

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Možnosti detekce složek kančího pachu**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Veronika Grünveigová**

**Obor studia: Živočišná produkce**

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

© 2021 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Možnosti detekce složek kančího pachu“ 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 25.04.2021

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Monice Okrouhlé, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky v průběhu řešení diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala mojí rodině a Kristýně Burešové za podporu při studiu.

# Možnosti detekce složek kančího pachu

## Souhrn

Kančí pach je jeden z hlavních problémů při produkci vepřového masa. Přizpůsobení chovu prasat požadavkům spotřebitelů vzhledem k welfare zvířat, patří mezi jednu z nejdiskutovanějších otázek této oblasti. Z tohoto důvodu se vedou boje o konec kastrace kanců a hledají se různá alternativní řešení, jak tomuto nepříjemnému oděru předejít.

Mezi hlavní složky zodpovědné za kančí pach patří androstenon, skatol a indol. Androstenon je steroidní sloučenina syntetizována ve varlatech a játrech. Část tohoto steroidu je transportována do slin, kde působí jako feromon. Další část se hromadí v tukové tkáni. Má charakteristický zápach, který připomíná pach po moči a potu. Ke vzniku skatolu dochází při mikrobiálním rozkladu tryptofanu v oblasti tlustého střeva. Pomocí krve je následně transportován do jater, kde je část degradována. Zbytek skatolu, který nepodleh degradaci, je díky lipofilní povaze uložen v tukové tkáni. Vyznačuje se fekálním zápachem. Indol podobně jako skatol vzniká při degradaci tryptofanu v gastrointestinálním traktu. Je absorbován krví a metabolizován jaterní tkání. Jeho přítomnost pouze zvyšuje intenzitu nepříjemného zápalu způsobeného skatolem.

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit možnosti detekce složek kančího pachu na základě získaných literárních a experimentálních poznatků. Kančí zápach je ovlivněn vnitřními a vnějšími faktory, z vnějších pak především výživou. Na základě tohoto poznatku byla experimentální část věnována vlivu přídatku slunečnice topinambur do krmiva prasat. Předpokládala jsem, že prostřednictvím krmné dávky s obsahem této rostliny je možné ovlivnit hladinu kančího pachu ve hřbetním tuku zvířat.

Do pokusu bylo zapojeno 72 kusů finálních hybridů prasat. Prasata byla rozdělena do 4 skupin na základě krmné dávky, která jim byla podávána. Jedna skupina byla krmena pouze základní krmnou dávkou, bez obsahu slunečnice topinambur. Ostatní tři skupiny dostávaly krmnou dávku obohacenou o 4,1 %, 8,1 % a 12,2 % slunečnice topinambur.

V případě androsteronu a indolu nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl. Naopak u koncentrace skatolu byl prokázán statisticky významný rozdíl ( $p = 0,003$ ). Byl zjištěn významný pokles obsahu skatolu, když byla zvířatům podávána krmná dávka obsahující 8,1 % a 12,2 % přídatku slunečnice topinamburu. Lze tedy potvrdit hypotézu, že intenzitu kančího pachu je možné snížit i jinak než bolestivou chirurgickou kastrací.

**Klíčová slova:** prase, androstenon, skatol, indol, metody detekce

# Possibilities of detection of boar taint components

## Summary

Boar taint is one of the main problems in pork production. Adapting pig farming to consumer requirements in relation to animal welfare is one of the most discussed issues in this area. For this reason, there are general fights for the end of castration of boars and various alternative solutions are being sought to prevent this unpleasant odor. The main components responsible for boar scent are androstenone, skatole and indole. Androstenone is a steroid compound synthesized in the testes and liver. Part of this steroid is transported to the saliva, where it acts as a pheromone. Another part accumulates in the fatty tissue. It has a distinctive smell that resembles that of urine and sweat. Skatole formation occurs during microbial degradation of tryptophan in the colon. Using blood, it is then transported to the liver, where its part is degraded. Due to its lipophilic nature, the rest of skatole that has not undergone degradation is deposited in fatty tissue. It has a fecal odor. Indole, like the skatole, is produced by the degradation of tryptophan in the gastrointestinal tract. It is absorbed by blood and metabolized by liver tissue. Its presence only increases the intensity of the unpleasant odor caused by the skatole.

The aim of this master thesis was to evaluate the possibilities of detection of boar scent components on the basis of acquired literature and experimental knowledge. Boar taint is influenced by internal and external factors, especially nutrition from external ones. Based on this observation, the experimental part was devoted to the effect of the addition of topinambur sunflower in the feed of pigs. I assumed that it was possible to influence the level of boar odor in the animals' dorsal fat through a feed dose containing this herb. 72 final pig hybrids were involved in the experiment. The pigs were divided into 4 groups based on the feed ration they received. One group was fed only a basic ration, with no topinambur sunflower content. The other three groups received a ration enriched by 4.1%; 8.1% and 12.2% of Jerusalem artichoke. No statistically significant difference was found for androstenone and indole. Conversely, there was a statistically significant difference in skatole concentration ( $p=0.003$ ). A significant decrease was observed when the animals were given a feeding dose containing 8.1% and 12.2% of the addition of sunflower topinambur. It can therefore be confirmed that the intensity of boar taint can be affected in other ways than by painful surgical castration.

**Keywords:** pig, androstenone, skatole, indole, detection methods

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce</b> .....	<b>9</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1 Prase divoké (<i>Sus scrofa</i>)</b> .....	<b>10</b>
3.1.1 Domestikace prasete divokého .....	10
3.1.2 Inventarizace plemen .....	11
3.1.3 Plemena prasat v Evropě.....	11
<b>3.2 Výživa a krmení prasat</b> .....	<b>12</b>
3.2.1 Složky krmiva.....	12
3.2.2 Technika krmení.....	13
<b>3.3 Kančí pach</b> .....	<b>13</b>
3.3.1 Androstenon .....	14
3.3.2 Skatol .....	15
3.3.3 Indol.....	16
3.3.4 Tuková tkáň.....	17
<b>3.4 Faktory ovlivňující kančí pach</b> .....	<b>17</b>
3.4.1 Vnitřní vlivy ovlivňující tělesný pach kance .....	17
3.4.2 Vnější faktory ovlivňující tělesný pach kance .....	18
<b>3.5 Eliminace kančího pachu</b> .....	<b>19</b>
3.5.1 Welfare a kastrace .....	19
3.5.2 Role genetiky.....	21
3.5.3 Vliv inulinu v krmné směsi .....	23
3.5.4 Tepelná úprava masa .....	24
<b>3.6 Možnosti detekce pachu prasat</b> .....	<b>25</b>
3.6.1 Chemické senzory neboli elektronické nosy .....	26
3.6.2 Přímá hmotnostní spektrometrie (MS) .....	27
3.6.3 Rychlá plynová chromatografie .....	27
3.6.4 Vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) .....	27
<b>4 Materiál a metodika</b> .....	<b>28</b>
<b>4.1 Materiál</b> .....	<b>28</b>
4.1.1 Krmivo a zvířata .....	28
<b>4.2 Metodika</b> .....	<b>29</b>
4.2.1 Kvantitativní ukazatele jateční hodnoty.....	29
4.2.2 Odběr vzorků.....	29
4.2.3 Analýza androstenonu, skatolu a indolu .....	29
4.2.4 Statistické vyhodnocení .....	30

<b>5 Výsledky .....</b>	<b>31</b>
<b>6 Diskuze .....</b>	<b>36</b>
<b>7 Závěr .....</b>	<b>38</b>
<b>8 Literatura.....</b>	<b>39</b>
<b>9 Seznam použitých zkratk.....</b>	<b>45</b>
<b>10 Seznam tabulek, obrázků a grafů.....</b>	<b>46</b>

# 1 Úvod

Čich a chemická komunikace patří evolučně k nejstarším typům dorozumívacích prostředků vůbec. U mnohých zvířecích druhů má tento způsob komunikace dokonce i dominantní a životu potřebné postavení. Lidé si zásadní význam čichové komunikace většinou dost dobře neuvědomují, jelikož se orientujeme převážně pomocí zraku a komunikujeme prostřednictvím řeči a sluchu, přičemž samotná funkce čichu byla u člověka dlouhou dobu podceňována.

Zástupci živočišné říše se stejně jako lidé mezi sebou dorozumívají. Disponují širokou škálou znamení a signálů, jimiž reagují na určité konkrétní situace. Signály jsou z drtivé většiny vnitrodruhové, což znamená, že jim rozumějí pouze příslušníci stejného živočišného druhu. Pouze některé signály získaly i mezidruhové uplatnění, což se většinou týká signalizace nebezpečí a varovných signálů.

Pachové signály patří v živočišné říši k nejrozšířenějším. Patří sem kontaktní pachové signály, které se předávají dotykem, např. prostřednictvím tykadél nebo umístováním pachových značek na tělo druhého jedince. Další signály jsou ty, které působí na dlouhou vzdálenost. Zvířata je vysílají do svého okolního prostředí, tj. do vody či do vzduchu, anebo vylučují páchnoucí látky v podobě tělních výměšků na pevný podklad. I tato forma komunikace se může uplatňovat do jisté míry mezidruhově.

Mezi zvláštní skupinu pachových signálů patří samozřejmě i přirozeně se vyskytující tělesný pach každého jedince, díky kterému ostatní zástupci téhož druhu mohou zjistit, v jakém se daný jedinec nachází rozpoložení, jak se mu zdravotně daří, není-li ve stresu či je-li sexuálně dostupný.

Různé druhy savců disponují taktéž i druhově charakteristickým přirozeným tělesným zápachem. Tělesný zápach je nejen druhově charakteristický, ale i genderově odlišný a do velké míry i velmi individuální u zástupců stejného druhu. Pakliže se dva jedinci stejného druhu potkají, jsou schopni na základě svých tělesných pachů o sobě zjistit mnoho nejrůznějších informací. Samci poznají, zda je samice březí a k páření připravená, právě podle jejího tělesného zápachu. Dva samci téhož druhu vysílají v době říje na hormony bohaté pachové signály, díky kterým se navzájem provokují a vyzývají k boji. Otíráním se o neživé subjekty si pak savčí druhy označují své teritorium. Všechny vyjmenované pachové komunikace se týkají i prasat.

Přirozený pach kančího těla pak závisí na mnoha vnitřních a vnějších faktorech. Za vnitřní faktory ovlivňující tělesný zápach, považujeme především zdravotní stav konkrétního prasete, přičemž výskyt nemocí či parazitů může přirozený odér zvířete výrazně ovlivnit. Z vnějších faktorů představuje nejzásadnější faktor především výživa a kvalita konzumované potravy. Některé složky krmných směsí, jako například slunečnice topinambur či jiné výrazné potraviny, mohou ovlivňovat střevní mikrobiotu prasete, čímž může dojít k eliminaci přirozeného kančího pachu. Nás bude tělesný zápach prasat zajímat především v souvislosti následného zpracování jejich masa.



Typický kančí zápach představuje potu a moči podobný odér, projevující se výrazně právě v mase nekastrovaných kanců. Tento odpudivý zápach je způsoben převážně dvěma chemickými látkami – skatolem a androstenonem.

První zmíněná chemická látka, skatol, vzniká z aminokyseliny tryptofanu a jeho stopová množství naše čichové receptory nijak neruší, mohou dokonce připomínat vůni jasmínu, narcisu a pomerančového květu nebo připomínat aroma kakaa, křenu či wasabi. Větší a silnější koncentraci této látky, zato neomylně poznáme a označíme ji za odporný fekální zápach, typický zejména pro výkaly konzumentů stravy bohaté na bílkoviny – predátorů a mrchožroutů.

Druhou zapáchající látku představuje androstenon – steroidní hormon, který je možno nejvíce snížit právě chirurgickou kastrací kanců. Stále se zvyšující tlak na šetrné zacházení se zvířaty, však nutí chovatele prasat hledat jiné cesty, kterými by se zápach masa snížil na přijatelnou hodnotu, bez nutnosti využití chirurgické kastrace. Mnohé studie se zabývají citlivostí konzumentů na androsteron, v závislosti na různých metodách tepelné úpravy kančího masa. V rámci teoretické části mé diplomové práce jsem se detailně zajímala o kančí pach, především o látky androstenon, skatol a indol. V další kapitole byly popsány možnosti detekce kančího pachu.

Další klíčovou hypotézou, kterou jsem v rámci diplomové práce na základě zjištěných informací předpokládala, bylo, jak lze prostřednictvím speciální krmné směsi, ve které je dominantní složkou slunečnice topinambur, ovlivnit hladinu kančího pachu v jeho hřbetním tuku. Změna stravy se zásadním podílem slunečnice topinambur nebo jiné výrazné potraviny mohla způsobit snížení zápachu kančího masa i u nekastrovaných samců, zvýšení konzumace a spotřeby kančího masa a odklon od nehumánní chirurgické kastrace divokých prasat.

## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

Vědecká hypotéza: Kančí pach závisí na mnoha vnitřních a vnějších faktorech. Z vnějších faktorů je to především výživa. Některé složky krmných směsí, jako např. slunečnice topinambur, ovlivňují střevní mikrobiotu, která souvisí s eliminací kančího pachu. Předpokládám, že prostřednictvím krmné směsi se slunečnicí topinambur lze ovlivnit hladinu kančího pachu ve hřbetním tuku.

Cílem diplomové práce bylo, si na základě získaných literárních pramenů osvojit a pomocí realizace vlastní experimentální části i vyhodnotit možnosti detekce složek kančího pachu.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Prase divoké (*Sus scrofa*)

Prase divoké (*Sus scrofa*) patří do skupiny sudokopytníků z čeledi prasatovití (*suidae*). Jedná se o všežravce, který se za svou potravou vydává především v noci (Červený et al. 2010). Eurasijské divoké prase má jedno z nejširších geografických rozšíření ze všech suchozemských savců a toto spektrum bylo značně rozšířeno lidskou činností. Tento druh se nyní vyskytuje na všech kontinentech kromě Antarktidy a oceánských ostrovů. Je předkem většiny (ne však všech) starých a moderních plemen domácích prasat a existují důkazy, které naznačují, že byla nezávisle domestikována v několika různých částech svého areálu, včetně jihovýchodní Asie, Dálného východu a Malé Asie. Ve volné přírodě je od nejranějších dob zdrojem živobytí pro lovce. V oblastech s hojným výskytem se stává cílem i pro rekreační lov. *Sus scrofa* obývá širokou škálu stanovišť mírného a tropického pásma, od polopouště po tropické deštné pralesy, mírné lesy, pastviny a rákosové džungle. Často se vydává na zemědělskou půdu za potravou. V Evropě dává přednost listnatým lesům a zejména stále dubovým, ale může se vyskytovat i na otevřenějších stanovištích, jako je zemědělská půda, pokud je poblíž vody a porostu stromů (Keuling & Leus 2018). Druh je všežravý, i když analýzy obsahu žaludku a výkalů ukazují, že rostlinná hmota, především plody, semena, kořeny a hlízy, tvoří asi 90 % stravy (Leaper et al. 1999). Součástí stravy může být konzumace bezobratlých a malých obratlovců. Divoká prasata jsou obvykle nejaktivnější časně ráno a pozdě odpoledne. Hledáním potravy stráví 4 až 8 hodin denně. Divoká prasata tvoří stáda různé velikosti v závislosti na lokalitě a ročním období obvykle mezi 6 – 20 jedinci (Keuling & Leus 2018).

#### 3.1.1 Domestikace prasete divokého

Prase patří mezi nejstarší domácí zvířata. Domestikace prasat se datuje na období zhruba před 9000 lety na území Evropy a Asie. Původ a šíření různých druhů divokých a domácích prasat je možné zjistit pomocí analýzy genotypu, na základě mapování sekvencí mitochondriální DNA (mDNA). Uvádí se, že prasata domestikovali usazení zemědělci, na rozdíl od jiných druhů hospodářských zvířat, především pastevních, na jejichž domestikaci se podílely kočovné národy. Za ohniska vývoje tohoto druhu jsou považovány především Anglie, USA a Čína (Giuffra et al. 2000).

Organizační a metodologické postupy velmi přispěly k rychlému vývoji v oblasti šlechtění prasat. Mezi tyto postupy patří popis a standardizace plemen, zavedení inseminace, hybridizace a evidence ukazatelů užitkovosti. Za velmi slibnou a perspektivní vyhlídku do budoucnosti přichází v úvahu techniky z oblasti molekulární genetiky.

### 3.1.2 Inventarizace plemen

V minulém století během období 80 let došlo k zahájení programu inventarizace a charakterizace plemen hospodářských zvířat. Hlavní roli v organizaci tohoto programu představovala Evropská asociace pro živočišnou výrobu – EAAP. Informace, které se podařilo shromáždit, jsou uvedeny v informačním systému DAD – IS (Domestic Animal Diversity Information System) (Nigussie 2011). Informační systému DAD – IS umožňuje nahlédnout na evidenci plemen, která je členěna na plemena (Smítal 2017):

- místní – plemena chovaná na území jednoho státu (7 770 plemen)
- mezinárodní – plemena rozšířená na jednom kontinentu (513 plemen)
- světová – plemena rozšířená po celém světě (1985 plemen)

### 3.1.3 Plemena prasat v Evropě

Šlechtění hospodářských zvířat v Evropě je spjato s dlouhou tradicí, což s sebou přináší výskyt velkého množství plemen prasat (Rothschild et al. 2011). Kolébkou moderního šlechtění prasat je Anglie. Přispívá k tomu i fakt, že prasata pocházející z této země patří mezi nejrozšířenější prasata světa. Světová populace prasat je vysoce ovlivněna jejich genetickým fondem (Velechovská 2018).

Trendem současné doby celého světa, je omezený výběr ušlechtilých plemen, určených pro intenzivní produkci. Tento trend s sebou přináší velmi diskutované téma o zachování a udržení meziplemenné biodiverzity. Ta se odráží v genetickém zkvalitnění světové populace prasat a kvality výživy lidstva (Smítal 2017).

**Tabulka 1: Původ a velikost efektivní populace plemen prasat v roce 2016**

Plemeno	Země původu	Plemenná kniha	Počet zemí	Velikost populace
large white	Anglie	1884	142	61779000
landrace	Dánsko	1896	97	2 372 000
duroc	USA	1885	99	995 000
berkshire	Anglie	1884 (1875 USA)	20	513 000
hampshire	USA	1893	53	55 000
pietrain	Belgie	1952	35	39 000

Zdroj: [<http://infopigs.blogspot.com/2017/01/plemena-prasat.html>]

**Tabulka 2: Plemena prasat vyšlechtěná v České republice**

Plemeno	Původ	Plemenná kniha
bílé ušlechtilé	místní, large white, něm. bílé, něm. landrace	1927
landrase	angl., dán., franc., něm. a švéd. landrace	1961
přeštické černostrakaté	místní a bavorská plemena	1964
české výrazně masné	belgická landrace, duroc, hampshire	1991 (zaniklo)
bílé otcovské	large white	1993

Zdroj: [<http://infopigs.blogspot.com/p/fotogalerie.html>]

## 3.2 Výživa a krmení prasat

Prasata vynikají ve spoustě hospodářsky významných vlastnostech. Mezi tyto vlastnosti patří plodnost, krátká doba březosti a vysoká jateční výtěžnost. Aby splňovala všechna zmíněná pozitiva, je velmi důležité dodržovat správnou výživu a také techniku krmení. Tato zvířata jsou řazena mezi nejvýkonnější hospodářské druhy, neboť vykazují vysokou intenzitu růstu spojenou s dobrou konverzí krmiva. Rozumíme tím, že mají schopnost efektivně využít živiny na záchovu a také produkci (Zhang & Adeola 2017).

### 3.2.1 Složky krmiva

Dostatečné a kvalitní zásobování prasat výživovou energií a živinami splňuje optimální růst, minimalizuje náročnost nákladů na krmnou směs a snižuje environmentální dopad na produkci vepřového masa. Problém spočívá především ve vylučování dusíku a fosforu, které v nejintenzivnějších oblastech produkce prasat dosahuje znepokojivě vysoké úrovně (Pomar & Remus 2019). Protože prasata nemohou využít všechny obsah energie a živin z krmných složek, jsou potřebné přesné informace o biologicky dostupné energii a živinách. Enzymatický typ trávení prasat není schopen trávit krmiva s vysokým obsahem vlákniny, proto je vhodné podávat krmiva s optimálním zastoupením aminokyselin. Mezi krmiva, která jsou praseti typicky podávána, patří ječný šrot, pařené brambory či odstředěné mléko (Šimeček et al. 2000).

**Tabulka 3: Složky průměrné kompletní krmné směsi pro prasata**

Skupina krmiv	Krmivo	Podíl (%)
Obiloviny	pšenice, ječmen, kukuřice, oves	80
Bílkovinná krmiva	sojový/řepkový šrot, hrách, bob	16
Mineralie	sůl, vápenec	3
Premixy	vitaminy, lyzin, methionin, stopové prvky	1
<b>Celkem</b>	<b>-</b>	<b>100</b>

Zdroj: [<http://infopigs.blogspot.com/p/vyziva-krmeni-prasat.html>]

### 3.2.2 Technika krmení

V současné době se při technice krmení prasat vyskytují tři systémy tvorby a zkrmování krmné dávky (Šimeček et al. 2000):

1. Systém zkrmování pouze kompletních krmných směsí pro každou kategorii
2. Systém zkrmování doplňkových směsí a běžně dostupných komponentů (čerstvá krmiva)
3. Systém kombinované krmení (kombinace období krmení, kdy je k dispozici doplňková směs a období, kdy se krmí kompletní směsí).

Přesné krmení se týká používání krmných technik, které zvířatům poskytují stravu upravenou podle cílů produkce (tj. maximální nebo kontrolované míry produkce). Základní měření pro přesné krmení při chovu prasat zahrnují příjem krmiva a tělesnou hmotnost. Prasata lze krmit neomezeně nebo se krmivo aplikuje po dávkách. U zvířat, kterým je nabízeno krmivo *ad libitum* (neomezeně), je možné kontrolovat příjem živin pouze změnou složení krmiva, které má být podáváno (Pomar & Remus 2019). Tento způsob krmení zvyšuje přírůstek, zároveň ale dochází k vyšší spotřebě krmiva na kg přírůstku. Dochází ke změně jatečné kvality, která se odráží v přítomnosti zvýšeného podílu tuku. U zvířat, kterým je krmivo nabízeno restriktivně, lze množství a složení krmiva snadno kontrolovat. Za optimální způsob krmení se považuje podání krmné dávky 3 – 4 denně (Šimeček et al. 2000).

### 3.3 Kančí pach

Kančí pach je vnímán jako nepříjemný zápach v mase nekastrovaných kanců. Jedná se o druhově specifický a neškodlivý projev pachu, který připomíná zápach potu a moči. U části kančí populace se projevuje v závislosti na jejich dědičné dispozici a věku. Za kančí pach jsou zodpovědné především dvě hlavní sloučeniny androstenon a skatol, jejichž koncentrace se zvyšují při dosažení pohlavní dospělosti zvířat (Bernardy 2010).

První ze sloučenin je androstenon, steroidní hormon, na jehož produkci se podílí Leydigovy buňky varlat. Druhou sloučeninou je skatol, který je výsledkem degradace aminokyseliny tryptofanu v tlustém střevě (Brinke et al. 2020). Mezi další sloučeniny vyvolávající tento nepříjemný odér patří např. indol a androstenonové steroidy (Okrouhlá et al. 2016).

### 3.3.1 Androstenon

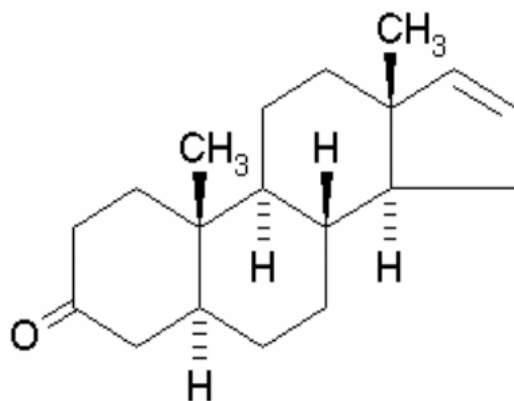
Androstenon (5 $\alpha$ -androst-16-en-3-on) je hlavní složkou kančího zápachu produkovaného varlaty v pohlavní dospělosti. Jeho fyziologickou rolí je pohlavní feromon, který reguluje reprodukční vývoj a chování samic prasat. Androstenon byl poprvé popisován jako příčina kančího zápachu Pattersonem (Patterson 1968). V poslední době se rovněž zvažuje význam metabolitů androstenonu, např. androstenolů, pro kančí zápach (Squires et al. 2020).

Androstenon je syntetizován ve varlatech a vstupuje do krevního oběhu, aby byl transportován do periferních tkání, kde se hromadí a způsobuje kančí zápach. Je metabolizován a eliminován játry. Prvním krokem v syntéze 16 – androstenových steroidů je tvorba androstadienolu z pregnenolonu. Androstadienol je poté přeměněn na androstadienon, který je dále metabolizován *SRD5A* za vzniku androstenonu (Robic et al. 2014). V praseti existují dvě izoformy tohoto enzymu *SRD5A1* a *SRD5A2*. Ve varlatech se vyskytuje spíše izoforma *SRDA1* a koreluje s obsahem androstenonu v tuku. Androstenon může následně podléhat redukcii pomocí *HSD3B* za vzniku 3 $\beta$ -androstenolu (Robic et al. 2016). Po syntéze ve varlatech se androstenové steroidy uvolňují spermatickou žílou do oběhu a hromadí se v tukové tkáni za vzniku kančího zápachu. Zároveň také dochází k jejich transportu do slinné žlázy, kde se váží na specifický protein pheromaxein a jsou uvolňovány ve slinách jako pohlavní feromony k regulaci samičí reprodukce (Babol et al. 1996).

Syntéza androstadienolu z pregnenolonu je katalyzována andien –  $\beta$  syntázovým systémem, který zahrnuje cytochrom *P45017A1* (*CYP17A1*) s cytochromem *CYB5A*. Pokyny k interakci (*CYB5A*) také katalyzují reakci zodpovědnou za syntézu DHEA z pregnenolonu (Billen & Squires 2009).

Androstenon je metabolizován dvoufázovým procesem, který probíhá především ve varlatech a játrech. Metabolismus ve fázi I produkuje androstenolové metabolity androstenonu (Sinclair & Squires 2005). Androstenon a jeho metabolity pak mohou být během fáze II metabolismu konjugovány na sulfátovou nebo glukuronidovou skupinu cytosolickým enzymem sulfotransferázy *SULT2A1* nebo UDP – glukuronosyltransferázou (Laderoute et al. 2018).

Přibližně 70 % 16 – androstenových steroidů produkovaných v Leydigových buňkách je přítomno v periferním oběhu jako sulfokonjugáty (Laderoute et al. 2019).



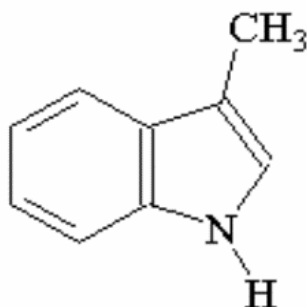
Obrázek 1: Androstenon (5 $\alpha$ -androst-16-en-3-on).

Zdroj: [[https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-androstenone-and-skatole\\_fig1\\_30072504](https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-androstenone-and-skatole_fig1_30072504)]

### 3.3.2 Skatol

Skatol (3 – methylnol) vzniká rozkladem bílkovin obsahujících tryptofan a následně tvořící bílé krystalky (Rasmussen et al. 2016). Degradace tryptofanu v tlustém střevě je zapříčiněna bakteriemi *Escherichiacoli*, *Clostridium sp.* a *Lactobacillus sp.* Určitá část skatolu je vstřebávána ze střeva do krve a transportována do jater, kde je pomocí enzymatického systému *CYP450* metabolizována a část je vyloučena z těla výkaly. Skatol který se nemetabolizuje, se ukládá ve svalové a tukové tkáni (Hügel 2010). Vysoký obsah skatolu v tuku byl prokázán u jedinců s vysokou produkcí skatolu a nízkou aktivitou jaterního *CYP450* (Dostálová et al. 2008).

V malé míře se lze se skatolem setkat i u vepřů a prasnic v období říje, nepříjemný zápach u nich však nezpůsobuje. Skatol je v játrech prasnic a vepřů dostatečně metabolizován, na rozdíl od kanců (Bernardy 2010). Šprysl a kol. (2009) uvádí, že zvýšená hladina skatolu se vyskytuje asi u 3 % kanečků po porážce.



Obrázek 2: Skatol (3 – methylnol).

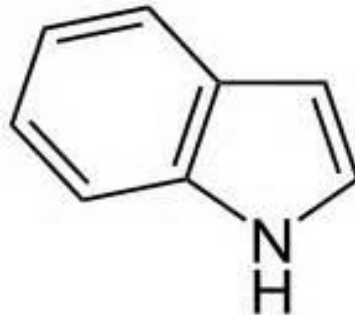
Zdroj: [[https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-androstenone-and-skatole\\_fig1\\_30072504](https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-androstenone-and-skatole_fig1_30072504)]



Některé studie (Lin et al. 2004), (Mörlein et al. 2012) uvádějí, že nejvýznamnější účinek na metabolismu skatolu v játrech mají geny z rodiny cytochromů, konkrétně dva hlavní geny *CYP2A6* a *CYP2E1*. Na základě identifikace významných asociací pro polymorfismus genů *CYP2E1* a *CYP2I* se uvádí, že snižují hladinu skatolu u prasat. Mutace v kódující oblasti *CYP2A6* naopak souvisí s vysokou hladinou skatolu v tuku (Gunawan et al. 2013).

### 3.3.3 Indol

Podobně jako skatol se indol (2,3 – benzopyrol) tvoří degradací L – tryptofanu v gastrointestinálním traktu (GIT) monogastrických zvířat. Indol je absorbován krví a metabolizován jaterní tkání. L – tryptofan může být degradován v GIT na indol nebo transformován na kyselinu indol – 3 – octovou, což je výchozí bod v syntéze skatolu. Produkce indolu je podobně jako u skatolu ovlivněna expresí cytochromu *CYP2A6*, na který mají obě dvě zmíněné sloučeniny stimulační účinek. Bylo zjištěno, že v případě indolu je stimulační účinek mnohem významnější, než u skatolu. Indol se hromadí v tukové tkáni prasat a jeho hladiny mohou být ovlivněny genetickými vlivy nebo složením krmné směsi. Na kvalitu vepřového masa má indol menší vliv než skatol, pouze zvyšuje intenzitu nepříjemného pachu způsobeného skatolem (Zadinová et al. 2016).



Obrázek 3: Indol (2,3 – benzopyrol).

Zdroj: [<https://www.digopaul.com/english-word/indol.htm>]

### 3.3.4 Tuková tkáň

V posledních několika desetiletích genetický výběr u komerčních plemen prasat značně zlepšil efektivitu produkce masa na úkor snížení senzoričkových a technologických vlastností masa. Tyto změny jsou způsobeny především snížením obsahu intramuskulárního tuku a změnami ve složení mastných kyselin, které jsou rozhodující pro různé atributy kvality masa, jako je barva svaloviny, pevnost, schopnost udržet vodu, a také důležité nutriční aspekty (Corominas et al. 2013).

Játra, tuková tkáň a kosterní svaly jsou hlavními orgány podílejícími se na regulaci metabolismu lipidů. Tuková tkáň je orgán, který je zodpovědný za skladování energie ve formě lipidů a u prasat je hlavním zdrojem cirkulujících volných mastných kyselin. Působí také jako hlavní endokrinní orgán, produkuje adipocytokiny (TNF $\alpha$ ) peptidové hormony jako leptin, adiponektin, estrogen a resistin a lipidové hormony (lipokiny), jako je palmitoleát, které se všechny podílejí na udržení metabolické homeostázy. Kromě toho má tuková tkáň prasat větší podíl na celkové syntéze mastných kyselin než játra. Rozbor složení tukové tkáně tak může mít význam pro zlepšení nutriční kvality vepřového masa (Corominas et al. 2013).

## 3.4 Faktory ovlivňující kančí pach

Akumulace sloučenin v tukových tkáních způsobujících kančí pach může být ovlivněna různými faktory, včetně životního prostředí, zdravotního stavu zvířete, managementu chovu, sexuální zralosti, výživy a genetiky (Squires et al. 2020).

### 3.4.1 Vnitřní vlivy ovlivňující tělesný pach kance

- **Pohlaví**

U prasat je zásadní vliv pohlaví. Kančí pach může být detekovaný i u vepříků či u prasniček. Je zřejmé, že v těchto případech se jedná zejména o výskyt skatolu. Hladiny skatolu jsou u vepříků a prasniček oproti kanečkům výrazně nižší. Hlavním důvodem je funkční enzymatický systém v játrech, který skatol rozkládá. U kanečků je tento enzymatický systém blokován vysokou hladinou androstenonu, a tím je zapříčiněno zvýšené ukládání nerozloženého skatolu do tuku (Čítek et al. 2019).

- **Genotyp**

Výskyt kančího pachu v těle výrazně ovlivňuje genotyp. Mezi jednotlivými plemeny a liniemi byla prokázána velká variabilita. U zušlechtěných plemen byla detekována nižší tvorba pachových sloučenin. Pokrok v molekulárně genetických studiích a šlechtitelských programech umožnil lokalizovat geny, které jsou odpovědné za tvorbu a ukládání těchto pachových sloučenin. Následně se tak mohou vyřadit kanci s výraznějším ukládáním pachových látek (Dostálová et al. 2008).

- **Hmotnost a stáří zvířete**

Se zvyšující se hmotností obsah androstenonu a skatolu ve svalové a tukové tkáni stoupá. Do 80 kg hmotnosti je výskyt kančího pachu pod limitem. Výkrm kanečků do 100 – 110 kg živé váhy je spojen s nízkým rizikem výskytu kančího pachu (Dostálová et al. 2008).

Jednou z možností jak zvýšit efektivitu produkce vepřového masa, je výkrm kanečků do nižší porážkové hmotnosti (do 90 kg) a do věku maximálně 180 dní. Kanečci v porovnání s kastráty dosahují lepších ukazatelů užitkovosti a jatečné hodnoty, což může v chovu při nových legislativních podmínkách znamenat výrazný ekonomický efekt (Jedlička 2012). Tvorba steroidních hormonů, která je odpovědná za zvýšenou tvorbu a ukládání androstenonu a skatolu se zvyšuje nástupem pohlavní dospělosti (Dostálová et al. 2008).

### 3.4.2 Vnější faktory ovlivňující tělesný pach kance

- **Prostředí**

Pro chovatele poměrně jednoduše ovlivnitelný faktor, který také působí na výskyt kančího pachu je prostředí. Zvýšený výskyt kančího pachu, může být způsoben vysokou hustotou zvířat v kotci, jejich znečištěnou podestýlkou a vyššími teplotami. V letním období je proto kančí pach intenzivnější (Dostálová et al. 2008).

Velmi důležité je udržení čistých a suchých kotečů, protože při delším neodklizení exkrementů, především při vysokých teplotách, dochází po vdechnutí exkrementů ke kumulaci v tukové tkáni (Nehasilová 2010).

Kanečci jsou agresivnější než kastráti a prasničky a v době vyskladňování jsou často již sexuálně aktivní. To může mít za následek nižší intenzitu růstu a vzhledem k výskytu agresivity vyšší výskyt poruch končetin nebo dokonce i úhyn.

Pubertu prasniček může urychlit vyšší sexuální aktivita kanečků, pokud jsou ve společných kotečích. To s sebou nese riziko gravidních prasniček při porážkách. Je proto nutností, aby byl výkrm zajištěn odděleně (Čítek et al. 2019).

- **Krmná dávka**

Syntézu skatolu přímo ovlivňuje složení krmné dávky. Ta je závislá na proteolytické aktivitě střevní mikroflóry a na přítomnosti tryptofanu ve střevě. V současné době probíhají studie v oblasti krmivářství ohledně krmných doplňků, které by mohly v mase eliminovat výskyt kančího pachu. Slunečnice topinambur a sušený kořen čekanky jsou jednou z možností (Dostálová et al. 2008). Jednou z možností eliminace buněčného odpadu ve střevě je omezení apoptózy neboli buněčné smrti střevních buněk. Tím se dosáhne snížení buněčného odpadu a následně tedy i množství tryptofanu, potřebného pro tvorbu skatolu. Možným krmným doplňkem, který by mohl mít příznivý vliv na tento jev, je bramborový škrob, který ovlivňuje tvorbu kyseliny mléčné ve střevě. Tato kyselina následně inhibuje buněčnou smrt střevních buněk a má tedy pozitivní vliv na omezení tvorby skatolu. U zvířat, kterým byl podáván bramborový škrob, došlo k redukcí skatolu v kolonu, krevní plazmě i tuku. Oproti tomu u zvířat, kterým byla do krmiva samostatně přidána kyselina mléčná, ve formě krmiva

potáženého tukem s Ca – butyrátem, ke snížení hladiny skatolu nedošlo (Øverland et al. 2007).

## 3.5 Eliminace kančího pachu

### 3.5.1 Welfare a kastrace

Hlavním důvodem kastrace samců je přítomnost kančího zápachu, který je negativně vnímán při konzumaci vepřového masa. Je všeobecně známo, že způsob kastrace má negativní dopad na životní podmínky zvířat a zvyšující se zájem společnosti o welfare představuje silný podnět pro ukončení kastrace (De Briyne et al. 2016). Bylo prokázáno, že s kančím zápachem jsou spojeny tři hlavní sloučeniny: androstenon, skatol a indol. Protože jsou tyto sloučeniny lipofilní, hromadí se v tukové tkáni rostoucích zvířat v souvislosti s pubertálním vývojem. U jatečně upravených těl, kde je koncentrace těchto sloučenin vyšší než individuální práh citlivosti, mohou spotřebitelé vnímat vůni nebo chuť masa při vaření jako nepříjemnou. Při provádění kastrovačích postupů, jsou zvířata vystavována velké bolesti během zákroku. V této souvislosti se objevuje názor, že kastrace je celkově vnímána jako špatná věc pro welfare zvířete. Prasata, která nejsou podrobena kastraci, jsou ušetřena bolesti během tohoto výkonu, ale zvířata mohou trpět zvýšeným stresem během výkrmu kvůli agresivnímu chování. Během kastrace je nutná anestezie, která zmírňuje bolest během operace a analgezie po tomto výkonu. V současnosti je však použití dostupných metod na kombinovanou anestezii a analgezii ve většině zemí příliš nákladné (Bonneau & Weiler 2019).

- **Chirurgická kastrace**

Chirurgická kastrace způsobuje bolest samců selat během operace, ale i po ní. To je demonstrováno hlasitými projevy zvířat, zvýšením tepové frekvence, adrenalinu, noradrenalinu, hladiny kortizolu a expresí proteinu c-Fos v neuronech míchy. Existují důkazy o negativním dopadu na zdraví u kastrováných samců ve srovnání s nekastrovánými, což vede k vyšší úmrtnosti u chirurgicky kastrováných selat (Morales et al. 2017). Mezi pozitivní aspekty chirurgické kastrace patří snížení agresivního chování dospívajících kanců, což má vliv na dobré životní podmínky zvířat ustájených ve společném kotci (Rydhmer et al. 2006).

Chirurgická kastrace selat samčího pohlaví způsobuje zvýšení denní spotřeby krmiva bez kompenzace rychlosti růstu. To vede k prudkému snížení účinnosti krmiva, tzn. k produkci stejného množství masa je zapotřebí celkem o 10 až 15 % více krmiva ve srovnání s kancem nekastrováných prasat. Zároveň u kastrátů dochází ke zvýšenému vylučování dusíku přibližně o 15 %. To vede k prudkému nárůstu nákladů na krmivo a dopadů na životní prostředí (Lundström et al. 2009).

Hodně diskutovaným tématem je ukončení chirurgické kastrace a tím udržení dobrých životních podmínek zvířat. Kančí pach, jako nepříjemná součást masa, je spotřebiteli vnímán

velmi subjektivně. Androstenon vnímá 90 % žen, a pouze 50 % mužů. Z toho vyplývá, že u spousty lidí není chuťová preference ovlivněna kančím pachem (Smital 2020).

V zemích EU je vytvořena legislativní povinnost chirurgické kastrace kanečků pod narkózou, nebo lokáním znecitlivěním. Současná legislativa povoluje provést kastraci do sedmého dne věku selete kastraci standardním způsobem. Následně pak jenom anestézií (Čítek et al. 2019).

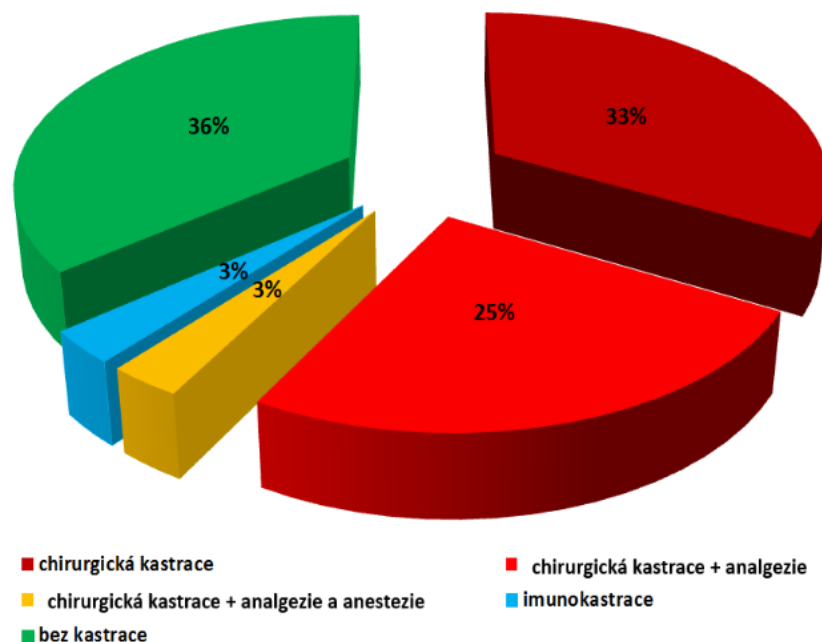
- **Imunokastrace**

Alternativní metody kastrace se sice jeví jako bezbolestné, ale vykazují jisté nedokonalosti. Principem imunokastrace je podání vakcíny před porážkou prasete. Dojde k inhibici sekrece testosteronu a funkce vývoje varlat. Tímto způsobem by se předešlo bolesti, které je zvíře vystaveno, při chirurgické kastraci. Je ale důležité zmínit, zda injekce nezpůsobuje určitou formu stresu i bolesti, což je velmi diskutované téma poslední doby (Smital 2020).

Snaha ušetřit hospodářská zvířata stresujících zážitků vedla řadu zemí v minulých dvaceti letech k zákazu chirurgické kastrace a jejímu nahrazení imunizací analogem gonadoliberinu. Tento hormon produkováný hypotalamem stojí v endokrinních regulacích dvě patra nad pohlavními hormony (Aluwé et al. 2018). Protilátky vytvořené po imunizaci gonadoliberin zablokují, následkem toho hypofýza nedostane signál k produkci gonadotropinů, jež řídí růst a činnost varlat. Pokud se tento zákrok učiní ve správný čas, varlata divokých kanců zakrní. Někdy tento proces ale nefunguje úplně dokonale. Trocha gonadoliberinu může uniknout z oné pasti, povzbudí hypofýzu, ta předá signál mladým varlatům a puberta přerostlého selete se začne odehrávat (Dunshea et al. 2001).

Při imunokastraci se aplikují pomocí vpichu chemikálie, které způsobují destrukci varlat. V otázce welfare prasat při použití této metody je těžké stanovit závěr, neboť je k dispozici nízký počet studií a výzkumů, které by jednoznačně určovaly, jak moc velké bolesti je v tomto případě zvíře vystaveno. Mezi nežádoucí projevy mohou spadat přítomné léze v místě vpichu, stres při manipulaci a možnost sebepoškození chovatele (Smital 2020).

Vakcína proti kančímu pachu se jeví být vhodnou alternativou chirurgické kastrace. Ta u kanců snižuje funkci varlat a tím zamezí hromadění sloučenin způsobujících kančí zápach. Koncentrace těchto látek tak klesne na běžnou úroveň, jakou detekujeme u prasniček nebo kastrátů. Aplikace vakcíny se provádí ve dvou dávkách v časovém rozmezí čtyř týdnů. Prasatům se může vakcína aplikovat od osmého týdne věku. Po podání první dávky nastane stimulace imunitních paměťových buněk, která ještě neovlivní funkci varlat. Druhá podaná dávka vyvolá tvorbu specifických protilátek a následné vyloučení látek, které jsou odpovědné za kančí pach. Varlata se zmenší a projevy samčího chování se utlumí. Druhá dávka by měla být aplikována čtyři až šest týdnů před předpokládanou dobou porážky. Játra tak budou mít dostatečnou dobu na vyčištění organismu od látek způsobujících kančí zápach (Velechovská 2011).



Obrázek 4: Podíl nekastrovaných kanců a způsobů kastrace v Evropě.

Zdroj: [<http://infopigs.blogspot.com/2018/08/kastrace-kancu.html>]

### 3.5.2 Role genetiky

Genetické účinky na kančí zápach souvisí s rozdíly v produkci a vylučováním sloučenin zápachu a se stupněm pohlavní zralosti při porážce. Jako dlouhodobé řešení problému s kančím pachem se nabízí produkce linií prasat s nízkým podílem kančího pachu pomocí genetických metod. Eliminace kančího pachu se může dosáhnout selektivním šlechtěním prostřednictvím testování užitkovosti nebo pomocí genetických markerů či úpravou genů, které se na tomto nepříjemném oděru podílejí (Squires et al. 2020).

- **Selektivní chov**

Genetická selekce kančího pachu nabízí neinvazivní, nákladově efektivní, šetrné k životním podmínkám zvířat a potenciálně dlouhodobé řešení problematiky kančího pachu. Množství kančího zápachu se může dramaticky lišit jednak mezi jednotlivými plemeny, ale rozdíly se vyskytují i mezi prasaty v rámci jednoho plemene. Úroveň dědičnosti androstenonu a skatolu je střední až vysoká a existuje mezi nimi genetická korelace. Z tohoto důvodu je možná selekce kusů, které vykazují nízkou přítomnost kančího pachu. Při genetickém výběru pro redukci androstenonu je také nutné kontrolovat agresivitu a sexuální chování kanců (Squires et al. 2020).

Genetická korelace androstenonu s produkčními znaky, jako je rychlost růstu, účinnost krmiva nebo kvalita jatečně upraveného těla bývá většinou příznivá a selekce používaná u plodných linií prasat by měla mít tendenci snižovat kančí zápach. V liniích samic se genetické vztahy mezi kančím pachem a reprodukčními znaky u jednotlivých plemen liší, proto je důležité chov pečlivě sledovat, aby nedošlo k nepříznivému ovlivnění reprodukce (Brinke et al. 2020).

- **Sexování spermií**

Techniky sexování spermií, které se neustále zdokonalují, mají potenciál vyřešit dobré životní podmínky a etické problémy v chovu zvířat. Pokusy o produkci výhradně samic, určených pro chovné účely, by zabránily hromadnému usmrcování samců. Sexované kančí sperma by nabízelo možnost produkovat pouze samice prasat, které by nemusely podstoupit kastraci. Výzkum z kančího spermatu byl zahájen na počátku 90. let. Sexované spermie jsou komerčně dostupné pro skot, ale ne pro prasata, protože pro inseminaci prasnic je zapotřebí obrovské množství spermií (2,5 miliardy spermií na dávku). Vysoký počet spermií potřebných pro uspokojivý výsledek je částečně důsledkem anatomie reprodukčních orgánů prasnice (tj. dlouhými děložními rohy) a částečně kvůli velkým ztrátám živých spermií během skladování a transportu i po inseminaci. První výsledky oddělení prasečího spermatu X a Y byly zveřejněny koncem 80. let (Johnson et al. 1987; Johnson & Clark 1998). Byly testovány různé metody, ale průtoková cytometrie je v současnosti jedinou komerčně dostupnou metodou. Metoda je založena na rozdílech ve velikosti chromozomů X a Y. Vzhledem k odlišnému množství DNA jsou spermie nesoucí X a Y různě elektricky zatíženy, což se používá k jejich oddělení. V současné době tato technika umožňuje třídění pouze 10 až 15 milionů spermií za hodinu. V důsledku toho by jednomu separátoru spermií trvalo až 5 hodin, než by se vytvořila pouze jedna dávka spermií, protože 5 ml porce s 50 miliony spermií je v současnosti považována za minimální množství potřebné k úspěšné inseminaci specifickým katétrem, který umístí spermie do báze dělohy (Rath 2002). Při použití běžných inseminačních technik by doba výroby činila několik dní. Aby se tato technologie stala praktickým nástrojem pro každodenní použití, musela by být zlepšena pro vyšší účinnost, zejména zvýšením rychlosti oddělení a snížením nákladů (EFSA 2004).

- **Úprava genů**

V současné době se vyvíjí dva přístupy ke genetické úpravě zaměřené na kontrolu kančího pachu. Ty jsou založeny na opožděné pubertě vyřazením genu *KISS1R*, který se podílí na nástupu puberty nebo inaktivací genu *SRY* podílejícího se na vývoji varlat. Tyto strategie zabrání tvorbě kančího pachu, steroidu androstenonu. Také sníží produkci androgenů a estrogenů, které jsou zodpovědné za vyšší růst kanců, což může vést k problémům při rozmnožování takto upravených zvířat (Kurtz & Petersen 2019).

Gen *SRY* na chromozomu Y hraje stěžejní roli při určování pohlaví prasete. Ve studii (Kurtz et al. 2021) jsou popsány důkazy, že geneticky samci prasat s vyřazeným genem *SRY* podstupují reverzi vnitřních i vnějších genitálií. Tento objev *SRY* jako hlavního přepínače pro určování pohlaví u prasat může být alternativou pro chirurgickou kastraci při produkci prasat a zábranou kančího pachu. Vzhledem k tomu, že prase má mnoho genetických, fyziologických a anatomických podobností s lidmi, poskytuje také vhodný zvířecí model pro syndromy změny lidského pohlaví, který umožňuje rozvoj nových zásahů proti lidským sexuálním poruchám.

Jako vhodná a moderní technika při genové editaci se používá CRISPR metoda (z angl. Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats). K jejímu objevu došlo cca před 10 lety.

### 3.5.3 Vliv inulinu v krmné směsi

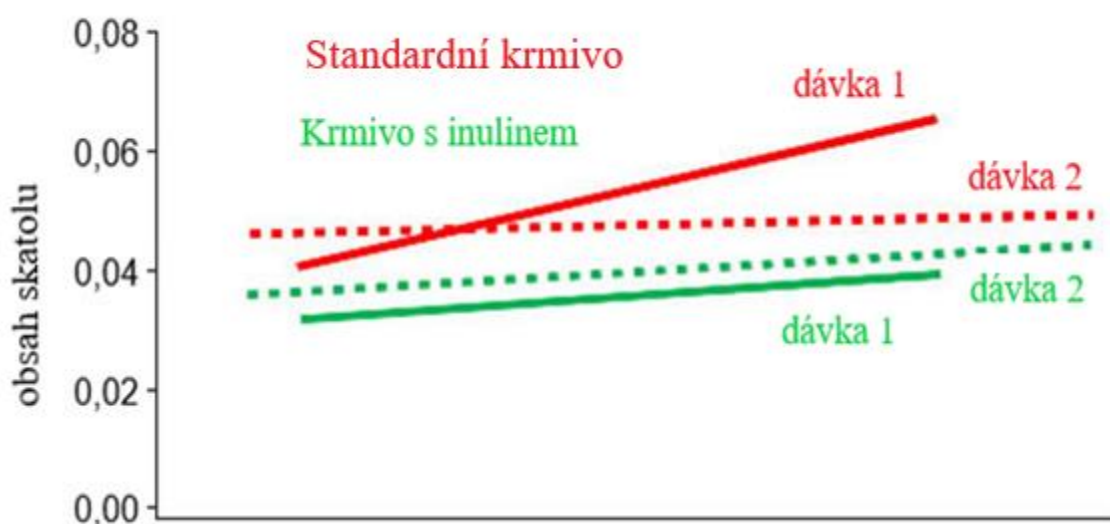
Topinambur (Jeruzalémský artyčok, *Helianthus tuberosus* L.; dále JA) je vytrvalá rostlina z rodu *Helianthus* se spoustou příznivých růstových vlastností. Pěstování topinamburu má mnoho výhod, je tolerantní vůči biotickému stresu, tj. vůči škůdcům a chorobám. Může normálně růst v široké škále půd včetně půd s obsahem solí, písčitých půd a na území s téměř nulovou úrovní hnojení. Navíc vykazuje i potenciální odolnost vůči suchu, mrazu a vysokým teplotám. Obsah dusíkatých látek, hrubé vlákniny a vápníku v optimálním období sklizně slámy pícninového typu je topinambur srovnatelný s obsahem vojtěškového sena ve stadiu květu a kukuřice ve stadiu zrání. Inulin v hlízách jeruzalémského artyčoku je funkční složkou, která má prebiotické účinky v gastrointestinálním traktu monogastrických zvířat a mladých přežvýkavců. Účinně podporuje růst probiotik, jako jsou *Bifidobacteria* a *Lactobacillus* (Wang et al. 2020). reguluje střevní mikroflóru a zlepšuje imunitní funkci zvířat. Kromě toho některé bioaktivní látky (např. flavonoidy, fenolové kyseliny, terpenoidy, polysacharidy a aminokyseliny) v listech a květech JA vykazují antibakteriální, protizánětlivé, antioxidační a protinádorové funkce (Kaszás et al. 2020).

Kastrace se praktikuje proto, aby se zabránilo vzniku kančího zápachu, který negativně ovlivňuje chuť a vůni vepřového masa, a nežádoucímu agresivnímu chování. Kvůli problémům s dobrými životními podmínkami zvířat se však hledají alternativy k chirurgické kastraci. Víme, že kančí zápach je výsledkem vysokých koncentrací skatolu a androstenonu v hřbetním sádle. Skatol (3 - methylindol), který má fekální zápach, je produkován mikrobiální degradací L-tryptofanu ve střevě prasat a je spolu s androstenonem hlavní sloučeninou zodpovědnou za kančí zápach. Produkce skatolu je omezena na několik bakteriálních druhů, z nichž pouze jeden, *Olsenella scatoligenes*, byla dosud izolována z prasečího střeva. Skatol se vytváří ve střevech obou pohlaví prasat; vyšší koncentrace se však měří v hřbetním tuku nekastrovaných samců prasat, pravděpodobně v důsledku sníženého metabolismu skatolu v játrech ve srovnání se samicemi (Li et al. 2019). Významný podíl skatolu na vnímání zápachu masa naznačuje, že snížení koncentrace skatolu může být účinným prostředkem ke zvýšení přijetí spotřebiteli. Přidání některých fermentovatelných zdrojů vlákniny do krmiva zabraňuje kančímu zápachu tím, že snižuje produkci skatolu, čímž se tato strategie stává alternativou k chirurgické kastraci. Zdroje vlákniny bohaté na inulin, jako jsou kořeny čekanky a artyčok jeruzalémský, se ukázaly jako nejúčinnější. Při doplnění krmné dávky fermentovatelným zdrojem vlákniny dojde ke zvýšené koncentraci butyrátu v tlustém střevě prasat, což snižuje buněčnou apoptózu, a tím se sníží dostupnost tryptofanu pro tvorbu skatolu. Bylo však prokázáno, že vliv kořenů čekanky a jiných vysoce fermentovatelných zdrojů vláken obsahujících inulin na složení mikrobiot se liší (Li et al. 2019).



Právě kořeny čekanky jsou velmi bohaté na obsah inulinu, který je díky své nestravitelnosti v tenkém střevě, schopný měnit obvyklý průběh bakteriální fermentace v kolonu, a tím tedy snižovat produkci skatolu. V jeho kombinaci s bikarbonátem pak byla snížena průměrná koncentrace skatolu ve tkáni o 50 – 75 % (Vhile et al. 2012).

Stejný účinek jako při využití čekanky se potvrdil u slunečnice topinamburu. Zkrmování slunečnice topinamburu 1 týden před porážkou vedlo ke snížení hladiny skatolu ve střevě a tuku. Snížená hladina skatolu pak může souviset s poklesem *Clostridium perfringens* a s vyšším obsahem mastných kyselin s krátkým řetězcem a následným poklesem pH. Čekanka a slunečnice topinambur by pak mohly být vhodným zdrojem fruktooligosacharidů (FOSů) pro eliminaci kančího pachu, zejména pak z hlediska jejich dostupnosti a minimálnímu vlivu na příjem krmiva (Vhile et al. 2012).



Obrázek 5: Redukce množství skatolu u kanců při podávání stravy bohaté na inulin (čekanka, topinambur).

Zdroj: [[https://www.pig333.com/articles/how-to-reduce-the-risk-of-boar-taint-in-carcasses-from-entire-males\\_13342/](https://www.pig333.com/articles/how-to-reduce-the-risk-of-boar-taint-in-carcasses-from-entire-males_13342/)]

### 3.5.4 Tepelná úprava masa

V rámci několika studií byla dokonce zkoumána intenzivnost kančího zápachu při různých formách tepelné úpravy masa, které pocházelo z jednoho kance. Zvolenými metodami tepelné úpravy se staly: grilování, smažení, pečení v troubě a vaření vakuovaného vzorku. Ačkoliv byly nalezeny významné rozdíly mezi všemi metodami, nejlepšími výsledky se dosáhlo při tepelné úpravě masa smažením. Naopak nejvíce byl androstenon znatelný u grilovaného masa a vakuově vařeného. Na základě výsledků studií můžeme říci, že způsob úpravy kančího masa může výrazně ovlivnit vnímatelnost kančího pachu a možnosti jeho využití (Zadinová et al. 2017).

Předpisy Evropské unie vyžadují, aby bylo maso prohlášeno za nevhodné k lidské spotřebě, pokud se vyskytnou jisté organoleptické anomálie, jakými jsou například právě sexuální pachy (nařízení ES č. 854/2004, 2004). V tuto chvíli není k dispozici žádná rychlá technická metoda pro rutinní analýzy kančího pachu na samotných jatkách (Lundstrom et al. 2006).

### 3.6 Možnosti detekce pachu prasat

Potřeba stanovení rychlé a ekonomicky akceptovatelné metody identifikace jatečných prasat s nepříjemnými úrovněmi složek kančího pachu přímo na jatkách představuje v současné době stále velkou výzvu. V současné době neexistuje v rámci Evropské unie jednotná metoda detekce kančího pachu přímo na porážkové lince (Mörlein et al. 2016).

Některé členské státy Evropské unie se v dnešní době pokouší uplatnit alespoň některé vhodné testovací systémy. Ve Velké Británii se v současné době používají tzv. „hot wire test“. Používanou alternativou představuje i použití pájky, jejíž hrot je zaveden do hřbetního tuku jatečního prasete. V některých zemích se využívají speciálně vyvinuté přístroje s rozžhavenou kovovou destičkou, která se opět přikládá na hřbetní tuk zvířete (Mathur et al. 2012).

Všechny tyto metody využívají stejného efektu - zahřátí tukové tkáně, při kterém se uvolňuje zápach androstenonu a skatolu. Výskyt těchto látek je následně senzorycky hodnocen zkušeným operátorem, přítomným přímo na porážkové lince. V Německu se jedno období uplatňovala tzv. zkouška varem. Avšak tyto výše uvedené strategie jsou málo efektivní, a to kvůli rozdílným čichovým vlastnostem mezi operátory a jejich únavě ze senzoryckého hodnocení, ke kterému dochází z důvodu vysoké četnosti hodnocených zvířat (Mathur et al. 2012).

Je tedy patrné, že do dnešního dne se používají různé možnosti zahřátí hřbetního tuku jatečných prasat přímo na jatkách, přičemž je k hodnocení stále využíván lidský faktor neboli čichové schopnosti hodnotitelů. Vzhledem k tomu, že čichové vnímání se u jednotlivců liší, je obzvláště důležité vybrat hodnotitele podle jejich čichové ostrosti. Existuje dostatek důkazů o specifické anosmii, tj. specifické zápchové slepotě vůči androstenonu u lidí s jinak normální čichovou citlivostí. Odhady prevalence anosmie v obecné populaci se mezi četnými studiemi značně liší kvůli metodologickým rozdílům, v rozmezí asi od 2 % do 6 % (Bremner 2003).

Předchozí studie také prokázaly, že citlivost hodnotitelů na androstenon ovlivňuje jejich schopnost rozlišovat intenzitu aromatu androstenonu v kančím mase. Podobná individuální variabilita citlivosti byla prokázána i pro skatol, kdy v rámci studie 18 % zúčastněných bylo necitlivých na skatol při koncentraci použité v rámci daného testování. Pečlivý výběr vhodných posuzovatelů je proto zásadní pro hodnocení zápalu při porážce (Mörlein et al. 2016).

Zatímco potřeba kontroly kančího pachu byla obecně stanovena v právních předpisech Evropské unie a ve vnitrostátních právních předpisech, dosud nebyly zdokumentovány žádné konkrétní požadavky na konkrétní výběr hodnotitelů. Hodnocení chemických látek před samotnou porážkou je však založen pouze na senzoryckých schopnostech oněch hodnotitelů,

jejich kognitivních schopnostech, schopnostech rozlišovat a kategorizovat pachy, a jejich citlivost na chemické látky (Tempere et al. 2011).

V současné době však dochází k vývoji v rámci této problematiky. Tento vývoj charakterizují hned dvě nové metodologické strategie. První metoda je založená na nepřímém měření kančího pachu pomocí nespecifických metod. Jejich podstatou je využití nespecifických chemických (plynných) senzorů, tzv. elektronický nos a přímá hmotnostní spektrometrie, respektive mass spectrometry (MS) (Bremmer et al. 2003). Druhou možností představuje přímé měření složek kančího pachu specifickými měřicími technikami s vysokou rozlišovací schopností, při kterých jsou jednotlivé substance následně analyzované a kvantifikované. Jedná se o tzv. gas chromatography (GC), respektive rychlou plynovou chromatografii, spektroskopii/ kolorimetrii a biosenzory (Haugen 2006).

### **3.6.1 Chemické senzory neboli elektronické nosy**

Analýza pachů a chutí v mase a masných výrobcích byla tradičně prováděna buď vyškoleným sensorickým hodnocením, nebo hmotnostní spektrometrií s plynovou chromatografií v prostoru nad hlavou konkrétního jatečního zvířete. V některých případech však mohlo sensorické hodnocení selhat. Mohlo to být zapříčiněno anosmií, nízkými prahovými hodnotami skatolu a androstenonu nebo nesprávnou klasifikací v důsledku jiných interferujících pachových sloučenin, které nesouvisejí s kančím pachem (Vestergaard et al. 2006).

Uvedené metody pro detekci kančího pachu jsou časově náročné a nákladné, a proto by bylo vhodné disponovat objektivní rychlou metodou, určenou pro rychlé třídění kanců na porážkové lince na základě chemických i sensorických kritérií. A právě metoda elektronického nosu by měla umožnit analýzu velkého počtu vzorků během krátké doby s dostatečnou reprodukovatelností a přesností (Vestergaard et al. 2006).

Nespecifické plynné senzory jsou schopné detekovat některé složky v plynném stavu ve vztahu ke kančímu pachu. Mnohé studie poukázaly na fakt, že tato technologie má potenciál pro budoucí on-line použití na porážkové lince při třídění jatečních zvířat, prokazujících kančí pach (Haugen 2006).

Výsledky dokumentují vysoce významné korelace ( $r = 0,6 - 0,9$ ) mezi sensorickým hodnocením, hladinami skatolu a androstenonu a sensorickými atributy, týkajícími se kančího pachu. Predikční chyba osciluje od 5 % do 30 %. Nevýhodou je, že používání chemických senzorů není specifické a detekují se jen hlavní těkavé složky v plynném stavu (Röck et al. 2008).

Jestliže se složky kančího pachu mohou vyskytovat i v malých koncentracích, tyto metody jsou považované spíše za doplňkové k analytickým, či pro panelové testy. Pokud se nezvýší selektivita a citlivost ke složkám kančího pachu, nebudou tyto metody aplikovatelné pro jeho rychlou detekci (Röck et al. 2008).

### 3.6.2 Přímá hmotnostní spektrometrie (MS)

Tato technika je založená na přímém transferu těkavého vzorku do ionizovaného zdroje spektrometrie s následnou hmotnostní fragmentací molekul. Může a často v praxi i je kombinovaná s jinými metodami, např. pyrolýzou. Kombinace pyrolýzy a mass spektrometrie se již k detekci kančího pachu používá. Současné výsledky dokládají, že rychlost klasifikace může být spolehlivá pro hraniční úrovně 1,0 µg/g pro androstenon a 0,16 µg/g pro skatol (Ampuero & Bee 2006).

### 3.6.3 Rychlá plynová chromatografie

Plynová chromatografie představuje zdokonalenou metodu klasické plynové chromatografie, kdy androstenon, skatol a indol mohou být izolovány a detekovány v průběhu i 10 vteřin. V tomto ohledu je však kritickou fází této analýzy již samotný odběr vzorku. Kombinace statického odběru s rychlou chromatografií není dostatečně citlivou metodou, aby umožnila přímé měření složek kančího pachu (Lundström et al. 2009).

V rámci této metody je nutné izolovat složky kančího pachu vhodným způsobem ještě před samotnou chromatografickou analýzou. Efektivním procesem je extrakce na bázi pevné složky, ta má v kombinaci s rychlou chromatografií detekční limit pro skatol 0,2 ppm, pro androstenon 0,5 ppm (Lundström et al. 2009).

### 3.6.4 Vysokoučinná kapalinová chromatografie (HPLC)

Vysokoučinná chromatografická separace je dominantní analytická separační metoda, která umožňuje separaci a současně kvantifikaci látek, které jsou přítomny ve vzorku (Bhardwaj et al. 2015). Ve většině případů poskytuje vysokou detekční citlivost. Mezi její výhody patří rychlost, specifčnost, přesnost a snadnost automatizace v této metodě. Vývoj a validace metod HPLC hrají důležitou roli v nových objevech, vývoji, výrobě farmaceutických léčiv a různých dalších studiích týkajících se lidí a zvířat. Je založena na principu průchodu vzorku kolonou, kde na základě fyzikálně chemických vlastností dochází ke vzniku slabých interakcí mezi vzorkem, který je unášen mobilní fází a fází stacionární. Tímto způsobem dochází postupně k rozdělení jednotlivých analytů přítomných ve vzorku. Analyty jsou z kolony vymývány a při průchodu detektorem je zaznamenána jejich absorbance nebo proud uvolněný při chemické reakci (elektrochemický detektor), který je následně převáděn na signál. Dle toho, jaká je velikost signálu, je možné provést kvalitativní a kvantitativní detekci, pro kterou je nutná předchozí kalibrace (Jacob et al. 2016). Využití plyné nebo kapalně chromatografie v kombinaci s hmotnostní spektrometrií se jeví jako vhodná metoda pro laboratorní detekci kančího pachu v tukové tkáni, vykazující vysokou účinnost a přesnost (Sorensen & Engelsen 2014).

## 4 Materiál a metodika

### 4.1 Materiál

Pokus byl proveden v Testační a pokusné stanici prasat Ploskově u Lán, tj. externím pracovišti Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské Univerzity v Praze. Stanovení androstenonu, skatolu a indolu bylo realizováno v laboratořích Katedry chovu hospodářských zvířat.

#### 4.1.1 Krmivo a zvířata

Do pokusu bylo zařazeno celkem 72 kusů finálních hybridů prasat, tj. (české bílé ušlechtilé × česká landrasa) × české bílé ušlechtilé. Prasata byla umístěna do kotečů po dvou kusech. Celkově bylo tedy využito 36 kotečů. Průměrná počáteční hmotnost prasat byla kolem 46 kg a průměrná porážková hmotnost byla kolem 112 kg. Prasata byla rozdělena do čtyř skupin na základě diety, která jim byla podávána. První skupina dostávala pouze základní krmnou dávku (KD), která obsahovala extrahovaný sójový šrot, pšeničnou a ječnou moučku a doplňkovou složku (premix). Ostatní tři skupiny byly krmeny zmíněnou základní KD s přídavkem *H. tuberosus L.* v různém procentuelním zastoupení, tj. 4,1 %, 8,1 % a 12,2 %. Použitý *H. tuberosus L.* byl usušen a přidán do diety v rozemletém stavu (velikost částic  $\leq 2$  mm). Ze sušeného *H. tuberosus L.* byl na základě analýzy stanoven obsah čistého inulinu. Základní KD byla sestavena podle nutričních potřeb prasat, která byla krmena *ad libitum*. Údaje o chemickém složení základní KD a sušeného *H. tuberosus L.* jsou uvedeny v Tabulce 4. Po celou dobu experimentu měla prasata volný přístup k vodě. Základní KD byla podávána prasatům ve věku od 93 – 140 dní. Po této krmné periodě následovalo 13-ti denní období (od 140 do 153 dnů) před porážkou, během něhož byl sušený a rozemletý *H. tuberosus L.* každý den homogenním způsobem přimíchán do základní KD pro každou experimentální skupinu. Prasata byla porážena ve věku 153 dní. Ustájena byla v párech v kotečích s betonovými rošty na podlaze. Součástí každého kotce bylo jedno koryto pro obě prasata. U ustájených zvířat byl sledován průměrný denní přírůstek hmotnosti, průměrná spotřeba krmiva a konverze krmiva. Vážení byla podrobena vždy jedenkrát v týdnu. Hmotnost všech testovaných zvířat byla zaznamenána také na konci experimentu. Na základě průměrné tělesné hmotnosti (průměr  $\pm 5$  kg) bylo z každé skupiny vybráno 11 – 13 kusů. Vybraná prasata byla porážena na komerčních jatkách a podrobena dalším analýzám.

**Tabulka 4: Analyzované chemické složení základní krmné dávky a *Helianthus tuberosus L.***

Složení živin	Základní krmná dávka	<i>Helianthus tuberosus L.</i>
Sušina (%)	90,95	90
Dusíkaté látky (%)	14,18	8,57
Tuk (%)	1,06	0,33
Hrubá vláknina (%)	3,63	3,51
Popeloviny (%)	4,58	7,47
Bezdušíkaté látky(%)	67,5	70,12
Fruktany (%)	-	55,76
MEp (MJ.kg-1)	13,25	13,79

## 4.2 Metodika

### 4.2.1 Kvantitativní ukazatele jateční hodnoty

Hmotnost jatečně upraveného těla (JUT) za tepla, výška hřbetního tuku a procentuelní podíl libového masa byly měřeny 45 minut po porážce na jatkách.

### 4.2.2 Odběr vzorků

Vzorky pro rozборы androstenonu, skatolu a indolu byly odebrány z tukové tkáně z oblasti krku prasat 24 hodin *post-mortem* a poté zamrazeny při teplotě - 80 °C až do samotné analýzy.

### 4.2.3 Analýza androstenonu, skatolu a indolu

K analýze koncentrace androstenonu, skatolu a indolu v tukové tkáni byla použita vysokoúčinná kapalinová chromatografie (Jasco LC-2000, Watrex Praha, s.r.o., Praha Česká Republika) podle metodiky Okrouhlá et al. (2016). Analýza probíhala při teplotě 40 °C a byla použita kolona Kinetex C18 100 A (5 µm, 50 × 4,60 mm ID). Složky mobilní fáze byly: A - pufr fosforečnanu draselného a B - methanol. Program profilu gradientu byl následující: 0 - 0,2 min., 90 % A; 0,2 – 6,0 min., 90 % – 55 % A; 6,0 - 7,0 min., 55 % – 0 % A. Průtok kolony byl 1,2 ml/min s objemem injekce 30 µl. Detekce fluorescence byla provedena s excitací při 285 nm a emisí při 340 nm. Pro stanovení androstenonu, skatolu a indolu ze vzorku byla použita standardní kalibrační křivka.

#### 4.2.4 Statistické vyhodnocení

Při vyhodnocování výsledků byla použita jednosměrná analýza rozptylu ANOVA s obsahem *H. tuberosus L.* v potravě jako fixního faktoru. Živá hmotnost, hmotnost jatečně upraveného těla a kotce neměly významný vliv na hodnocené vlastnosti, proto nebyly zahrnuty do konečného modelu. Údaje byly vyhodnoceny postupem obecného lineárního modelu (GLM) v systému SAS (verze 9.04, Statistický analytický systém, Toronto, ON, Kanada). Význam rozptylu mezi skupinami byl testován pomocí Scheffeova testu. Úroveň významnosti byla u všech měřených hodnot  $p \leq 0,05$ . K testování korelací byla použita Pearsonova korelační analýza. Testování významných rozdílů bylo provedeno dle následujícího modelu matematické statistické jednosměrné analýzy:

$$Y_i = \mu + d_i + e_i$$

kde  $Y_i$  = hodnota znaku

$\mu$  = celkový průměr

$d_i$  = účinek obsahu *H. tuberosus L.* v dietě ( $i = 1, 2, 3, 4$ )

$e_i$  = náhodný zbytek

## 5 Výsledky

V Tabulce 5 jsou uvedeny účinky koncentrace *H. tuberosus L.* v KD na vybrané ukazatele výkrmnosti a jatečné hodnoty prasat. Průměrná živá hmotnost prasat ve věku 93 dní se u všech skupin pohybovala okolo 46 kg. Ve věku 153 dní byla nejnižší průměrná živá hmotnost 109 kg zjištěna u skupiny, které bylo podáváno krmivo s obsahem *H. tuberosus L.* 12,2 %. Naopak nejvyšší průměrná živá hmotnost 114,4 kg byla zaznamenána u skupiny krmené krmnou dávkou obsahující 4,1 % této rostliny.

Statisticky významná průkaznost ( $p = 0,042$ ) byla zjištěna u ukazatele průměrný denní přírůstek, kdy se nejnižší hodnoty 1084,4 g objevovaly ve skupině s nejvyšším množstvím *H. tuberosus L.* ve srovnání s ostatními skupinami. Pokles průměrného denního přírůstku ve skupině krmené 12,2 % *H. tuberosus L.* lze vysvětlit sníženým denním příjmem krmiva v této skupině (2,37 kg), který mohl být způsoben přítomností látek, které změnilly organoleptické vlastnosti krmné směsi. Naopak nejvyšší průměrné denní přírůstky 1194,8 g byly zjištěny u skupiny zvířat, která byla krmena KD s obsahem 8,1 % *H. tuberosus L.*

Skupina, která přijímala KD s nejvyšším obsahem *H. tuberosus L.*, vykazovala nejnižší hmotnost JUT, což se ale neprojevalo jako statisticky významné ( $p = 0,581$ ).

Podíl libového masa byl nejvyšší ve skupině krmené KD s obsahem 8,1 % *H. tuberosus L.* a projevil se jako statisticky nevýznamný ( $p = 0,053$ ). Lze tedy říct, že jako nejefektivnější metodou krmení vzhledem k nejvyššímu průměrnému dennímu přírůstku a zároveň nejvyššímu podílu libového masa se jeví krmná dávka právě s podílem 8,1 % *H. tuberosus L.*



**Tabulka 5: Vliv koncentrace *Helianthus tuberosus L.* v krmné dávce na vybrané výkrmnostní ukazatele a jatečnou hodnotu.**

Úrovně diety s <i>H. tuberosus</i>	Kontrola (n = 11)		4,1 % (n = 12)		8,1 % (n = 11)		12,2 % (n = 13)		SEM	hodnota <i>p</i>
	$\bar{x}$		$\bar{x}$		$\bar{x}$		$\bar{x}$			
Živá hmotnost v 93 dnech (kg)	46,6		46,9		46,1		46		0,69	0,968
Živá hmotnost ve 153 dnech (kg)	112,1		114,4		113,3		109		1,14	0,354
Průměrný denní přírůstek (g)	1184,3 <sup>a</sup>		1176,1 <sup>a</sup>		1194,8 <sup>a</sup>		1084,4 <sup>b</sup>		16,14	0,042
Průměrná denní spotřeba krmiva (kg)	2,65 <sup>a</sup>		2,66 <sup>a</sup>		2,66 <sup>a</sup>		2,37 <sup>b</sup>		0,015	0,045
Konverze krmiva (kg/kg)	2,24		2,26		2,23		2,19		0,011	0,935
Hmotnost jatečně upraveného těla (kg)	86,5		86,2		86,3		83,1		1,02	0,581
Jatečná výtěžnost	77,2		75,4		76,2		76,2		0,51	0,677
Výška hřbetního tuku (mm)	13,8		13,5		14,3		13,5		0,36	0,844
Podíl líbového masa (%)	68,2		67,3		68,7		63,5		0,76	0,053

Poznámka: a, b ( $p \leq 0,05$ ); *p* – hodnota (průkaznost); SEM = standardní chyba průměru; n = četnost; kg = kilogram; g = gram; mm = milimetr; % = procento.

Tabulka 6 znázorňuje vliv přítomnosti *H. tuberosus L.* v KD na koncentraci androstenonu, skatolu a indolu v tukové tkáni. Hraniční hodnoty pro detekci androstenonu byly 0,24 µg/g, pro detekci skatolu a indolu 0,03 µg/g. V případě androstenonu a indolu nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl ( $p = 0,003$ ) byl prokázán u hodnot koncentrace skatolu. Byl zjištěn významný pokles, když byla zvířatům podávána KD obsahující 8,1 % a 12,2 % *H. tuberosus L.*

**Tabulka 6: Vliv koncentrace *Helianthus tuberosus L.* v krmné dávce na obsah androstenonu, skatolu a indolu ve hřbetním tuku.**

Úrovně diety s <i>H. tuberosus</i>	Kontrola (n = 11)	4,1 % (n = 12)	8,1 % (n = 11)	12,2 % (n = 13)	SEM	hodnota p
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$		
Androstenon (µg/g)	5,817 ± 0,732	3,025 ± 0,251	1,962 ± 0,011	3,199 ± 0,970	0,602	0,155
Detekce androstenonu > 0,24 µg/g (%)	100	91,66	100	92,31		
Skatol (µg/g)	0,148 <sup>a</sup> ± 0,014	0,077 <sup>ab</sup> ± 0,006	0,027 <sup>b</sup> ± 0,002	0,041 <sup>b</sup> ± 0,004	0,013	0,003
Detekce skatolu > 0,03 µg/g (%)	72,72	75	36,36	53,84		
Indol (µg/g)	0,059 ± 0,005	0,045 ± 0,004	0,063 ± 0,009	0,050 ± 0,003	0,008	0,839
Detekce indolu > 0,03 µg/g (%)	81,82	58,33	54,54	69,23		

Poznámka: a, b ( $p \leq 0,05$ ); p – hodnota (průkaznost); SEM = standardní chyba průměru; n = četnost; µg = mikrogram; g = gram; % = procento

Korelace mezi hladinami *H. tuberosus L.* a koncentracemi androsteronu, skatolu a indolu jsou uvedeny v Tabulce 7. K testování korelací byla použita Pearsonova korelační analýza. V případě skatolu byla zjištěna středně silná negativní korelace ( $r = -0,46$ ). Znamená to tedy, že přidávkem *H. tuberosus L.* do KD došlo ke snížení obsahu koncentrace skatolu v tukové tkáni.

**Tabulka 7: Pearsonův korelační koeficient mezi zvyšující se hladinou obsahu *H. tuberosus L.* v krmné dávce a obsahem androstenonu, skatolu a indolu v tukové tkáni.**

	Androstenon	Skatol	Indol
Koncentrace <i>H. tuberosus L.</i>	-0,24	-0,46**	-0,02

\*\*  $p \leq 0,01$

## 6 Diskuze

V rámci metodické části této diplomové práce bylo do pokusu zařazeno celkem 72 kusů finálních hybridů prasat (české bílé ušlechtilé × česká landrasa) × české bílé ušlechtilé. Prasata byla rozdělena do 4 skupin, na základě složení krmné dávky, která jim byla podávána. První skupina, která sloužila jako kontrolní, byla krmena základní stravou, ostatní tři skupiny byly krmeny krmnou dávkou obohacenou o *Helianthus tuberosus* L. Zásadní rozdíl chemického složení obou typů krmiv je především v přítomnosti fruktanů u stravy s *Helianthus tuberosus* L, které slouží jako prebiotikum. Základní krmná dávka byla zcela bez přítomnosti fruktanů. Van der Wiele et al. (2007) uvádí, že prebiotika, která jsou specificky bifidogenní, jsou  $\beta$  (2-1)-fruktany, složené z inulinu, oligofruktosy a fruktooligosacharidů (FOSů). Bifidogenní charakter fruktanů se vysvětluje nutriční výhodou, kterou má většina kmenů *Bifidobakterie* oproti jiným mikrobiálním skupinám ve střevním traktu. Dietní fruktany, které se dostanou do tlustého střeva, si tak mohou vybrat pro zvýšený růst a aktivitu původní populace bifidobakterií. Několik studií prokázalo, že většina druhů *Bifidobacterium* je schopna využívat FOS s krátkým řetězcem a inulin (Roberfroid et al. 1998; Biedrzycka & Bielecka 2004; Rossi et al. 2005). Van Loo (2004) uvádí, že prebiotická účinnost fruktanů inulinového typu závisí nejen na dietárním dávkování, ale také na stupni polymerizace. Nestravitelné oligosacharidy delšího stupně polymerizace jsou odolnější vůči sacharolytické fermentaci, takže metabolismus probíhá distálněji v tlustém střevě (Hughes 2001). Tento rozdíl ve fermentovatelnosti se může odrazit také na skutečných změnách, které prebiotika mají v mikrobiální komunitě a celkový metabolismus v tlustém střevě (Le Blay et al. 2003).

Hlíza slunečnice topinambur má bohatý obsah rozpustné vlákniny a její primární uhlík je uložen v inulinu (43 % až 83 % sušiny), což je fruktooligosacharid (FOS). Kays a Nottingham (2008) uvádí, že hlavní sacharidy jiných plodin (např. pšenice a kukuřice) jsou však skladovány ve škrobu.

Rozdíl chemického složení základní krmné dávky a krmné dávky s *Helianthus tuberosus* L. byl také v obsahu dusíkatých látek. Základní krmná dávka obsahovala podstatně vyšší procento dusíkatých látek. Přítomnost dusíkatých látek může mít vliv na obsah amoniaku v kejďe prasat a také na pH. Le et al. (2008) uvádí, že když se obsah dusíkatých látek (z 20 % na 12 %) snížil, došlo ke snížení emise amoniaku o 60 %.

Průměrná živá hmotnost prasat ve věku 93 dní se u všech skupin pohybovala okolo 46 kg. Při porážce byla průměrná živá hmotnost (114,4 kg) nejvyšší u skupiny, která byla krmena stravou obohacenou o 4,1 % *Helianthus tuberosus* L. Naopak nejnižší živá porážková hmotnost (109 kg) byla u skupiny, jejichž strava obsahovala nejvyšší procentuální zastoupení rostliny (12,2 %). U této skupiny byl také zaznamenán nejnižší denní přírůstek a nejnižší spotřeba krmiva. Main et al. (2004) uvádí, že se zvyšující se živou hmotností, roste i denní přírůstek. To se ale neshoduje s našimi výsledky, kdy v případě třetí skupiny byl zaznamenán nejvyšší denní přírůstek, ale ne nejvyšší živá hmotnost. Ta byla naměřena u druhé skupiny.

Statisticky významná průkaznost ( $p = 0,042$ ) byla zjištěna u ukazatele průměrného denního přírůstku, kdy se nejnižší hodnoty (108,4 g) objevovaly ve skupině, která přijímala stravu s nejvyšším množstvím *Helianthus tuberosus* L. Dle Saeed et al. (2015) koncentrace

inulinu mění strukturu krmiv. Při vysoké koncentraci může inulin měnit strukturní profil KD kvůli svým fyzikálně-chemickým vlastnostem. Fyzikálně-chemický význam inulinu je spojen s jeho stupněm polymerizace. Frakce inulinu s krátkým řetězcem má větší rozpustnost a také obsahuje mnohem více sladkosti než oligosacharidy s dlouhým řetězcem. Uvádí také, že inulin může významně ovlivnit smyslové vlastnosti. Díky těmto organoleptickým vlastnostem lze vysvětlit snížený denní příjem krmiva (2,37 g) u skupiny prasat krmené KD s 12,2 % *Helianthus tuberosus L.* Účinnost KD obohacené inulinem závisí na velikosti dávky, formě i na zdroji. Studie Kjose et al. (2010) jasně ukazuje, že účinek aditiva polysacharidů se liší podle dávky. Zjistili, že nárůst tělesné hmotnosti ve fázi výkrmu se znatelně zvýšil s přidáním inulinu v potravě. Stejně tak studie Grela et al. (2013) a Wang et al. (2019) zjistily výrazně vyšší denní přírůstky hmotnosti a nižší poměry konverze krmiva u prasat krmených stravou doplněnou inulinem. V protichůdném tvrzení je Houdijk et al. (1998), kteří se zabývali použitím fruktooligosacharidů v krmivech a jejich vlivem na růstovou výkonnost. Nezjistili žádné významné rozdíly mezi skupinami, které byly krmeny nestravitelnými oligosacharidy nebo bez nich.

Z našich naměřených dat lze tedy konstatovat, že nejefektivnější metodou krmení vzhledem k nejvyššímu průměrnému dennímu přírůstku a zároveň nejvyššímu podílu libového masa se jeví KD s podílem 8,1 % *Helianthus tuberosus L.*

Účinky koncentrace *Helianthus tuberosus L.* v dietě na koncentrace androstenonu, skatolu a indolu v tukové tkáni jsou uvedeny v Tabulce 6. V případě androstenonu a indolu nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl. Hraniční hodnoty u indolu byly 0,03 µg/g a u androstenonu 0,24 µg/g. V obou případech nebyl zjištěn žádný statisticky významný pokles koncentrace při podávání KD s přítomností *Helianthus tuberosus L.* nebo bez něj. Stejně tak studie Zamaratskaia et al. (2005), Andersson et al. (2005), Pauly et al. (2008) popisují, že není žádný významný rozdíl mezi zvířaty, která jsou krmena různými typy sacharidů nebo bez nich. Whittington et al. (2004) se zabývali vlivem stáří, kastrace a diety na hromadění androstenonu ve hřbetním tuku v souvislosti s kančím zápachem. Zjistili, že androstenon se ve hřbetním tuku nekastrovaných samic zvyšoval s věkem, a že na významný pokles hladiny androstenonu má vliv především kastrace.

Naopak statisticky významný rozdíl ( $p = 0,003$ ) byl prokázán u hodnot koncentrace skatolu. Hraniční hodnoty skatolu byly 0,03 µg/g. Byl zaznamenán významný pokles koncentrace skatolu, když prasata byla krmena KD obsahující 8,1 % a 12,2 % *Helianthus tuberosus L.* Tyto výsledky jsou ve shodě s výsledky několika studií, které dospěly k závěru, že přítomnost nestravitelných oligosacharidů v potravě snížila hladinu skatolu v tukové tkáni (Hansen et al. 2006; Kjose et al. 2010).

Vhile et al. (2012) podávali pouze 7 dní před porážkou zvířatům KD, s různými koncentracemi *Helianthus tuberosus L.* Zjistili, že přidáním sušené rostliny do KD, došlo k významnému poklesu hladiny skatolu v tukové tkáni v závislosti na krmné dávce.

Whittington et al. (2004) uvádí, že při použití KD obohacené o sacharidy došlo ke snížení hladiny skatolu a zvýšené expresi cytochromu *P4502E1*, který se podílí na metabolismu skatolu. Hladinu androstenonu to však neovlivnilo.

Některé studie (Babol et al. 1999); Panella-Riera et al. 2008) dospěly k závěru, že přítomnost androstenonu inhibuje metabolismus skatolu což by mohlo vysvětlit pozitivní korelaci mezi dvěma sloučeninami odpovědnými za kančí zápach.

## 7 Závěr

Za typický pach nekastrovaných kanců mohou především dvě chemické látky – androstenon a skatol. Dřívější studie prokázaly, že i další sloučeniny mohou přispět k nežádoucímu pachu kančího masa, jako například indol, androstenol a další 16- androsteny, mastné kyseliny s krátkým řetězcem a podobně. Avšak rozhodující podíl na kančím oděru mají právě chemické sloučeniny hormonálního původu, androstenon a skatol.

Produkce vepřového masa odedávna závisela na kastraci mladých samců. Snaha ušetřit hospodářská zvířata stresujících zážitků vedla řadu zemí v minulých dvaceti letech k zákazu chirurgické kastrace. Pakliže samci prasat dosáhnou puberty, jejich metabolismus vede k výrazné akumulaci androstenonu ( $5\alpha$ -androst-16-en-3-on) a skatolu (3-methylindol), zejména v tukových tkáních prasete, jakožto výsledek jejich lipofilního charakteru. V menší míře také indol přispívá k deviantní vůni vepřového masa, pocházejícího od nekastrovaných samců. Jejich společný výskyt v mase a tuku nekastrovaných prasat se obvykle označuje jako „kančí pach“. Z vnějších faktorů, které zásadním způsobem můžou ovlivňovat tělesný zápach prasat, má zásadní roli dieta. Jelikož skatol představuje látku, podílející se na typickém kančím zápachu a je produkován činností střevních bakterií, závisí jeho množství a koncentrace na typu diety, kterou prasata konzumují. Jednou z dalších možností využití pozitivního vlivu správně zvolené potravy, je podávání krmiv bohatých na inulin. Jedná se o polysacharid, který u čeledi *Astraceae* a *Campalunaceae* nahrazuje škrob jako zásobní látku. Zdrojem inulinu je například kořen čekanky a slunečnice topinambur.

U skupin prasat, kterým byla podávána KD s obsahem *Helianthus tuberosus* L. 8,1 % a 12,2 % se podařilo snížit obsah skatolu v tukové tkáni ( $p = 0,003$ ). U koncentrací androstenonu a indolu se neobjevovaly žádné statisticky významné rozdíly.

Potřeba stanovení rychlé a ekonomicky akceptovatelné metody identifikace jatečných prasat s nepřijatelnými úrovněmi složek kančího pachu přímo na jatkách představuje v současné době stále velkou výzvu. Momentálně neexistuje v rámci Evropské unie jednotná metoda detekce kančího pachu přímo na porážkové lince. Do dnešního dne nejčastějším způsobem detekce kančího zápachu u prasat před porážkou jsou lidští hodnotitelé zápachu. Mezi další účinnější metody detekce skatolu a androstenonu patří např. HPLC metoda.

## 8 Literatura

- Aluwé M et al. 2018. Consumer acceptance of minced meat patties from boars in four European countries. *Meat Science* **137**:235–243.
- Ampuero S, Bee G. 2006. The potential to detect boar tainted carcasses by using an electronic nose based on mass spectrometry. *Acta Veterinaria Scandinavica* **48**:P1, 1751-0147-48-S1-P1.
- Babol J, Squires EJ, Bonneau M. 1996. Factors regulating the concentrations of 16-androstene steroids in submaxillary salivary glands of pigs. *Journal of Animal Science* **74**:413.
- Babol J, Squires EJ, Lundström K. 1999. Relationship between metabolism of androstenone and skatole in intact male pigs. *Journal of Animal Science* **77**:84.
- Bernardy J. 2010. Kastrace prasat jako evropské dilema. *Veterinářství* **2010**:372–374.
- Biedrzycka E, Bielecka M. 2004. Prebiotic effectiveness of fructans of different degrees of polymerization. *Trends in Food Science & Technology* **15**:170–175.
- Billen MJ, Squires EJ. 2009. The role of porcine cytochrome b5A and cytochrome b5B in the regulation of cytochrome P45017A1 activities. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* **113**:98–104.
- Bonneau, Weiler. 2019. Pros and Cons of Alternatives to Piglet Castration: Welfare, Boar Taint, and Other Meat Quality Traits. *Animals* **9**:884.
- Bremner EA. 2003. The Prevalence of Androstenone Anosmia. *Chemical Senses* **28**:423–432.
- Brinke I, Große-Brinkhaus C, Roth K, Pröll-Cornelissen MJ, Henne H, Schellander K, Tholen E. 2020. Genomic background and genetic relationships between boar taint and fertility traits in German Landrace and Large White. *BMC Genetics* **21**:61.
- Corominas J, Ramayo-Caldas Y, Puig-Oliveras A, Estellé J, Castelló A, Alves E, Pena RN, Ballester M, Folch JM. 2013. Analysis of porcine adipose tissue transcriptome reveals differences in de novo fatty acid synthesis in pigs with divergent muscle fatty acid composition. *BMC Genomics* **14**:843.
- Červený J, Ústav biologie obratlovců (Československá akademie věd), Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta. 2010. *Myslivost: Ottova encyklopedie*. Ottovo nakladatelství, Praha.
- Čítek J, Stupka R, Šprysl M. 2019. Výkrm kanečků s eliminací složek kančího pachu - skatol. Česká zemědělská univerzita v Praze Kamýcká 129, Praha – Suchbát, 165 00, Praha.
- De Briyne N, Berg C, Blaha T, Temple D. 2016. Pig castration: will the EU manage to ban pig castration by 2018? *Porcine Health Management* **2**:29.
- Dostálová A, Koucký M, Průšová V, Česko, Ministerstvo zemědělství. 2008. Výkrm kanečků v podmínkách ekologického zemědělství: metodika. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.
- Dunshea FR et al. 2001. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *Journal of Animal Science* **79**:2524.



- EFSA 2004. Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of the castration of piglets1 **2004**:63–64.
- Giuffra E, Kijas JMH, Amarger V, Carlborg Ö, Jeon J-T, Andersson L. 2000. The Origin of the Domestic Pig: Independent Domestication and Subsequent Introgression. *Genetics* **2000**:1785–1791.
- Grela ER, Pietrzak K, Sobolewska S, Witkowski P. 2013. Effect of Inulin and Garlic Supplementation in Pig Diets. *Annals of Animal Science* **13**:63–71.
- Gunawan A et al. 2013. Identification of the Novel Candidate Genes and Variants in Boar Liver Tissues with Divergent Skatole Levels Using RNA Deep Sequencing. *PLoS ONE* **8**:e72298.
- Hansen LL, Mejer H, Thamsborg SM, Byrne DV, Roepstorff A, Karlsson AH, Hansen-Møller J, Jensen MT, Tuomola M. 2006. Influence of chicory roots (*Cichorium intybus L.*) on boar taint in entire male and female pigs. *Animal Science* **82**:359–368.
- Haugen J. 2006. The use of chemical sensor array technology, the electronic nose, for detection of boar taint. *Acta Veterinaria Scandinavica* **48**:S15.
- Houdijk JGM, Bosch MW, Verstegen MWA, Berenpas HJ. 1998. Effects of dietary oligosaccharides on the growth performance and faecal characteristics of young growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* **71**:35–48.
- Hughes R. 2001. Stimulation of apoptosis by two prebiotic chicory fructans in the rat colon. *Carcinogenesis* **22**:43–47.
- Hügel, Thomas. 2010. Überprüfung der Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit der Impfung gegen Ebergeruch im Feldversuch: Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit der Impfung gegen Ebergeruch. Ludwig-Maximilians-Universität München. Available from <https://edoc.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/12057> (accessed March 8, 2021).
- Jedlička M. 2012. Výkrm kanců pro zlepšení ekonomiky. *Náš chov*. Available from <https://www.naschov.cz/vykrm-kancu-pro-zlepseni-ekonomiky> (accessed April 20, 2021).
- Kaszás L, Alshaal T, El-Ramady H, Kovács Z, Koroknai J, Elhawat N, Nagy É, Cziáky Z, Fári M, Domokos-Szabolcsy É. 2020. Identification of Bioactive Phytochemicals in Leaf Protein Concentrate of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus L.*). *Plants* **9**:889.
- Kays SJ, Nottingham S. 2008. *Biology and chemistry of Jerusalem artichoke Helianthus tuberosus L.* Taylor & Francis, Boca Raton.
- Keuling O, Leus K. 2018. May 8. *Sus scrofa*: Wild boar. International Union for Conservation of Nature. Available from <https://www.iucnredlist.org/species/41775/44141833> (accessed March 19, 2021).
- 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**:143–145.
- Kristina Andersson H, Andersson K, Zamaratskaia G, rydhmer L, Chen G, Lundström K. 2005. Effect of single-sex or mixed rearing and live weight on performance, technological meat quality and sexual maturity in entire male and female pigs fed raw potato starch. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A. Animal Science* **55**:80–90.

- Kurtz S, Petersen B. 2019. Pre-determination of sex in pigs by application of CRISPR/Cas system for genome editing. *Theriogenology* **137**:67–74.
- Kurtz S, Lucas-Hahn A, Schlegelberger B, Göhring G, Niemann H, Mettenleiter TC, Petersen B. 2021. Knockout of the HMG domain of the porcine SRY gene causes sex reversal in gene-edited pigs. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **118**:e2008743118.
- Laderoute H, Bone C, Squires EJ. 2018. The sulfoconjugation of androstenone and dehydroepiandrosterone by human and porcine sulfotransferase enzymes. *Steroids* **136**:8–16.
- Laderoute H, Bone C, Brewer D, Squires EJ. 2019. The synthesis of 16-androstene sulfoconjugates from primary porcine Leydig cell culture. *Steroids* **146**:14–20.
- Le Blay GM, Michel CD, Blottiere HM, Cherbut CJ. 2003. Raw potato starch and short-chain fructo-oligosaccharides affect the composition and metabolic activity of rat intestinal microbiota differently depending on the caecocolonic segment involved. *Journal of Applied Microbiology* **94**:312–320.
- Le PD, Aarnink AJA, Jongbloed AW, van der Peet-Schwering CMC, Ogink NWM, Verstegen MWA. 2008. Interactive effects of dietary crude protein and fermentable carbohydrate levels on odour from pig manure. *Livestock Science* **114**:48–61.
- Leaper R, Massei G, Gorman ML, Aspinall R. 1999. The feasibility of reintroducing Wild Boar (*Sus scrofa*) to Scotland. *Mammal Review* **29**:239–258.
- Lin Z, Lou Y, Squires JE. 2004. Molecular cloning and functional analysis of porcine SULT1A1 gene and its variant: a single mutation SULT1A1 causes a significant decrease in sulfation activity. *Mammalian Genome* **15**:218–226.
- 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**:e02327-18, /aem/85/6/AEM.02327-18.atom.
- Lundström JN, Seven S, Olsson MJ, Schaal B, Hummel T. 2006. Olfactory Event-Related Potentials Reflect Individual Differences in Odor Valence Perception. *Chemical Senses* **31**:705–711.
- Lundström K, Matthews KR, Haugen J-E. 2009. Pig meat quality from entire males. *Animal* **3**:1497–1507.
- Main RG, Dritz SS, Tokach MD, Goodband RD, Nelssen JL. 2004. Increasing weaning age improves pig performance in a multisite production system<sup>1</sup>. *Journal of Animal Science* **82**:1499–1507.
- Mathur PK, 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**:414–422.
- Morales J, Dereu A, Manso A, de Frutos L, Piñeiro C, Manzanilla EG, Wuyts N. 2017. Surgical castration with pain relief affects the health and productive performance of pigs in the suckling period. *Porcine Health Management* **3**:18.
- Mörlein D, Lungershausen M, Steinke K, Sharifi AR, Knorr C. 2012. A single nucleotide polymorphism in the CYP2E1 gene promoter affects skatole content in backfat of

- boars of two commercial Duroc-sired crossbred populations. *Meat Science* **92**:739–744.
- Mörlein D, Trautmann J, Gertheiss J, Meier-Dinkel L, Fischer J, Eynck H-J, Heres L, Looft C, Tholen E. 2016. Interaction of Skatole and Androstenone in the Olfactory Perception of Boar Taint. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **64**:4556–4565.
- Nigussie H. 2011. Domestic Animal Diversity Information System (DAD-IS): Its contribution for Animal Genetic Resource (AnGR) Management. Etiopie.
- Okrouhlá M, Stupka R, Čítek J. 2016. HPLC stanovení androstenonu, skatolu a indolu ve hřbetním tuku prasat. *Chemické Listy* **110**:593–597.
- Øverland M, Kjos NP, Borg M, Sørum H. 2007. Organic acids in diets for entire male pigs. *Livestock Science* **109**:170–173.
- Panella-Riera N, Moe M, Grindflek E, Oliver MA, Wood JD, Doran O. 2008. Effect of sex steroids on expression of sulfotransferase 2B1 immunoreactive protein in primary cultured porcine hepatocytes. *Livestock Science* **118**:223–230.
- Patterson RLS. 1968. 5 $\alpha$ -androst-16-ene-3-one:—Compound responsible for taint in boar fat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **19**:31–38.
- Pauly C, Spring P, O’Doherty JV, Ampuero Kragten S, Bee G. 2008. Performances, meat quality and boar taint of castrates and entire male pigs fed a standard and a raw potato starch-enriched diet. *Animal* **2**:1707–1715.
- Pomar C, Remus A. 2019. Precision pig feeding: a breakthrough toward sustainability. *Animal Frontiers* **9**:52–59.
- Rasmussen MK, Balaguer P, Ekstrand B, Daujat-Chavanieu M, Gerbal-Chaloin S. 2016. Skatole (3-Methylindole) Is a Partial Aryl Hydrocarbon Receptor Agonist and Induces CYP1A1/2 and CYP1B1 Expression in Primary Human Hepatocytes. *PLOS ONE* **11**:e0154629.
- Roberfroid MB, Van Loo JAE, Gibson GR. 1998. The Bifidogenic Nature of Chicory Inulin and Its Hydrolysis Products. *The Journal of Nutrition* **128**:11–19.
- Robic A, Faraut T, Prunier A. 2014. Pathways and genes involved in steroid hormone metabolism in male pigs: A review and update. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* **140**:44–55.
- Robic A, Feve K, Louveau I, Riquet J, Prunier A. 2016. Exploration of steroidogenesis-related genes in testes, ovaries, adrenals, liver and adipose tissue in pigs: Steroidogenesis-Related Genes in Pigs. *Animal Science Journal* **87**:1041–1047.
- Röck F, Barsan N, Weimar U. 2008. Electronic Nose: Current Status and Future Trends. *Chemical Reviews* **108**:705–725.
- Rossi M, Corradini C, Amaretti A, Nicolini M, Pompei A, Zanoni S, Matteuzzi D. 2005. Fermentation of Fructooligosaccharides and Inulin by Bifidobacteria: a Comparative Study of Pure and Fecal Cultures. *Applied and Environmental Microbiology* **71**:6150–6158.
- Rothschild MF, Ruvinsky A. 2011. *The genetics of the pig*. CABI. Wallingford, Oxfordshire, UK.
- Rydhmer L, Zamaratskaia G, Andersson HK, Algers B, Guillemet R, Lundström K. 2006. Aggressive and sexual behaviour of growing and finishing pigs reared in groups,

- without castration. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science* **56**:109–119.
- Saeed F, Pasha I, Arshad MU, Muhammad Anjum F, Hussain S, Rasheed R, Nasir MA, Shafique B. 2015. Physiological and Nutraceutical Perspectives of Fructan. *International Journal of Food Properties* **18**:1895–1904.
- Sinclair PA, Squires EJ. 2005. Testicular sulfoconjugation of the 16-androstene steroids by hydroxysteroid sulfotransferase: Its effect on the concentrations of 5 $\alpha$ -androstene in plasma and fat of the mature domestic boar1. *Journal of Animal Science* **83**:358–365.
- Smital J. 2017. Plemena prasat. Available from <http://infopigs.blogspot.com/2017/01/plemena-prasat.html> (accessed March 20, 2021).
- Smital J. 2020. Kančí pach. Available from <http://infopigs.blogspot.com/2020/09/kanci-pach.html> (accessed March 15, 2021).
- Squires EJ, Bone C, Cameron J. 2020. Pork Production with Entire Males: Directions for Control of Boar Taint. *Animals* **10**:1665.
- Šimeček K, Heger J, Zeman L. 2000. Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro prasata. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
- Tempere S, Cuzange E, Malak J, Bougeant JC, de Revel G, Sicard G. 2011. The Training Level of Experts Influences their Detection Thresholds for Key Wine Compounds. *Chemosensory Perception* **4**:99–115.
- van de Wiele T, Boon N, Possemiers S, Jacobs H, Verstraete W. 2007. Inulin-type fructans of longer degree of polymerization exert more pronounced in vitro prebiotic effects. *Journal of Applied Microbiology* **102**:452–460 Available from <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2672.2006.03084.x> (accessed April 10, 2021).
- Wang W, Chen D, Yu B, Huang Z, Luo Y, Zheng P, Mao X, Yu J, Luo J, He J. 2019. Effect of Dietary Inulin Supplementation on Growth Performance, Carcass Traits, and Meat Quality in Growing–Finishing Pigs. *Animals* **9**:840.
- Wang Y, Zhao Y, Xue F, Nan X, Wang H, Hua D, Liu J, Yang L, Jiang L, Xiong B. 2020. Nutritional value, bioactivity, and application potential of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) as a neotype feed resource. *Animal Nutrition* **6**:429–437.
- Velechovská J. 2018. Ohrožená anglická plemena prasat. *Náš chov*. Available from <https://www.naschov.cz/ohrozena-anglicka-plemena-prasat/> (accessed April 11, 2021).
- Vestergaard JS, Haugen J-E, Byrne DV. 2006. Application of an electronic nose for measurements of boar taint in entire male pigs. *Meat Science* **74**:564–577.
- Vhile SG, Kjos NP, Sørsum H, Øverland M. 2012. Feeding Jerusalem artichoke reduced skatole level and changed intestinal microbiota in the gut of entire male pigs. *Animal* **6**:807–814.
- Whittington FM, Nute GR, Hughes SI, McGivan JD, Lean IJ, Wood JD, Doran E. 2004. Relationships between skatole and androstene accumulation, and cytochrome P4502E1 expression in Meishan×Large White pigs. *Meat Science* **67**:569–576.
- Zadinová K, Stupka R, Stratil A. 2016. Boar taint – the effects of selected candidate genes associated with androstene and skatole levels – a review\*. *Animal Science Papers and Reports* **34**:107–128.

- Zadinová K. 2017. Senzorické vnímání kančího masa v závislosti na různých metodách tepelné úpravy. Česká zemědělská univerzita v Praze. Available from <https://www.ctpz.cz/vyzkum/senzoricke-vnimani-kanciho-masa-v-zavislosti-na-ruznych-metodach-tepelne-upravy-370> (accessed March 13, 2021).
- Zamaratskaia G, Babol J, Andersson HK, Andersson K, Lundström K. 2005. Effect of live weight and dietary supplement of raw potato starch on the levels of skatole, androstenone, testosterone and oestrone sulphate in entire male pigs. *Livestock Production Science* **93**:235–243.
- Zhang F, Adeola O. 2017. Techniques for evaluating digestibility of energy, amino acids, phosphorus, and calcium in feed ingredients for pigs. *Animal Nutrition* **3**:344–352.

## 9 Seznam použitých zkratek

<b>DNA</b>	–	deoxyribonukleová kyselina
<b>GMO</b>	–	geneticky modifikované organismy
<b>GS</b>	–	rychlá plynová chromatografie
<b>EAPP</b>	–	Evropská asociace pro živočišnou výrobu
<b>EU</b>	–	Evropská unie
<b>EK</b>	–	Evropská komise
<b>FOS</b>	–	fruktooligosacharid
<b>HPLC</b>	–	vysokoúčinná kapalinová chromatografie
<b>JUT</b>	–	jatečně upravené tělo
<b>KD</b>	–	krmná dávka
<b>kg</b>	–	kilogram
<b>MS</b>	–	přímá hmotnostní spektrometrie
<b>mDNA</b>	–	mitochondriální deoxyribonukleová kyselina
<b>min</b>	–	minuta
<b>ml</b>	–	mililitr
<b>nm</b>	–	nanometr
<b>μl</b>	–	mikrolitr
<b>MEp</b>	–	metabolizovaná energie z proteinu
<b>SEM</b>	–	standartní chyba průměru
<b>%</b>	–	procenta

## 10 Seznam tabulek, obrázků a grafů

Tabulka 1: Původ a velikost efektivní populace plemen prasat v roce 2016 (strana 11)

Tabulka 2: Plemena prasat vyšlechtěná v České republice (strana 12)

Tabulka 3: Složky průměrné kompletní krmné směsi pro prasata (strana 13)

Tabulka 4: Analyzované chemické složení základní krmné dávky a *Helianthus tuberosus L.* (strana 29)

Tabulka 5: Vliv koncentrace *Helianthus tuberosus L.* v krmné dávce na vybrané výkrmnostní ukazatele a jatečnou hodnotu (strana 32)

Tabulka 6: Vliv koncentrace *Helianthus tuberosus L.* v krmné dávce na obsah androstenonu, skatolu a indolu ve hřbetním tuku (strana 34)

Tabulka 7: Pearsonův korelační koeficient mezi zvyšující se hladinou obsahu *Helianthus tuberosus L.* v krmné dávce a obsahem androstenonu, skatolu a indolu v tukové tkáni (strana 35)

Obrázek 1: Androstenon (5 $\alpha$ -androst-16-en-3-on) (strana 15)

Obrázek 2: Skatol (3 – methylindol) (strana 15)

Obrázek 3: Indol (2,3 – benzopyrol) (strana 16)

Obrázek 4: Podíl nekastrovaných kanců a způsobů kastrace v Evropě (strana 21)

Obrázek 5: Redukce množství skatolu u kanců při podávání stravy bohaté na inulin (čekanka, topinambur) (strana 24)