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – chemické vlastnosti s ohledem na genotyp a pohlaví prasat

Genotyp	DanBred		(ČBUxL) x BO		P-value		
	imunokastrát	kanec	imunokastrát	kanec	genotyp	pohlaví	genotyp x pohlaví
Pohlaví	$\bar{x}\pm SD$	$\bar{x}\pm SD$	$\bar{x}\pm SD$	$\bar{x}\pm SD$			
Obsah sušiny - pečeně (%)	26,81±1,03	26,90±0,99	26,38±1,18	26,32±1,50	0,283	0,982	0,876
Obsah vody - pečeně (%)	73,19±1,03	73,11±0,99	73,62±1,18	73,69±1,50	0,283	0,982	0,876
Obsah tuku - pečeně (%)	2,13±0,28	2,18±0,33	1,73±0,42	1,60±0,27	0,001	0,781	0,485
Obsah dusíkatých látek - pečeně (%)	22,75±0,42	22,18±0,33	23,38±1,43	23,57±0,32	0,019	0,615	0,848
Obsah popelovin - pečeně (%)	1,17±0,05	1,15±0,09	1,31±0,13	1,30±0,14	0,002	0,819	0,510

Poznámka: \bar{x} (průměrná hodnota), SD (směrodatná odchylka), P-value (průkaznost), ČBU (české bílé ušlechtilé), L (landrace), BO (bílý otcovský), % (procento).

5.5 Obsah androstenonu, skatolu a indolu ve hřbetním tuku

V tabulce 8 jsou znázorněny naměřené hodnoty obsahu androstenonu, skatolu a indolu ve hřbetním tuku s ohledem na genotyp a pohlaví prasat. Byla naměřena významná interakce mezi genotypem a pohlavím jak v obsahu androstenonu v tukové tkáni ($P = 0,016$), tak v obsahu skatolu v tukové tkáni ($P = 0,002$). U genotypu DanBred byly naměřeny průměrné hodnoty androstenonu $0,53 \mu\text{g/g}$ u imunokastrátů a $2,38 \mu\text{g/g}$ u kanců. U genotypu (ČBU x L) x BO byly naměřeny průměrné hodnoty androstenonu $0,90 \mu\text{g/g}$ u imunokastrátů a $1,43 \mu\text{g/g}$ u kanců. Průměrné hodnoty skatolu u DanBreda byly $0,06 \mu\text{g/g}$ u imunokastrátů a $0,22 \mu\text{g/g}$ u kanců. U (ČBU x L) x BO dosahovaly tyto hodnoty $0,04 \mu\text{g/g}$ u imunokastrátů a $0,05 \mu\text{g/g}$ u kanců.

Další statisticky významná průkaznost s ohledem na pohlaví zvířete byla zjištěna u obsahu indolu ($P = 0,004$). U indolu tyto hodnoty dosahovaly shodných čísel u obou genotypů, průměrná hodnota u imunokastrátů byla $0,08 \mu\text{g/g}$ a u kanců $0,09 \mu\text{g/g}$.

Tabulka 8: Obsah androstenonu, skatolu a indolu ve hřbetním tuku s ohledem na genotyp a pohlaví prasat

Genotyp	DanBred		(ČBUxL) x BO		P-value		
	imunokastrát	kanec	imunokastrát	kanec	genotyp	pohlaví	genotyp x pohlaví
Pohlaví	$\bar{x}\pm SD$	$\bar{x}\pm SD$	$\bar{x}\pm SD$	$\bar{x}\pm SD$			
Obsah androstenonu ($\mu\text{g/g}$)	0,53 ^c \pm 0,70	2,38 ^a \pm 0,67	0,90 ^{bc} \pm 0,25	1,43 ^b \pm 0,22	0,253	<0,0001	0,016
Detekce androstenonu > 0,24 $\mu\text{g/g}$ (%)	40	100	100	100			
Obsah skatolu ($\mu\text{g/g}$)	0,06 ^b \pm 0,05	0,22 ^a \pm 0,06	0,04 ^c \pm 0,02	0,05 ^{bc} \pm 0,03	0,0001	0,001	0,002
Detekce skatolu > 0,03 $\mu\text{g/g}$ (%)	60	100	75	75			
Obsah indolu ($\mu\text{g/g}$)	0,08 \pm 0,01	0,09 \pm 0,004	0,08 \pm 0,01	0,09 \pm 0,02	0,091	0,004	0,585
Detekce indolu > 0,03 $\mu\text{g/g}$ (%)	100	100	100	100			

Poznámka: \bar{x} (průměrná hodnota), SD (směrodatná odchylka), P-value (průkaznost), ČBU (české bílé ušlechtilé), L (landrace), BO (bílý otcovské), $\mu\text{g/g}$ (mikrogram/gram).

6 Diskuze

6.1 Ukazatele výkrmnosti

Vyšší průměrnou porážkovou hmotnost v naší práci měli kanci, jak u genotypu DanBred, tak u finálního hybridu (ČBUxL) x BO. Dle studie Aluwé et al. (2011) je důležité stanovit optimální porážkovou hmotnost pro prevalenci kančího pachu. Kančí pach byl více vnímán u kanců, jejich porážková hmotnost převyšovala 90 kg.

Oproti imunokastrátům měli kanci také vyšší průměrný denní přírůstek. Dle studie Allison et al. (2021) se u imunokastrátů po druhé dávce vakcíny výrazně zvyšuje denní příjem krmiva vrcholící 3 až 4 týdny po vakcinaci. Poté příjem krmiva pozvolna klesá. Průměrný denní přírůstek vykazuje stejný vzorec, ale s mnohem rychlejším poklesem.

Jiného výsledku dosáhla studie Grela et al. (2019), kde nejvyšších přírůstků v celém období výkrmu dosáhla imunokastrovaná prasata obou sledovaných plemen. Avšak s porovnáním s nekastrovanými samci byly výsledky statisticky podobné. Obě plemena ze studie Grela et al. (2019) měla až o 8,5 % vyšší denní přírůstky, než chirurgicky kastrovaná prasata.

6.2 Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty

Podle našich výsledků jsme zjistili, že dochází k významné interakci mezi genotypem a pohlavím ve výšce hřbetního tuku ($P = 0,008$). Silnější vrstvu hřbetního tuku měli u DanBreda imunokastrovaní samci (12,63 mm), ale u (ČBUxL) x BO dosáhli vyšších hodnot nekastrovaní samci (15,63 mm). Vliv interakce genotypu a pohlaví na výšku hřbetního tuku byl také potvrzen ve studii Nevrla et al. (2021).

Dle výsledků studie Grela et al. (2019) plemeno, které lépe využívalo krmivo a více přibíralo na váze, se vyznačovalo vyšším obsahem tuku v jatečně upraveném těle. Ve vztahu výšky hřbetního tuku a pohlaví výsledky studie Grela et al. (2019) ukázaly, že tučnost skupiny imunokastrátů se výrazně nelišila od skupiny nekastrovaných samců, zatímco výška hřbetního tuku u chirurgicky kastrovaných samců byla výrazně vyšší oproti předchozím dvěma pohlavím. Dle Park et al. (2018) je důležité načasování druhé dávky vakcíny u imunokastrovaných prasat. Uvádí, že podání druhé dávky vakcíny 8 týdnů před porážkou zvyšuje tloušťku hřbetního tuku.

Procentuální jatečná výtěžnost v našem pokusu koreluje s genotypovou příslušností prasete. Vyšších hodnot dosáhli jedinci finální hybridní kombinace (ČBUxL) x BO. Dle studie Lowell et al. (2019) může genotypová příslušnost ovlivnit procentuální jatečnou výtěžnost ($P < 0,01$). Dle Muniz et al. (2021) lze jatečnou výtěžnost ovlivnit i pohlavím zvířete, avšak toto naše výsledky nepotvrdily.

Výsledky naší studie odhalily i vliv pohlaví na hmotnost pravé půlky ($P = 0,017$) a významnou interakci mezi genotypem a pohlavím v hmotnosti pravé půlky u jatečně upraveného těla ($P = 0,039$). Těžší se ukázala pravá polovina jatečně upraveného těla u nekastrovaných kanců. Studie Nevrla et al. (2021) potvrzuje vliv pohlaví na hmotnost poloviny jatečně upraveného těla prasete, v tomto případě levé poloviny. Ale u obou genotypů

zapojených do studie Nevrkla et al. (2021), přeštické černostrakaté a komerční hybrid, vyšla těžší levá polovina těla u kastrováných jedinců oproti prasničkám. Interakci tato studie nepotvrdila.

6.3 Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – fyzikální vlastnosti

Žádnou významnou interakci jsme u kvalitativních ukazatelů fyzikálních vlastností nezjistili.

Významná průkaznost fyzikálních vlastností masa byla zjištěna u pH kýty ($P = 0,017$), teploty kýty ($P = 0,033$) a barevného odstínu a^* (červenost) u MLLT ($P = 0,004$). Všechny průkaznosti byly ve vztahu s genotypovou příslušností prasat.

Vliv plemene na barevný odstín masa a^* nepotvrdila studie Nevrkla et al. (2021). Toto mohlo být způsobeno tím, že do studie byli zařazeni jak kříženci, tak i vyšlechtění jedinci.

Vliv plemene na červenost masa MLLT nepotvrdila ani studie Lowell et al. (2019), avšak tato studie využila k experimentu prasata plemene pietrain a duroc, nikoliv křížence. Naopak studie Lowell et al. (2019) potvrdila tvrzení z našeho experimentu, že existuje statisticky významná průkaznost mezi plemennou příslušností jedince a hodnotou pH kýty. Na rozdíl od výsledků našeho experimentu z výsledků studie Lowell et al. (2019) také vyplývá, že existuje jak statisticky významná průkaznost mezi pohlavím a hodnotou pH kýty, tak i významná interakce genotypu a pohlaví u hodnoty pH kýty. Toto tvrzení ale vyvracejí výsledky studie Park et al. (2018).

6.4 Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – chemické vlastnosti

Z výsledků naší studie nevyplývala žádná významná interakce genotypu a pohlaví k chemickým vlastnostem masa.

Obsah popelovin a dusíkatých látek v pečení byl vyšší u finálního hybridu (ČBUxL) x BO, obsah tuku v pečení měl vyšší procentuální zastoupení u prasat genotypu DanBred. Také studie Parunović et al. (2013) uvádí, že obsah popelovin, dusíkatých látek a tuku ve svalu MLLT je možno ovlivnit plemennou příslušností prasete.

6.5 Obsah androstenonu, skatolu a indolu

Z našeho experimentu vyplývá, že dochází k významné interakci mezi genotypem a pohlavím u obsahu androstenonu a skatolu v tukové tkáni zvířat.

Statisticky významnou průkaznost jsme taktéž stanovili mezi pohlavím a obsahem indolu ($P = 0,004$) v tukové tkáni prasat. Nižší obsah všech 3 látek byl zjištěn u imunokastrátů. Z výsledků studie Djurkin Kušec et al. (2021) vyplývá, že imunokastráti mají nižší obsah androstenonu i skatolu oproti nekastrovaným samcům. Průměrné hodnoty obsahu androstenonu ve studii Djurkin Kušec et al. (2021) byly u imunokastrátů $0,28 \pm 0,03 \mu\text{g/g}$ u kanců

1,66±0,02 µg/g. Průměrné hodnoty skatolu dosahovaly hodnot u imunokastrátů 0,03±0,00 µg/g a u kanců 0,09±0,02 µg/g.

Dle Dalmau et al. (2019) by mohlo koncentraci skatolu a indolu ovlivnit také vnější prostředí, ve kterém jsou prasata chovaná. V první pokusu bylo zjištěno, že imunokastrovaná prasata chovaná na betonové podlaze, která byla vystavena tepelnému stresu, byla špinavější a vykazovala vyšší koncentrace skatolu a indolu oproti jedincům, kteří byli chováni na roštové podlaze. Cílem druhého pokusu studie Dalmau et al. (2019) bylo posoudit vliv otce (kříženec duroca a kříženec pietrain) a tepelného stresu na koncentraci skatolu a indolu v tuku u nekastrovaných samců. Toto tvrzení ale studie již nepotvrdila. V našem případě nebyl vliv otce brán za signifikantní charakteristiku pro finální výpočet.

Dle studie Aluwé et al. (2011) ovlivňuje množství skatolu ve hřbetním tuku také genotypová příslušnost prasete. Vyšší hodnoty skatolu byly zjištěny u kanců plemene belgická landrace a large white, nižší hodnoty byly zjištěny u plemene pietrein. Dle Oskam et al. (2010) měli vyšší hladiny skatolu v tuku kanci plemene landrace (0,13 µg/g) než samci plemene duroc (0,02 µg/g). Obě tyto studie by potvrdily vyhodnocení našeho experimentu, kde z výsledků vyplývá, že je statisticky významná průkaznost mezi genotypem a obsahem skatolu v tukové tkáni prasat ($P = 0,0001$).

U všech prasat zapojených do našeho experimentu byl naměřen obsah indolu vyšší než hraniční hodnota 0,03 µg/g. Pouze u 40 % imunokastrátů genotypu DanBred byla naměřena hodnota obsahu androstenonu vyšší než hraniční hodnota 0,24 µg/g, u ostatních jedinců genotypu DanBred a u všech prasat genotypu (ČBU x L) x BO byla naměřena vyšší hodnota než hraniční. Vyšší než hraniční hodnota skatolu (0,03 µg/g) byla naměřena u všech kanců DanBreda. U 60 % imunokastrátů genotypu DanBred byla naměřena vyšší hodnota než hraniční. Nižší hodnota skatolu nežli hraniční hodnota byla naměřena u shodného počtu prasat (25 %) imunokastrátů i kanců finální hybridní kombinace (ČBU x L) x BO.

Studie Needham et al. (2020) potvrdila nižší hladiny všech 3 látek (androstenonu, skatolu a indolu) u imunokastrovaných prasat. Žádnému z testovaných imunokastrovaných prasat, ale i z nekastrovaných samců, nebyla v tuku naměřena vyšší hladina androstenonu, než byla hladina detekce této látky (0,426 µg/g). Oproti tomu u skatolu byla vyšší hladina než hraniční (0,026 µg/g) naměřena u 48 % nekastrovaných samců. U imunokastrátů tuto hranici překročili pouze 2 jedinci.

Studie Kress et al. (2020) testovala 48 kanců a 48 imunokastrátů na přítomnost androstenonu a skatolu v tukové tkáni. U všech imunokastrátů byla naměřena v tuku hladina androstenonu pod limitem detekce (0,24 µg/g). Ve srovnání s imunokastráty mělo 79 % všech kanců hladinu androstenonu nad 1 µg/g obsahu v tuku. Žádné z imunokastrovaných prasat také nepřesáhlo hraniční hodnotu skatolu (0,25 µg/g). 3 ze 48 (6,25 %) kanců měli hladinu skatolu nad 0,25 µg/g. Všichni 3 měli zároveň hladinu androstenonu v tuku vyšší než 1 µg/g.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo shrnout informace o kančím pachu a jeho hlavních složkách a z výsledků experimentu vyhodnotit množství 3 hlavních látek kančího pachu, androstenonu, skatolu a indolu, v tukové tkáni u vybraných genotypů prasat. Do experimentu byli zapojeni jedinci genotypu DanBred a jedinci finální hybridní kombinace (ČBU x L) x BO. Z dostupných zdrojů a studií vyplývá, že lze kančí pach ovlivnit plemennou příslušností jedince, genotypem jedince, stravou nebo prostředím chovu zvířat.

Z výsledků našeho pokusu vyplývá, že byl obsah androstenonu i skatolu ovlivněn jak genotypem zvířat, tak i pohlavím. Zároveň byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi pohlavím a obsahem indolu. Obsah androstenonu dosahoval výrazně vyšších hodnot u nekastrovaných kanců jak u plemene DanBred, tak u finálního hybridu. I u skatolu byly naměřeny vyšší hodnoty u nekastrovaných kanců, avšak s menšími rozdíly. U všech 28 jedinců byl naměřen vyšší obsah indolu, než byla stanovena hraniční hodnota detekce (0,03 µg/g).

Z výsledků také vyplývá, že hladina androstenonu byla u kanců nižší u finálního hybridu (ČBU x L) x BO. Nicméně statisticky významná průkaznost u hladiny androstenonu s ohledem na genotypovou příslušnost prasete prokázána nebyla. Vliv genotypu byl ale prokázán u hladiny skatolu v tuku prasat. Nižších hodnot obsahu skatolu dosáhli všichni jedinci finálního hybridu (ČBU x L) x BO.

Na základě výsledků naší studie lze říci, že imunokastrovaná prasata by se mohla stát nástrojem k eliminaci kančího pachu. Jak vyplývá i ze studií v diskusi, nižší hladiny androstenonu, skatolu a také indolu byly zjištěny zejména u imunokastrovaných prasat nežli u prasat nekastrovaných nebo chirurgicky kastrováných.

V praktické části byly také zjišťovány ukazatele výkrmnosti a vybrané ukazatele jatečné hodnoty. Významná interakce byla zjištěna mezi plemen a pohlavím u hmotnosti JUT – pravé poloviny těla a výšky hřbetního tuku. Více ukazatelů jatečné hodnoty bylo ovlivněno plemennou příslušností jedinců nežli pohlavím zvířat. Statisticky významné rozdíly s ohledem na genotyp byly zjištěny u průměrného denního přírůstku, průměrné konverze krmiva, jatečné výtěžnosti, plochy svalu (MLLT), hmotnosti hlavních masitých částí, podílu hlavních masitých částí, pH (MS), teploty (MS), barevného odstínu a* (MLLT), obsahu tuku (MLLT), dusíkatých látek (MLLT) a popelovin (MLLT).

Nedůvěra spotřebitelů k technice imunokastrace zabraňuje rozšíření této metody. Z tohoto důvodu se hledají různá alternativní řešení, jak vzniku kančího pachu zamezit. Problematika kančího pachu je v současné době velmi probíraným tématem a měla by být i nadále.

8 Literatura

- Aaslyng MD, Meinert L. 2017. Meat flavour in pork and beef – From animal to meal. *Meat Science* **132**:112–117.
- Allison JRD, da Silva CA, Callegari MA, Pazinato Dias C, de Souza KLL, de Oliveira ER, Peloso JV, Poleze E, Mah CK, Lin D, Aldaz A. 2021. Immunization against gonadotropin-releasing factor (GnRF) in market gilts: Effect on growth and carcass parameters, and impact of immunization timing. *Research in Veterinary Science* **136**:127-137.
- Aluwé M, Degezelle I, Depuydt L, Fremaut D, Van den Broeke A, Millet S. 2016. Immunocastrated male pigs: effect of 4 v. 6 weeks time post second injection on performance, carcass quality and meat quality. *Animal* **10**(09):1466–1473.
- Aluwé M, Heyrman E, Theis S, Sieland C, Thurman K, Millet S. 2017. Chicory fructans in pig diet reduce skatole in back fat of entire male pigs. *Research in Veterinary Science* **115**:340–344.
- Aluwé M, Millet S, Bekaert KM, Tuyttens FAM, Vanhaecke L, De Smet S, De Brabander DL. 2011. Influence of breed and slaughter weight on boar taint prevalence in entire male pigs. *Animal* **5**(08):1283–1289.
- Aluwé M, Tuyttens FA, Millet S. 2015. Field experience with surgical castration with anaesthesia, analgesia, immunocastration and production of entire male pigs: performance, carcass traits and boar taint prevalence. *Animal* **9**:500–508.
- Aluwé M, Tuyttens FAM, Bekaert KM, De Smet S, De Brabander D, Millet S. 2012. Evaluation of various boar taint detection methods. *Animal* **6**(11):1868–1877.
- Baes C, Mattei S, Luther H, Ampuero S, Sidler X, Bee G, Spring P, Hofer A. 2013. A performance test for boar taint compounds in live boars. *Animal* **7**:714–720.
- Bee G, Chevillon P, Bonneau M. 2015. Entire male pig production in Europe. *Animal Production Science* **55**(12):1347.
- Beganović A, Hawthorne L, Bach K, Huck C. 2019. Critical Review on the Utilization of Handheld and Portable Raman Spectrometry in Meat Science. *Foods* **8**(2):49.
- Bernardy J. 2010. Kastrace prasat jako evropské dilema. *Veterinářství* **60**:372-374.
- Bidanel J-P, Riquet J, Gruand J, Squires J, Bonneau M, Milan D. 2006. Detection of quantitative trait loci for skatole and indole levels in Meishan x LargeWhite F2 pigs. Pages 6-17 in *Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Belo Horizonte Minas Gerais, Brazil.
- Blanch M, Panella-Riera N, Chevillon P, Font-i-Furnols M, Gil M, Gil JM, Kallas Z, Oliver MA. 2012. Impact of consumer’s sensitivity to androstenone on acceptability of meat from entire male pigs in three European countries: France, Spain and United Kingdom. *Meat Science* **90**(3):572–578.
- Bone C, Squires EJ. 2021. The Binding of Free and Sulfated Androstenone in the Plasma of the Boar. *Animals* **11**(5):1464.
- Bonet S, Garcia E, Sepúlveda L. 2013. The Boar Reproductive System. *Boar Reproduction* 65–107.

- Bonneau M, Chevillon P. 2012. Acceptability of entire male pork with various levels of androstenone and skatole by consumers according to their sensitivity to androstenone. *Meat Science* **90**:330–337.
- Bonneau M, Weiler U. 2019. Pros and Cons of Alternatives to Piglet Castration: Welfare, Boar Taint, and Other Meat Quality Traits. *Animals*, **9**(11):884.
- Borggaard C, Birkler R, Meinert L, Støier S. 2017. At-line rapid instrumental method for measuring the boar taint components androstenone and skatole in pork fat. *Proceedings of the 63rd international congress of meat science and technology*. Cork, Ireland: Wageningen Academic Publishers.
- Burgeon C, Debliqy M, Lahem D, Rodriguez J, Ly A, Fauconnier ML. 2021. Past, present, and future trends in boar taint detection. *Trends in Food Science & Technology* **112**:283–297.
- České vepřové. 2021. DanBred. České vepřové z českých farem. Available from <https://www.ceskeveprove.cz/plemeno/DanBred/> (accessed březem 2022).
- Český statistický úřad. 2021a. Soupis hospodářských zvířat – 2021. Český statistický úřad, Praha. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-hospodarskych-zvirat-2021> (accessed březem 2022).
- Český statistický úřad. 2021b. Spotřeba potravin– 2020. Český statistický úřad, Praha. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin> (accessed březem 2022).
- Dalla Costa OA, Tavernari F de C, Lopes L dos S, Dalla Costa FA, Feddern V, de Lima GJMM. 2020. Performance, carcass and meat quality of pigs submitted to immunocastration and different feeding programs. *Research in Veterinary Science* **131**:137-145.
- Dalmau A, Borges TD, de Mercado E, González J, Juan AMS, Huerta-Jiménez M, Gómez-Izquierdo E, Lizardo R, Pallisera J, Borrissier-Paró F, Esteve-Garcia E, Panella-Riera N, Ovejero I. 2019. Effect of environmental temperature, floor type and breed on skatole and indole concentrations in fat of females, immuno-castrated and entire males. *Livestock Science* **220**:46–51.
- Daza A, Latorre MA, Olivares A, López Bote CJ. 2016. The effects of male and female immunocastration on growth performances and carcass and meat quality of pigs intended for dry-cured ham production: A preliminary study. *Livestock Science* **190**:20–26.
- Difford GF, Plichta DR, Løvendahl P, Lassen J, Noel SJ, Højberg O, Wright A-DG, Zhu Z, Kristensen L, Nielsen HB, Guldbrandtsen B, Sahana G. 2018. Host genetics and the rumen microbiome jointly associate with methane emissions in dairy cows. *PLoS Genetics* **14**(10):1–22.
- Djurkin Kušec I, Cimerman E, Škrlep M, Karolyi D, Gvozdanović K, Komlenić M, Radišić Ž, Kušec G. 2021. Influence of Immunocastration on Slaughter Traits and Boar Taint Compounds in Pigs Originating from Three Different Terminal Sire Lines. *Animals* **11**(1):228.

- Doran E, Whittington FM, Wood JD, Mcgivan JD. 2004. Characterisation of androstenone metabolism in pig liver microsomes. *Chemico-Biological Interactions* **147**(2):141–149.
- Drag M, Skinkyté-Juskienė R, Do DN, Kogelman LJA, Kadarmideen HN. 2017. Differential expression and co-expression gene networks reveal candidate biomarkers of boar taint in non-castrated pigs. *Scientific Reports* **7**(1).
- Duarte DAS, Schroyen M, Mota RR, Vanderick S, Gengler N. 2021. Recent genetic advances on boar taint reduction as an alternative to castration: a review. *Journal of Applied Genetics* **62**(1):137–150.
- Dugué C, Prunier A, Mercat MJ, Monziols M, Blanchet B, Larzul C. 2020. Genetic determinism of boar taint and relationship with growth traits, meat quality and lesions. *Animal* **14**(7):1333-1341.
- Duijvesteijn N, Knol EF, Bijma P. 2014. Boar taint in entire male pigs: a genome-wide association study for direct and indirect genetic effects on androstenone. *Journal of Animal Science* **92**:4319–4328.
- Duijvesteijn N, Knol EF, Merks JW, Crooijmans RP, Groenen MA, Bovenhuis H, Harlizius B. 2010. A genome-wide association study on androstenone levels in pigs reveals a cluster of candidate genes on chromosome 6. *BMC Genetics* **11**(1):42
- Font-i-Furnols M, Aaslyng MD, Backus GBC, Han J, Kuznetsova TG, Panella-Riera N, Semenova AA, Zhan Y, Oliver MA. 2016. Russian and Chinese consumers' acceptability of boar meat patties depending on their sensitivity to androstenone and skatole. *Meat Science* **121**:96–103.
- Font-i-Furnols M, Martín-Bernal R, Aluwé M, Bonneau M, Haugen JE, Mörlein D, Mörlein D, Panella-Riera N, Škrlep M. 2020. Feasibility of on/at Line Methods to Determine Boar Taint and Boar Taint Compounds: An Overview. *Animals* **10**(10):1886.
- Górska-Horczyk E, Guzek D, Mołęda Z, Wojtasik-Kalinowska I, Brodowska M, Wierzbicka A 2016. Applications of electronic noses in meat analysis. *Food science and technology* **36**(3):389–395.
- Grela ER, Świątkiewicz M, Kowalczyk-Vasilev E, Florek M, Kosior-Korzecka U, Skąlecki P. 2019. An attempt of implementation of immunocastration in swine production – impact on meat physicochemical quality and boar taint compound concentration in the meat of two native pig breeds. *Livestock Science* 103905.
- Gribble, GW. 2003. Novel chemistry of indole in the synthesis of heterocycles. *Pure and Applied Chemistry* **75**(10):1417–1432.
- Grindflek E, Berget I, Moe M, Oeth P, Lien, S. 2010. Transcript profiling of candidate genes in testis of pigs exhibiting large differences in androstenone levels. *BMC Genetics* **11**(1):4.
- Grindflek E, Meuwissen THE, Aasmundstad T, Hamland H, Hansen MHS, Nome T, Kent M, Torjesen P, Lien, S. 2011. Revealing genetic relationships between compounds affecting boar taint and reproduction in pigs1. *Journal of Animal Science* **89**(3):680–692.
- Grindflek E, Szyda J, Liu Z, Lien S. 2001. Detection of quantitative trait loci for meat quality in a commercial slaughter pig cross. *Mammalian Genome* **12**(4):299–304.

- Gunawan A, Sahadevan S, Cinar MU, Neuhoﬀ C, Große-Brinkhaus C, Frieden L, Tesfaye D, Tholen E, Looft Ch, Salilew Wondim D, Hölker M, Schellander K, Uddin MJ. 2013a. Identification of the Novel Candidate Genes and Variants in Boar Liver Tissues with Divergent Skatole Levels Using RNA Deep Sequencing. *PLoS ONE* **8**(8):e72298.
- Gunawan A, Sahadevan S, Neuhoﬀ C, Große-Brinkhaus C, Gad A, Frieden L, Tesfaye D, Tholen E, Looft Ch, Uddin MJ, Schellander K, Cinar MU. 2013b. RNA Deep Sequencing Reveals Novel Candidate Genes and Polymorphisms in Boar Testis and Liver Tissues with Divergent Androstenone Levels. *PLoS ONE* **8**(5):e63259.
- Haberland AM, Luther H, Hofer A, Tholen E, Simianer H, Lind B, Baes C. 2013. Efficiency of different selection strategies against boar taint in pigs. *Animal* **8**(01):11–19.
- Han X, Zhou M, Cao X, Du X, Meng F, Bu G, Kong F, Huang A, Zeng X. 2019. Mechanistic insight into the role of immunocastration on eliminating skatole in boars. *Theriogenology* **131**:32-40.
- Haugen J-E, Brunius C, Zamaratskaia G. 2012. Review of analytical methods to measure boar taint compounds in porcine adipose tissue: The need for harmonised methods. *Meat Science* **90**(1):9–19.
- Haugen JE. 2010. Methods to detect boar taint. State of the art and critical review. In: EC Workshop on pig welfare—castration of piglets.
- Heyrman E, Millet S, Tuytens FAM, Ampe B, Janssens S, Buys N, Wauters J, Vanhaecke L, Aluwé M. 2021. On-farm prevalence of and potential risk factors for boar taint. *Animal* **15**(3).
- Chen G, Bourneuf E, Marklund S, Zamaratskaia G, Madej A, Lundström K. 2007. Gene expression of 3 β -hydroxysteroid dehydrogenase and 17 β -hydroxysteroid dehydrogenase in relation to androstenone, testosterone, and estrone sulphate in gonadally intact male and castrated pigs1. *Journal of Animal Science* **85**(10):2457–2463.
- Isaacson R, Kim HB. 2012. The intestinal microbiome of the pig. *Animal Health Research Reviews* **13**(01):100–109.
- Jansman AJM. 2016. Health and functions of the gastrointestinal tract in pigs: Effects of functional ingredients and feed and ingredient processing. *Journal of Animal Science* **94**:12-21.
- Jen K, Squires EJ. 2011. Efficacy of non-nutritive sorbent materials as intestinal-binding agents for the control of boar taint. *Animal* **5**(11):1814–1820.
- Kim JM, Lee HW. 2013. Anatomy of the pig. *Minimal Invasive Management in HBP Disease* 129-132.
- Kjos NP, Øverland M, Fauske AK, Sørum H. 2010. Feeding chicory inulin to entire male pigs during the last period before slaughter reduces skatole in digesta and backfat. *Livestock Science* **134**(1-3):143–145.
- Kress K, Millet S, Labussière É, Weiler U, Stefanski V. 2019. Sustainability of Pork Production with Immunocastration in Europe. *Sustainability* **11**(12):3335.

- Kress K, Weiler U, Schmucker S, Čandek-Potokar M, Vrecl M, Fazarinc G, Škrlep M, Batorek-Lukač N, Stefanski V. 2020. Influence of Housing Conditions on Reliability of Immunocastration and Consequences for Growth Performance of Male Pigs. *Animals* **10**(1):27.
- Lee GJ, Archibald AL, Law AS, Lloyd S, Wood J, Haley CS. 2005. Detection of quantitative trait loci for androstenone, skatole and boar taint in a cross between Large White and Meishan pigs. *Animal Genetics* **36**(1):14–22.
- Leung MCK, Bowley KL, Squires EJ. 2010. Examination of testicular gene expression patterns in Yorkshire pigs with high and low levels of boar taint. *Animal Biotechnology* **21**:77–87.
- Li X, Jensen BB, Canibe N. 2019. The mode of action of chicory roots on skatole production in entire male pigs is neither via reducing the population of skatole-producing bacteria nor via increased butyrate production in the hindgut. *Applied and Environmental Microbiology* **85**(6):1-14.
- Liu X, Schmidt H, Mörlein D. 2016. Feasibility of boar taint classification using a portable Raman device. *Meat Science* **116**:133-139
- Liu X, Trautmann J, Wigger R, Zhou G, Mörlein D. 2017. Fatty acid composition and its association with chemical and sensory analysis of boar taint. *Food Chemistry* **231**:301–308.
- Loutfi A, Coradeschi S, Mani GK, Shankar P, Rayappan JBB. 2015. Electronic noses for food quality: A review. *Journal of Food Engineering* **144**:103-111.
- Lowell JE, Schunke ED, Harsh BN, Bryan EE, Stahl CA, Dilger AC, Boler DD. 2019. Growth performance, carcass characteristics, fresh belly quality, and commercial bacon slicing yields of growing-finishing pigs from sire lines intended for different industry applications. *Meat Science* **154**:96-108.
- Maltecca C, Bergamaschi M, Tiezzi F. 2020. The interaction between microbiome and pig efficiency: a review. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **137**:4–13
- Marvan F a kol. 2017. *Morfologie hospodářských zvířat*. Česká zemědělská univerzita v Praze v nakladatelství Brázda, Praha.
- Mathur PK, ten Napel J, Bloemhof S, Heres L, Knol EF, Mulder HA. 2012. A human nose scoring system for boar taint and its relationship with androstenone and skatole. *Meat Science* **91**(4):414–422.
- Mathur PK, ten Napel J, Crump RE, Mulder HA, Knol EF. 2013. Genetic relationship between boar taint compounds, human nose scores, and reproduction traits in pigs. *Journal of Animal Science* **91**:4080-4089.
- Matthews KR, Homer DB, Punter P, Béague MP, Gispert M, Kempster AJ, Agerhem H, Claudi-Magnussen C, Fischer K, Siret F, Leask H, Font i Furnols M, Bonneau, M. 2000. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: III. Consumer survey in seven European countries. *Meat Science* **54**(3):271–283.
- Milan D, Bidanel J-P, Le Roy P, Chevalet C, Woloszyn N, Caritez J-C, Gruand J, Lagant H, Bonneau M, Lefaucheur L, Renard Ch, Vaiman M, Mormède P, Desautels C, Amigues Y, Bourgeois F, Gellin J, Ollivier L. 1998. Current status of QTL detection in

Large White x Meishan crosses in France. Pages 414-417 in Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Armidale, Australia.

- Moe M, Lien S, Bendixen C, Hedegaard J, Hornshøj H, Berget I, Meuwissen THE, Grindflek E. 2008. Gene expression profiles in liver of pigs with extreme high and low levels of androstenone. *BMC Veterinary Research* **4**(1):29.
- Moe M, Meuwissen T, Lien S, Bendixen C, Wang X, Conley L, Berget I, Tajet H, Grindflek E. 2007. Gene expression profiles in testis of pigs with extreme high and low levels of androstenone. *BMC Genomics* **8**(1):405.
- Mörlein D, Tholen E. 2015. Fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from entire male pigs with extremely divergent levels of boar taint compounds - An exploratory study. *Meat Science* **99**(0):1-7.
- Mörlein D, Trautmann J, Gertheiss J, Meier-Dinkel L, Fischer J, Eynck HJ, Looft Ch, Tholen E. 2016. Interaction of Skatole and Androstenone in the Olfactory Perception of Boar Taint. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **64**(22):4556–4565.
- Muniz HCM, de Lima ES, Schneider LI, Klein DR, da Rocha LT, Nörnberg JL, de Quadros ARB, de Oliveira V. 2021. Carcass characteristics and meat quality of male pigs submitted to surgical or immunological castration. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* **93**(4).
- Needham T, Gous RM, Lambrechts H, Pieterse E, Hoffman LC. 2020. Combined Effect of Dietary Protein, Ractopamine, and Immunocastration on Boar Taint Compounds, and Using Testicle Parameters as an Indicator of Success. *Foods* **9**:1665.
- Nevrkla P, Václavíková E, Rozkot M. 2021. The Indigenous Prestice Black-Pied Pig Breed Differs from a Commercial Hybrid in Growth Intensity, Carcass Value and Meat Quality. *Agriculture* **11**:331.
- Nicolau-Solano SI, McGivan JD, Whittington FM, Nieuwhof GJ, Wood JD, Doran O. 2006. Relationship between the expression of hepatic but not testicular 3 β -hydroxysteroid dehydrogenase with androstenone deposition in pig adipose tissue. *Journal of Animal Science* **84**(10):2809–2817.
- Noda M, Fukui K, Uchiyama S. 2016. Mass Spectrometry. *Advanced Methods in Structural Biology* 185–198.
- Okrouhlá M, Stupka R, Čítek J. 2016. HPLC stanovení androstenonu, skatolu a indolu ve hřbetním tuku prasat. *Chemické Listy* **110**:593–597.
- Olson D, Wäckers F, Haugen JE. 2012. Threshold Detection of Boar Taint Chemicals Using Parasitic Wasps. *Journal of Food Science* **77**(10):356–361.
- Oskam IC, Lervik S, Tajet H, Dahl E, Ropstad E, Andresen Ø. 2010. Differences in testosterone, androstenone, and skatole levels in plasma and fat between pubertal purebred Duroc and Landrace boars in response to human chorionic gonadotrophin stimulation. *Theriogenology* **74**:1088-1098.
- Park J, Campbell CP, Squires EJ, de Lanfe CFM, Mandell IB. 2018. Effects of Pig Genotype, Immunological Castration, and Use of Ractopamine on Growth Performance, Carcass Traits, and Pork Quality for Entire Male Pigs. ADM Animal Nutrition, Woodstock, Ontario, Canada.

- Parois SP, Prunier A, Mercat MJ, Merlot E, Larzul C. 2015. Genetic relationships between measures of sexual development, boar taint, health, and aggressiveness in pigs. *Journal of Animal Science* **93**(8):3749–3758.
- Parunović N, Petrović M, Matekalo-Sverak V, Radović Č, Stanišić N. 2013. Carcass properties, chemical content and fatty acid composition of the musculus longissimus of different pig genotypes. *South African Journal of Animal Science* **43**(2).
- Pauly C, Luginbuhl W, Ampuero S, Bee G. 2012. Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted: results of a meta-analysis study. *Meat Science* **92**:858–862.
- Quintanilla R, Demeure O, Bidanel JP, Milan D, Iannuccelli N, Amigues Y, Gruand J, Renard C, Chevalet C, Bonneau, M. 2003. Detection of quantitative trait loci for fat androstenone levels in pigs. *Journal of Animal Science* **81**(2):385–394.
- Ramos AM, Duijvesteijn N, Knol EF, Merks JW, Bovenhuis H, Crooijmans RP, Groenen MAM, Harlizius B. 2011. The distal end of porcine chromosome 6p is involved in the regulation of skatole levels in boars. *BMC Genetics* **12**(1):35.
- Reece WO. 2011. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Grada, Praha.
- Sarlós P, Egerszegi I, Nagy S, Fébel H, Rátky J. 2011. Reproductive function of Hungarian Mangalica boars: Effect of seasons. *Acta Veterinaria Hungarica* **59**(2):257–267.
- Sørensen KM, Engelsen SB. 2014. Measurement of Boar Taint in Porcine Fat Using a High-Throughput Gas Chromatography–Mass Spectrometry Protocol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **62**(39):9420–9427.
- Sørensen KM, Westley C, Goodacre R, Engelsen SB. 2015. Simultaneous quantification of the boar-taint compounds skatole and androstenone by surface-enhanced Raman scattering (SERS) and multivariate data analysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **407**(25):7787–7795.
- Squires EJ, Bone C, Cameron J. 2020. Pork Production with Entire Males: Directions for Control of Boar Taint. *Animals* **10**(9):1665.
- Squires EJ, Bonneau, M. 2014. Boar taint: biological causes and practical means to alleviate it. *Encyclopedia of Meat Sciences* 97–103.
- Strathe AB, Velandar IH, Mark T, Kadarmideen HN. 2013. Genetic parameters for androstenone and skatole as indicators of boar taint and their relationship to production and litter size traits in Danish Landrace. *Journal of Animal Science* **91**(6):2587–2595.
- Stupka R, Šprysl M, Čítek J. 2013. *Základy chovu prasat*. Powerprint, Praha.
- Šimeček K, Zeman L, Heger J. 2000. *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro prasata*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
- Trautmann J, Meier-Dinkel L, Gertheiss J, Mörlein D. 2016. Boar taint detection: A comparison of three sensory protocols. *Meat Science* **111**:92–100.
- Valeeva NI, de Smet A, Hoste R, Backus GBC. 2010. Economics of boar taint prevention without surgical castration in the pork chain. Pages 1-16 in 9th Wageningen International Conference on Chain and Network Management. Wageningen, The Netherlands.

- Vališ L. 2022. Komoditní karta Vepřové maso březem 2022. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha. Available from <https://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/zivocisnavyroba/zivocisne-komodity/prasata/> (accessed březem 2022).
- Varona L, Vidal O, Quintanilla R, Gil M, Sánchez A, Folch JM, Hortos M, Rius MA, Amills M, Noguera JL. 2005. Bayesian analysis of quantitative trait loci for boar taint in a Landrace outbred population. *Journal of Animal Science* **83**(2):301–307.
- Velarde A, Fàbrega E, Blanco-Penedo I, Dalmau A. 2015. Animal welfare towards sustainability in pork meat production. *Meat Science* **109**:13–17.
- Verplanken K, Stead S, Jandova R, Poucke CV, Claereboudt J, Bussche JV, De Saeger S, Takats Z, Wauters J, Vanhaecke L. 2017. Rapid evaporative ionization mass spectrometry for high-throughput screening in food analysis: The case of boar taint. *Talanta* **169**:30–36.
- Wauters J, Verducruysse V, Aluwé M, Verplanken K, Vanhaecke L. 2016. Boar taint compound levels in back fat versus meat products: Do they correlate? *Food Chemistry* **206**:30–36.
- Weiler U, Font i Furnols M, Fischer K, Kemmer H, Oliver MA, Gispert M, Dobrowolski A, Claus R. 2000. Influence of differences in sensitivity of Spanish and German consumers to perceive androstenone on the acceptance of boar meat differing in skatole and androstenone concentrations. *Meat Science* **54**(3):297–304.
- Werner D, Baldinger L, Bussemas R, Büttner S, Weißmann F, Ciulu M, Mörlein J, Mörlein D. 2021. Early Immunocastration of Pigs: From Farming to Meat Quality. *Animals* **11**(2):298.
- Wesoly R, Jungbluth I, Stefanski V, Weiler U. 2015. Pre-slaughter conditions influence skatole and androstenone in adipose tissue of boars. *Meat Science* **99**:60–67.
- Wesoly R, Stefanski V, Weiler U. 2016. Influence of sampling procedure, sampling location and skin contamination on skatole and indole concentrations in adipose tissue of pigs. *Meat Science* **111**:85–91.
- Westmacott KL, Crew AP, Doran O, Hart JP. 2019. Novel, rapid, low-cost screen-printed (bio)sensors for the direct analysis of boar taint compounds androstenone and skatole in porcine adipose tissue: Comparison with a high-resolution gas chromatographic method. *Biosensors and Bioelectronics* **150**.
- Whittington FM, Zammerini D, Nute GR, Baker A, Hughes SI, Wood JD. 2011. Comparison of heating methods and the use of different tissues for sensory assessment of abnormal odours (boar taint) in pig meat. *Meat Science* **88**(2):249–255.
- Wojnowski W, Majchrzak T, Dymerski T, Gębicki J, Namieśnik J. 2017. Electronic noses: Powerful tools in meat quality assessment. *Meat Science* **131**:119–131.
- Yaseen T, Sun DW, Cheng JH. 2017. Raman imaging for food quality and safety evaluation: Fundamentals and applications. *Trends in Food Science & Technology* **62**:177–189.
- Zadinová K, Stupka R, Stratil A, Čítek J, Vehovský K, Urbanová D. 2016. Boar taint – the effects of selected candidate genes associated with androstenone and skatole levels – a review. *Animal Science Papers and Reports* **34**(2):107–128.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

%	procento
°C	stupeň Celsia
μg/g	mikrogram na gram
a*	barevný odstín masa
APCI	chemická ionizace za atmosférického tlaku
b*	barevný odstín masa
BO	bílé otcovské
cm	centimetr
ČBU	české bílé ušlechtilé
ČR	Česká republika
D	duroc
DFD	tmavé, suché a tuhé maso (vada masa)
EU	Evropská unie
g	gram
g/den	gram za den
g/kg	gram na kilogram
GnRH	gonadotropin-releasing hormon (gonadotropiny uvolňující hormon)
JUT	jatečně upravené tělo
kg	kilogram
kg/kg	kilogram na kilogram
KKS	kompletní krmná směs
L	landrace
L*	světlost
LDTD	Laser Diode Thermal Desorpce technologie
LW	large white (bílé ušlechtilé)
m	metr
Mep	metabolizovaná energie
min	minuta
MJ	mega joule
MLLT	<i>musculus longissimus lumborum et thoracis</i>
mm	milimetr
mM	milimolární
mm ²	milimetr čtverečný
MS	<i>musculus semimembranosus</i>
N	newton
nm	nanometr
P1	označení krmné směsi
P2	označení krmné směsi
P3	označení krmné směsi
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
P-value	statistická průkaznost
QTL	Quantitative Trait Locus (lokusy kvantitativních znaků)

r	korelační koeficient
SAFA	nasyčené mastné kyseliny
SD	směrodatná odchylka
SEŠ	sójový extrahovaný škrob
tj.	to je
tzn.	to znamená
\bar{x}	průměr
Y	yorkshire

10 Seznam obrázků, tabulek a grafů

Seznam obrázků

Obrázek 1: Androstenon (Haugen 2010).....	5
Obrázek 2: Skatol (Haugen 2010)	6
Obrázek 3: Souhrn metabolických drah androstenonu a skatolu (Squires & Bonneau 2014)....	7
Obrázek 4: Indol (Gribble 2003)	7

Seznam tabulek

Tabulka 1: Tabulka 1: Chromozomy spojené s kančím pachem nalezeny metodou QTL (dle Duarte et al. 2021).....	24
Tabulka 2: Tabulka 2: Výsledky studií diferenciální genové exprese související s kančím pachem v tkáni jater a varlat (dle Duarte et al. 2021).....	26
Tabulka 3: Složení KKS pro fáze výkrmu.....	29
Tabulka 4: Vybrané ukazatele výkrmnosti s ohledem na genotyp a pohlaví prasat.....	33
Tabulka 5: Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty s ohledem na genotyp a pohlaví prasat....	35
Tabulka 6: Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – fyzikální vlastnosti s ohledem na genotyp a pohlaví prasat.....	37
Tabulka 7: Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – chemické vlastnosti s ohledem na genotyp a pohlaví prasat.....	39
Tabulka 8: Obsah androstenonu, skatolu a indolu ve hřbetním tuku s ohledem na genotyp a pohlaví prasat.....	41

Seznam grafů

Graf 1: Stavby prasat v České republice v letech 2000 až 2021 (Český statistický úřad 2021a)....	3
--	---