

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra speciální zootechniky



Výskyt kančího pachu ve vepřovém mase

Bakalářská práce

Autor práce: Adam Sochor

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: doc. Ing. Jaroslav Čítek, Ph.D.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Výskyt kančího pachu ve vepřovém mase " jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20. 4. 2018

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Jaroslavu Čítkovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady. Děkuji také Ing. Monice Okrouhlé, Ph.D. za pomoc se statistickým vyhodnocením. V neposlední řadě děkuji své rodině, která mě ve studiích podporuje.

Výskyt kančího pachu ve vepřovém mase

Souhrn

Tato bakalářská práce pojednává o kančím pachu, jeho složkách a vlivu skatolu v tuku a výkalech.

Aktuální požadavek na welfare prasat ovlivňuje i výkrm vepřů. Jedním z požadavků, se kterým jsou chovatelé konfrontováni je omezení, či přímo zákaz chirurgické kastrace bez anestézie. Tato metoda se dosud plošně využívala pro snížení agresivity kanečků a snížení kančího pachu ve vepřovém mase. Při zavedení výkrmu kanečků je nutné zajistit jiná možná opatření na eliminaci kančího pachu. Pro chovatele je významná informace, od jaké hmotnosti, či věku je výskyt složek kančího pachu negativně ovlivní kvalitu masa. Pro stanovení hladiny v tuku by bylo vhodné využít odhad na základě nepřímých metod. Jednou z možností může být sledování hladiny skatolu a indolu ve výkalech a jejich následný vliv na jejich hladinu v tuku.

Cílem této bakalářské práce bylo popsat kančí pach a jeho složky. V praktické části byla předložena hypotéza: „Jak hladina skatolu a indolu ve výkalech ovlivňuje hladinu skatolu a indolu v hřbetním tuku.“

Pro vyhodnocení vlivu bylo využito výkrmového testu 25 kanečků. Ti byli rozděleni podle obsahu skatolu v tuku a výkalech. Těmto zvířatům byly měřeny, pomocí HPLC, obsahy skatolu a indolu ve výkalech a *post mortem* také obsah skatolu a indolu v tuku. Tyto hodnoty byly statisticky vyhodnoceny a bylo prokázáno, že skatol v tuku má pozitivní vliv na indol v tuku a skatol ve výkalech. Nejvyšší hodnoty těchto látek vykazovala zvířata s nejvyšším obsahem skatolu v tuku. Při vyhodnocení skatolu ve výkalech bylo zjištěno, že má značný vliv na skatol a indol v tuku a zároveň na indol ve výkalech. I zde se potvrdil trend, že zvířata mající vysoké množství skatolu ve výkalech, měla také vysoké množství skatolu v tuku a indolu v tuku a výkalech. Dále byl zjištěn vliv skatolu ve výkalech na hmotnostní ukazatele, kde zvířata s nejvyšším obsahem skatolu ve výkalech měla také nejvyšší hmotnost a celkový průměrný přírůstek.

Výsledkem jsou tedy korelace, které se dají využít při výkrmu, neboť se z nich dají odhadnout přibližné koncentrace nežádoucích látek v tukové tkáni ještě před porážkou.

Klíčová slova: kaneček, kančí pach, androstenon, skatol, indol

Boar taint in pig meat

Summary

This bachelor thesis is written about boar taint, its components and the influence of skatole in fat and faeces on other parameters.

The current demand for pig welfare is also influencing by fattening pigs. One of these restrictions is the ban of surgical castration without anesthesia. This has been widely used to reduce the aggression of the boars and reduce the boar taint in pig. It is necessary to provide for other possible measures to eliminate boar taint when introducing the fattening of the barrows. For breeders, it is important to know what weight or age the presence of compounds of boar taint will negatively affect the quality of the meat. For the determination of the level in fat, it would be appropriate to use an estimate based on indirect methods. One possibility is to monitor the levels of skatole and indole in faeces and their impact on their fat level.

The aim of this bachelor thesis was to describe the boar smell and its components. In the practical part a hypothesis was presented: "How the level of skatole and indole in feces affects the level of skatole and indole in dorsal fat."

To evaluate the effect, a fattening test for 25 barrows was used. They were split according to skatole level in fat and excrement. These animals were also measured by HPLC skatole and indole levels in faeces and *post mortem* as well as skatole and indole content in fat. These values have been statistically evaluated and showed that skatole in fat has a positive effect on indole in fat and skatole in faeces. The highest values of these compounds showed animals with the highest fat content of skatole. In evaluating skatole in faeces, it has been found to have a significant effect on skatole and indole in fat as well as indole in faeces. Here, too, the trend has been confirmed that animals with a high amount of skatole in faeces also had high levels of skatole in fat and indole in fat and faeces. In addition, the effect of skatole in faeces on weight indicators was found, where the animals with the highest skatole levels in the faeces also had the highest weight and the overall average gain.

Keywords: barrow, boar taint, androstenone, skatole indole

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Literární rešerše.....	3
3.1	Historie objevování kančího pachu	3
3.2	Biosyntéza a metabolismus androstenonu.....	3
3.2.1	Biosyntéza ve varlatech.....	4
3.2.2	Metabolismus v játrech	5
3.2.3	Ukládání a eliminace androstenonu	6
3.3	Biosyntéza a metabolismus skatolu	7
3.3.1	Biosyntéza skatolu	7
3.4	Biosyntéza a metabolismus indolu	8
3.5	Výskyt androsetnonu a skatolu v těle.....	9
3.6	Faktory ovlivňující uložení a eliminaci androstenonu a skatolu	10
3.6.1	Genotyp	10
3.6.2	Výživa	11
3.6.3	Prostředí.....	14
3.6.4	Hmotnost a stáří zvířete.....	15
3.6.5	Kastrace	15
4	Materiál a metody.....	20
4.1	Specifikace zvířat	20
4.2	Specifikace odběru vzorků.....	20
4.3	Specifikace pro HPLC.....	20
4.4	Statistická analýza.....	21
5	Výsledky	22
5.1.1	Naměřené hodnoty vůči obsahu skatolu v tuku.....	23
5.1.2	Naměřené hodnoty vůči skatolu ve výkalech	26
6	Diskuze	30
7	Závěr	32
8	Seznam použité literatury.....	33
9	Seznam obrázků.....	39
10	Seznam tabulek.....	40

1 Úvod

Chov prasat patří k nejdůležitějším odvětvím zemědělské výroby. Jeho důležitost spočívá ve veliké oblibě vepřového masa a jeho dlouhodobě nejvyšší spotřebě ve světě s podílem okolo 42 %. Existují prognózy, že se zvyšující populací bude spotřeba vepřového masa nadále stoupat, a že do roku 2025 by mohla dosáhnout 47 %. Na jednu stranu početní stav prasat v Evropě stagnuje či mírně klesá, ale na druhou stranu se výrobu a export daří stále zvyšovat. Je to díky zefektivnění výroby v tomto sektoru a trvalému zvyšování užitkovosti.

V návaznosti na zefektivňování výroby je kladen vysoký tlak na welfare chovaných zvířat, a to hlavně z vnějšího prostředí. Tento tlak se značně týká omezení kastrace, která může způsobovat kastrováným zvířatům bolest. Důvodem kastrace je snížení nepříjemného zápachu ve vepřovém mase, proto je důležité rozhodnout, zda se budou vykrmovat kanečci do nižších jatečných hmotností, nebo se budou používat techniky kastrace, které nebudou mít tak velký vliv na welfare zvířat.

Kančí pach je souborem několika pachových sloučenin, především androstenonu, skatolu a indolu. Androstenon je feromonální steroid syntetizovaný ve varlatech a metabolizovaný v játrech vepřů. Část androstenonu se hromadí v tukové tkáni a způsobuje tím nepříjemný zápach moči. Oproti tomu je skatol syntetizován mikrobiálně v tlustém střevě degradací aminokyseliny tryptofanu a metabolizován jaterními enzymy cytochromu P540 a sulphotransferázou. Nemetabolizovaná část skatolu se ukládá stejně jako androstenon v tukové tkáni a způsobuje pach podobný fekálnímu znečištění (Zamaratskaia et Squires, 2009). Všechny tyto pachy mohou být značně nepříjemné pro koncového konzumenta vepřového masa, proto je důležité tyto pachy eliminovat různými způsoby. Tímto způsobem může být například kastrace chirurgická, či hormonální. Dále je pak možné identifikovat kandidátní geny, které ovlivňují hladinu androstenonu a skatolu v tukové tkáni prasat.

Vysoký obsah androstenonu u dospělých kanců může vyvolat agresivní chování vůči ostatním kancům v chovu. To má pak za následek nepříjemné úhyny a ztráty pro chovatele.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo vytvoření literární rešerše popisující faktory ovlivňující výskyt kančího pachu ve vepřovém mase a vyhodnotit jeho hladinu v tuku a ve výkalech.

Hypotéza: „Hladina skatolu a indolu ve výkalech ovlivňuje hladinu skatolu a indolu v hřbetním tuku“.

3 Literární rešerše

3.1 Historie objevování kančího pachu

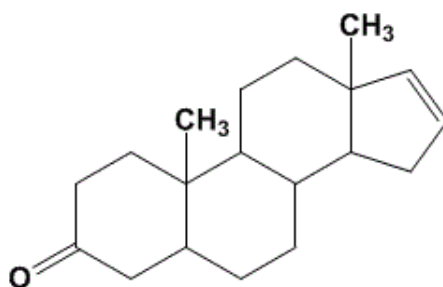
První pokusy o identifikaci sloučenin zodpovědných za kančí pach provedli Craig et Pearson (1959) a Craig et al. (1962). Právě oni dokázali, že nepříjemné pachy jsou spojené s tukovou tkání a přesněji s nesaponifikovatelnou frakcí. Roku 1967 Sink naznačuje, že pachy mohou být způsobené steroidy vykazující pižmovou vůni. Jsou to právě látky 5α -androst-16-en-3 α -ol (an- α) a 5α -androst-16-ene-3 β -ol (an- β). Tyto látky byly izolované Prelogem a Ruzickou (1944).

Patterson (1968) studoval těkavé sloučeniny z kančího tuku a identifikoval steroid 5α -androst-16-en-3-on, neboli androstenon. Tyto výsledky pak potvrdili Claus a Hoffman (1971), Beery a Sink (1971), Beery et al. (1971) a Thompson et al. (1972). Jejich výzkumy potvrdily, že androstenon- α a androstenon- β jsou přítomny ve vepřovém tuku, a že se také jedná o nenasycený 19-ti uhlíkatý steroid (C₁₉ Δ 16).

Další látkou, která způsobuje nevábný pach v kančím mase je 3-methylindol neboli skatol (Vold, 1970). Ten vzniká mikrobiálním rozkladem tryptofanu. Část odchází z těla výkaly a část je transportována krví do jater, kde je metabolizován enzymatickým systémem CYP450. Nemetabolizovaný skatol je akumulován v tukové tkáni (Dostálová et al., 2008).

3.2 Biosyntéza a metabolismus androstenonu

Androstenon (Obrázek 1) je steroidní hormon syntetizován v Leidigových buňkách ve varlatech vepřů (Kwan et al., 1985). Také byly nalezeny nízké hladiny androstenonu u samic a kastrovaných prasat. To naznačuje, že je možná částečná produkce androstenonu kůrou nadledvin a vaječnicků (Claus et al., 1971).



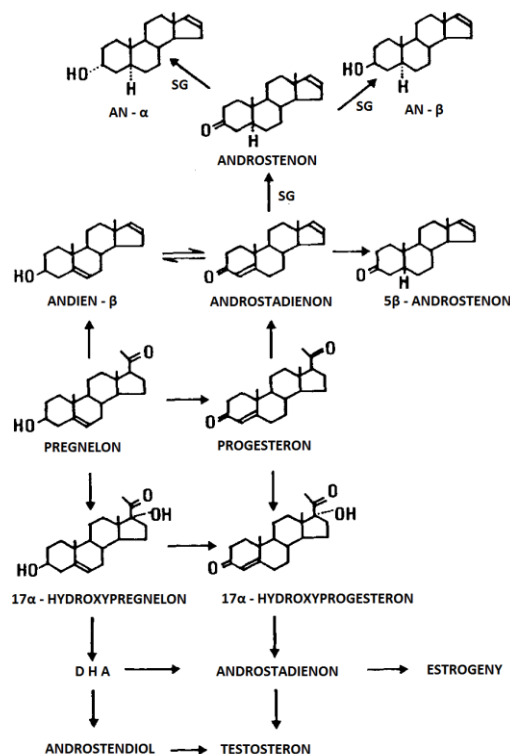
Obrázek 1. Androstenon

3.2.1 Biosyntéza ve varlatech

Pregnelon a progesteron jsou prekurzory C19 Δ 16, stejně jako ostatních hormonálních steroidů androgenů a estrogenů (Obrázek 2 *Obrázek 2. Cesty biosyntézy androstenonu (Bonneau, 1982)*). První steroid tvořící se z pregnelonu je andien- β . Je to nenasycený steroid v pozici 16 a jako meziproduct mezi pregnelonem a andien- β figuruje 5 α -pregnane-3,20-dione (Loke et Gower, 1972). Enzymový systém zodpovědný za konverzi pregnelonu na andien- β se nazývá „andien- β syntetáza“ a nachází se převážně v mikrosomální části varlat (Loke et Gower, 1971). Andien- β je dále přeměněn na androstadienon. Androstadienon může být tvořen také z progesteronu, ale ve varlatech má tato syntetická cesta minoritní důležitost (Ahmad et Gower, 1968). Androstienon se dále přeměňuje na androstenon, který se pak redukuje na androstenol- α (an- α), nebo androstenol- β (an- β). Pro redukci androstenol- α je zapotřebí přítomnosti NADPH, zatímco pro redukci na androstenol- β musí být přítomen NADH (Brophy et Gower, 1972). Saat et. al. (1974) dokázali, že se androstenol- α , nebo androstenol- β nejspíše metabolizují dále ve varlatech do více polárních sloučenin, avšak tyto sloučeniny dosud nejsou spolehlivě identifikovány.

Ruokonen a Vikko (1974) naměřili vysoké množství an- α , an- β a andien- β sulfát ve varlatech vepřů. Později Gasparini et al. (1976) a Ruokonen (1978) dokázali, že pregnelon sulfát se mění na andien- β , an- α a an- β . V obou případech jak sulfátovou, tak volnou formu. Mezitím Saat et al. (1974) zjistil, že an- α a an- β sulfáty jsou dále přeměňovány na volné an- α a an- β . Z těchto studií tedy vyplývá, že nejen volné, ale i sulfokojugované steroidy jsou zapojené do syntézy C19 Δ 16. Tyto tvrzení jsou v souladu s objevy Gower et al. (1970, 1972) a Saat et al. (1974), které demonstrovaly, že an- α a an- β jsou vypouštěny převážně jako sulfokojugované steroidy do spermatických cest, zatímco androstenon se nachází pouze jako volný steroid.

Mason et al. (1979) také zjistili, že cesty biosyntézy C19 Δ 16 jsou rozdílné u mladých nedospělých a dospělých prasat. Varlata od tří týdněho kance přeměňovala andien- β z pregnelonu jinou cestou. A to: pregnelone \rightarrow 17 α -hydroxypregnelone \rightarrow 3 β -hydroxy-pregna-5,16-dien-20-on \rightarrow andien- β



Obrázek 2. Cesty biosyntézy androstenonu (Bonneau, 1982)

3.2.2 Metabolismus v játrech

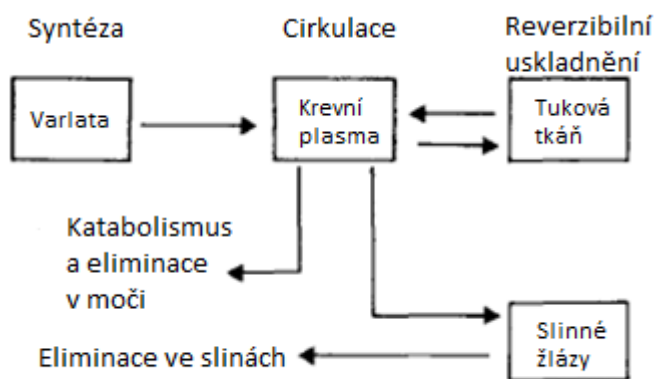
Stejně jako ve varlatech je androstenon metabolizován v játrech pomocí enzymů 3β-HSD a 3α-HSD za vzniku 3β-androstenolu a v mnohem menší míře 3α-androstenolu (Doran et al., 2004). Jaterní metabolismus se od metabolismu ve varlatech liší akorát v množství vzniklých metabolitů.

Poté podstoupí androstenol α a β metabolickou fází II., kde za pomoci enzymu hydroxysteroid sulfotransferáza (SULT2A1) vzniká sulfokonjugovaný androstenol α a β. SULT2A1 je klíčovým enzymem fáze II. v jaterním metabolismu (Sinclair et al., 2005). Avšak nedávno bylo navrženo, že by v metabolismu mohl být zahrnut i enzym SULT2B1 (Moe et al., 2007).

Sinclair a Squires (2005) tvrdili, že vysoké množství androstenonu v plazmě je převážně zastoupeno sulfokonjugáty. Poté však bylo zjištěno že rozsah hladin v konjugované frakce byl mnohem nižší než volný androstenon (Zamaratskaia et al., 2007).

3.2.3 Ukládání a eliminace androstenonu

Androstenon je syntetizován ve varlatech a vypouštěn do systémového oběhu, kde je odebírán slinnými žlázami a tukovou tkání (Obrázek 3). To je důvodem, proč jsou periferní plazmatické hladiny androstenonu asi šestkrát nižší než ve spermatické žíle (Groth et Claus, 1977). Bonneau a Terqui (1982) demonstrovali, že největší část obíhajícího androstenonu se nejrychleji ukládá v tukové tkáni a zbylé části jsou katabolizovány. Uskladnění androstenonu v tukové tkáni je reverzibilní. Toto tvrzení prokázané tím, že hladina androstenonu v tukové tkáni klesne poté, když je syntéza steroidů potlačena kastrací kance (Claus, 1976). V důsledku na to Bonneau et al. (1982) zjistil, že uvolnění androstenonu z tukové tkáně se zdá být pomalejší než příjem cirkulujícího androstenonu.



Obrázek 3. Zjednodušené schéma metabolismu kančího androstenonu (Bonneau, 1982)

Opravdu vysoké hodnoty androstenonu a androstenolu- α je možné naměřit ve slinných žlázách, odkud mohou být tyto látky eliminovány do slin (Patterson, 1968). Androstenon vyskytující se ve slinných žlázách je redukován částečně na androstenol- α a méně pak na androstenol- β (Katkov et al., 1972; Claus, 1979).

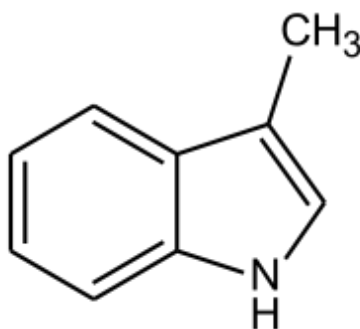
Signoret (1970; 1971) zjistil, že pachy hrají významnou roli v sexuálním chování prasat. Před pářením kanci výrazně sliní a typický pach androstenonu a androstenolu- α je velmi znatelný. Tyto dva steroidy mají tedy feromonální funkci a způsobují typický pářící postoj prasnice (Melrose et al., 1971; Reed et al., 1974). Přítomnost těchto steroidů v prasečích slinách je tedy nezbytný pro normální sexuální chování prasnic a kanců (Perry et al., 1980).

Stinson a Patterson (1979) naměřili vysoké hodnoty androstenolu- α a nízké, avšak znatelné, hodnoty androstenonu v kančích potních žlázách. Lze tedy usuzovat, že tyto žlázy do jisté míry také přispívají k pohlavnímu chování kanců. S odkazem výsledky těchto autorů lze usuzovat, že vzrušení kance může stimulovat sekreci apokrinních potních žláz.

3.3 Biosyntéza a metabolismus skatolu

Skatol (Obrázek 4) neboli 3-methylindol je derivát tryptofanu, produkován v zadní části tlustého střeva prasat pomocí bakterií střevní mikroflóry (*Escherichia coli*, *Clostridium ssp.*, *Lactobacillus ssp.*). Má hořkou chuť a dává fekální a naftalenový zápach vzorkům masa. Množství vyprodukovaného skatolu je nejvíce závislé na výživě a krmné dávce (Jensen et al., 1995). U mnoha savců se skatol projevuje jako pneumotoxin způsobující problémy s plícemi. Těmito savci jsou například člověk, kozy či dobytek, avšak prasata jsou vůči skatolu zcela imunní (Yost, 1989). U prasat dosud není žádná fyziologická funkce skatolu. Prasata nejsou ovlivňována toxicitou skatolu nejspíše z důvodu, že metabolizují skatol rozdílněji než ostatní druhy.

Ve vepřovém masu jsou vždy detekovatelné stopy skatolu. Pokud je účel daného masa čistě potravinářský, je nutné, aby hodnota skatolu nepřesáhla 0,25 ppm. Pokud je tato hodnota překročena, je maso hodnocené jako nevyhovující pro lidskou spotřebu (Dostálová et al., 2008).



Obrázek 4. Skatol

3.3.1 Biosyntéza skatolu

Metabolismus L-tryptofanu za nepřístupu vzduchu může vést k produkci dvou alternativně tekavých, lipofilních sloučenin, indolu a skatolu (Obrázek 5). Tyto sloučeniny jsou koncovými produkty degradace.

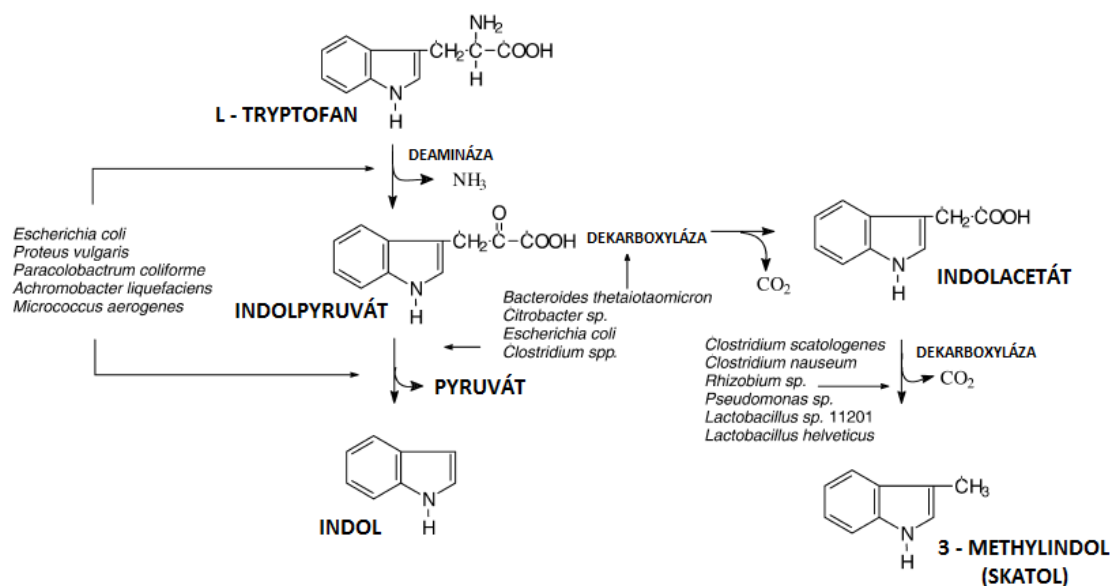
Indol a skatol jsou tvořeny v batoru přežvýkavců a v tlustém střevě monogastrů včetně střeva slepého. Bylo dokázáno, že metabolismus L-tryptofanu pomocí populace bakterií v tlustém střevě prasat je stejný, jako v batoru. L-Tryptofan pochází většinou z potravy, nebo z látek získaných z vyšších částí střeva (Jensen et al., 1995). Může být degradován, či přeměněn na indol-3-octovou kyselinu a následně metabolizován na 3-methyl indol (skatol).

Tyto reakce jsou zprostředkovávány bakteriemi citlivými na antibiotika (Jensen et al., 1995). Rozdíly a jejich koncentrace mezi vzniklými produkty závisí na několika faktorech. Jako nejdůležitější je dostatek tryptofanu. Dalšími jsou nadále nízký oxidačně redukční potenciál,

anaerobióza ve střevě, chemická struktura tryptofanu a produkce meziproductů. Pokud se jedná o jiné faktory jako je průchod stolice, rychlost sekrece a osmolalita ovlivněná fyziologickým a psychologickým stavem zvířete, tak je velmi možné, že i tyto vlivy hrají velkou roli (Yokoyama et Carlson, 1979).

Metabolismus skatolu je zprostředkováván enzymatickým systémem CYP450, který se vyskytuje v játrech. Nemetabolizovaný skatol je nadále skladován v tukové tkáni, a proto jedinci s nízkou aktivitou CYP450 mají vysoké hladiny skatolu v tuku (Dostálová et al., 2008).

Skatol je také možné indikovat u prasnic v období říje a kastrátů (Dostálová et al., 2008).



Obrázek 5. Metabolismus tryptofanu na produkt skatol a indol (Deslandes et al., 2001)

3.4 Biosyntéza a metabolismus indolu

Stejně jako skatol, je indol produkován degradací L-tryptofanu v gastrointestinálním traktu monogastrů. Vytvořený indol je absorbován krví a následně metabolizován játry. L-tryptofan může být degradován na indol, nebo také na indol-3-oxovou kyselinu, která je základem pro syntézu skatolu (Yokoyama et Carlson, 1979). Narozdí od skatolu, proces degradace L-tryptofanu na indol je způsobován širokou škálou bakterií (Deslandes et al., 2001). Stejně jako skatol je indol ovlivněný expresí cytochromu CYP6A, který má na tvorbu obou látek stimulační účinek. Tento stimulační účinek je významější u indolu (Chen et al., 2008).

Indol je stejně jako androstenon a skatol akumulován v tukové tkáni a jeho hladina je více než genetickými vlivy ovlivňována špínou v kotci, či složením krmné směsi. Avšak vliv indolu

na kvalitu vepřového masa je mnohem nižší než u skatolu a nežádoucí pach je tedy způsoben převážně skatolem (Yokoyama et Carlson, 1979).

3.5 Výskyt androsetnonu a skatolu v těle

Androstenon v těle prasete můžeme naměřit nejen ve varlatelych, kde se syntetizuje, ale i v plazmě, kterou se transportuje do slinných žláz a tukové tkáně, kam se ukládá. Oproti tomu je nejvyšší koncentrace skatolu v rektu, ale z konzumního hlediska je důležitý skatol uložený v tuku, kde způsobuje nepříjemný zápach. Do tuku se skatol dostává resorpcí ze střev pomocí plazmy, kde je jej možné také naměřit (Bonneau, 1982).

Na téma heritability obsahu skatolu a androstenonu byla provedena statistická analýza (Tabulka 1; Tabulka 2) u plemen Duroc (1027 ks) a Landrace (1533 ks). Bylo zjištěno, že koncentrace androstenonu v tuku byly průměrně mnohem vyšší u plemene Duroc (3,28 µg/g) ve srovnání s Landrace (1,14 µg/g). Pokud by byla přijatelnost androstenonu konzumentem 1,0 µg/g, bylo by odmítnuto jako nepřijatelné 83 % jedinců Duroc, zatímco u plemene Landrace by to bylo pouhých 34 % (Grindflek et al., 2011).

Koncentrace skatolu v tuku byla v průměru vyšší u plemene Landrace (0,10 µg/g) než u kanců Duroc (0,06 µg/g). Pro spotřebitele s přijatelnou koncentrací skatolu 0,20 µg/g by bylo odmítnuto 14,5 % kanců Landrace a 9,5 % kanců Duroc (Grindflek et al., 2011).

Výše heritability androstenonu v plazmě pro Landrace a Duroc se pohybuje v rozmezí $h^2 = 0,47 - 0,67$. Tyto výsledky jsou v souladu dalších předešlých výzkumů. Oproti tomu heritabilita skatolu pro daná plemena je $h^2 = 0,37 - 0,41$. Můžeme říci, že je zde také významná korelace mezi hodnotami skatolu a indolu (0,71 – 0,78), zatímco korelace mezi obsahem skatolu a androstenonu v tuku je mnohem nižší (0,32 – 0,50). Tato částečná korelace může být vysvětlována skutečností, že androstenon ovlivňuje degradaci skatolu v játrech represí exprese enzymu cytochromu P450 2E1 (CYP2E1) (Grindflek et al., 2011).

Je nutné poznamenat, že korelace mezi androstenonem v tuku a v plazmě je velmi vysoká (0,91 – 0,98). Toto zjištění je velmi důležité pro účely chovu, neboť je mnohem jednodušší odebrat rutinní vzorky z plazmy než z tukové tkáně (Grindflek et al., 2011).

Tabulka 1 Hodnoty pro fenotypové rysy plemene Duroc (Grindflek et al., 2011)

Znak	Počet měření	Průměrná hodnota	Minimum	Maximum
Androstenon-plasma (µg/g)	794	20,20	0,03	96,36
Androstenon-tuk (µg/g)	1266	3,28	0,05	20,52
Indol (µg/g)	1236	0,04	0,01	0,61
Skatol-tuk (µg/g)	1236	0,06	0,01	1,51

Tabulka 2 Hodnoty pro fenotypové rysy plemene Landrace (Grindflek et al., 2011)

Znak	Počet měření	Průměrná hodnota	Minimum	Maximum
Androstenon-plasma (µg/g)	1422	11,01	0,47	112,35
Androstenon-tuk (µg/g)	1930	1,14	0,05	13,40
Indol (µg/g)	1878	0,043	0,01	1,19
Skatol-tuk (µg/g)	1878	0,10	0,01	1,95

3.6 Faktory ovlivňující uložení a eliminaci androstenonu a skatolu

Faktorů ovlivňujících množství a uložení androstenonu a skatolu v těle kanců je několik. Jsou to například vlivy genetické, výživové, vliv prostředí, hmotnostní při porážce, nebo kastrace. Moderním způsobem kastrace je takzvaná imunokastrace (vakcinace), která je více humánní vůči kastrovaným zvířatům než kastrace chirurgická.

3.6.1 Genotyp

Genotyp výrazně ovlivňuje výskyt pachu v těle prasat. Byla prokázána velká variabilita mezi jednotlivými plemeny a liniemi. U prasat z ušlechtlejších plemen byla sledována nižší tvorba pachových látek než u prasat méně ušlechtilých (Dostálová et al., 2008).

V současné době byly v molekulárně genetických studiích lokalizovány kandidátní geny odpovědné za ukládání androstenonu a skatolu v těle. Tato specifikace genů nám umožňuje ve šlechtitelských programech vyřazení kanců s předpoklady pro nadměrné ukládání a syntézu androstenonu a skatolu (Dostálová et al., 2008).

Redukce kančího pachu pomocí genetické selekce se zdá být slibnou cestou, neboť koncentrace androstenonu a skatolu vykazují střední dědivost (Strathe et al., 2013).

Kvantitativní znakové lokusy (QTL) obsahují geny ovlivňující specifické rysy, které mohou být identifikovány porovnáním genotypu s fenotypem, či s určitým znakem, který je sledován (Zadinová et al., 2016). Quintanilla et al. (2003) a Lee et al. (2005) identifikovali několik QTL pro androstenon a skatol v experimentální populaci kříženců (Meishan a Landrace) následně Lee et al. (2005) určil lokace QTL s největším vlivem na indol a skatol na chromozomu 14 (SSC14). Lokace s QTL pro androstenon se nacházejí na chromozomech 2, 4, 6, 7 a 9. Přičemž pouze na chromozomu 6 (SSC6) je nesena informace způsobující nepříjemný zápach a chuť vepřového masa. Quintanilla et al. (2003) identifikoval QTL ovlivňující hladinu androstenonu v tukové tkáni na chromozomech 3, 4, 7, 14 a také na krátkých koncích ramen chromozomů 6 a 9. Tyto výsledky naznačují, že koncentrace androstenonu a skatolu jsou řízeny velkým počtem genů, které se navzájem ovlivňují.

Hlavními geny zapojených do syntézy androstenonu jsou CYP17A1, CYB5A (Davis et Squires, 1999) a LHB, gen kódující β -řetězec luteinotropního hormonu (Duivesteijn et al., 2010). Lin et al. (2005) zjistil, že mutace genu CYB5A má za výsledek snížení koncentrace androstenonu v těle prasete a Quintanilla et al. (2003) zmínil možný efekt u genů CYP21A2 a CYP11A1 lokalizovaných na chromozomu 7.

Pro skatol jsou důležité dva geny CYP2A6 a CYP2E1. Přičemž jsou to geny, které mají největší vliv při metabolismu skatolu v játrech (Diaz et Squires, 2000). Podle Duivesteijn et al. (2010) a Chen et al. (2008) gen známý v lidském genomu jako CYP2A6 je totožný s prasečím genem CYP2A19, proto je v mnoha studiích týkajících se kančího pachu tento gen označován jako CYP2A6. Wiercinska et al. (2012) zjistili, že další potenciální regulátor metabolismu kromě CYP2E1 je také CYP2A19 a CYP2C49. Skinner et al. (2006) také testoval vliv CYP2C18 u hybridů dánské populace (Landrace – Yorkshire – Duroc), avšak studie neprokázala žádný vliv tohoto genu na metabolismus skatolu. Matal et al. (2009) také potvrdili vliv CYP2E1 a doporučil přezkoumání vlivu genů CYP2A19 a CYP1A2 na metabolismus skatolu.

3.6.2 Výživa

Obecně lze říci, že množství skatolu uloženého v tukové tkáni, záleží na rychlosti jeho tvorby, času průchodu střevy, střevní absorpci a metabolismu v játrech. První tři faktory lze snadno ovlivnit změnami složení stravy. Některé studie ukázaly, že určité sacharidy ve stravě ovlivňují mikroflóru gastrointestinálního traktu a jeho funkci, což by mohlo ovlivnit biosyntézu skatolu ve střevě. Nestrávené sacharidy zvyšují vlhkost výkalů, suchou hmotnost a zároveň

sníží čas průchodu střevy, což má za následek snížení absorpce skatolu z tlustého střeva (Zamaratskaia et Squires, 2009).

Účinek různých sacharidů na obsah skatolu v různých částech těla je dobře dokumentován v Tabulce 3.

Tabulka 3 Vliv různých sacharidů na hladiny skatolu prasat (Zamaratskaia a Squires, 2009)

Zdroj	Místo měření skatolu	Vliv na hladinu skatolu	Pohlaví a plemeno
Vláknina cukrové řepy	výkaly	snížení	Veškerá prasata (kanci; prasničky) Landrase a Velké Bílé; 90 kg živé hmotnosti
	tuk	žádný	Snížení skatolu ve všech testovaných skupinách (kanci; prasničky)
	tuk	žádný	Prasata (kanci) Yorkshire a Norské Landrase
	tuk	žádný	Prasata (kanci) Pietrain
	krev, výkaly	snížení	Prasata (kanci) kříženci Yorkshire a Dánské Landrase od 4 do 6 měsíců
	tuk	snížení	Prasata (kanci) Čínské a Velké Bílé
Inulin z čekanky	výkaly	snížení	Kastrovaná prasata (vepři) Yorkshire
	plasma, tuk	snížení	Prasata (kanci) kříženci Duroc, Dánské Landrase a Velké bílé
	tlusté střevo, konečník	snížení	Prasata (kanci) kříženci Duroc, Dánské landrase a Velké Bílé
	plasma, střevo	snížení	Selata (kanečci) Yorkshire
Sójové lusky	tuk	žádný	Prasata (kanci) kříženci Pietrain a Seghers
Syrový bramborový škrob	plasma, výkaly	snížení	Kastráti; Prasata (vepři) kříženci Landrase a Pietrain
	plasma, tuk	snížení	Prasata (kanci) kříženci Švédský Yorkshire a Švédské Landrase
	játra	snížení	Prasata (kanci; prasničky) kříženci Švédský Yorkshire (kanci) a Švédské Landrase (prasničky)

Z pohledu techniky krmení je adlibitní krmení zodpovědné za zvýšení koncentrace skatolu a to především v tukové tkáni. Oproti tomu restriční krmení působí opačným způsobem (Tabulka 4) (Šprysl et al., 2005).

Tabulka 4 Vliv techniky výživy na koncentraci skatolu (Šprysl et al., 2005)

Ukazatel	Technika krmení	
	Adlibitní	Restriktivní
	Koncentrace skatolu (µg/g)	
Kanečci	0,084	0,048
Vepři	0,037	0,026
Prasničky	0,029	0,028

V oblasti krmivářství však stále probíhá intenzivní výzkum na téma krmných doplňků, které mohou eliminovat výskyt kančího pachu v mase. Nedůležitějším se zdá sušený kořen čekanky, bohatý na polysacharid inulin (Dostálová et al., 2008).

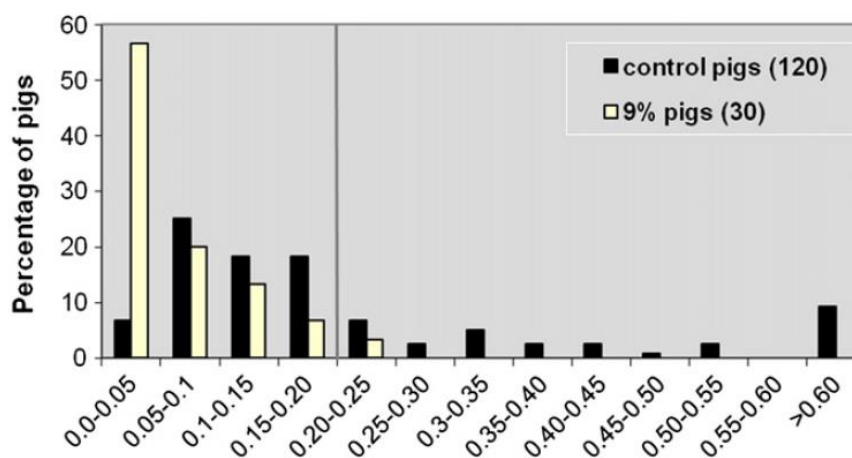
3.6.2.1 Vliv čekanky na pach kančího masa

Kořeny čekanky (*Cichorium intybus L.*) jsou obzvláště bohaté na frukto-oligosacharid inulin, který není štěpen v tenkém střevě a je schopen změnit mikrobiální fermentaci ve střevě tlustém s následným snížením tvorby skatolu. V předchozích studiích se získaný inulin z kořenů čekanky osvědčil při snižování úrovně skatolu (Zammerini et al., 2012).

Výzkumem se v sedmi zemích zjistilo, že větší vliv na kančí pach má právě skatol ve srovnání s androstenonem. Protože se prokázal jistý synergický účinek mezi sloučeninami, že právě skatol zvyšuje intenzitu pachu androstenonu, bylo tedy nutné zjistit, jak snížit množství skatolu a tím i intenzitu pachu androstenonu (Zammerini et al., 2012).

Na tuto otázku odpovídá v neposlední řadě výzkumem Zammerini et al. (2012). V této studii bylo zjištěno, že pokud přidáme 5 % sušené čekanky do krmné dávky, odpovídající 3 % inulínu, do komerčně prodávaného produktu Fibros 60, dokážeme snížit obsah skatolu v tuku o 0,10 µg/g u pěti případů ze sedmi testovaných. Výsledky hlavního krmného testu prokázaly, že krmení 9 % čekankou minimálně dva týdny před porážkou dokáže snížit hodnoty skatolu na minimum. Z Obrázku 6 je patrné, že více než 55 % prasat krmených 9 % čekankou po dvou týdnech mělo koncentraci skatolu v tuku nižší než 0,05 µg/g. Pouze 5 % testovaných prasat byla za nepřijatelnou hodnotou 0,20 µg/g. Tento výsledek byl převážně viditelný na kastrátech. Snížení koncentrace skatolu bylo doprovázeno významným snížením zápachu vařeného tuku, bez ohledu na výši koncentrace androstenonu. Na základě těchto výsledků lze těžko odůvodnit

navýšení ceny vepřového masa krmeného doplňkem čekanky, neboť cena na výkrm jednoho prasete se navýší o pouhé £3 (Zammerini et al., 2012).



Obrázek 6. porovnání koncentrace skatolu testovaných a kontrolních prasat (2 týdny) (Zammerini et al., 2012)
(percentage of pigs = procento z testovaných prasat; control pigs = kontrolní skupina prasat; pigs = testovaná prasata)

3.6.3 Prostředí

Prostředí je vnější faktor spolupůsobící na výskyt kančího pachu. Znečištěná podestýlka a vysoká hustota zvířat v kotci zvyšuje riziko nežádoucího výskytu kančího pachu v mase, stejně jako výše teploty. V letním období je zapotřebí počítat s vyšším výskytem kančího pachu (Tabulka 5) (Dostálová et al., 2008).

Tabulka 5 Vliv období a znečištění kotce na koncentraci skatolu v tuku (Šprysl et al., 2005)

Roční období/prostředí	Koncentrace skatolu µg/g	
	Kanečci	Prasničky
Léto, více než 22 °C; 0,6 m ² ; špína	0,26	0,17
Léto, více než 22 °C; 1,2 m ² ; čisto	0,14	0,10
Zima, více než 17 °C; 0,6 m ² ; špína	0,13	0,11
Zima, více než 17 °C; 0,6 m ² ; čisto	0,08	0,06

Lze také říci, že použití celoroštů má významný vliv na čistotou kotce a tím na snížení projevu kančího pachu, neboť se skatol může vstřebávat z výkalů zpět do těla skrz kůži. Oproti

tomu polorošty, či pevné podlahy jsou v tomto směru méně vhodné. Ozonizace prostředí výkrmu pozitivně snižuje výskyt kančího pachu stejně jako fotoperioda (prodlužování dne), avšak jako negativní efekt se projeví zvýšením koncentrace androstenonu (Šprysl et al., 2005).

3.6.4 Hmotnost a stáří zvířete

Za nutné se pokládá výkrm odděleného pohlaví, neboť nástupem pohlavní dospělosti se zvyšuje tvorba steroidních hormonů, odpovědná za zvýšenou tvorbu a ukládání pachových látek. V literatuře se uvádí hranice věku 6 měsíců jako ještě bezpečná pro produkci masa z mladých kanců s podlimitní hladinou androstenonu a skatolu. Nástup puberty je ovlivněn plemenem a jeho raností. Dá se však urychlit ustájením prasniček s kanci (Dostálová et al., 2008).

Při hodnocení vlivu hmotnosti na obsahu androstenonu a skatolu v těle, lze konstatovat, že se zvyšující se hmotností jejich koncentrace ve svalových a tukových tkáních stoupá. Výskyt kančího pachu je podlimitní do hmotnosti 80 kg. S nízkým výskytem kančího pachu lze kanečky vykrmovat do hmotnosti 100–110 kg živé hmotnosti (Dostálová et al., 2008).

Toto tvrzení je v souladu s tím, že koncentrace androstenonu je závislá na pohlavním vývoji. Různé studie prokázaly, že hladina androstenonu v tuku stoupá s věkem zvířete. Je však obtížné oddělit účinky věku a živé hmotnosti, neboť s rostoucím věkem dochází ke zvyšování živé hmotnosti a tím i kombinací obou vlivů (Hendriks et King, 2002).

Výkrm kaneček do nižší porážkové hmotnosti (≤ 90 kg) a maximálně do věku 180 dní je jednou z možností, jak využít biologických rezerv a zvýšit efektivitu produkce vepřového masa. Kanečci dosahují v porovnání s kastráty prokazatelně lepších ukazatelů užitkovosti a jatečné hodnoty, což při dosažení některých důležitých zásad v chovu může v nových legislativních podmínkách znamenat výrazný ekonomický efekt (Jedlička, 2012).

3.6.5 Kastrace

Pro některá rizika spojená s kastrací, zejména dospělých samců, chovatelé tradičně nevykonávali tento invazivní zákrok sami, ale využívali služeb zvěrokleštičů. K úplnému zániku tohoto výnosného řemesla po II. světové válce, kdy bylo provádění kastrací domácích zvířat zahrnuto do náplně práce nově vzniklé československé veterinární služby, kde byla tato činnost v chovech prasat prováděna zpravidla veterinárními technikami (Bernady, 2010).

Téma kastrace zvířat je debatováno již velmi dlouhou dobu. U zvířat určených k výkrmu byla prováděna kastrace nejen z důvodu snížení temperamentu, ale hlavně z důvodu snížení kančího pachu v jatečném těle. Kastrace také byla v některých zemích, a také ještě je,

vykonávána i na samicích. Například v Portugalsku a Španělsku, kde je přibližně 75 % prasniček kastrovaných veterinářem ve věku 30–50 dní (Migdał et al., 2009).

V současné době se tedy provádí kastrace u mladých kanců. V Evropské Unii je kastrace invazivní metodou bez anestézie povolena pouze do sedmi dní života selete. Ve Švýcarsku je od roku 2009 chirurgická kastrace bez anestézie zakázána a v Norsku vstoupil tento zákaz v platnost roku 2015 (Migdał et al., 2009). Od roku 2018 bude invazivní chirurgická kastrace bez anestezie v Evropské Unii zakázána úplně (Okrouhlá et al., 2016).

Ve Velké Británii a Irsku obecně kastraci mladých kanců neprovádějí a kanci se posílají na porážku jako plnohodnotná zvířata. Oproti tomu se musí vzít v úvahu, že jedna z nejnižších porážkových hmotností je právě ve Velké Británii a Irsku. Konkrétně v VB 76,6 kg a Irsku 74,0 kg (Migdał et al., 2009).

3.6.5.1 Chirurgická kastrace

Chirurgická kastrace je velmi efektivní vůči tvorbě kančího pachu, neboť předchází syntéze androstenonu ve varlatech. Oproti tomu je kastrované zvíře „ochuzené“ o anabolický efekt androgenů produkovaných ve varlatech, což má za následek nižší konverzi krmiva a produkci (Walstra, 1974).

Ačkoliv se stále může provádět kastrace selat bez analgetik prvních 7 dní po narození, je mnoho důkazů o tom, že kastrace v jakémkoli věku je velmi bolestivá a může mít velký vliv na welfare zvířete. V dnešní době je již zaregistrováno dostatečné množství analgetik, která se mohou u selat používat (Prunier et al., 2006).

Někteří chovatelé prasat vykonávají kastraci hned v den narození, nebo den poté současně s kupírováním ocasu, či vytrháváním zubů. Operace u takto mladých selat je velmi náročná na obratnost, neboť jsou varlata velmi malá. Mimoto je zde zvýšené riziko neúplné kastrace, protože jedno, nebo obě varlata nemusejí být plně sestoupena (Prunier et al., 2006).

Průběh chirurgické kastrace je velmi jednoduchý. Sele je fixováno pomocníkem a je veden jeden příčný horizontální, nebo častěji dva souběžné sagitální řezy skalpelem. Vlastní kastrace je provedena s nepokrytým provazcem semenným. Varlata jsou vybavena z kastroční jámy a z obalů, a i s nadvarlaty jsou v distální části semenného provazce oddělena za pomocí emaskulátoru. Po zákroku je provedeno místní aseptické ošetření. Nástroje jsou během procedury uloženy v aseptickém roztoku (Bernady, 2010).

Ke znecitlivění se používá lokální anestetikum (nejčastěji lidokain) buď intramuskulárně, nebo častěji přímo k semennému provazci. Lze také použít celkovou anestezii například směs

halotanu se vzduchem. V Nizozemí je možné použít i CO₂ s tím, že je volně přístupný i pro laické použití (Bernady, 2010).

3.6.5.2 Imunokastrace

Vlivem tlaku veřejnosti na omezení chirurgické kastrace se nabízí jako slibná metoda kastrace imunologickou cestou. Vakcína stimuluje tvorbu specifických protilátek proti gonadotropin-releasing hormonu (GnRH) po revakcinaci na konci výkrmu (Bernady, 2010).

Existují dva různé způsoby imunokastrace. První způsob zdůrazňuje potřebu úplné kastrace zvířete a jsou zde jednoznačné výsledky na hmotnost varlat. Tento způsob je proveden časnou kastrací. Nicméně většina ekonomických výhod nekastrovaných zvířat je ztraceno. Ve skutečnosti v porovnání s nekastrovanými kancí mají kastrovaná zvířata imunizací slabší konverzi krmiva a vykazují vyšší obsah tuku v poraženém těle. Druhá možnost zachovává výhody nekastrovaných kanců a imunizovaných zvířat. Úkolem je udržet sekreci anabolických steroidů, jak nejdéle to bude možné a zároveň získat dostatek času, aby bylo možné snížit koncentrace androstenonu a skatolu v tuku mezi imunokastrací a porážkou. Nevýhodou této metody je nutnost měření koncentrace androstenonu v mrtvém těle, protože varlata nejsou z funkce zcela vyřazena (Prunier et al., 2006).

Možné nevýhody které mohou bránit komerčnímu rozvoji jsou:

- Náklady na léčbu. Nicméně tyto náklady musejí být porovnány s ekonomickou hrozbou zákazu chirurgické kastrace kanců.
- Možnost a cena kontroly na porážce.
- Bezpečnostní problémy pro člověka. Protože je imunogen druhově nespecifický a je zde riziko sebeaplikace při vakcinaci prasat. Z tohoto důvodu je aplikátor vybaven několika pojistkami.
- Welfare zvířat. Problém imunokastrace není ještě příliš probádán, a tak ještě nejsou známy veškeré vlivy. Prozatím můžeme říci, že imunizované kusy se chovají stejně jako zvířata kastrovaná chirurgicky (Prunier et al., 2006).

Vlivem na růstovou výkonost a koncentrace pachových látek u imunokastrovaných vepřů, nekastrovaných kanců, chirurgicky kastrovaných selat a prasniček mezi první a druhou imunokastrací a následnou porážkou se zabýval Stupka et al. (2017). Pro pokus byla vybrána skupina 70 prasat kříženců Duroc × (Velké bíle × Landrace).

Výsledky (Tabulka 6) těchto měření určily nekastrované kance jako objekty se zdaleka nejvyšší koncentrací androstenonu s průměrnou hodnotou 2,38 µg/g. Imunokastrovaná zvířata skončila druhá s koncentrací 0,53 µg/g. Tato hladina je dosti nízká, aby podle Grindflek et al.

(2011) nebylo maso zákazníkem odmítnuto. Nejlépe pak skončila chirurgicky kastrovaná selata (0.18 µg/g) a prasničky (0.19 µg/g). Podobný trend lze pozorovat u koncentrace skatolu, který se za nepřijatelnou mez 0,2 µg/g dostává pouze u nekastrovaných kanců. Rozdíly hmotností varlat a Cowperovy žlázy u imunokastrovaných vepřů a nekastrovaných kanců jsou značné. Průměrná hmotnost varlat kanců činila 415,8 g. Oproti tomu u imunokastrovaných zvířat pouze 255 g. U Cowperovy žlázy dochází ke stejnému zmenšení. Tímto byl dokázán redukční účinek imunizace na pohlavní žlázy, díky kterému dochází ke snížení hladin androstenonu a skatolu (Stupka et al., 2017).

Tabulka 6 Hladiny androstenonu, skatolu a hmotnosti varlat a Cowperovy žlázy

Ukazatel	Imunokastrovaná zvířata	Chirurgicky kastrovaná selata	Nekastrovaní kanci	Prasničky
Androstenon (µg/g)	0,53 ± 0,70	0,18 ± 0,14	2,38 ± 0,67	0,19 ± 0,17
Skatol (µg/g)	0,06 ± 0,05	0,05 ± 0,02	0,22 ± 0,06	0,05 ± 0,03
Hmotnost varlat (g)	255,0 ± 160,3		41,8 ± 100,3	
Hmotnost varlat/živá hmotnost (%)	0,24 ± 0,14		0,40 ± 0,11	
Cowperova žláza (g)	78,2 ± 25,1		130,0 ± 35,6	
Cowperova žláza/živá hmotnost (%)	0,07 ± 0,02		0,12 ± 0,04	

V dnešní době je neobvyklejší vakcinace přípravkem ImprovacTM od společnosti Pfizer. Tato látka se úspěšně používá v 59 zemích světa už více než 10 let. Při aplikaci vakcíny ImprovacTM se kanci mohou vyvíjet stejně jako normální samci až do aplikace druhé dávky (Velechovská, 2011). První dávka se podává při dosažení 25 kilogramů a druhá čtyři až šest týdnů před porážkou (Jedlička, 2012). To je dostatečná doba k tomu, aby se koncentrace androstenonu snížila pod hranici <1 µg/g a skatolu <0,2 µg/g. První dávka stimuluje imunitní paměťové buňky zvířete, ale ještě neovlivňuje funkci varlat. Druhá dávka vyvolá produkci specifických protilátek a vyloučení látek způsobujících kančí zápach (Velechovská, 2011).

Látka ImprovacTM nemá na tělo zvířete kromě tvorby protilátek žádný negativní účinek. Ve srovnání s produkty mající farmakologickou aktivitu, jsou vakcíny považovány díky nestabilitě biologické molekuly za bezpečné. Stejně jako ostatní proteiny je vakcinační antigen

rozložen v těle vakcinovaného zvířete. Ale i kdyby k tomu za jakýkoli okolností nedošlo, byl by zničen v mase při jeho tepelné úpravě, nebo rozložen v žaludku a střevě. Díky těmto vlastnostem je Evropskou lékovou agenturou stanovena nulová ochranná lhůta (Velechovská, 2011).

3.6.5.3 Chemická kastrace

Chemická kastrace je metoda založená na lokální destrukci tkáně varlat různými chemickými sloučeninami (Prunier et al., 2006).

Bylo zkoumáno mnoho sloučenin na různé druhy živočichů. Chemikálie účinné na tkáň varlat prasat jsou například mléčná kyselina, octová kyselina a zinečnaté soli. Vliv těchto sloučenin nám prezentuje Tabulka 7 (Prunier et al., 2006).

Tabulka 7 Vliv chemikálií na vývoj varlat (Prunier et al., 2006)

Chemická sloučenina	Efekt na vývoj varlat
Manganistan draselný + kyselina octová	Zmizení zárodečných buněk
Dusičnan stříbrný, kyselina mléčná	Plná atrofie testikulární tkáně
Octan zinečnatý	O 75 % nižší obsah androstenonu v plazmě O 48 % nižší obsah skatolu v tuku

Chemická kastrace má mnoho nezpochybnitelných výhod. Jsou jimi například:

- Jednoduché podání dávky.
- Bezpečnost pro zvířata a lidi, kteří je podávají.
- Nízká cena.
- Nevyvolávají krvácení a působí velmi malou bolest.
- Mají velmi málo vedlejších účinků. (Velmi malé riziko pooperační infekce.) (Prunier et al., 2006).

Na druhou stranu se mohou u některých jedinců dostavit velmi silné záněty, otoky šourku a varlat. Proto je toto téma ještě nutné značně probádat, neboť právě tyto vedlejší účinky jsou velmi bolestivé pro kastrované zvíře (Prunier et al., 2006).

4 Materiál a metody

4.1 Specifikace zvířat

V experimentu bylo použito 25 kříženců (ČBUxČL)xBO. Průměrná hmotnost při začátku testu činila 7,2 kg a průměrná hmotnost při porážce byla 108,5 kg. Zvřátům se započala podávat krmná směs obsahující inulín 14 dní před porážkou. Zvřata po porážce byla nejdříve rozdělena do třech skupin podle obsahu skatolu v tuku (sk1 obsahovala $\leq 0,025$ $\mu\text{g/g}$, sk2 obsahovala 0,025-0,045 $\mu\text{g/g}$, sk3 obsahovala $\geq 0,045$ $\mu\text{g/g}$) a tato stejná zvířata byla poté rozdělena podle obsahu skatolu ve výkalech (skupina 1 obsahovala $\leq 5,552$ $\mu\text{g/g}$, skupina 2 obsahovala 5,552-7,735 $\mu\text{g/g}$, skupina 3 obsahovala $\geq 7,735$ $\mu\text{g/g}$).

4.2 Specifikace odběru vzorků

Vzorky pro rozbor obsahu indolu a skatolu ve výkalech byly odebírány každému zvířeti z rekta 14 dní, 7 dní a 1 den před porážkou.

Pro analýzu androstenonu a skatolu v tuku byly odebrány vzorky z krku mezi prvním a třetím krčním obratlem 24 hodin *post mortem*. Vzorky byly uchované zmražením ve vakuu při -80 °C bez kůže a svalové tkáně.

Obsah androstenonu a skatolu byl určen pomocí výkonné kapalinové chromatografie upravené podle Hansen-Moller (1994).

4.3 Specifikace pro HPLC

Pro samotné stanovení androstenonu byla použita kolona Agilent Eclipse XDB C18 (5 μm , 150 \times 4.60 mm ID) vyhřátá na 40 °C. Parametry mobilní fáze byly následující: A – tetrahydrofuran : acetonitril : A – tetrahydrofuran : acetonitril : fosfát sodný (25 mM) : octová kyselina (34 : 23.8 : 41.4 : 0.8), a B – metanol. Profil gradientu byl následující: 0–3,0 min, 90% A; 3.0–3,5 min, 90–45% A; 3.5–15.0 min, 45–5% A; 15.0–16.1 min, 5% A; 16.1–17,0 min, 5–90% A; 17.0–19.0 min, 90% A. Průtok kolny byl nastaven na 1, ml/min s objemem vstřikování 40 μl . Detekce fluorescencí byla provedena s excitací při 346 nm a emisí při 521 nm. Pro stanovení androstenonu ve vzorku byla použita standartní kalibrační křivka.

Ke stanovení hladiny skatolu byla použita kolona Kinetex C18 100A (5 μm , 50 \times 4.60 mm ID) vyhřátá taktéž na 40 °C. Parametry mobilní fáze byly: A – fosfát sodný pufr (10 mM) a B – metanol. Profil gradientního programu by následující: 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 nastaven na 1,2 ml/min se vstřikováním

30 μ l. Detekce fluorescencí byla provedena při excitaci 285 nm a emisi 340 nm. Taktéž jako u androstenonu byla použita pro stanovení hladiny skatolu standartní kalibrační křivka.

4.4 Statistická analýza

Veškeré dílčí údaje byly zpracovány běžnými matematicko-statistickými metodami a vyjádřeny tabulkově i graficky jak bez ohledu, tak s ohledem na hladinu skatolu v tuku a ve výkalech. Všechny data byla dále zpracována statistickým programem SAS 9.4. Pro analýzu byly použity procedury MEANS a GLS. MEANS byl využit pro základní charakteristiky popisové statistiky. GLS byl použit pro průkaznost rozdílů u sledovaných ukazatelů, a to díky analýze rozptylu. Zjištěné hodnoty jsou statisticky průkazné, když hodnoty $P \leq 0,05$.

5 Výsledky

Průměrná hmotnost (Tabulka 8) při naskladnění činila 7,2 kg s minimem 4,5 kg a maximem 10,0 kg. Průměrný přírůstek mezi 00 a 16 týdnem byl 797,8 g a mezi 16 a 18 byl 857,1 g

Tabulka 8 Hmotnost zvířat v průběhu pokusu

	Průměr	Směrodatná odchylka	Minimum	Maximum
Četnost		25		
Hmotnost 00 (kg)	7,2	1,4	4,5	10,0
Hmotnost 01 (kg)	8,9	1,6	6,1	12,5
Hmotnost 02 (kg)	11,9	2,0	8,3	16,1
Hmotnost 15 (kg)	88,7	6,7	76,4	101,5
Hmotnost 16 (kg)	96,5	7,2	81,0	111,0
Hmotnost 17 (kg)	103,8	7,6	87,8	119,0
Hmotnost 18 (kg)	108,5	8,0	90	121,5
Přírůstek 0-16 (g)	797,8	61,0	665,2	919,6
Přírůstek 16-18 (g)	857,1	149,4	542,9	1178,9
Celkový prům. přírůstek (g)	804,3	60,3	662,7	916,7
Hmotnost JUT (kg)	85,8	6,5	71,0	97,4

Průměrný obsah skatolu (Tabulka 9) ve hřbetním tuku byl 0,035 µg/g zatímco obsah indolu 0,087 µg/g. Hodnota skatolu je pod uznávanou hranicí pro nesnášenlivost 0,2 µg/g.

Tabulka 9 Průměrný obsah skatolu a indolu v tuku

	Průměr	Směrodatná odchylna	Minimum	Maximum
Četnost		25		
Skatol v tuku (µg/g)	0,035	0,020	0,010	0,090
Indol v tuku (µg/g)	0,087	0,015	0,068	0,122

Obsah indolu ve výkalech mezi prvním a třetím měřením značně poklesl (Tabulka 10), avšak ve druhém měření byl zjištěn nárůst. Zatímco u obsahu indolu ve výkalech byl zaznamenán výkyv, byla u skatolu ve výkalech pozorována sestupná tendence v průběhu celého měření.

Tabulka 10 Obsah indolu a skatolu ve výkalech

	Průměr	Směrodatná odchylna	Min	Max
Četnost		25		
Indol ve výkalech_1 (µg/g)	10,100	3,750	5,951	25,197
Indol ve výkalech_2 (µg/g)	11,277	3,900	6,205	22,453
Indol ve výkalech_3 (µg/g)	9,343	3,203	6,349	19,824
Skatol ve výkalech_1 (µg/g)	9,185	4,256	4,546	22,410
Skatol ve výkalech_2 (µg/g)	7,994	3,732	4,504	22,020
Skatol ve výkalech_3 (µg/g)	6,644	2,183	4,567	12,882

5.1.1 Naměřené hodnoty vůči obsahu skatolu v tuku

Pro toto porovnání byla skupina 25 zvířat rozdělena podle hladiny skatolu v tuku. První skupina $\leq 0,025$ µg/g, druhá skupina 0,025-0,045 µg/g a třetí skupina $\geq 0,045$ µg/g.

Ve výsledných měřeních nebyl statisticky dokázán vliv na skatolu v tuku na hmotnost, či přírůstek (Tabulka 11).

Tabulka 11 Vliv skatolu v tuku na hmotnostní ukazatele

	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průkaznost
Skatol v tuku $\mu\text{g/g}$	$\leq 0,025$		0,025-0,045		$\geq 0,045$		
Četnost	9		9		7		
Hmotnost 00 (kg)	6,6	1,0	7,3	1,7	7,7	1,3	NS
Hmotnost 02 (kg)	8,4	1,4	9,0	1,7	9,4	1,8	NS
Hmotnost 03 (kg)	11,3	1,6	11,9	2,0	12,6	2,4	NS
Hmotnost 15 (kg)	89,0	8,8	86,8	5,3	90,6	5,4	NS
Hmotnost 16 (kg)	96,5	9,5	94,5	6,0	99,1	5,3	NS
Hmotnost 17 (kg)	103,7	10,1	101,0	6,1	107,4	4,5	NS
Hmotnost 18 (kg)	108,2	10,7	106,1	5,7	112,1	5,8	NS
Přírůstek 00-16 (g)	802,7	81,0	778,5	52,1	816,2	38,9	NS
Přírůstek 16-18 (g)	833,3	182,1	824,6	100,9	929,6	151,4	NS
Celkový prům. přírůstek (g)	806,08	82,85	783,60	44,78	828,80	37,33	NS
Hmotnost JUT (kg)	85,93	9,07	83,94	4,94	88,06	4,19	NS

Vliv skatolu v tuku je statisticky průkazný na hladinu indolu v tuku (Tabulka 12). Zvířata s nejvyšší koncentrací skatolu měla nejvyšší koncentraci indolu v tuku. U ostatních skupin se tato tendence nepotvrdila.

Tabulka 12 Vliv skatolu v tuku na indol v tuku

	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průkaznost
Skatol v tuku $\mu\text{g/g}$	$\leq 0,025$		0,025-0,045		$\geq 0,045$		
Četnost	9		9		7		
Indol v tuku $\mu\text{g/g}$	0,080 ^B	0,006	0,084 ^B	0,017	0,099 ^A	0,012	$P \leq 0,05$

Vliv skatolu v tuku na indol ve výkalech není statisticky průkazný (Tabulka 13). Zatímco vliv skatolu v tuku na vliv skatolu ve výkalech od druhého měření (7 dní do porážky) statisticky průkazný je. A platí zde, že čím vyšší je obsah skatolu v tuku, tím vyšší je obsah skatolu ve výkalech.

Tabulka 13 Vliv skatolu v tuku na obsah skatolu a indolu ve výkalech

	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průkaznost
Skatol v tuku μg/g	≤0,025		0,025-0,045		≥0,045		
Četnost	9		9		7		
Indol ve výkalech_1 (μg/g)	9,009	1,780	10,172	2,800	11,413	6,146	NS
Indol ve výkalech_2 (μg/g)	10,075	2,469	11,455	4,152	12,595	5,046	NS
Indol ve výkalech_3 (μg/g)	9,539	2,951	8,686	2,379	9,951	4,552	NS
Skatol ve výkalech_1 (μg/g)	10,399	6,434	7,552	2,016	9,721	2,300	NS
Skatol ve výkalech_2 (μg/g)	7,279 ^B	2,384	6,340 ^B	1,338	11,038 ^A	5,486	P≤0,05
Skatol ve výkalech_3 (μg/g)	5,696 ^B	0,935	6,369 ^{AB}	1,583	8,216 ^A	3,196	P≤0,05

Vliv skatolu na difference skatolu a indolu ve výkalech mezi jednotlivými měřeními je velmi malý (Tabulka 14). Pouze u difference skatolu mezi 1. a 2. měřením je statisticky průkazný vliv.

Tabulka 14 Vliv skatolu v tuku na difference indolu a skatolu ve výkalech

	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průkaznost
Skatol v tuku μg/g	≤0,025		0,025-0,045		≥0,045		
Četnost	9		9		7		
Diference indol ve výkalech 21 (μg/g)	1,067	2,429	1,283	3,155	1,182	7,298	NS
Diference indol ve výkalech 32 (μg/g)	-0,536	2,226	-2,780	4,384	-2,644	5,859	NS
Diference indol ve výkalech 31 (μg/g)	0,530	2,333	-1,496	2,401	-1,462	2,018	NS
Diference skatol ve výkalech 21 (μg/g)	-3,120	4,662	-1,213	2,138	1,317	4,139	P≤0,05
Diference skatol ve výkalech 32 (μg/g)	-1,584	2,329	0,030	2,105	-2,822	5,220	NS
Diference skatol ve výkalech 31 (μg/g)	-4,704	6,105	-1,183	1,305	-1,505	2,201	NS

5.1.2 Naměřené hodnoty vůči skatolu ve výkalech

Pro toto porovnání byla skupina 25 zvířat rozdělena do třech skupin podle hladiny skatolu ve výkalech. První skupina ≤5,552 μg/g, druhá skupina 5,552-7,735 μg/g a třetí skupina ≥7,735 μg/g.

Zvířata, která měla nejvyšší obsah skatolu ve výkalech měla nejvyšší hmotnost při naskladnění (Tabulka 15). Taktéž zvířata s nejvyšším obsahem skatolu ve výkalech měla v průměru nejvyšší hmotnost s výjimkou patnáctého týdne. Dále pak byl zaznamenán nejvyšší průměrný přírůstek právě u zvířat mající nejvyšší koncentraci skatolu ve výkalech.

Tabulka 15 Vliv skatolu ve výkalech na hmotnostní ukazatele

	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průkaznost
Skatol ve výkalech $\mu\text{g/g}$	$\leq 5,552$		$5,552-7,735$		$\geq 7,735$		
Četnost	13		6		6		
Hmotnost 00 (kg)	7,1A ^B	1,2	6,4 ^B	1,6	8,2 ^A	1,2	P \leq 0,05
Hmotnost 02 (kg)	8,8A ^B	1,0	7,8 ^B	1,7	10,0 ^A	2,1	P \leq 0,05
Hmotnost 03 (kg)	11,8A ^B	1,3	10,7 ^B	1,8	13,2 ^A	2,8	P \leq 0,05
Hmotnost 15 (kg)	88,8	6,4	84,9	8,2	92,1	4,3	NS
Hmotnost 16 (kg)	96,7 ^{AB}	6,6	91,8 ^B	9,0	101,0 ^A	3,8	P \leq 0,05
Hmotnost 17 (kg)	104,7 ^{AB}	7,2	98,1 ^B	8,2	107,3 ^A	5,4	P \leq 0,05
Hmotnost 18 (kg)	108,5 ^{AB}	6,6	103,3 ^B	10,6	113,8 ^A	4,4	P \leq 0,05
Přírůstek 00-16 (g)	800,1	58,5	762,1	78,1	828,4	29,2	NS
Přírůstek 16-18 (g)	844,5	136,2	821,4	174,8	920,2	159,1	NS
Celkový prům. přírůstek (g)	805,0 ^{AB}	52,8	768,7 ^B	83,4	838,6 ^A	29,8	NS
Hmotnost JUT	86,3	5,7	81,8	9,1	88,8	3,7	NS

Je statisticky průkazné, že zvířata, která měla vysoký obsah skatolu ve výkalech měla také nejvyšší obsah skatolu v tuku (Tabulka 16). Platí také, že zvířata, která měla nejvyšší obsah skatolu ve výkalech měla i nejvyšší obsah indolu v tuku.

Tabulka 16 Vliv skatolu ve výkalech na skatol a indol v tuku

	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průkaznost
Skatol ve výkalech $\mu\text{g/g}$	$\leq 5,552$		$5,552-7,735$		$\geq 7,735$		
Četnost	13		6		6		
Skatol v tuku $\mu\text{g/g}$	0,032 ^B	0,019	0,023 ^B	0,007	0,054 ^A	0,021	P \leq 0,05
Indol v tuku $\mu\text{g/g}$	0,087 ^{AB}	0,015	0,076 ^B	0,007	0,096 ^A	0,015	P \leq 0,05

Je statisticky průkazné, že zvířata s nejvyšší koncentrací skatolu ve výkalech mají nejvyšší hladiny indolu ve výkalech po posledním měření (Tabulka 17).

Tabulka 17 Vliv skatolu ve výkalech na indol ve výkalech

	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průkaznost
Skatol ve výkalech $\mu\text{g/g}$	$\leq 5,552$		$5,552-7,735$		$\geq 7,735$		
Četnost	13		6		6		
Indol ve výkalech_1 ($\mu\text{g/g}$)	9,554	2,398	9,363	2,209	12,021	6,555	NS
Indol ve výkalech_2 ($\mu\text{g/g}$)	11,352	3,988	9,893	1,492	12,501	5,337	NS
Indol ve výkalech_3 ($\mu\text{g/g}$)	8,345 ^B	2,389	9,246 ^{AB}	2,376	11,603 ^A	4,601	$P \leq 0,05$

Hladina skatolu ve výkalech nemá žádný vliv na diferenci indolu a skatolu mezi jednotlivými měřeními (Tabulka 18).

Tabulka 18 Vliv skatolu ve výkalech na diference indolu ve výkalech

	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průměr	Směr. odch.	Průkaz- nost
Skatol ve výkalech µg/g	≤5,552		5,552-7,735		≥7,735		
Četnost	13		6		6		
Diference indolu 21 (µg/g)	1,797	3,167	0,530	2,721	0,480	7,468	NS
Diference indolu 32 (µg/g)	-3,007	3,632	-0,647	3,092	-0,898	6,156	NS
Diference indolu 31 (µg/g)	-1,209	2,652	-0,117	1,391	-0,418	2,739	NS
Diference skatolu 21 (µg/g)	-0,798	3,381	-3,631	4,117	0,397	4,816	NS
Diference skatolu 32 (µg/g)	-1,910	2,270	-0,241	1,978	-1,245	6,036	NS
Diference skatolu 31 (µg/g)	-2,708	3,954	-3,872	5,831	-0,847	2,060	NS

6 Diskuze

Z výsledků laboratorní práce bylo prokázáno, že hladina skatolu v tuku pozitivně koreluje s obsahem indolu v tuku. Tyto výsledky byly zjištěny také Hansen et. al. (1994) a Tuomola et. al. (1996), který zjistil že korelace mezi obsahem skatolu a indolu v tuku u kanců je $r=0,71$. Tato korelace je možná, neboť oba produkty vycházejí z degradace tryptofanu velmi podobnými mechanismy v tlustém střevě.

Statisticky průkazný byl dále vliv skatolu v tuku na obsah skatolu ve výkalech, kde po 2. měření byla zaznamenána sestupná tendence. Důvodem této sestupné tendence nejspíš bylo podávání inulinu v krmné dávce zvířat. Tato tendence se neprojevila u skupiny 2 (obsah skatolu v tuku 0,025-0,045 $\mu\text{g/g}$). Důvodem může být nedostatečná variabilita a množství testovaných zvířat.

Vliv skatolu v tuku na hmotnostní ukazatele se nepotvrdil. Podobných výsledků dosáhl Parunović et. al. (2010), který zjistil že hodnota korelace mezi hmotností JUT a skatolem v tuku je velmi nízká ($r=0,13$).

Ani vliv skatolu v tuku na diferenci měření indolu a skatolu ve výkalech podle získaných dat nebyl značný. Průkazný je pouze vliv na diferenci skatolu mezi 1. a 2. měřením.

Podářilo se ale prokázat, že skatol ve výkalech má pozitivní vliv na hladinu skatolu v tuku a indolu v tuku. Platí zde, že zvířata mající nejvyšší obsah skatolu ve výkalech mají nejvyšší obsah skatolu a indolu v tuku. Je to nejspíše díky tomu, že se skatol a indol syntetizují v tlustém střevě a až poté se transportují do tukové tkáně kam se uloží. Hawe et. al. (1992) však zjistili, že hodnota korelace pro obsah skatolu ve výkalech a skatolu v tuku je $r=0,43$. A pro skatol ve výkalech a indol v tuku $r=0,33$. Ke podobnému závěru došli Hansen et. al. (1994), ale v této studii zjistil, že korelace mezi skatolem ve výkalech a v tuku je pouze $r=-0,086$. Z toho lze usoudit, že vliv skatolu ve výkalech na skatol a indol v tuku není až tak vysoký.

Analýza také částečně prokázala vliv skatolu ve výkalech na obsah indolu ve výkalech. Tato částečná závislost se projevila při třetím měření pokusu a bylo zjištěno, že zvířata mající nejvyšší obsah skatolu ve výkalech mají také nejvyšší obsah indolu ve výkalech. Toto tvrzení je v souladu s výzkumem Claus et. al. (1993). Ti tvrdí, že mezi koncentrací skatolu ve výkalech a indolu ve výkalech existuje korelace s hodnotou $r=0,45$.

Vliv skatolu ve výkalech na hmotnostní ukazatele byl ve většině případů pozitivní. Při měření měla zvířata s nejvyšší koncentrací skatolu ve výkalech také nejvyšší hmotnost, či celkový přírůstek.

Opět jako u skatolu v tuku nemá skatol ve výkalech žádný vliv na difference mezi měřeními indolu ve výkalech.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo popsání faktorů ovlivňující výskyt kančího pachu ve vepřovém mase.

Protože konzumace vepřového masa stále roste a legislativní faktory stále více omezují možný výkrm do vyšších jatečných hmotností, například omezením chirurgické kastrace, je nutné najít jiné možnosti, jak omezit kančí pach ve vepřovém mase.

Výsledky vztahu skatolu v tuku a ve výkalech mohou být pro chovatele vhodným nástrojem pro odhad hladiny kančího pachu před porážkou. Bylo prokázáno, že skatol ve výkalech ovlivňuje hladinu skatolu v tuku. Díky této korelaci lze odhadnout hladinu skatolu v tukové tkáni ještě před porážkou a tím předejít nechtěnému snížení kvality JUT. Stejně tak ovlivňuje hladinu indolu v tuku. Důležitější je však sledovat skatol neboť indol nemá takový vliv na nežádoucí pach v mase.

Vliv skatolu v tuku na hmotnostní ukazatele nebyl nijak statisticky průkazný. Oproti tomu vliv skatolu ve výkalech na hmotnostní ukazatele byl značný a dalo by se říci, že zvířata s nejvyšším obsahem skatolu ve výkalech měla nejvyšší hmotnost. Této informace lze také využít v chovu, neboť lze předpokládat, že zvířata s vyšší hmotností budou mít tendenci k vyšší hladině skatolu a indolu v tuku.

8 Seznam použité literatury

- Ahmad, N., Gower, D. (1968). The biosynthesis of some androst-16-enes from C21 and C19 steroids in boar testicular and adrenal tissue. *Biochemistry Journal* (102). 233-241.
- Bernady, J. (2010). Kastrace prasat jako evropské dilema. *Veterinářství* (60). 372-374.
- Bonneau, M. (1982). Compounds responsible for boar taint, with special emphasis on androstenone: A review. *Livestock Production Science* (9). 687-705.
- Bonneau, M., Meusy-Desolle, N., Léglise, P., Claus, R. (nedatováno). Relationships between fat and plasma androstenone and plasma testosterone in fatty and lean young boars following castration. *Acta Endocrinologica Copenhagen* (101). 129-133.
- Brophy, P., Gower, D. (1972). Unsaturated C19 3-oxo steroids as metabolic intermediates in boar testis. *Biochem. Journal* (128). 945-952.
- Claus, R. (1976). Messung des Ebergeruchstoffes im Fett von Schweinen mittels eines Radioimmuntests. 2. Mitteilung: Zeitlicher Verlauf des Geruchsdepotabbaues nach der kastration. *Zeitung Tierzen Zuchtungsbiologie* (93). 38-47.
- Claus, R. (1979). Pheromone bei Säugetieren unter besonderer Berücksichtigung des Ebergeruchstoffes und seiner Beziehung zu anderen Hodensteroiden. *Z. Tierphysiologie Tierernähr.Futtermittelkd.* (10). 3-136.
- Claus, R., Hoffmann, B., Karg, H. (1971). Determination of 5-androst-16-en-3-one, a boar taint steroid in pigs, with reference to relationships to testosterone. *Journal of Animal Science* (33). 1293-1297.
- Claus R., Dehnhard M., Herzog A., Bernal-Barragan H., Giménez T. (1993) Parallel measurements of indole and skatole (3-methylindole) in feces and blood plasma of pigs by HPLC. *Livestock Production Science* (34). 115-126
- Craig, H., Pearson, A. (1959). Some preliminary studies on sex odor in pork. *Journal Animal Science* (18). 1557.
- Davis, S., Squires, E. (1999). Association of cytochrome b(5) with 16-androstene steroid synthesis and the testis and accumulation in the fat of male pigs. *Journal of Animal Science* (77). 1230-1235.
- Deslandes, B., Griépy, C., Houde, A. (2001). Review of microbiological and biochemical effects of skatole on animal production. *Livestock Production Science* (71). 193-200.

- Diaz, G., Squires, E. (2000). Metabolism of 3-methylindole by porcine liver microsomes: Responsible cytochrome P450 enzymes. *Toxicological Sciences* (55). 284-292.
- Doran, E., Whittington, F., Wood, J., McGivan, J. (2004). Characterization of androstenone metabolism in pig liver microsomes. *Chemico-Biological Interactions* (147). 141-149.
- Dostálová, A., Koucký, M., Průšová, V. (2008). Výkrm kanečků v podmínkách ekologického zemědělství: metodika. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Přátelství 815 Praha Uhřetěves. Praha. ISBN: 978-80-7403-023-9
- Duivesteijn, N., Knol, E., Merks, J., Croojmans, R., Groenen, M., 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). 42.
- Gasparini, F., Hochbert, R., Lieberman, S. (1976). Biosynthesis of steroid sulfates by the boar testes. *Biochemistry* (15). 3969-3975.
- Gower, D. (1972). Unsaturated C19 steroids - a review of their chemistry, biochemistry and possible physiological role. *J. Steroid Biochemistry* (3). 45-103.
- Gower, D., Harrison, F., Heap, R., Patterson, R. (1970). The identification of C19A 16 steroids in boar urine and spermatic vein plasma. *Journal Endocrinology* (46). 14-18.
- Grindflek, E., Meuwissen, T., Aasnundstad, T., Hamland, H., Hansen, M., Nome, T. Lien, S. (2011). Revealing genetic relationships between compounds affecting boar taint and reproduction in pigs. *Journal of animal science* (89). 680-692.
- Groth, W., Claus, R. (1977). Beziehungen zwischen den Konzentrationen von Testosteron und dem Ebergeruchsstoff 5-androst-16-en-3-on im Blut bzw. Fettgewebe und histometrischen Befunden im Hoden vom Schwein. *Zentralbl. Veterinärmedizin* (24). 103-121.
- Hansen L. L., Larsen A. E., Jensen B. B., Hansen-Møller J., Barton-Gade P. Influence of stocking rate and faeces deposition in the pen at different temperatures on skatole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. *Animal Production* (59). 99-110
- Hawe, S. M., Walker N., Moss B.W. (1992) The effects of dietary fibre, lactose and antibiotic on the levels of skatole and indole in faeces and subcutaneous fat in growing pigs. *Animal Production* (54). 413-419

- Hendriks, W., King, M. (2002). A review of the literature on boar taint for New Zealand pork. Palmerston North: Institute of Food, Nutrition and Human Health. Nepublikováno.
- Chen, G., Cue, R., Lundström, K., Wood, J., Doran, O. (2008). Regulation of CYP2A6 protein expression by skatole, indole, and testicular steroids in primary cultured pig hepatocytes. *Drug Metabolism and Disposition* (36). 56-60.
- Jedlička, M. (2012). Výkrm kanců pro lepší ziskovost v sektoru. *Náš chov* (72). 38-39.
- Jensen, M., Cox, R., Jensen, B. (1995). 3-Methylindole (skatole) and indole production by mixed populations of pig fecal bacteria. *Applied Environmental Microbiology*(61). 3180-3184.
- Katkov, T., Booth, W., Gower, D. (1972). The metabolism of 16-androstenes in boar salivary glands. *Biochem. Biophys. Acta* (270). 546-556.
- Kwan, T., Orengo, C., Gower, D. (1985). Biosynthesis of androgens and pheromonal steroids in neonatal porcine testicular preparations. *FEBS Letters* (183). 359-364.
- Lee, G., Archibald, A., Law, A., Lloyd, S., Wood, J., Haley, C. (2005). Detection of quantitative trait loci for androstenone, skatole and boar taint in a cross between Large White and Meishan pigs. *Animal Genetics* (36). 14-22.
- Lin, Z., Lou, Y., Peacock, J., Squires, E. (2005). A novel polymorphism in the 5' untranslated region of the porcine cytochrome b5 (CYB5) gene is associated with decreased fat. *Mammalian Genome* (16). 367-373.
- Loke, K., Gower, D. (1971). Further studies on the biosynthesis of androsta-5,16-dien-3 β -ol and the subcellular location of the site of biosynthesis. *Biochemistry Journal* (122). 27.
- Loke, K., Gower, D. (1972). The intermediary role of 5-pregnene-3 β ,20 β -diol in the biosynthesis of 16-unsaturated C19 steroids in boar testis. *Biochemistry Journal* (127). 545-551.
- Mason, J., Park, R., Boyd, G. (1979). A novel pathway of androst-16-ene biosynthesis in immature pig testis microsomal fractions. *Biochem. Soc. Trans.* (7). 641-643.
- Matal, J., Matuskova, Z., Tunkova, A., Azenbacherova, E., Azenbacher, P. (2009). Porcine CYP2A19, CYP2E1 and CYP1A2 forms are responsible for skatole biotransformation in the reconstituted system. *Neuroendocrinology Letters* (30). 36-40.

- Melrose, D., Reed, H., Patterson, R. (1971). Androgen steroids associated with boar odour as an aid to the detection of oestrus in pig artificial insemination. *British Vet Journal* (127). 497.
- Migdał, W., Živković, B., Migdał, L. (2009). Piglet castration. *Biotechnology in Animal Husbandry* (6). 839-847.
- Moe, M., Meuwissen, T., Lien, S., Bendixen, C., Wang, X., Conley, L.N., Grindflek, E., Berget, I., Tajet, H. (2007). Gene expression profiles in testis of pigs with extreme high and low levels of androstenone. *BMC Genomics* (8). 405.
- Okrouhlá, M., Stupka, R., Čítek, J., Urbanová, D., Vehovský, K., Kouřimská, L. (2016). HPLC Stanovení androstenonu, skatolu a indolu ve hřbetním tuku u prasat. *Chemické Listy* (110). 593-597.
- Parunović N., Petrović M., Matekalo-Sverak V., Parunović J., Radová Č. (2010) Relationship between Carcass Weight, Skatole Level and Sensory Assessment in Fat of Different Boars. *Czech Journal of Food Science* (28). 520-530
- Patterson, R. (1968). Identification of 3 α -OH-5 α -androst-16-en-3-one as the musk odour component of boar submaxillary salivary gland and its relationship to the sexodour taint in pork meat. *Journal Science Food Agriculture* (19). 434-438.
- Perry, C., Patterson, R., MacFie, H., Stinson, C. (1980). Pig courtship behaviour: pheromonal property of androstene steroids in male submaxillary secretion. *Anim.Pros.* (31). 191-199.
- Prunier, A., Bonneau, M., von Borell, E.H., Cinnotti, S., Gunn, M., Fredriksen, B., Giersing, M., Morton, D.B., Tuytens, F.A.M., Verlade, A. (2006). A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. *Animal Welfare* (15). 277-289.
- Quintanilla, R., Demeure, O., Bidanel, J.P., Milan, D., Iannuccelli, N., Amigues, Y., Gruand, J., Chevalet, C., Bonneau, M. (2003). Detection of quantitative trait loci for fat androstenone levels in pigs. *Journal of Animal Science* (81). 385-394.
- Reed, H., Melrose, D., Patterson, R. (1974). Androgen steroids as an aid to the detection of oestrus in pig artificial insemination. *British Veterinar Journal* (130). 61-66.

- Ruokonen, A. (1978). Steroid metabolism in testis tissue: the metabolism of pregnenolone, pregnenolone sulfate, dehydroepiandrosterone and dehydroepiandrosterone sulfate in human and boar testis. *Journal Steroid Biochemistry* (9). 939-946.
- Ruokonen, A., Vikko, R. (1974). Steroid metabolism in testis tissue: concentrations of unconjugated and sulfated neutral steroids in boar testis. *Journal Steroid Biochemistry* (5). 33-38.
- Saat, Y., Gower, D., Harrison, F., Heap, R. (1974). Studies on the metabolism of 5 α -androst-16-en-3-one in boar testis in vivo. *Biochemistry Journal* (144). 347-352.
- Signoret, J. (1970). Reproductive behaviour of pigs. *J. Reproduction Fertility Supplements* (11). 105-117.
- Signoret, J. (1974). Rôle des différentes informations sensorielles dans l'attraction de la femelle en oestrus par le mâle chez les porcins. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* (14). 747-755.
- Sinclair, P., Squires, E. (2005). Testicular sulfoconjugation of the 16-androstene steroids by hydroxysteroid sulfotransferase: its effect on the concentrations of 5 α -androstenone in plasma and fat of the mature domestic boar. *Journal of Animal Science* (83). 358-365.
- Sinclair, P., Hancock, S., Gilmore, W., Squires, E. (2005). Metabolism of the 16-androstene steroids in primary cultured porcine hepatocytes. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* (96). 79-87.
- Sink, J. (1967). Theoretical aspects of sex odor in swine. *Journal Theoretical Biology* (17). 174-180.
- Skinner, T., Anderson, J., Haley, C., Archibald, A. (2006). Assessment of SULT1A1, CYP2A6 and CYP2C18 as candidate genes for elevated backfat skatole levels in commercial and experimental pig populations. *Animal Genetics* (37). 521-522.
- Stinson, C., & Patterson, R. (1972). C19A 16 steroids in boar sweat glands. *British Veterinar Journal* (128). 41.
- Strathe, A., Velandar, I., Markt, T., & Kadarmideen, H. (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). 2587-2595.

- Stupka, R., Čítek, J., Vehovský, K., Zadinová, K., Okrouhlá, M., Urbanová, D., Stádník, L. (2017). Effects of Immunocastration on Growth Performance, Body Composition, Meat Quality, and Boar Taint. *Animal Science* (62). 249–258.
- Šprysl, M., Stupka, R., Čítek, J., Okrouhlá, M. (2005). Komerční výkrm kanečků. *Náš chov* (65). 35-36.
- Tuomola, M., Merja, V., Heikki K. (1996) High-Performance Liquid Chromatography Determination of Skatole and Indole Levels in Pig Serum, Subcutaneous Fat, and Submaxillary Salivary Glands. *J. Agric. Food Chem.* (44). 1265–1270
- Velechovská, J. (2011). Imunologickou kastrací proti kančímu zápachu. *Náš chov* (6). 36-37.
- Vold, E. (1970). Fleischproduktionseigenschaften bei Ebern und Kastraten IV: Organoleptische und gaschromatographische Untersuchungen wasserdampfvlüchtiger Stoffe des Rückenspeckes von Ebern. *Meldinger fra Norges* (49). 1-25.
- Walstra, P. (1974). Fattening of young boars: quantification of positive and negative aspect. *Livestock Production Science* (1). 187-196.
- Wiercinska, P., Lou, Y., Squires, E. (2012). The roles of different porcine cytochrome P450 enzymes and cytochrome b5A in skatole metabolism. *Animal* (6). 834-845.
- Yokoyama, M., & Carlson, J. (1979). Microbial metabolites of tryptophan in the intestinal tract with special reference to katole. *American Journal Clinical Nutrition* (32). 173-178.
- Yost, G. (1989). Mechanisms of 3-methylindole pneumotoxicity. *Chem. Res. Toxicol.* (2). 273-279.
- Zadinová, K., Stupka, R., Stratil, A., Čítek, J., Vehovský, K., & Urbanová, D. (2016). Boar taint-the effect of selected candidate genes associated with androstenone and skatole levels. *Animal Science Papers and Reports* (2). 107-128.
- Zamaratskaia, G., Squires, E. (2009). Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. *Animal* (3), stránky 1508-1521.
- Zamaratskaia, G., Lou, Y., Chen, G., Andresen, O., Lundström, K., & Squires, E. (2007). Effect of hCG stimulation on plasma androstenone concentrations and cytochrome b5 (CYB5) levels in testicular tissue. *Reproduction in Domestic Animals*(42), stránky 105-108.
- Zammerini, D., Wood, J., Whittington, F., G., Hughers, S., Mazzledine, M., & Matthews, K. (2012). Effect of dietary chicory on boar taint. *Meat Science*, stránky 396-401.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 Androstenon.....	3
Obrázek 2. Cesty biosyntézy androstenonu (Bonneau, 1982).....	5
Obrázek 3. Zjednodušené schéma metabolismu kančího androstenonu (Bonneau, 1982)	6
Obrázek 4 Skatol.....	7
Obrázek 5. Metabolismus tryptofanu na produkt skatol a indol (Deslandes et al., 2001).....	8
Obrázek 6 porovnání koncentrace skatolu testovaných a kontrolních prasat (2týdny) (Zammerini et al., 2012) (percentage of pigs = procento z testovaných prasat; control pigs = kontrolní skupina prasat; pigs = testovaná prasata)	14

10 Seznam tabulek

Tabulka 1 Hodnoty pro fenotypové rysy plemene Duroc (Grindflek et al., 2011).....	10
Tabulka 2 Hodnoty pro fenotypové rysy plemene Landrace (Grindflek et al., 2011)	10
Tabulka 3 Vliv různých sacharidů na hladiny skatolu prasat (Zamaratskaia a Squires, 2009)	12
Tabulka 4 Vliv techniky výživy na koncentraci skatolu (Šprysl et al., 2005).....	13
Tabulka 5 Vliv období a znečištění kotce na koncentraci skatolu v tuku (Šprysl et al., 2005)	14
Tabulka 6 Hladiny androstenonu, skatolu a hmotnosti varlat a Cowperovy žlázy	18
Tabulka 7 Vliv chemikálií na vývoj varlat (Prunier et al., 2006)	19
Tabulka 8 Hmotnost zvířat v průběhu pokusu	22
Tabulka 9 Průměrný obsah skatolu a indolu v tuku	23
Tabulka 10 Obsah indolu a skatolu ve výkalech.....	23
Tabulka 11 Vliv skatolu v tuku na hmotnostní ukazatele	24
Tabulka 12 Vliv skatolu v tuku na indol v tuku.....	24
Tabulka 13 Vliv skatolu v tuku na obsah skatolu a indolu ve výkalech	25
Tabulka 14 Vliv skatolu v tuku na difference indolu a skatolu ve výkalech.....	26
Tabulka 15 Vliv skatolu ve výkalech na hmotnostní ukazatele	27
Tabulka 16 Vliv skatolu ve výkalech na skatol a indol v tuku	27
Tabulka 17 Vliv skatolu ve výkalech na indol ve výkalech	28
Tabulka 18 Vliv skatolu ve výkalech na difference indolu ve výkalech	29