

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv zkrmování *Helianthus tuberosus* na výskyt skatolu  
ve vepřovém masu kanečků**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Eliška Císařová**

**Program studia: Kvalita potravin a zpracování zemědělských  
produktů**

**Vedoucí práce: prof. Ing. Roman Stupka, CSc.**

**© 2022 ČZU v Praze**



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Vliv zkrmování *Helianthus tuberosus* na výskyt skatolu ve vepřovém masu kanečků“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího 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 14.4.2022

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Romanovi Stupkovi, CSc. za dohled, konzultaci a přívětivou pomoc při vypracování mé diplomové práce. Poděkování také patří doc. Ing. Jaroslavu Čítkovi, Ph.D, který mi ochotně poskytl odbornou pomoc a konzultaci. Dále bych velice ráda vyjádřila vděčnost své rodině, přátelům, blízkým a mému příteli za obrovskou podporu, které se mi vždy dostalo během mých studií. Zvláštní poděkování patří mým spolužačkám, díky kterým jsem prožila báječná léta na této univerzitě a byly mi vždy oporou.



# Vliv zkrmování *Helianthus tuberosus* na výskyt skatolu ve vepřovém masu kanečků

## Souhrn

Diplomová práce se zabývá možností eliminace látek, které způsobují vadu u vepřového masa, nazývanou kančí pach. Tento problém se vyznačuje nepříjemnou chutí a zápachem kančího masa po jeho tepelné úpravě. Kančímu pachu je nejčastěji předcházeno kastrací kanečků hned po jejich narození, jelikož jedna z látek, která jej způsobuje, je steroidní hormon androstenon. Ten je tvořen především v Leydigových buňkách varlat, a tak je kastrace vhodný způsob, jak zamezit jeho vzniku a ukládání v tukové tkáni vykrmovaných kanců. Kastrace, která je prováděna do 1 týdnu bez anestezie, však není zcela v souladu s welfare zvířat, a proto je v posledních letech snaha nalézt alternativní způsob, jak předejít vzniku látek způsobujících tento problém.

Možnou variantou je ovlivnění hladin druhé látky, která způsobuje kančí pach, skatolu. Jedná se o produkt rozpadu aminokyseliny tryptofanu v trávicím traktu za působení střevních bakterií. Tvorba skatolu je tak ovlivněna především aktivitou mikroorganismů v trávicím traktu. Zvolením vhodné modifikace krmné směsi je možnost podpořit příznivé osídlení střeva a zamezit tak zvýšenému růstu mikroorganismů produkujících tuto látku.

V této diplomové práci byly k modifikaci krmné směsi využity různé koncentrace slunečnice topinambur, ve které je obsaženo zhruba 50 % oligosacharidu inulinu. Sledovaných 49 kanců bylo rozděleno do 4 skupin a 14 dní před porážkou byla každé skupině krmná směs obohacena o topinambur v koncentracích 4,1 %, 8,2 % a 12,2 %. Čtvrtá skupina byla kontrolní, se základní krmnou směsí. Sledovány byly ukazatele jak látek způsobujících kančí pach, tedy androstenonu, skatolu i indolu, ale také ukazatele výkrmnosti a jatečné hodnoty. Dále byla provedena senzorická analýza na výskyt kančího pachu a vyhodnocení rizika jeho výskytu při daných prahových hodnotách. Vyhodnocena byla také ekonomická stránka, jak ovlivní zařazení slunečnice topinambur do modifikované krmné směsi celkovou ekonomiku vykrmovaných kanců.

Doplnění krmné směsi přídatkem topinamburu mělo statisticky významný rozdíl pouze u skatolu, kdy došlo u koncentrace 8,2 % k výraznému snížení jeho hladin, oproti kontrolní skupině. U 2. a 4. skupiny však také došlo ke snížení hladin skatolu. Na hladiny androstenonu ani indolu žádná z koncentrací topinamburu neměla vliv. U jednotlivých ukazatelů výkrmnosti a jatečné hodnoty nebyly zjištěny téměř žádné rozdíly mezi jednotlivými skupinami. Senzorická analýza jasně potvrdila výsledky hladin skatolu, kdy nejlépe byly hodnoceny vzorky ze třetí skupiny, tedy u kanců krmných krmnou směsí s 8,2 % topinamburu. Riziko výskytu skatolu bylo také významně u třetí skupiny sníženo téměř na 40 % a potvrdilo to tak trend, že doplnění krmné směsi o inulin významně sníží výskyt skatolu. Riziko androstenonu však zůstalo u všech skupin vysoké. Z ekonomického hlediska se modifikace krmné směsi neukázala příliš příznivá, jelikož z velké části ovlivnila cenu a u nejvyšší dávky topinamburu (12 %) zvýšila cenu KKS u výkrmu v průměru až o jednu třetinu.

Obohacení krmné směsi slunečnicí topinambur tak v této práci ukázalo příznivý vliv na snížení skatolu, tím eliminaci kančího pachu a zároveň neovlivnilo ukazatele.

**Klíčová slova:** prase, výkrm, skatol, topinambur, kančí pach, rentabilita

# **Influence of *Helianthus tuberosus* feeding on the occurrence of skatole in boar pork**

## **Summary**

The following diploma thesis deals with the possibility of eliminating substances that cause a defect in pork meat, called boar taint. This problem is characterized by the unpleasant taste and smell of boar meat after cooking. Boar taint is most often prevented by castration of young boars immediately after their birth, as one of the substances that causes the odour is the steroid hormone androstenone. The hormone is mainly formed in the Leydig cells in the testes, so castration is a suitable way to how prevent its formation and deposition in the adipose tissue of fattened boars. However, castration, which is performed within 1 week after birth without anaesthesia, is not entirely in line with animal welfare, therefore there has been an effort to find an alternative ways how to prevent the development of substances causing this problem in recent years.

A possible solution is to control the levels of the second substance, which also causes a boar taint called skatole. It is a product of the breakdown of the amino acid tryptophan in the digestive tract, caused by intestinal bacteria. The formation of skatole is thus mainly influenced by the activity of microorganisms in the digestive tract. By choosing a suitable modification of the feed mixture, it is possible to support the favourable colonization of the intestine and thus prevent the increased growth of microorganisms producing this substance.

In this diploma thesis, different concentrations of Jerusalem artichoke sunflower, which contains about 50% inulin oligosaccharide, were used in the modified feed mixture. Monitored 49 boars were divided into 4 groups and 14 days before slaughter, each group's feed mixture was enriched with Jerusalem artichoke compound in concentrations of 4.1 %, 8.2 % and 12.2 %. The fourth group was the control group, with the basic feed mixture. Indicators of both boar taint, androstenone, skatole and indole, as well as fattening and carcass values were monitored. Furthermore, a sensory analysis of the occurrence of boar taint and an evaluation of the risk of its occurrence at given threshold values was performed. The economic side of how the modification of the feed mixture by adding Jerusalem artichoke sunflower will significantly affect the overall fattening price of boars was also evaluated.

The supplementation of the feed mixture with added Jerusalem artichoke had a statistically significant difference only in skatol levels, when there was a significant reduction in its levels at a concentration of 8.2 % of Jerusalem artichoke, compared to the control group. Skatol levels also decreased in groups 2 and 4. Androstenone and indole levels were not affected by any of Jerusalem artichoke concentrations. Almost no differences were found between the individual fattening and carcass indicators. Sensory analysis clearly confirmed the best results of skatole levels in the third group of boars, where the boars were fed a with feed mixture containing 8.2 % Jerusalem artichoke. The risk of skatole was also significantly reduced in the third group, to almost 40 %, thus confirming the trend that supplementing the feed mixture with inulin will significantly reduce the incidence of skatol. However, the risk of androstenone remained high in all groups. From an economic point of view, the modification of the feed mixture did not prove very favourable, as it largely affected the price and also increased the

fattening price by an average of up to one third for the feed mixture with the highest dose of Jerusalem artichoke (12 %).

The enrichment of the feed mixture with Jerusalem artichoke in this study showed a positive effect on the reduction of skatole and thus the elimination of boar taint and at the same time, it did not affect fattening and carcass values.

**Keywords:** pig, feeding, skatole, Jerusalem artichoke, boar taint, profitability

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce .....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Kančí pach .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>Eliminace kančího pachu.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3</b>	<b>Látky způsobující kančí pach .....</b>	<b>14</b>
3.3.1	Skatol .....	14
3.3.1.1	Biosyntéza skatolu.....	14
3.3.1.2	Metabolismus skatolu.....	15
3.3.1.3	Akumulace skatolu .....	15
3.3.2	Androstenon.....	16
3.3.2.1	Biosyntéza androstenonu.....	17
3.3.2.2	Metabolismus a ukládání androstenonu .....	17
<b>3.4</b>	<b>Interakce skatolu a androstenonu .....</b>	<b>18</b>
<b>3.5</b>	<b>Faktory ovlivňující výskyt skatolu .....</b>	<b>19</b>
3.5.1	Genotyp.....	19
3.5.1.1	Plemeno .....	19
3.5.1.2	Geny .....	19
3.5.2	Pohlaví .....	20
3.5.3	Stáří a živá hmotnost.....	20
3.5.4	Prostředí chovu .....	21
3.5.5	Management chovu.....	22
3.5.6	Výživa.....	22
3.5.6.1	Vliv dostupnosti tryptofanu ve střevech.....	22
3.5.6.2	Vliv složení krmné směsi na mikrobiom v trávicím traktu .....	23
<b>4</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>Zvířata.....</b>	<b>28</b>
<b>5.1</b>	<b>Krmení .....</b>	<b>28</b>
<b>5.2</b>	<b>Znaky výkrmnosti a jatečné hodnoty .....</b>	<b>30</b>
<b>5.3</b>	<b>Stanovení hladin skatolu, indolu a androstenonu .....</b>	<b>30</b>
<b>5.4</b>	<b>Senzorická analýza.....</b>	<b>30</b>
<b>5.5</b>	<b>Statistické analýzy .....</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>32</b>
<b>6.1</b>	<b>Hladiny látek způsobující kančí pach .....</b>	<b>32</b>

<b>6.2</b>	<b>Riziky výskytu látek kančího pachu.....</b>	<b>34</b>
<b>6.3</b>	<b>Senzorická analýza látek kančího pachu .....</b>	<b>35</b>
<b>6.4</b>	<b>Výkrmnost .....</b>	<b>36</b>
<b>6.5</b>	<b>Jatečná hodnota.....</b>	<b>37</b>
<b>6.6</b>	<b>Ekonomika.....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>48</b>
<b>10</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>54</b>
<b>11</b>	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>55</b>
<b>12</b>	<b>Seznam grafů .....</b>	<b>56</b>
<b>13</b>	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>57</b>

# 1 Úvod

Produkce masa zajišťuje v oblasti výživy lidí potřebný zdroj nenahraditelných živočišných bílkovin, vitamínů, minerálních látek nebo dalších důležitých živin a představuje tak nepostradatelnou komoditu v zemědělské výrobě. Spotřeba masa obecně, i jednotlivých druhů, je v různých oblastech světa výrazně odlišná. Přesto se z celosvětového pohledu řadí vepřové maso mezi jedny z nejoblíbenějších druhů. Ve spotřebě v celosvětovém měřítku zaujímá druhé místo a v Evropě, resp. u obyvatel České republiky je dokonce na prvním místě. Svým podílem tak v ČR i v Evropě zastupuje největší část z celkové spotřeby masa.

Díky vysoké produkci a vyspělým technologiím se Česká republika řadí v této oblasti mezi chovatelsky vyspělé země. Podmínky chovu se zde stále vyvíjí a zdokonalují. Vyrábí se stále lepší krmné směsi a celkově se klade vyšší důraz na welfare zvířat, především v ustájení a s ohledem na jednotlivé kategorie prasat a jejich potřeby. V roce 2020 se v ČR podle údajů statistického úřadu celková průměrná spotřeba masa zvýšila o 0,8 kg na celkově 84 kg na osobu a vepřové maso z toho zaujímalo 51,7 %, tedy 43,4 kg na osobu.

V naší zemi je chov prasat a produkce vepřového masa oblíbená nejen díky tomu, že se prasata vyznačují multiparitou, četností, krátkým generačním intervalem a přizpůsobivostí prostředí, ale také díky sensorickým vlastnostem. Dříve byla prasata šlechtěna na vyšší podíl tuku, v dnešní době je však preferována produkce prasat s vysokou zmasilostí. Produkovaná prasata jsou tak zařazována do vyšších kategorií v klasifikaci SEUROP. Dále se dosáhlo lepších hodnot v oblasti výkrmnosti, což jsou důležité faktory ovlivňující v oblasti ekonomického zisku.

Jedním z problémů, diskutovaných v oblasti welfare zvířat a v souvislosti s chovem prasat posledních několik let, je kastrace kanečků bez anestezie. Kanečci jsou kastrováni kvůli předejití agresivního chování, ale také kvůli sensorické vadě vepřového masa, nazývané kančí pach, která snižuje kvalitu masa a celkově tak ekonomický zisk. Tento chirurgický zákrok je momentálně prováděn do jednoho týdne po narození selat. Po uplynutí sedmi dnů je v EU povinnost anestezie použit. Odborníci však tvrdí, že i v tak nízkém věku je kastrace pro prasata stresující a bolestivý zákrok a může být zdrojem infekce.

Jelikož je ekonomika produkce, kvalita masa i welfare zvířat hodně konzultovaným tématem v chovatelské společnosti, hledají se alternativní způsoby, jak zamezit agresivitě kanců a výskytu vadě kančího pachu bez použití kastrace. U nekastrovaných samců byla totiž navíc také prokázána vyšší zmasilost, vyšší průměrný denní přírůstek a lepší konverze krmiva. Alternativou kastrace by mohla být jednak imunokastrace, což se jeví jako účinná a levná varianta, ale z pohledu welfare nemusí být také vnímána pozitivně, z důvodu hormonálního zásahu v organismu. Další variantou alternativy kastrace je modifikace výživy, která by mohla zamezit výskytu některých složek kančího pachu. Varianta výživy je předmětem této práce.

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

Cílem diplomové práce je posoudit vliv hladiny inulinu podávaného z topinamburu před porážkou na snížení výskytu skatolu ve vepřovém mase a posoudit dopad hladiny inulinu při zkrmování na ekonomiku produkce vepřového masa u vykrmovaných kanečků.

Hypotéza 1: Koncentrace inulinu z topinamburu podávaného před ukončením výkrmu ovlivňuje výskyt skatolu ve vepřovém masu vykrmovaných kanečků.

Hypotéza 2: Množství zkrmovaného topinamburu ovlivní náklady, a tím i rentabilitu výroby vepřového masa u vykrmovaných kanečků.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Kančí pach

Kančí pach je jedním z největších problémů, který se v dnešní době vyskytuje v oblasti výkrmu prasat. Jedná se o velmi nepříjemné senzorycké vlastnosti masa kanců (vůně a chuť), které se vytváří při jeho zahřívání a opracovávání. Výskyt kančího pachu je u vykrmovaných jedinců při porážkových hmotnostech, které jsou většinou okolo 115 kg, velice variabilní a může se tedy pohybovat v rozmezí 10–75 %. Hraje zde totiž roli věk, genotyp, pohlaví, stáří a živá hmotnost, prostředí, výživa a krmení, nebo také management chovu (Malmfors & Lundström 1983; Čítek et al. 2019).

Hlavní dvě sloučeniny, které jsou zodpovědné za výskyt této vady, jsou skatol (3-methylindol) a androstenon (5 $\alpha$ -androst-16-ene-3-on). Jelikož jsou obě látky lipofilní, hromadí se v tukové tkáni a poté při shromáždění většího množství způsobují nepříjemný zápach. V posledních letech jsou velmi studovanou látkou, a to nejen díky problematice kančího pachu, ale je také sledován i jejich mechanismus účinku na čichové receptory (Wesoly & Weiler 2012).

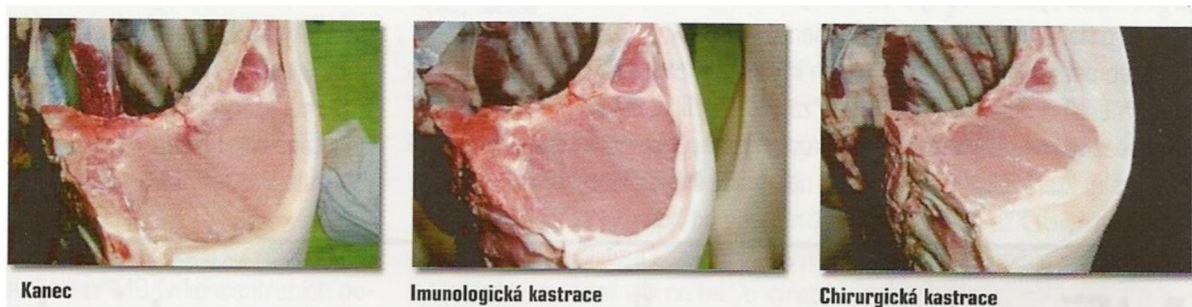
Látkou, která je z části také zodpovědná za výskyt kančího pachu, je indol, který se ale nevyskytuje v takovém množství, jako předchozí dvě látky. Jedná se o prekurzor skatolu. Vyznačuje se také nepříjemným zápachem, který však není tak intenzivní jako u androstenonu a skatolu (Patočka et al. 2006).

### 3.2 Eliminace kančího pachu

Nejčastějším opatřením používaným k eliminaci kančího pachu u vykrmovaných samců prasat je chirurgická kastrace. Tento zákrok je podle některých odborníků však pro kance bolestivý a přivádí jim stres. Z toho důvodu je povoleno provádět tento typ kastrace od 1. ledna 2012 jen do 7 dní po narození selat, nebo při použití anestezie, či prodloužené analgezie (Steinhauser et al. 1995; Smital 2018).

Další variantou, která může být používána k zamezení výskytu kančího pachu, je imunologická kastrace. Principem této metody je podání vakcíny, která u kanců stimuluje tvorbu specifických protilátek proti GnRH (gonadotropin-releasing hormon – hormon uvolňující gonadotropin) po revakcinaci na konci výkrmu. Vakcína snižuje celkovou hmotnost varlat a tím i produkci androstenonu. Vakcína nemá vliv na kvalitu masa, konverzi krmiva či denní přírůstky. Výhodou také může být pozitivní vliv na PSE (pale, soft, exsudative). Dále neobsahuje GMO (geneticky modifikované organismy) a neohrožuje zdraví konzumentů masa díky své imunologické povaze. Nevýhodou je naopak nutnost jejího podávání minimálně měsíc před porážkou, což může být ekonomicky nevýhodné (Smital 2018). Allison (2008) ve své studii uvádí, že se oproti kancům, kteří byli kastrováni chirurgickou cestou, u jatečných půlek prasat kastrováných imunologicky vytvořilo o mnohem více libového masa (obrázek 3).

Kastrace jsou však pro společnost v posledních letech nežádoucí, kvůli welfare zvířat. Hledají se tedy další cesty, jak zamezit tvorbě tohoto nežádoucího problému u vepřového masa. Jednou z alternativ je zamezení tvorby ukládání skatolu v tuku pomocí výživy.



Obrázek 1: Rozdíl v utváření kotle u nekastrovaných kanců, kanců kastrovaných imunologickou kastrací a kastrovaných kanců chirurgicky (Upraveno dle Allison 2008)

### 3.3 Látky způsobující kančí pach

#### 3.3.1 Skatol

Skatol je produktem degradace aminokyseliny tryptofanu. K tomuto rozkladu dochází působením střevních bakterií. Vytváří bílé krystaly a je stejně jako androstenon při vyšších koncentracích charakteristický nepříjemným zápachem. Ve stopovém množství ho většinou nevnímáme, ale při vyšších koncentracích, na rozdíl od androstenonu, je většina lidí tento zápach schopna rozpoznat. V menších koncentracích může však vytvářet naopak příjemnou vůni, charakteristickou pro některé rostliny, jako například u narcisu (*Narcissus pseudonarcissus*), jasmínu (*Jasminum*), křenu (*Armoracia rusticana*) či wasabi (*Eutrema wasabi*). Nejčastěji ho můžeme detekovat v lidských a zvířecích výkalech. Zde je, stejně jako androstenon u moči, zodpovědný za jejich typický pach. Dále je pak přítomen například v bacheru přežvýkavců (Lapčík 2008; Wesoly & Weiler 2012).

##### 3.3.1.1 Biosyntéza skatolu

Skatol je vytvářen reakčním mechanismem degradace tryptofanu. Tento redukční proces je omezen anaerobními podmínkami střevního traktu a vzniká ve třetí pozici bicyklické struktury (Annor-Frempong et al. 1997; Deslandes et al. 2001).

Tryptofan je deaminován na indol a kyselinu indol-3-pyruvovou. Ta je dále redukována na kyselinu indol-3-mléčnou a ta oxidativně dekarboxylována na kyselinu indolovou octovou. Tato klíčová látka přímo dává za vznik dekarboxylací finální produkt skatol (Deslandes et al. 2001; Whitehead et al. 2008).

Deaminace tryptofanu na indol je indukována mnoho bakteriemi, zatímco dekarboxylace kyseliny indolové octové na skatol je katalyzována jen některými bakteriemi z rodu *Clostridium* a *Bacteriodes*, které představují méně než 0,01 % celkové střevní flóry (Bonneau 1993; Jensen & Jensen 1998; Cook et al. 2007; Whitehead et al. 2008; Wesoly & Weiler 2012).

### 3.3.1.2 Metabolismus skatolu

Důležitým faktorem, který ovlivňuje a reguluje akumulaci skatolu v jatečně upraveném těle, je metabolismus skatolu v játrech. Prasničky a vepřici metabolizují do takové míry, že mohou skatol účinně odstranit, zatímco u kanců je problém s nízkou hladinou enzymů, které jsou důležitou složkou při tomto metabolismu a jejich jatečně upravená těla prokazují vysoký obsah skatolu (Squires 2006).

Biosyntéza skatolu a indolu probíhá v distální části tlustého střeva, odkud jsou portální žilou transportovány do jater. Zde je většina metabolizována specifickými enzymy, ale malá část indolu absorbovaného v tlustém střevě nebo v konečníku může přecházet přímo do periferního krevního řečiště. Jelikož je metabolismus jater vysoce účinný, redukuje množství skatolu z původních portálních žil až o 90 % (Claus et al. 1993; Agergaard et al. 1993; Claus et al. 1994; Agergaard et al. 1998).

Za pomoci několika různých isoenzymů cytochromu P450, které jsou známé také tím, že hrají důležitou roli u metabolismu léčiv a xenobiotik, probíhá v játrech degradace skatolu ve dvou krocích – oxidační, což je první fáze metabolismu a konjugační, jako druhá část metabolismu (Wesoly & Weiler 2012).

Hlavními enzymy v první fázi jsou CYP2E1 a CYP2A. Za působení těchto enzymů se vytváří degradací sedm meziproductů, 3-hydroxy-3-methyl-oxindol, 2-aminoacetofenon, 5-hydroxy-3-methylindol, 3-hydroxy-3-methyl-indolenin, indol-3-karbinol a 6-hydroxy-3-methylindol, které potom přechází do druhé fáze metabolismu (Obrázek 1).

U druhé fáze hrají hlavní roli enzymy SULT1A1 (sulfotransferáza) a UGT (uridin-difosfát-glukuronosyltransferáza), které modifikují meziproducty první fáze zvýšením jejich hydrofilních vlastností tak, že přidají sulfátové nebo glukorynové skupiny. Vzniká celá řada terminálních produktů, kde jsou nejdůležitějšími 6-sulfatoxy-skatol, sulfátované nebo glukuronové konjugáty 5-hydroxy-3-methylindolu a 3-hydroxy-3-methyl-oxindolu (Obrázek 1). (Agergaard et al. 1993; Baek et al. 1997; Diaz et al. 1999; Doran et al. 2002; Diaz et al. 2003; Robic et al. 2008; Zamaratskaia et al. 2009; Wiercinska et al. 2011).

Mimo jiné se také během druhé fáze zvyšuje rozpustnost skatolových metabolitů ve vodě, což přispívá k snadnějšímu vylučování močí (Sinclair & Squires 2005; Sinclair et al. 2005; Rasmussen et al. 2012).

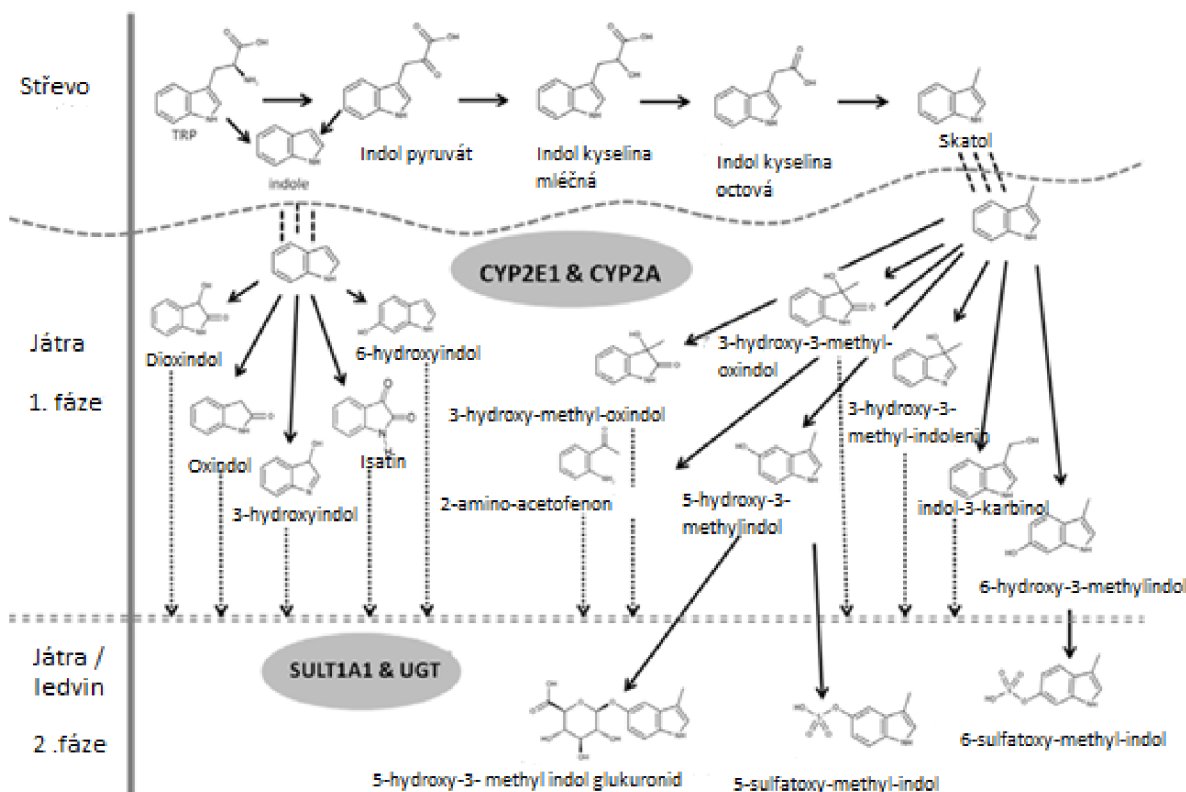
### 3.3.1.3 Akumulace skatolu

Jak již bylo zmíněno dříve, skatol je přenášen portální žilou do jater poté, co je absorbován v tlustém střevě. Při vyšších koncentracích v krvi dochází pak díky lipofilní povaze k jeho ukládání v tukách. Hladina skatolu v tukové tkáni zároveň koreluje s hladinou v krvi, a proto pokud se jeho tvorba ve střevě a hladina v krvi sníží, sníží se také akumulované množství v tukové tkáni (Claus et al. 1993; Claus et al. 1994; Knarreborg et al. 2002).

Vztah mezi ukládáním skatolu a množstvím, které se shromažďuje, nebyl prokázán. Rozdíly však můžeme pozorovat u jednotlivých plemen. Nejvíce bylo ukládání pozorováno u plemene Bílé ušlechtilé, naopak méně u Pietrain. Další rozdíly, které byly prokázány, byly u jednotlivých partií jatečně opracovaných těl. Partie se totiž liší jiným zastoupením

nasycených mastných kyselin. Ty hrají v ukládání skatolu roli, a tak můžeme v tukové tkáni na bříše pozorovat jeho hladiny vyšší, než například na krku. Tuková tkáň s vyšším množstvím nasycených mastných kyselin a nižším obratem hromadí více skatolu (Weiler et al. 1995; Lösel 2006; Monziols et al. 2007; Aluwé et al. 2011).

Mezi hlavní příčiny, které přispívají k akumulaci skatolu v tucích kanečků, patří nízká stravitelnost tryptofanu v tenkém střevě. Tryptofan pak prostupuje dále do tlustého střeva, kde je syntetizován mikrobiálními kmeny, protože se ve střevě nachází málo jim alternativních zdrojů energie pro jejich aktivitu. Dalším důvodem může být i rychlá absorpce tráveniny, nebo snížená degradace skatolu v první i druhé fázi metabolismu (Wesoly & Weiler 2012).



Obrázek 2: Tvorba skatolu (3-methylindolu) a indolu z TRP ve střevě a další metabolismus prostřednictvím enzymů fáze 1 a fáze 2 (celé šipky: známá cesta; přerušované šipky: předpokládaná cesta) (Upraveno dle Wesoly & Weiler 2012)

### 3.3.2 Androstenon

Androstenon je samčí přirozený pohlavní hormon, který je vytvářen v Leydigových buňkách ve varlatech a v játrech. Vzniká z testosteronu a mezi jeho funkce patří vliv na biosyntézu bílkovin, retenci dusíku, zrání spermií a činnosti přídatných pohlavních žláz. Androstenon může být vylučován buď močí, nebo je přenášen do slin, kde plní funkci feromonu pro stimulaci sexuálního chování prasnic (Dostálová et al. 2008).

Jak již bylo zmíněno, androstenon je vylučován močí, kde je zodpovědný za její typický zápach. Jeho vůně je tedy označována za močovitou. Tu však necítí vždy všichni. Schopnost lidí ji detekovat je zcela individuální a část populace není vůbec schopna ji vnímat. Bylo ale

prokázáno, že schopnost vnímat androstenon může být indukováno u části lidí s pachovou slepotou nebo specifickou anosmií vůči androstenonu (Andresen 2006).

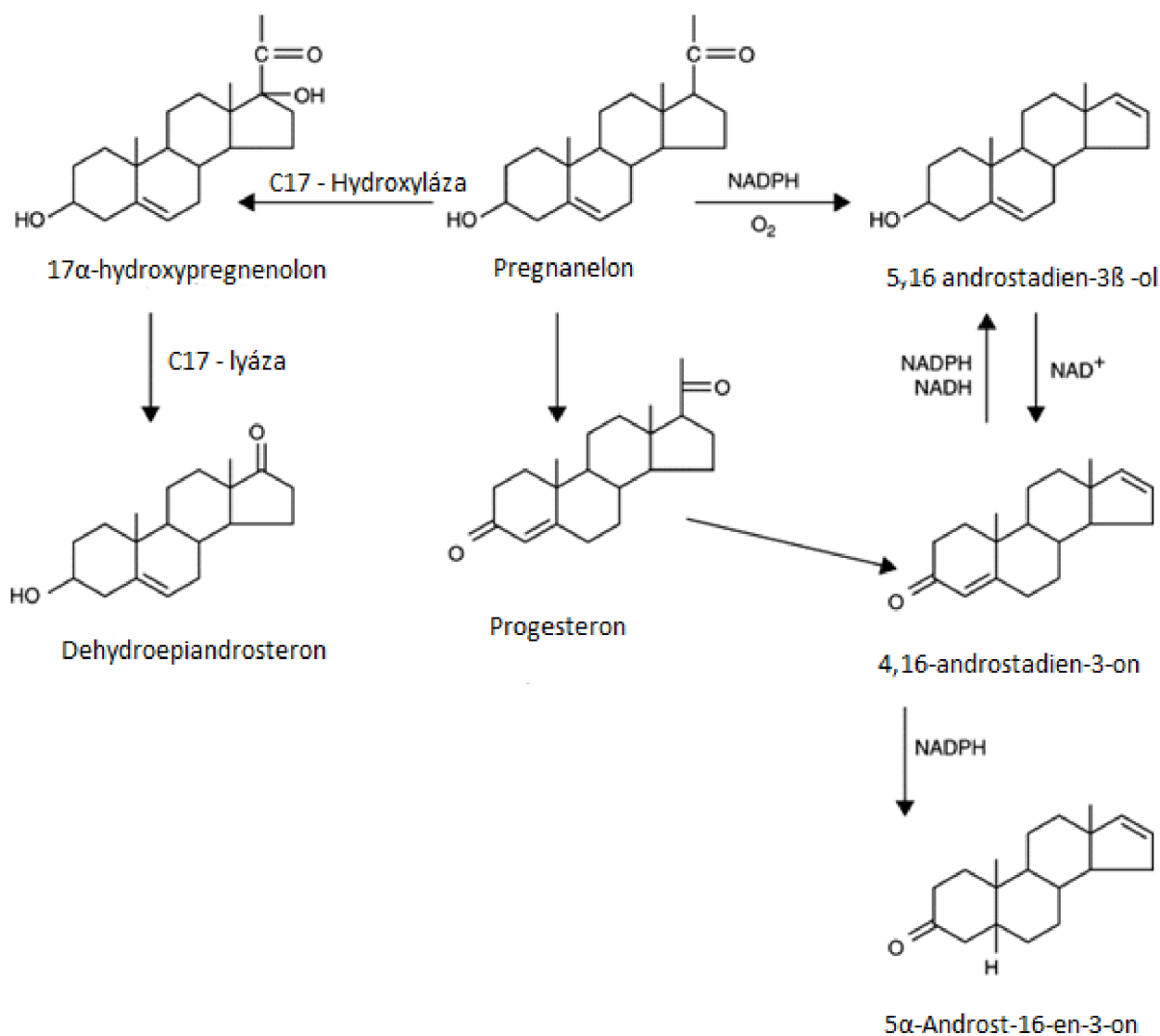
### 3.3.2.1 Biosyntéza androstenonu

Biosyntéza androstenonu je řízena neuroendokrinním systémem. Luteinizační hormon je jako reakce na GnRH vylučován hypofýzou a navazuje se na Leydigovy buňky, aby se zvýšila steroidogeneze. K biosyntéze androstenonu dochází již ve dvou až čtyřech týdnech věku, jeho koncentrace u kanců je však velmi nízká a k vyššímu nárůstu koncentrací dochází až při dosažení pohlavní dospělosti, tedy okolo 14. až 15. týdne věku. Nejvyšší úrovně hladiny androstenonu dosahují až ve věku dvou let. Tehdy se androstenon začne ukládat v tuku. Proto steroidogeneze závisí do značné míry na pohlavní zralosti a následně na věku a hmotnosti zvířete (Bonneau 1982; Claus et al. 1994; Zamaratskaia et al. 2007).

Prvním krokem k biosyntéze androstenonu je přeměna pregnenolonu, také známého jako eltanolon, což je endogenní inhibiční neurosteroid, syntetizovaný z cholesterolu, kdy je štěpen jeho postranní řetězec. Pregnanelon v endoplazmatickém retikulu se přeměňuje pomocí NADPH na 5,16 androstadien-3 $\beta$ -ol. Ten je následně přeměněn za přítomnosti NAD<sup>+</sup> na 4,16-androstadien-3-on. Posledním krokem je redukce dvojně vazby, katalyzována enzymem 5 $\alpha$ -reduktázou, která je mimo jiné zodpovědná za přeměnu testosteronu na dihydrotestosteron. Vzniká 5 $\alpha$ -Androst-16-en-3-on. Druhou možností je nejdříve zpětná přeměna pregnenolonu na progesteron a následně na 4,16-androstadien-3-on. Ten už je jako u předchozího systému katalyzován na 5 $\alpha$ -Androst-16-en-3-on. Pregnanelon se může ve třetím případě přeměnit na androgen 17 $\alpha$ -hydroxypregnenolon prostřednictvím reakce C17-hydroxylázy a následně na dehydroepiandrosteron prostřednictvím C17-lyázy. Tyto reakce jsou katalyzovány cytochromem P-450 C17 spolu s cytochromem b5 (Squires et al. 2004).

### 3.3.2.2 Metabolismus a ukládání androstenonu

Jelikož je androstenon velmi lipofilní molekula, snadno se hromadí v tukové tkáni. Jeho rozpustnost ve vodě je pouze 230  $\mu\text{g/l}$  při 25 °C. Ukládání v tuku je zapříčiněno jeho vysokou produkcí, kdy játra nejsou schopná všechny redukovat na  $\beta$ -androstenol jaterním enzymem 3 $\beta$ -hydroxysteroid dehydrogenázou. Andresen (1976) uvádí, že pokud hladina androstenonu v periferní plazmě překročí 15 ng/ml, obvykle následuje jeho silná akumulace v tuku. Pokud však koncentrace androstenonu v plazmě klesne, sníží se i v tukové tkáni. Proto se předpokládá, že mezi těmito koncentracemi existuje závislost (Andresen 2006).



Obrázek 3: Biosyntéza androst-16-en-3-one (upraveno dle Squires & Benneau 2004)

### 3.4 Interakce skatolu a androst-16-en-3-one

Jaterní cytochrom P450 2E1 (CYP2E1) má důležitou funkci na začátku metabolismu skatolu. Proto pokud jsou hladiny tohoto cytochromu u prasat nízké, můžeme to považovat za jeden z hlavních důvodů, proč se skatol akumuluje v tukové tkáni a vytváří tak kančí pach. U kastrovaných vepřů se však jeho vysoké hladiny nedetekují, a proto se předpokládá, že kastrace jej reguluje. Hraje zde totiž důležitou roli pohlavní hormon androst-16-en-3-one, který znesnadňuje indukci enzymu CYP2E1 v izolovaných hematocytech. Kastrací je zabraňováno jeho tvorbě a působení, tudíž tím neantagonizuje tvorbu jaterního cytochromu a skatol je snáze metabolizován (Tambyrajah et al. 2004).

## 3.5 Faktory ovlivňující výskyt skatolu

### 3.5.1 Genotyp

#### 3.5.1.1 Plemeno

Jedním z faktorů, které mohou zapříčinit tvorbu kančího pachu, je u genotypu plemeno. Touhle hypotézou se zabýval Xue et al. (1996), který ve své práci uvedl výsledky rozdílů hladin androstenonu a skatolu u čtyř plemen (Hampshire, Duroc, Yorkshire a Landrace), které měřil na 228 nekastrovaných kancích. Oběma látkami bylo kontaminováno celkem 15 %, skatolem 11,4 % a androstenonem 5 %. Co se týče skatolu i androstenonu, nejnižší průměrné hladiny byly naměřeny u plemene Landrace. Nejvyšší hodnoty androstenonu, které překračovaly povolený limit, mělo ve všech partiích plemeno Duroc. Hampshire překračovalo povolený limit androstenonu z 20,9% pouze ve slinných žlázách. U skatolu byly výsledky příznivější a nad hranicí, kterou nesmí jeho hladina překročit, bylo naměřeno pouze 1,8 % kanců. Z těchto výsledků bylo tedy patrné, že plemeno může hrát roli ve výskytu kančího pachu z důvodu rozdílného zastoupení látek, které ho způsobují. Squires et al. (1997) zas poukazuje na to, že se u ušlechtilých plemen tvoří z mnohem méně skatolu než u prasat primitivních.

#### 3.5.1.2 Geny

Dalším faktorem mohou být geny. Skatol i androstenon patří mezi geneticky ovlivnitelné láky, navíc s celkem vysokou dědivostí. A proto se jeví jako jednou z možných cest k zamezení jejich tvorbě genetická selekce, která by byla postavena na vyřazování kanců s vyššími hodnotami obou sloučenin (Squires 2006).

Lukosy kvantitativních znaků (QLT – Quantitative trait loci) se nachází v chromozomu a identifikujeme zde geny, které ovlivňují námi sledovanou vlastnost. Rozpoznáme je, pokud je porovnáme s genotypy anonymních markerů s fenotypem konkrétně zkoumaných znaků (Squires 2006).

U metabolismu skatolu, a to především v první fázi, hrají důležitou roli dva geny. Jedná se o Cytochrom P450 2E1 (zkráceně CYP2E1) a CYP2A6, který je totožný s tím lidským, ten je však nazýván CYP2A6 (Duijvesteijn et al. 2010). Pokud má cytochrom CYP2A6 nízkou aktivitu, která je způsobena delecí guaninu v nukleotidu 421, kódující oblast se posune a změní se délka z 1485 na 612 bp. To má za následek snížení jeho enzymatické aktivity, což způsobuje vyšší hladiny skatolu v tukové tkáni. Proto je také měření aktivity tohoto cytochromu jednou z dalších možných cest (Diaz & Squires 2000; Lin et al. 2004a; Chen et al. 2008).

CYP2E1 je mikrosomální enzym. Je indukován například pyridinem, acetonem nebo ethanolem jak v živých, tak i v izolovaných hepatocytech. Patří do oxidázového systému cytochromu P450 se smíšenou funkcí a podílí se na metabolismu ethanolu, či dalších nízkomolekulárních xenobiotik. Tato skupina enzymů se dělí do několika podkategorií, včetně CYP1, CYP2 a CYP3. Ty z velké části odpovídají za rozklad cizích látek u savců (Lewis et al. 2003; Tambyrajah et al. 2004).



Mezi funkce cytochromu P450 2E1 patří tvorba téměř 50 % celkové jaterní mRNA cytochromu P450 a 7 % jaterního proteinu cytochromu P450, metabolismus malých polárních molekul včetně dimethylformamidu, anilinu a halogenovaných uhlovodíků a metabolismus endogenních mastných kyselin (Shimada et al. 1994; Bièche et al. 2007).

Wiercinska et al. (2011) označil CYP2A19 a CYP2C49 jako další dva potenciálně důležité regulátory metabolismu skatolu a Matal et al. (2009) popsal vliv genu CYP1A2.

Hlavními enzymy II. fáze metabolismu jsou SULT1A1 (sulfotransferáza) a UGT (uridin-di-fosfát-glukuronosyltransferáza). Tyto enzymy se vyskytují převážně v játrech, ale nalézt je můžeme například i v ledvinách a plicích. Za vzniku terminálních produktů přeměňují sloučeniny vzniklé v I. fázi metabolismu skatolu (Agergaard et al. 1993).

SULT1A1 je velký zhruba 4 kb, obsahuje 6 exonů a byl pozorován na chromosomu SSC3, mezi markery SW72 a SW2527 (Lin et al. 2004b; Čítek et al. 2019). Jeho schopnost syntézy 6-sulfatoxyskatolu úzce souvisí s koncentrací skatolu v tukové tkáni. Plazmatická koncentrace 6-sulfatoxyskatolu je totiž hlavním krokem k rychlé metabolické clearanci skatolu, což snižuje jeho koncentrace v tuku a tím je nízká i hladina kančího pachu. Proto sulfotransferáza hraje důležitou roli v II. fázi metabolismu a clearanci skatolu v těle prasat.

Tento gen studovali Lin et al. (2004b). Cílem studie bylo jej charakterizovat, izolovat z jater prasat, prozkoumat jeho expresi, identifikovat genetické polymorfismy a studovat, jak se genetická variace tohoto enzymu promítá do interindividuální variace v hladinách skatolu. Došli k závěru, že v kódující oblasti nukleotidu 546 dochází k substituci (A → G). Lysin se mění na glutamin a tato substituce způsobuje významné snížení jeho sulfatační aktivity. Z tohoto důvodu může být alespoň částečně odpovědný za vyšší hladinu skatolu.

V jiné studii je uvedeno, že nebyl u jiné zkoumané populace v této oblasti pozorován (Varona et al. 2005). Musí se tedy zohlednit plemeno či hybridní kombinace prasat a provést další studie.

### 3.5.2 Pohlaví

Závada kančího pachu se díky androstenonu, steroidnímu feromonu, předpokládá především u nekastrovaných kanců. Skatol, který se na této vadě také podílí, se však vyskytuje i u samic a kastrovaných samců, tudíž není vyloučené, že se s kančím pachem setkáme i u prasniček či vepříků. Rozhoduje zde tedy funkce jater a enzymů, které skatol rozkládají, či na dostupnosti tryptofanu, který je potřeba ke vzniku samotného skatolu. A protože androstenon antagonizuje tyto enzymy, setkáváme se tak s kančím pachem více u nekastrovaných kanců (Čítek et al 2019).

### 3.5.3 Stáří a živá hmotnost

Významnými faktory jsou pak i živá hmotnost zvířat a jejich věk. V některých studiích byly prokázány rozdíly a souvislosti v hladinách výskytu androstenonu i skatolu a rostoucím věkem či hmotností. S rostoucí hmotností totiž roste i obsah tuku v těle prasat a tím se zvyšuje i hladina skatolu. Do 80 kg živé hmotnosti je však detekce závady podlimitní. V menší míře se vyskytuje mezi 100 a 110 kg živé hmotnosti. Z tohoto důvodu by se při porážkách mělo hledět



i na hmotnost jatečných zvířat a eliminovat tak výskyt složek kančího pachu na co nejnižší úroveň (Aluwé et al. 2011).

Stáří hraje hraje roli z pohledu puberty kanečků a jejich tvorby feromonálních hormonů tedy i androstenonu. Fáze puberty ovlivňuje intenzitu tvorby steroidních hormonů, které jsou produkovány ve varlatech. Vysoké koncentrace narůstají okolo 8. týdnu věku. Poté hladina klesá v období 10.–12. týdnu věku a opět potom narůstá až v 18. týdnu. Zvířata by se tak měla porážet před 18. týdnem a pod hmotností 100 kg (Zamaratskaia et al. 2004).

### 3.5.4 Prostředí chovu

Skatol je látka, která je vylučována výkaly. Prasata ji však mohou zpětně vdechovat v plynné formě plicemi, či může být absorbována přes kůži přímo z výkalů, ve kterých se prasata válí. Z tohoto důvodu se předpokládá, že jedním z faktorů, které ovlivňují výskyt skatolu u prasat, je i prostředí, ve kterém jsou prasata ustájena a kde probíhá výkrm. Čistota kotců a samotných prasat je tak důležitá nejen z pohledu welfare, ale i k zamezení výskytu kančího pachu. Hansen et al. (1994) zkoumal vliv čistoty ustájení na výskyt skatolu u vykrmovaných prasat způsobem intenzivního hospodaření. Jedné skupině byly kotce s betonovými podlahami po dobu jednoho týdne pravidelně čištěny a druhé byly celou dobu ponechány bez úpravy. Výsledky ukázaly nižší hodnoty skatolu u prasat s pravidelně čištěnými kotci. Rozdíl byl také u prasat chovaných na roštích či způsobem extenzivního hospodaření, kde měly tyto skupiny také příznivější výsledky v ohledu hladin skatolu než první skupina. Jak je ale možné hladinu skatolu snížit za pouhý týden, lze ji také naopak i týden před porážkou zvýšit, pokud se prasatům podmínky prostředí zhorší.

Udržování kotců s betonovými podlahami je však velice náročné, a proto se jeví jako jedním z nejlepších řešení ustájení na podlahách z celoroštů. Při tomto typu stájí se nemusí věnovat čištění taková pozornost a zároveň je omezeno riziko zpětné absorpce skatolu kůží nebo plicemi (Bonneau et al. 2010).

Kompromisem mezi pevnými podlahami a celorošty jsou kotce s s plným ložem a roštovým kalištěm. Prasata jsou čistotná zvířata a nekálí v místech, kde později polehávají. Zároveň je lože oproti kališti o něco vyvýšené, a tak nedochází k přenosu výkalů (Stupka et al. 2013).

Další variantou udržování příznivého prostředí je také ozonizace, což je bezpečné, ekologické a působivé čištění pitné vody, nebo také průmyslových odpadních vod. U živočišných odpadů skladovaných za nepřístupu vzduchu se z chemicky oxidujících metabolitů uvolňují pachy, které ozonizace snižuje díky tomu, že se jedná o velice účinné oxidační činidlo. V odpadu snižuje počty mikroorganismů a reguluje tak produkci těchto páchnoucích metabolitů (Bonneau et al. 2010).

U menších chovů se v České republice také používá stelivové ustájení na hluboké podestýlce. Pro prasata je to komfortnější, prokazuje se u nich méně zdravotních problémů, masné produkty mají vyšší kvalitu a nevyskytují se zde tak často nucené porážky. Dále je to výhodnější z hlediska investičních nákladů. Nevýhodou je ale zvýšená produkce tuku až o 16 % a nižší přírůstky cca o 30 %. Pro větší chovy tento typ není typický z důvodu náročné údržby (Stupka et al. 2013).

Pokud se z hlediska prostředí nejedná o ustájení, dalším faktorem ovlivňující výskyt kančího pachu může být roční období. Tímto se zabýval Hansen et al. (1994) a uvedl, že se u prasat vytváří vyšší hladiny skatolu v létě, kdy jsou vyšší teploty, a nehraje zde roli, zda se jedná o intenzivní či extenzivní způsob chovu. Rozdíly byly však pouze u podkožního tuku, což by mohlo být zapříčiněno vyšší tendencí vypařování látek a jejich absorpce kůží. Ve výkalech byly hodnoty stejné. Rozdíl nebyl ani v ohledu pohlaví.

Aby se zamezilo zvyšování skatolu v podkožním tuku, které je zapříčiněno vysokými teplotami, je vhodné do stájí instalovat klimatizace. Haly jsou pak provětrávány a udržuje se v nich stálá a požadovaná teplota, která by měla být do 30 °C (Hansen et al. 1994; Pulkrábek et al. 2005; Stupka et al. 2013).

### **3.5.5 Management chovu**

Managementem chovu můžeme naopak ovlivnit hladinu produkce androstenonu. Pokud prasata, která jsou určena na výkrm, chováme od věku 3 měsíců odděleně ve skupinách dle pohlaví, snižujeme tak produkci androstenonu u kanců. Nepřítomnost prasnic nestimuluje u kanců rychlejší nástup puberty, a tak i tvorbu pohlavních hormonů, mezi které patří i androstenon (Stupka et al. 2013).

### **3.5.6 Výživa**

#### **3.5.6.1 Vliv dostupnosti tryptofanu ve střevech**

Jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují tvorbu skatolu u vykrmovaných prasat, je dostupnost tryptofanu ve střevech. Skatol je totiž, jak již bylo uvedeno dříve, vytvářen mikrobiální degradací aminokyseliny tryptofanu. Množství tryptofanu, které je obsaženo ve střevech a je k dispozici k mikrobiální degradaci, je ovlivněno především výživou a jejím složením bílkovin. K tvorbě skatolu totiž přispívá strava s nízkou stravitelností proteinu, která není strávena v tenkém střevě a postupuje dále do tlustého, kde jsou bílkoviny redukovány mikroorganismy. Proto je také jeho množství ovlivňováno zastoupením a aktivitou mikroflóry obsažené ve střevech, která tryptofan dále rozkládá (Jensen et al. 1995; Wesoly & Weiler 2012).

Významným zdrojem této aminokyseliny jsou i produkty apoptózy erytrocytů. Jedná se odumřelé střevní buňky, které jej obsahují. Zamezením apoptózy buněk, tedy vzniku buněčného odpadu, je možnost omezit i výskyt tryptofanu dostupného k redukci a zabránit tak tvorbě skatolu. Vysoká hladina tryptofanu ve střevech je nejzřetelnější u čerstvě odstavených selat od prasnic. V tomto období mění stravu z tekuté na pevnou a reorganizuje se jim tak střevní sliznice. Jiná strava také snižuje atrofii klků (antibiotika či byliny používané proti patogenním střevním bakteriím). Proto je u nich výrazný nárůst skatolu způsobený buněčným odpadem. V tomto období u nich klesá SULT1A1, který je značně ovlivněn věkem (Lanthier et al. 2006; Lanthier et al. 2007; Huang et al. 2012; Wesoly & Weiler 2012).

Omezení apoptózy dosáhl Claus et al. (2003), kdy podával prasatům bramborový škrob. Škrob totiž napomáhá k tvorbě kyseliny mléčné, která eliminuje odumírání buněk. Tato studie byla v tomto směru úspěšná a dosáhlo se snížení skatolu ve všech partiích.

Odumírání buněk může být ovlivněno také buněčnou mitózou. Pokud je mitóza zvýšená a buňky se aktivně dělí, zároveň roste i buněčný odpad. To nazýváme buněčná rovnováha. K zamezení nadpočetné mitózy lze snížit puriny v krmivu, které podmiňují projev růstového faktoru IGF-I, výrazně ovlivňujícího mitózu (Raab et al. 1998; Claus & Raab 1999).

### 3.5.6.2 Vliv složení krmné směsi na mikrobiom v trávicím traktu

U skatolu je na rozdíl od androstenonu, který je z vysoké míry dědičný, možnost jeho výskyt upravit vlivy prostředí. Výživou, tedy složením krmné směsi, lze tak produkci skatolu v tlustém střevě omezit z pohledu ovlivnění výskytu a aktivity mikroorganismů, které jej vytváří. Kromě samotného složení krmiva a krmných aditiv je ale také důležitý způsob, kterým jej podáváme, tedy technika krmení (Wesoly & Weiler 2012).

Co se týče techniky krmení, u vykrmování prasat s cílem snížení kančího pachu je příznivější omezené dávkování krmiva, protože při nadlimitním krmení je skatol v tuku ukládán ve větší míře. Dále je pak vhodnější peletované krmivo na rozdíl od kašovitého (Šprysl et al. 2005).

Mezi vhodné složky krmiva, určená k tomuto účelu, jsou řazena například antibiotika, ječmen s vysokým obsahem amylázy, kombinace ovesa a ječmene, vláknina, bramborový škrob, rostlinné extrakty, různé proteiny, fermentovatelné oligo a polysacharidy nebo sušené pivovarské kvasnice.

Faktorem, který nejvíce ovlivňuje hladinu skatolu u vykrmovaných kanců, je obsah proteinu vstupujícího do tlustého střeva a proteolytická aktivita střevní mikrobioty. Jelikož jsou proteiny složeny z aminokyselin, jsou bohatým zdrojem tryptofanu. Ten, jak již bylo zmíněno, svým mikrobiálním rozpadem dává vzniknout skatolu. Důležité je tedy krmít zdrojem proteinu, který je lépe stravitelný v tenkém střevě a neprostupuje natolik do tlustého střeva. Jako možnost se nabízí například kasein místo kvasnicové kaše (Jensen 1990).

Jedním ze způsobů, jak ovlivnit mikrobiální osídlení trávicího traktu, je také snížení nebo naopak zvýšení pH. Bakterie produkující indol a skatol preferují rozdílné hodnoty pH, tudíž lze většinou ovlivnit hladiny pouze jedné látky. Nižší hodnoty pH, neboli kyselejší prostředí, upřednostňují bakterie, které vytváří skatol. Optimální hodnota se pohybuje v rozmezí 5 - 6,5 pH. Naopak zásaditější prostředí, hodnoty pH okolo 8, preferují bakterie produkující indol (Jensen et al. 1995).

Snížením kančího pachu touto cestou se zabýval Pauly et al. (2011), kdy se snažil pH snížit a zamezit tak tvorbě indolu. Zkoumal vliv různých diet, kde se jednalo o ovesné a ječné krmivo. Lepší cestou se ukázalo krmení na bázi ječmene, při kterém se pH nezvyšovalo a indol, produkující bakterie, neměl tak vysokou aktivitu. Koncentrace skatolu byly naopak nižší u zkrmování ovesa.

Aditiva v podobě antibiotik řadíme mezi nejradikálnější způsob. Na toto téma byly prováděny studie na konci 90. let s použitím látek Tylosinu, Virginiamycinu a Bacitracinu. Rozdíly ve vytváření skatolu byly však zřejmé pouze po podání vyšších koncentrací Tylosinu a Virginiamycinu. Bacitracin se projevoval beze změny. Nízké koncentrace podávaných antibiotik neukázaly rozdíl u žádné z uvedených látek. Antibiotika jsou ale pro plošné užívání jako aditiva krmných dávek v Evropské unii od roku 2006 zakázána z důvodu rostoucí

rezistence jednotlivých bakterií a lze je užívat jen pro experimentální účely nebo k léčbě nemocných zvířat (Wesoly & Weiler 2012).

Sušené pivovarské kvasnice jsou vhodné k omezení buněčné mitózy a zabránění tak rostoucímu množství buněčného odpadu. Jsou totiž bohatým zdrojem purinů. Puriny lze ovlivnit syntézu DNA a RNA, určující expresi IGF-I faktoru, tudíž množství buněčného odpadu střevních buněk a následně tvorbu skatolu (Raab et al. 1998; Claus & Raab 1999).

Významné extrakty rostlin používané k zamezení tvorby kančího pachu jsou především z Krevnice kanadské (*Sanguinaria canadensis*). Její extrakty obsahují velké množství alkaloidu sanguinarinu, známému díky svému antimikrobiálnímu účinku in vitro, který může být nápomocen při inhibici syntézy skatolu a indolu. Studie ohledně této problematiky ale nebyly ještě zveřejněny, jelikož se jedná o proces, který požaduje systematictější prozkoumání (Xu et al. 2002; Ehrlinger 2007). Dále pak mohou být z rostlinných extraktů použity léčivé čínské byliny, složky éterických olejů z bylin a koření nebo extrakty obsahující velké množství taninu, který buď přímo omezí mikrobiální aktivitu, nebo zamezí bakteriím přístup k proteinu potřebnému k jejich metabolismu (Tavendale et al. 2005; Michiels et al. 2009).

Přidáním vlákniny do krmiva lze také dosáhnout snížení produkce skatolu v tlustém střevě a jeho ukládání v tukové tkáni, princip tohoto mechanismu však není znám a existují pouze hypotézy, které jsou ale navzájem protichůdné.

Jednou hypotézou je, že pokud se krmí extra dietní vlákninou, zvyšuje se tak substrát vázající vodu v tlustém střevě. Dojde pak ke zředění skatolu, přičemž nepřichází tolik do kontaktu se stěnou tlustého střeva, kde dochází k absorpci.

Druhá hypotéza je založena na pozitivním působení vlákniny na atrofii klků a průchodnost střev, která je díky ní urychlována. Ke vstřebání skatolu pak není dostatek času a jeho ukládání může být sníženo (Jensen 2006).

Další variantou je obohacení krmné dávky o bramborový škrob. Škrob obsažený v podzemnici je bohatým zdrojem rezistentního škrobu, ze kterého trávením bakteriemi vzniká butyrát, jež inhibuje apoptózu buněk epitelu tlustého střeva. Pro tvorbu skatolu tak není mikroorganismům k dispozici tryptofan, jehož zdrojem jsou právě odumřelé epitelové buňky. Nedochozí tedy k jeho uládání jak v plazmě, tak i v tukové tkáni. Možnost mechanismu pozitivního působení bramborového škrobu na redukci skatolu je i díky jeho nestravitelnosti v tenkém střevě a přechodu do tlustého. Zde pak plní funkci jako zdroj energie pro mikroorganismy, které jej fermentují. To však neplatí pro peletovaná krmiva, která jsou podrobena zahřátí nad 52 °C. Při těchto teplotách škrob mazovatí a ztrácí tak svůj účinek, tedy hladinu skatolu nemůže ovlivnit (Claus et al. 2003; Zamaratskaia et al. 2005; Lösel et al. 2006; Zamaratskaia et al. 2006; Pauly et al. 2008; Øverland et al. 2011; Pauly et al. 2012).

Podobné účinky má i škrob obsažený obilovinách, například u jemčene (*Hordeum vulgare*). Ve Švédsku se jedná o běžně používanou součást krmiva, jeho výživové ukazatele však závisí na vnitřních i vnějších faktorech. Tyto faktory ovlivňují i složení škrobu, konkrétně obsah polysacharidu amylozy, která je jeho základní stavební složkou a tvoří převážný obsah dosahující až 45 %. Amylóza ovlivňuje stravitelnost škrobu. Škrob je buď štěpen v tenkém střevě enzymem alfa-amylázou, nebo postupuje dále do tlustého střeva. To, zda bude tráven v tenkém střevě enzymem, nebo až v tlustém střevě pomocí mikroorganismů, je dáno právě obsahem amylozy. Enzym alfa-amyláza se totiž uplatňuje především u těch škrobů, u kterých se amyloza vyskytuje v menším množství. Příznivější k redukci skatolu se tedy jeví spíše

ječmen, jehož škrobová zrna obsahují vyšší množství tohoto polysacharidu. Nestrávený škrob enzymy je v tlustém střevě fermentován mikroorganismy. Vytváří se řada vedlejších produktů, mezi které patří různé plyny (vodík, methan či oxid uhličitý) nebo například mastné kyseliny, včetně butyrátu. Jeho účinky byly popsány výše. Chen et al. (2009) provedli na toto téma studii, kdy krmili prasata odrůdou ječmene s obsahem amylózy okolo 17 %. Obsah skatolu byl zredukován jen v plazmě.

Experimentovalo se i s jinými druhy obilnin a zkoumal se rozdíl při krmení ovsa a ječmene. Příznivějších výsledků bylo dosaženo u krmení na bázi ječmene. Na jednu stranu při trávení docházelo ve střevech k vyšším hodnotám těkavých mastných kyselin, na druhou stranu ale nízký obsah kyseliny octové nezapříčiňoval zvýšené hodnoty pH. To nevytvářelo vhodné podmínky pro indol produkující mikroorganismy, které mají svou aktivitu vyšší spíše v zásaditém prostředí. Pro snížení indolu je tedy vhodnější ječmen, který je i zároveň oproti ovsu stravitelnější. Opět měla však tato modifikace krmiva vliv pouze na tvorbu a ukládání skatolu v plazmě, tuková tkáň nebyla ovlivněna (Pauly et al. 2011).

Mezi další zemědělské plodiny, které mohou být využity v tomto směru, patří i Len setý (*Linum isitatisimum*), a to konkrétně díky jeho semenům. Lněná semínka ovlivňují koncentrace skatolu v tukové tkáni a snižují tak výskyt kančího pachu (Kouba et al. 2003).

Nejběžnější a zároveň fungující složkou, která může být přidávána na krmné směsi proti tvorbě skatolu, jsou různé druhy sacharidů. Nestrávené sacharidy v tenkém střevě na rozdíl od proteinů totiž tvorbu skatolu v tlustém střevě snižují (Jensen et al. 1995, Kjeldsen 1998, Knarreborg et al. 2002; Whittington et al. 2004). Nejeftektivnější jsou fruktooligosacharidy, které snižují intraluminální pH v tlustém střevě, nebo jsou využívány jako živiny pro pozitivně vnímané mikroorganismy ve střevech, jako jsou například *Bifidobacteria* (Roberfroid et al. 1998; Xu et al. 2002). Se zvyšující se aktivitou těchto mikroorganismů pak proteolytické bakterie, které vytváří skatol, potřebují větší množství aminokyselin k syntéze buněčných enzymů. Tryptofan pak využívají spíše k tomuto účelu a není tak metabolizován, čímž skatol nevzniká v takové míře a je produkován spíše indol. Mění se tak i pH a mikrobiální složení ve střevech (Hawe et al. 1992; Xu et al. 2002)

Jeden z těchto oligosacharidů, těžce stravitelný a vhodný k tomuto účelu, je inulin. Je obsažen v některých rostlinách z čeledi zvonkovitých (*Campalunaceae*) a hvězdnicovitých (*Astraceae*). Tyto rostliny jej využívají jako zásobní látku a i když je velice sladký, má téměř nulovou kalorickou hodnotu. Nezvyšuje tak po konzumaci hladinu krevního cukru v organismu. Je proto v některých případech využíván jako náhražka cukru v nízkotučných výrobcích. V tenkém střevě organismu není štěpen enzymem amylázou a posouvá se dále do tlustého střeva, kde plní funkci prebiotika, zdroje energie pro prospěšné střevní bakterie, které ho pomocí svých enzymů dokážou rozštěpit za vzniku oxidu uhličitého nebo metanu. Stimuluje tak rozmnožování některých prospěšných střevních bakterií, mezi které patří *Bifidobacteria* a *Lactobacillus*. Zároveň snižuje absorpci glukózy, a tím akumulaci glykogenu, takže funguje podobně jako rozpustná dietní vláknina u lidí (Takahashi et al. 1996; Tunland 1998; Tomasik & Tomasik 2003; Jensen & Hansen 2006).

Vyskutuje se například v čekance obecné (*Cichorium intybus L.*) (Obrázek 4). Čekanka obecná patří mezi relevantní bioaktivní složky mající biologické účinky, ale zároveň nemá výživovou hodnotu a vliv má především na mikroorganismy obsažené v trávicím traktu. Díky vysokému obsahu inulinu v kořenech má tak pozitivní vliv na kvalitu krmiva. Dále obsahuje

v kořenech i seskviterpenové laktony (hořké sloučeniny) (Claus et al. 1994; Jensen & Jensen 1998; Bais & Ravishankar 2001). Čekanka má mimo jiné i hepatoprotektivní účinky. Mezi její další blahodárné vlivy na zdraví patří protizánětlivé, antioxidační a antikarcinogenní účinky.

Seskviterpenové laktony jsou terpeny, které se skládají ze tří izoprenových jednotek a mohou mít cyklickou i acyklickou strukturu. Mohou z nich biochemickou modifikací, což je například změna molekulového uspořádání, či oxidace, vznikat deriváty seskviterpenoidy. Vyskytují se v éterických olejích, ve formě humelenu v silicích chmelu nebo v kyselině abscisové. Rees a Harborne (1985) uvádí, že seskviterpenové laktony mohou mít také vliv na hladinu skatolu a androstenu, tedy na kvalitu masa.



Obrázek 4: Kořen a květ čekanky obecné (Koniček 2016)

### 3.5.6.2.1 Vliv slunečnice topinambur

Inulin může být obsažen také ve slunečnici topinambur (*Helianthus tuberosus*), u které se projevil stejný efekt jako u čekanky. Topinambur totiž souvisí s poklesem *Clostridium perfringens* a s vyšším obsahem mastných kyselin s krátkým řetězcem a následným poklesem pH (Vhile et al. 2012).

Jedná se o rostlinu z čeledi hvězdnicovitých (*Astraceae*), původem z mírných oblastí Severní Ameriky a v Evropě se pěstuje od 17. století. Počátkem 19. století se ve velkém pěstoval ve Francii, Španělsku a Německu, ale od té doby pěstování uvadlo. Během posledních 30 let se však opět objevil zájem o využití topinamburu, především jako zdroj krmiva v podobě zelené nebo silážované píče, ale také na výrobu biopaliva, nebo jako náhražka cukru, zejména v oblastech s nedostatkem vody v letních měsících, díky tomu, že dokáže růst v různých pedoklimatických podmínkách, je velice odolný proti mrazu, suchu a chorobám. Topinambur



je tak oproti čekance pro pěstování vnímán zemědělci pozitivněji. Na druhou stranu náklady na jeho sklizeň a zamořování hlíz, které se nechávají v půdě, jsou velice vysoké.

Tato plodina dosahuje vysokého podílu biomasy ve stoncích, a především v hlízách. Během vegetativního stádia rostou hlízy topinamburu pomalým tempem a inulin se tak ukládá do stonků a následně do hlíz, kde je jeho koncentrace zhruba 50 %. Polymerace inulinu obecně se pohybuje od 2 do 60 jednotek, kdy záleží na typu rostliny. Topinambur však obsahuje inulin v nízkomolekulárních jednotkách fruktooligosacharidů, což je důležitým faktorem při jeho fermentaci bakteriemi ve střevech. Řetězce inulinu s polymerací nad 10 jednotek jsou totiž mikroorganismy tlustého střeva fermentovány až pětkrát pomaleji než ty s kratšími řetězci, které jsou tedy bifidogenní. Inulin z topinamburu vyznačující se nízkou polymerací je tak vhodným zdrojem inulinu nebo fruktooligosacharidů pro úpravu mikrobiálního osídlení trávicího traktu (Slimestad et al. 2010).

Pro tyto pozitivní vlastnosti rostliny slunečnice topinambur a jejího potenciálního využití ke snížení tvorby skatolu byl proveden experiment založen na zkoumání čtyř skupin kanců, kterým byl přidán topinambur do krmné dávky v různých koncentracích 14 dní před porážkou.



Obrázek 5: Kořen slunečnice topinambur (Dušková 2021)

## 4 Metodika

Experiment byl proveden v Testační a pokusné stanici České zemědělské univerzity v Ploskově u Lán. Všechny postupy použité v experimentu byly schváleny odbornou etickou komisí, číslo pokusu 10/2015, Etickou komisí České republiky a Ústřední komisí pro pohodu zvířat při Ministerstvu zemědělství ČR (Praha) a byly provedeny v souladu se směrnicí 2010/63/EU pro pokusy na zvířatech. Prasata byla poražena podle protokolu pro certifikovaná česká jatka pod dohledem nezávislého veterináře.

## 5 Zvířata

Experiment proběhl celkem na 49 ks nekastrovaných samců (kanečků) z 10 různých vrhů užitkového křížence (ČBU × ČL) × BO. Prasata byla ustájena po dvojicích v kotci o rozměrech 2,8 × 1,1 m za standardních podmínek. Pokus byl zahájen na zvířatech v průměrném věku 62 dní při průměrné živé hmotnosti 23,7 ± 3,45 kg.

### 5.1 Krmení

Prasata byla krmena ad libitum kompletní krmnou směsí (KKS) P1 a P2 (obsahující ječmen, pšenici, sójový šrot a krmný premix – Tabulka č. 1). Složení KKS bylo průběžně upravováno dle věku a živé hmotnosti prasat (Šimeček et al., 2000). Voda byla k dispozici ad libitum.

Od 62 do 112 dní věku a od průměrné živé hmotnosti 23 kg byla prasatům podávána krmná směs P1.

Od 113 do 133 dnů věku a od průměrné živé hmotnosti 67 kg byli kanci krmeni dietou P2 bez topinamburu.

Pro ověření vlivu přídatku inulinu byla prasata rozdělena do čtyř skupin K1 – kontrolní skupina (12 kanečků), bez topinamburu (*Helianthus tuberosus*)  
K2 – experimentální skupina (12 kanečků), KKS obsahující 4,1% sušené hlízy topinamburu  
K3 – experimentální skupina (12 kanečků), KKS obsahující 8,2% sušené hlízy topinamburu  
K4 – experimentální skupina (13 kanečků), KKS obsahující 12,2% sušené hlízy topinamburu v krmných dávkách, které byly krmeny 14 dní před porážkou prasat (Tabulka č. 1). Na tyto krmné směsi (P2+) s různými obsahy mletých sušených hlíz topinamburu v závislosti na designu experimentálních skupin, byla prasata převedena od 134 dní věku a průměrné živé hmotnosti 93 kg až do porážky.

Obsah inulinu (0,5 g/g topinamburu) byl stanoven na základě analýzy sušeného topinamburu.

Prasata ve věku 148 dní o průměrné živé hmotnosti 112 ± 8,16 kg byla poražena na jatkách, omráčena za použití elektrického omráčení a zabita vykvrvením.



Tabulka 1: Složení pokusných kompletních krmných směsí

<b>Experimentální skupina</b>	K1-K4	K1-K4	K1	K2	K3	K4
<b>Krmná směs</b>	P1	P2	P2	P2+ 4,1 %	P2+ 8,2 %	P2+ 12,2%
<b>Rozpětí živé hmotnosti (kg)</b>	23-66,9	67-92,9	93-112,9	93-112,9	93-112,9	93-112,9
<b>Věk prasat (dny)</b>	62-112	113-133	134-148	134-148	134-148	134-148
<b>Složky (g/kg)</b>						
Ječmen	500	390	390	395	400	410
Pšenice	313	490	490	439	388	333
Sójový šrot	150	90	90	95	100	105
Premix vitamínů a ML	30	30	30	30	30	30
MCP	7	0	0	0	0	0
Topinambur	0	0	0	41	82	122
<b>Vypočtené chem. složení</b>						
Sušina (%)	90,95	87,3	87,3	87,3	87,3	87,3
Hrubý protein (%)	16,4	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8
Hrubý tuk (%)	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Hrubá vláknina (%)	3,7	3,63	3,63	3,63	3,63	3,63
Škrob (%)	45,4	50,8	50,8	50,8	50,8	50,8
ME5 (MJ/kg)	13,2	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
Lysin/ME	0,73	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
<b>Aminokyseliny</b>						
Lysin	9,64	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07
Methionin	2,95	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81
Threonin	6,24	5,39	5,39	5,39	5,39	5,39
Tryptofan	2,06	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74

P1 – kompletní krmná směs pro 1. fázi výkrmu.

P2 – kompletní krmná směs pro 2. fázi výkrmu.

P2 + – krmné směsi s topinamburem.

Premix mikro- a makrominerálů, esenciálních aminokyselin a vitamínů = obsah v 1 kg premixu: retinol 400 000 IU, cholekalciferol 66 000 IU,  $\alpha$ -tokoferol 3 600 mg, menadion 100 mg, thiamin 60 mg, riboflavin 150 mg, niacin 800 mg, Ca pantothenát 375 mg, vitamín B6 100 mg, vitamín B12 1 mg, cholin Cl 15 000 mg, kyselina listová 15 mg, Fe 3 500 mg jako  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , Zn 3 600 mg jako ZnO, Mn 3 100 mg jako MnO, Cu 330 mg jako  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , I 175 mg jako  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ , Co 15 mg jako  $2\text{CoCO}_3 \cdot 3\text{Co}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , Se 13 mg jako  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ , 6-fytáza (EC 3.1.3.26) 25 000 FTU, Ca 220 g, P 20 g, Na 50 g, Mg 10 g, lysin 85 g, methionin 15 g, threonin 15 g.

ME5 – metabolizovatelná energie.

## 5.2 Znaky výkrmnosti a jatečné hodnoty

Kanečci byli individuálně váženi v týdenních intervalech a byl sledován denní příjem krmiva. Na základě získaných hodnot živé hmotnosti a denní spotřeby krmiva byla vypočtena konverze krmiva a průměrný denní přírůstek. Výše uvedené ukazatele byly vypočteny pro celou dobu experimentu. Bezprostředně po porážce byly u jednotlivých zvířat zjišťovány následující ukazatele:

- Živá hmotnost (kg)
- Hmotnost jatečně upraveného těla (kg)
- Jatečná výtěžnost (%)
- Výška tuku nad posledním hrudním obratlem (mm)
- Procento libového masa (%)

Po porážce byla jatečně upravená těla skladována při +2 °C po dobu 24 hodin.

## 5.3 Stanovení hladin skatolu, indolu a androstenonu

Hladiny skatolu, indolu a androstenonu ve vzorcích podkožního tuku byly měřeny vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií (LC-2000Plus HPLC systém; Jasco, Tokio, Japonsko) podle metody Hansena-Møllera (1994) v modifikaci od Okrouhlá et al. (2016). Záznamy byly vyhodnoceny pomocí programu Chrom – NAV (Jasco) a kvantifikace byla provedena na základě retenčních časů standardy androstanonu a 2-methylindolu. K určení hladiny skatolu a indolu byla použita kolona Kinetex C18 100A (5 µm, 50 × 4,60 mm ID) provozovaná při 40 °C. Pro stanovení androstenonu byla použita kolona Agilent Eclipse XDB C18 (5 µm, 150 × 4,60 mm ID) provozovaný při 40 °C.

## 5.4 Senzorická analýza

Z jatečně opracovaných těl byly odebrány vzorky pečeně k sensorické analýze mezi 10. a 14. žebrem, z vychlazených pravých půlek 24 hodin po porážce. V chladícím boxu byly dovezeny do laboratoře, kde byly provedeny další analýzy.

U všech vzorků byla odstraněna podkožní tkáň a jejich hmotnost činila zhruba 600 g. V laboratoři byly vzorky dále ještě vakuově zabaleny a na 24 hodin uskladněny při teplotě 4 °C. Poté byly zamrazeny a skladovány při -20 °C dalších 60 dní, až do provedení samotné sensorické analýzy.

Před analýzou byly vzorky rozmrazovány 24 hodin při teplotě 4 °C. Po uplynutí 24 hodin byly vzorky masa vyjmuty z vakuového balení a naporcovány na 20 mm tlusté steaky. Takto připravené steaky se opékaly na grilu se sklokeramickou deskou, rozehřátou na 200 °C, do doby, kdy teplota uvnitř masa byla 75 °C. Teplota uvnitř masa byla měřena pomocí digitálního teploměru. Po této tepelné úpravě byly steaky nakrájeny na kostičky o velikosti 20 mm, přičemž nebyly použity okrajové části steaků. Kostičky byly umístěny do skleněných nádob s víčky a označeny náhodným 3místným kódem. Skleněné nádoby se vzorky byly udržovány při teplotě 50 °C až do testu po dobu jedné hodiny.

Samotná senzorická analýza byla provedena v kabinách s kontrolovanými podmínkami. Celkem byly provedeny 3 testování, přičemž každé zahrnovalo 6 vyškolených jedinců, vybraných speciálně na schopnost rozeznat kančí pach. Byl použit kvantitativní deskriptivní test v rámci kompletního a vyváženého návrhu. V každém testování byly podány celkem 4 sady po 4 vzorcích, kde v každá sada obsahovala vždy jeden vzorek z každé skupiny. V analýze bylo použito celkem 48 vzorků a jelikož jich bylo původně odebráno celkem 49, jeden byl ze senzorické analýzy náhodně vyřazen.

Hodnocení vzorků vyškolenými hodnotiteli bylo zaznamenáváno pomocí deskriptorů na nestrukturované 100 mm dlouhé měřítko, které bylo následně přeformulováno na numerické (0–100) pro statistickou analýzu.

## 5.5 Statistické analýzy

Statistické analýzy byly provedeny pomocí programu Statistica od společnosti StatSoft. Data byla analyzována jednosměrnou analýzou rozptylu (ANOVA). Výsledky jsou prezentovány jako průměry nejmenších čtverců (LSM) a střední kvadratická chyba (RMSE).

Statistický model byl:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_{ij}$$

kde:

$Y_{ij}$  – hodnota vlastností,

$\mu$  – celkový průměr,

$g_i$  – účinek dietní skupiny ( $i = K1, K2, K3, K4$ ),

$e_{ij}$  – náhodná zbytková chyba.

Zjištěná data byla následně použita pro výpočet ekonomické efektivnosti. Pro zjištění efektivnosti byly využity ekonomické ukazatele nákladů krmných směsí. Celkové náklady byly jednoduše vypočteny součtem všech nákladů. Tedy součtem celkových nákladů na krmení od počátku výkrmu, tedy přibližně od 23 kg až do porážkové hmotnosti, uvedených v tabulce č. 6.

## 6 Výsledky

### 6.1 Hladiny látek způsobující kančí pach

Tabulka 2: Hladiny látek charakterizující kančí pach ve vztahu k použité krmné směsi

Skupina	K1		K2		K3		K4		P
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	
<b>Ukazatel</b>									
Androstenon ( $\mu\text{g/g}$ )	5,83	6,68	2,80	2,47	2,02	0,95	3,40	2,39	0,1134
Indol ( $\mu\text{g/g}$ )	0,05	0,05	0,04	0,03	0,06	0,08	0,05	0,02	0,8037
Skatol ( $\mu\text{g/g}$ )	0,14 <sup>a</sup>	0,13	0,06 <sup>ab</sup>	0,04	0,03 <sup>b</sup>	0,02	0,05 <sup>ab</sup>	0,06	<b>0,0057</b>

Mezi hodnotami s rozdílnými koeficienty existuje statisticky významná závislost na hladině významnosti  $P < 0,05$ .

V tabulce č. 2 jsou uvedeny průměrné hodnoty ukazatelů látek způsobující kančí pach ve vztahu k výživě. U prvního ukazatele, u androstenonu, došlo v průměru k výraznému snížení jeho hladiny u všech skupin kanců, kterým byl do krmné směsi přidán sušený topinambur. Ke snížení došlo o více jak polovinu, přesto se nejedná o statisticky významný rozdíl. U kontrolní skupiny byla totiž vyhodnocena směrodatná odchylka trojnásobně vyšší než u ostatních skupin. Nacházelo se zde několik významných extrémních hodnot. U všech skupin byl navíc androstenon naměřen v průměru ve větším množství, než jsme určili jeho prahové hodnoty pro tuto práci, tj. 0,5  $\mu\text{g/g}$ . Přidáním sušeného topinamburu do krmiva proto nedošlo k statisticky významnému snížení hladiny androstenonu. Vzhledem k tomu, že je tato látka a její množství ovlivňováno především geneticky a fází puberty, se tak ani statisticky významná závislost nepředpokládala.

U druhého ukazatele, tedy u indolu, nedošlo v průměrných hodnotách téměř k žádné změně navýšení či snížení hladin této látky. Naopak u střední dávky topinamburu, u skupiny kanců krmených střední dávkou topinamburu (8,2 %), došlo k minimálnímu navýšení. Směrodatné odchylky se pohybovaly v podobných hodnotách, nebyly zde tudíž významné extrémní hodnoty. Statisticky významná závislost zde z důvodu odlišných preferencí mikroorganismů, které produkují indol, oproti těm, kteří produkují skatol, na který byla úprava krmné směsi zaměřena, opět nebyla předpokládána. Je však důležitý fakt, že modifikace krmiv tímto způsobem zásadně neovlivňuje hodnoty této látky.

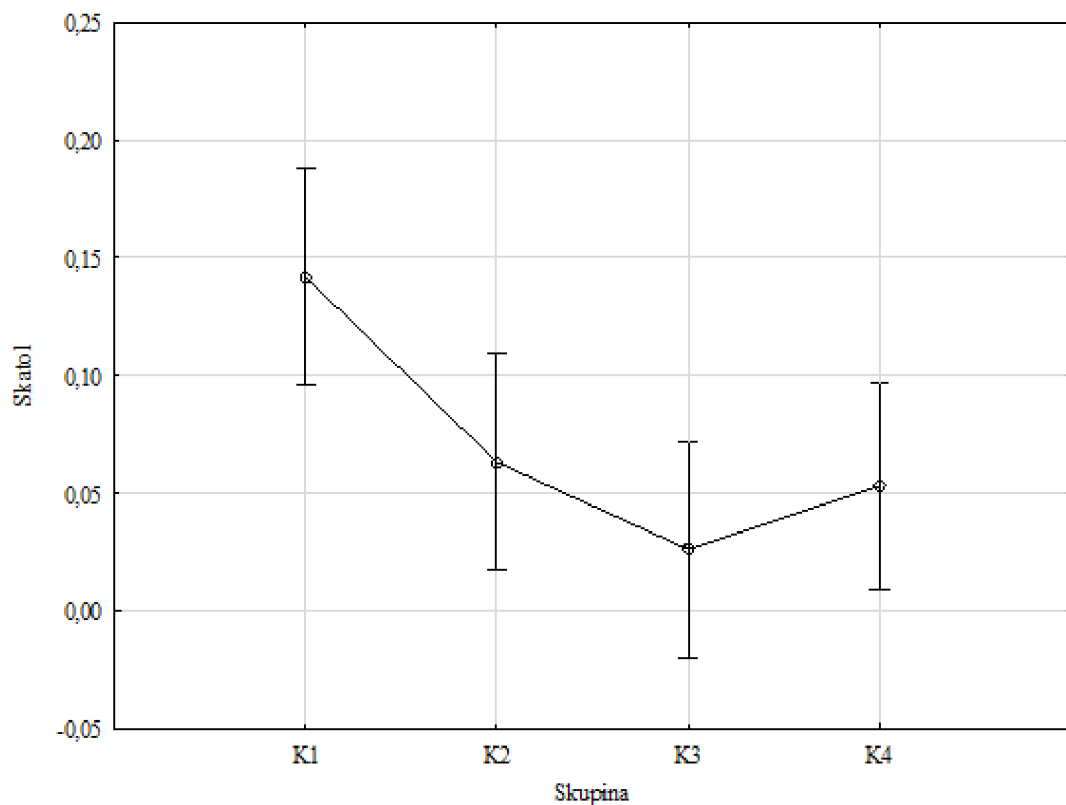
U nejvýznamnější látky v naší studii, kterou je skatol, byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi dosaženými průměrnými hodnotami kontrolní skupiny kanců bez přidání topinamburu do krmné směsi, skupinou K1 a mezi skupinou se střední dávkou topinamburu (8,2 %) K3, kdy došlo u K3 k výraznému snížení hodnot. Zároveň jediná průměrná hladina skatolu u vykrmovaných kanců třetí skupiny se pohybovala na hranici prahové hodnoty vnímání, tj. 0,02  $\mu\text{g/g}$ . V této skupině bylo 5 jedinců nad prahovou hodnotou a 7 pod prahovou

hodnotou, tedy z větší části došlo ke snížení skatolu pod hladinu vnímání. Směrodatné odchylky nenaznačovaly významně větší hodnoty v žádné ze skupin.

Cílem této studie bylo především snížení skatolu, předpokládala se tedy mezi sledovanými skupinami kanců statisticky významná závislost. Jelikož byla vyhodnocena pouze mezi kontrolní skupinou a skupinou K3, jeví se jako nejlepší řešení přidávání topinamburu do krmné směsi v koncentraci 4,1 %. Nižší ani vyšší koncentrace neprokazuje statisticky významnou závislost, trend však jasně ukazuje, že i u ostatních skupin s krmnou směsí s topinamburem došlo ke snížení skatolu.

U žádné ze skupin však nedošlo ke snížení androstenonu pod prahovou hodnotu vnímání a u prasat se tak může stále vyskytovat typický zápach této látky. Tu ale, jak bylo zmíněno dříve, vnímá jen část populace, nemusí to tedy být takový problém, jako vyšší výskyt skatolu.

Graf 1: Průměrné hodnoty a rozsah směrodatných odchylek hladin skatolu u jednotlivých skupin ve vztahu ke krmné směsi



## 6.2 Riziky výskytu látek kančího pachu

Tabulka 3: Riziko výskytu látek charakterizující kančí pach ve vztahu k použité krmné směsi

Skupina	K1	K2	K3	K4
<b>Riziko výskytu kančího pachu (%)</b>				
Riziko androstenonu	83,3	91,7	100,0	84,6
Riziko skatolu	91,7	75,0	41,7	53,8
Riziko androstenonu a skatolu	100,0	100,0	100,0	84,6

Tabulka č. 3 představuje procentuální rizika výskytu skatolu, androstenonu a skatolu současně s androstenonem. Riziko skatolu je u jedinců, kteří přesahují prahové hodnoty skatolu nad 0,02 µg/g. U androstenonu je prahová hodnota 0,5 µg/g.

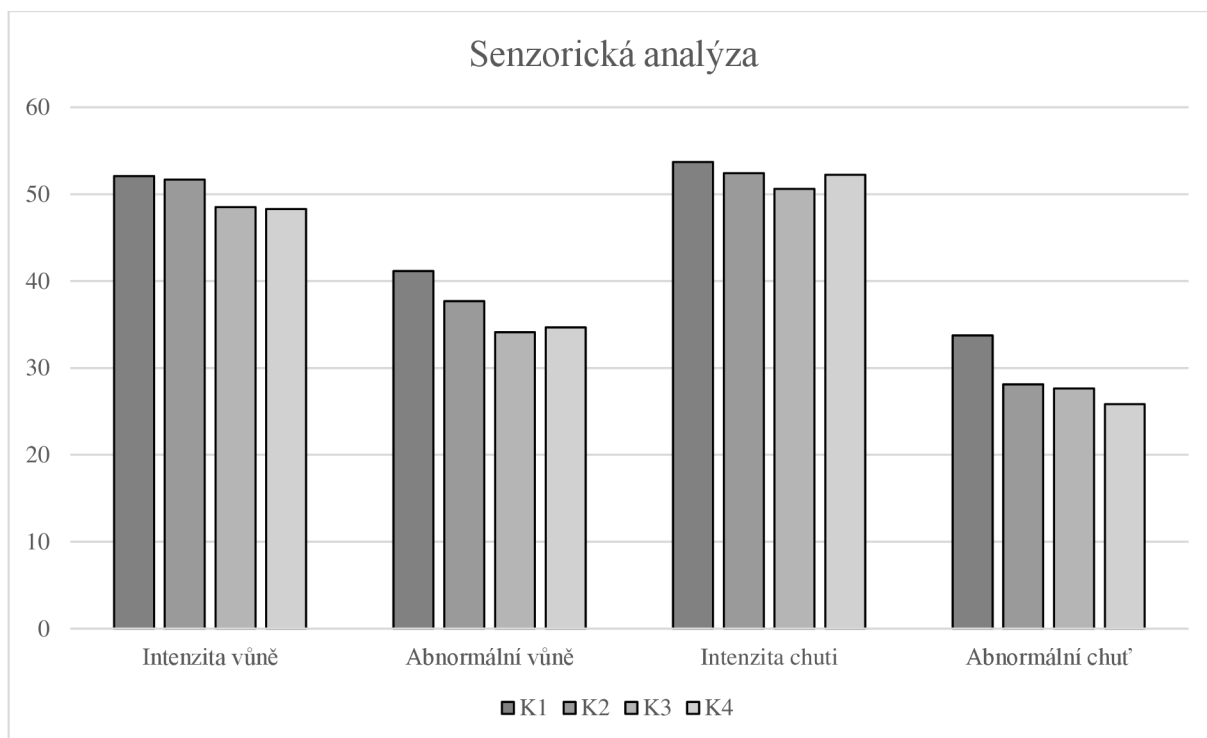
Riziko hladiny androstenonu je u skupiny K1 83,3 %, to znamená, že až na dva jedince překročili ostatní prahovou hodnotu a jejich pach či chuť budou u většiny v mase zřejmé. U skupiny K2 bylo riziko větší, tedy 91,7 %. Počet jedinců, u kterých nebude kančí pach sensoricky detekovatelný, je pouze jeden. Ve skupině K3 představovali riziko výskytu androstenonu všichni jedinci. V poslední skupině se vyskytovali stejně jako v K1 dva jedinci pod prahovou hodnotou vnímání. Z pohledu rizika androstenonu a našich hodnot došlo při zkrmování topinamburem oproti skatolu spíše k navýšení a může tak představovat negativní dopad na jeho hladiny. Jelikož je však androstenon ovlivňován především geneticky a fází puberty, mohou to být náhodné odchylky.

U rizika skatolu došlo oproti androstenonu naopak ke snížení výskytu rizika. U skupiny K1 se vyskytoval jeden jedinec, který riziko skatolu nepředstavoval. Zbýlých 11 jedinců překročilo prahovou hodnotu. U skupiny K2 již došlo ke snížení tohoto rizika a jedinci, u kterých se nevyskytovalo riziko skatolu, byli 3. Největší pokles byl u skupiny K3, zde bylo větší zastoupení kanců bez rizika skatolu, celkem 7. U skupiny K4 bylo riziko opět vyšší a jedinců, kteří prahovou hodnotu nepřekročili, bylo 5. Data tak kopírují naše hodnoty z tabulky č. 2, kde největší pokles hladin skatolu byl u skupin K3 a u K4 došlo opět k navýšení. Společné riziko androstenonu i skatolu nepředstavovali pouze dva jedinci u jedné skupiny, a to u K4.

Pokud bychom chtěli v tomto ohledu brát v potaz jak výskyt skatolu, tak i androstenonu, nejlepší krmná dávka by byla u skupiny K4, s 12,2 % topinamburu. Jelikož však toto riziko nepředstavovali pouze dva jedinci, neměli bychom tyto výsledky brát jako příliš vhodnou možnost ke snižování obou sledovaných látek.

### 6.3 Senzorická analýza látek kančího pachu

Graf 2: Znárodnění hodnot senzoričké analýzy u jednotlivých ukazatelů



Ze senzoričké analýzy byly hodnoceny 4 ukazatele, které jsou znázorněny v grafu č. 2. Dva byly vztaženy k vůni a dva k chuti.

U prvního ukazatele můžeme vidět postupně klesající hodnoty intenzity vůně, tedy se zvyšující se hladinou topinamburu v KKS intenzita klesá. Druhý ukazatel, abnormální vůně, který by měl představovat především výskyt kančího pachu, opět ukazuje snižující se hodnoty. U druhé a třetí skupiny abnormální chuť výrazně klesla, u čtvrté však došlo opět k mírnému nárůstu. Tyto hodnoty se tak potvrzují a ukazují stejné výsledky, jako u naměřených hladin skatolu, kde k největšímu poklesu došlo u K3. Z hlediska experimentu se jedná o nejdůležitější ukazatel a jeho pokles znamená pozitivní výsledky.

Intenzita chuti byla nejvyšší u K1 a u dalších skupin postupně poklesla. U poslední skupiny lehce narostla oproti skupině K3. Rozdíly mezi skupinami však nebyly velké. U abnormální chuti, která měla také představovat kančí pach, došlo k výraznému poklesu u skupin s topinamburem. Tento ukazatel je pro nás zásadní, a proto i zde měla modifikace krmiva výrazný vliv a potvrzuje to naše výsledky, kdy přidaný inulin v krmivu podávaný v podobě slunečnice topinambur, výrazně ovlivní produkci skatolu, a tak i výskyt vady kančího pachu.

## 6.4 Výkrmnost

Tabulka 4: Naměřené hodnoty výkrmnosti u jednotlivých skupin ve vztahu k použité krmné směsi

Skupina	K1		K2		K3		K4		P
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	
<b>Ukazatel</b>									
Denní spotřeba krmiva (kg)	2,27	0,09	2,28	0,04	2,29	0,08	2,29	0,11	0,9226
Průměrný denní přírůstek (g)	1007	82,39	1021	78,91	1017	67,32	975	72,37	0,4571
Konverze krmiva (kg)	2,27	0,17	2,25	0,17	2,26	0,10	2,36	0,13	0,2682

Mezi hodnotami s rozdílnými koeficienty existuje statisticky významná závislost na hladině významnosti  $P < 0,05$ .

V oblasti výkrmnosti byly hodnoceny 3 ukazatele a výsledky jsou znázorněny v tabulce č. 4. První, kterým byla průměrná spotřeba krmiva od 5. týdne výkrmu, byla u všech čtyř sledovaných skupin kanců téměř stejná a nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. Můžeme předpokládat, že změna krmné směsi nevyvolala v chuti negativní efekt a z toho důvodu nebyly rozdíly ve spotřebě kontrolní krmné směsi. Naopak, jak již bylo zmíněno, při zvyšujících se dávkách topinamburu byly průměrné spotřeby nepatrně vyšší a krmná směs tak mohla být kanci přijímána lépe. Rozdíly pouze o setiny kilogramu mohou být náhodné.

U druhého ukazatele, průměrného přírůstku, se hodnoty až na poslední skupinu téměř nelišily. U skupiny K4 byl vůči ostatním skupinám průměrný přírůstek lehce vyšší. Přírůstky se však oproti předchozímu ukazateli pohybovaly okolo 1 kg, tudíž rozdíly byly také zanedbatelné. U druhé a třetí skupiny, K2 a K3, došlo ve srovnání s kontrolní skupinou K1 k mírnému navýšení, cca o 10 g. U K4 zase došlo ke snížení průměrného denního přírůstku cca o 30 g. Žádný rozdíl však také nebyl statisticky významný. Směrodatná odchylka byla lehce vyšší u první a druhé skupiny, nebyla zde ale zřejmá žádná výrazná extrémní hodnota. Průměrný denní přírůstek nebyl přidáním topinamburem v krmivu ovlivněn.

Na základě shodných hodnot spotřeby krmiva a průměrného denního přírůstku tedy u konverze krmiva, tj. spotřeba krmiva na jednotku přírůstku, vyšly téměř stejné hodnoty. Nejvyšší nárůst byl u K4. Jelikož se konverze odvíjí od spotřeby a přírůstku, u kterých ani u jednoho nebyla vyhodnocena statisticky významná závislost, nebyla zjištěna ani u tohoto ukazatele.



## 6.5 Jatečná hodnota

Tabulka 5: Naměřené hodnoty jatečných hodnot u jednotlivých skupin ve vztahu k použité krmné směsi

Skupina	K1		K2		K3		K4		P
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	
<b>Ukazatel</b>									
Živá hmotnost (kg)	111,4	8,00	114,4	8,04	112,9	6,16	110,5	9,18	0,6729
JUT (kg)	86,30	7,49	86,18	6,16	86,05	5,72	83,07	7,15	0,5956
Jatečná výt. (%)	77,51	4,81	75,37	1,13	76,19	2,67	75,16	1,10	0,2074
Výška tuku (mm)	14,77	3,71	15,87	3,00	15,67	2,45	13,36	2,61	0,1772
Procento (%) libového masa	59,77	1,06	59,75	1,14	59,58	1,34	59,47	1,02	0,9127

Mezi hodnotami s rozdílnými koeficienty existuje statisticky významná závislost na hladině významnosti  $P < 0,05$ .

V tabulce č. 5 jsou znázorněny průměrné hodnoty ukazatelů jatečných hodnot vykrmovaných kanců. První ukazatel, kterým je živá hmotnost porážených kanců, neměl mezi žádnou pozorovanou skupinou vyhodnocenou statisticky významný rozdíl. Průměrné hodnoty dosažených živých hmotností byly téměř totožné, stejně jako směrodatné odchylky, které se pohybovaly v podobných hodnotách. Přídavek topinamburu do krmných dávek tedy výrazně tento ukazatel neovlivnil.

Stejný efekt, jako u živé hmotnosti, tedy minimální odchylky, by měly mít modifikované KKS na hmotnost jatečně upravených těl. V našich výsledcích opět nebyly zjištěny mezi skupinami statisticky významné rozdíly. Hodnoty JUT byly až na poslední skupinu K4 stejné. U poslední skupiny byla hmotnost JUT v průměru o 3 kg nižší. Směrodatné odchylky nevykazovaly extrémní hodnoty. Negativní ovlivnění ukazatele neboli snížení hmotnosti JUT nebylo statisticky prokázáno, tudíž se také jednalo o pozitivní výsledky, kdy hodnoty byly stejné jak u kontrolní skupiny, tak u K3, která se v ohledu snížení skatolu jevila jako nejpříznivější.

Co se týče průměrných hodnot u jatečných výtěžností, rozdíly mezi jednotlivými skupinami se pohybují pouze o 1–2 %. U K2 a K4 došlo ke snížení o 2 % oproti K1 a u K3 pouze o 1 %. Tyto změny opět nebyly statisticky významné a KKS u K2, K3 a K4 tak v průměru výrazně jatečnou výtěžnost neovlivnily. Směrodatná odchylka byla vyšší pouze u K1 a K3. U obou skupin byla výrazně vyšší hodnota jatečné výtěžnosti pouze u jednoho jedince.

Výška hřbetního tuku a procentuelní zastoupení masa v JUT stejně jako předchozí ukazatele neměly mezi jednotlivými skupinami statisticky významné rozdíly a odchylky mezi nimi byly opět velice malé. U tuku došlo v průměru k mírnému nárůstu u skupin K2 a K3, u skupiny K4 zase ke snížení. Z důvodu, že obecně při zkrmování větším množstvím sacharidů dochází k vyššímu ukládání, by se dalo předpokládat, že výška hřbetního tuku pak může být o něco vyšší. Na druhou stranu přidaný obsah topinamburu v krmivu nebyl tak vysoký a jeho

zkrmování netrvalo tak dlouhou dobu, aby to ovlivnilo tento ukazatel. Směrodatné odchylky nevykazovaly díky podobným hodnotám extrémů v žádné skupině.

Na žádné výše uvedené ukazatele jatečných hodnot tato modifikace krmiva, za účelem snížení kančího pachu, neměla statisticky významný vliv. Tyto výsledky představují pro nás pozitivní závěry a znamenají, že obohacení kompletní krmné směsi topinamburem nemá vliv na ukazatele jatečné hodnoty a tím i na realizované ceny na jatkách.

## 6.6 Ekonomika

Tabulka 6: Přehled použitých krmných směsí ve výkrmu u jednotlivých skupin a cenové náklady

Skupina	K1	K2	K3	K4
<b>Spotřeba KKS za celý výkrm (kg)</b>	195,5	195,9	197,3	197,0
<b>Průměrná spotřeba P1 (kg)</b>	86,2	89,0	90,5	89,8
<b>Průměrná spotřeba P2 (kg)</b>	109,3	107,0	106,9	107,2
<b>Průměrné spotřeba komponent KKS v %</b>				
Pšenice	41,2	39,7	38,3	37,1
Ječmen	43,9	44,1	44,3	44,5
Sójový šrot	11,6	11,8	12,0	12,1
Premix	3,0	3,0	3,0	3,0
MCP	0,3	0,3	0,3	0,3
Topinambur	0,0	1,0	2,1	3,0
<b>Průměrná spotřeba komponent KKS v kg</b>				
Pšenice	80,5	77,8	75,5	73,0
Ječmen	85,7	86,4	87,4	87,7
Sójový šrot	22,8	23,2	23,7	23,8
Premix	5,9	5,9	5,9	5,9
MCP	0,6	0,6	0,6	0,6
Topinambur	0,0	2,0	4,1	5,9
<b>Cena jednotlivých komponent v Kč/kg</b>				
Pšenice		4,5		
Ječmen		4,5		
Sójový šrot		16,1		
Premix		26,3		
MCP		12,9		
Topinambur		71		
<b>Cena jednotlivých komponent za výkrm</b>				
Pšenice	362,4	349,9	339,9	328,7
Ječmen	385,8	389,0	393,4	394,6
Sójový šrot	366,6	373,8	381,5	383,9
Premix	154,3	154,6	155,7	155,4
MCP	7,8	8,0	8,2	8,1
Topinambur	0,0	142,7	293,5	418,7
<b>Cena KKS/kus za výkrm</b>	1276,8	1417,9	1572,2	1689,4
Rozdíl	0,0	141,1	295,4	412,6
Cena topinamburu z KKS v %	0,0	10,1	18,7	24,8

V tabulce č. 6 jsou uvedeny ukazatele spotřeb kompletních krmných směsí všech skupin za jednotlivá období ve výkrmu, jejich složení a ceny jak jednotlivých komponent, tak i celkově.

V první části tabulky je uvedena průměrná celková spotřeba KKS, tedy P1 i P2, za celý výkrm, dále průměrná spotřeba P1 od 6. týdne výkrmu, podávána prasatům po dobu 8 týdnů, a průměrná spotřeba P2, kterou byla zvířata krmena dalších 5 týdnů výkrmu, s tím že posledních 14 dní byla KKS modifikována, doplněna u 3 skupin různými procenty topinamburu. Celková průměrná spotřeba krmiva za výkrm byla u všech 4 skupin téměř shodná. U skupin s KKS doplněnou o topinambur byla vyšší, rozdíl byl však o cca 1–2 kg. Podobné hodnoty u všech skupin byly dosaženy i u krmné směsi P1. Zde byl však v poměru celkové hodnoty a rozdílu mezi skupinami nárůst znatelnější. Největší rozdíl byl u K1 a K2, a to o více jak 4 kg krmné směsi. U krmné směsi P2 v průměrné spotřebě u skupin, kde byl v posledních dvou týdnech výkrmu doplněn topinambur v krmné směsi, došlo naopak ke snížení. To bylo opět však minimální, cca o 2 kg. Doplněný topinambur by tak, jak se již ukázalo u předchozí tabulky a u průměrné denní spotřeby, neměl mít výrazný vliv na tento ukazatel.

V druhé části tabulky je vypočtena průměrná spotřeba jednotlivých komponent kompletní krmné směsi za celý výkrm, odvozená od spotřeby P1 a P2 u každé jednotlivé skupiny. Na to pak navazuje část tabulky s vypočtenými hodnotami, které nam ukazují spotřeby jednotlivých komponent v kg, odvozené od jejich procentuálního zastoupení v předchozí části.

V další části jsou uvedeny ceny jednotlivých komponent v době výkrmu, ze kterých byla vypočítána jejich průměrná cena za celý výkrm dle spotřeby. Sečtením cen všech komponent byla stanovena průměrná cena KKS za celý výkrm u každé skupiny. Jelikož byla průměrná spotřeba KKS za celý výkrm u všech skupin téměř stejná, můžeme snadno hodnotit rozdíl cen KKS u všech skupin a jak obohacení krmné směsi ovlivnilo celkovou cenu.

U kontrolní skupiny, která byla posledních 5 týdnů výkrmu krmena pouze čistou směsí P2, se průměrná cena KKS vypočetla na 1276,8 Kč. U druhé skupiny, kde z celkové spotřeby KKS tvořil topinambur pouze 1 %, vytvářel díky jeho vysoké ceně (71 Kč/kg) zhruba 10 % ceny. Cena celkově oproti kontrolní skupině K1 vzrostla o více jak 140 Kč. U třetí skupiny, kde byl topinambur přidáván v koncentraci 8,2 % KKS, tvořil z celkové spotřeby 2,1 % a z ceny 18,7 %. Navýšil tak oproti kontrolní skupiny celkovou cenu KKS o necelých 330 Kč. U poslední skupiny K4 bylo procentuální zastoupení topinamburu v průměru 3 % a jeho cena tvořila z celkové částky za KKS výkrmu 24,8 %. Průměrná cena KKS se tak dostala na 1689,4 Kč a rozdíl byl oproti kontrolní skupině o více jak 410 Kč, což je asi třetina celkové částky KKS u kontrolní skupiny, tedy K1.

Jak bylo uvedeno v tabulce č. 2, zkrmování topinamburem významně snížilo tvorbu skatolu, a to především u skupiny K3. Ovlivnilo ale také významně celkovou cenu krmné směsi. Proto pokud budeme chtít zabránit výskytu kančího pachu touto cestou, je velice důležité najít nejnižší hladinu a délku doby zkrmování topinamburu, při které dojde ke snížení skatolu pod prahovou hodnotu vnímání, ale zásadně neovlivní celkovou cenu KKS. Možností by také stálo za úvahu přidat do krmné směsi čistý inulin, jehož cena je za 1 kg zhruba stejná, jako za 1 kg topinamburu, ale u něho by stačila pouze polovina množství, jelikož inulin tvoří u topinamburu cca 50 %.

Jelikož v normách České republiky není určené, co znamená kančí pach, standartní metody na jeho stanovení a není definována povolená hranice hladin látek, které jej způsobují,

nelze tak určit zpeněžení kanců na jatkách s ohledem na kvalitu masa s touto vadou. U nás i v celé Evropě je prováděno zpeněžování pomocí systému SEUROP a není tak rozlišována cena kanců a vepřů. Nelze tak určit, jaká bude rentabilita u kanců vykrmovaných krmnou směsí s vyššími náklady ale lepší sensorickou kvalitou masa. Proto v práci nebyl proveden propočet rentability výkrmu kanečků.

## 7 Diskuze

Podobnou studii, založenou na zamezení výskytu kančího pachu pomocí snížení skatolu u vykrmovaných kanců, provedli While et al. (2012). Týden před porážkou krmili 5 skupin kanců po 11 jedincích různými krmnými směsmi. První byla kontrolní bez úpravy, druhá směs byla obohacena o 9 % čekanky, do třetí byl přidán inulin v podobě topinamburu v obsahu 4,1 %, ve čtvrté topinambur v obsahu 8,1 % a v poslední topinambur 12,2 %. U skupin kanců krmených směsmi s topinamburem došlo ke snížení skatolu v tlustém střevě a ve výkalech. Skatol byl také snižován v tukové tkáni, hodnoty však nebyly statisticky významné. Tato studie tak potvrzuje naše výsledky, kdy přidání topinamburu do krmné směsi výrazně ovlivní mikrobiotu v tlustém střevě a tím tak i tvorbu skatolu.

Účinek fruktooligosacharidů na tvorbu skatolu studovali také Xu et al. (2002). Fruktooligosacharidy přidali do krmné směsi v hladinách 0,5 %, 1,0 % a 1,5 %. Ve výsledcích uvedli, že u všech třech hladin došlo ke snížení koncentrace skatolu a zvýšil se počet životaschopných pozitivních bakterií *Bifidobacterium*. U hladin 1,0 % a 1,5 % přidaných fruktooligosacharidů se výrazně snížila degradace tryptofanu, snížil se výskyt životaschopných bakterií *Clostridium* a *Escherichia coli* a zvýšila se produkce indolu. Celkový počet životaschopných anaerobů byl významně také zvýšen. Výsledky tak také potvrzují naši studii s hypotézou, že nestravitelné oligosacharidy snižují degradaci tryptofanu, tím i produkci skatolu a spíše přispívají k vyšší tvorbě indolu.

Jensen a Hansen (2007) experimentovali s vlivem inulinu na tvorbu skatolu a jako zdroj použili čekanku. Ve studii měli 8 kanců a 8 prasnic, které rozdělili do dvou skupin. Dva měsíce před porážkou prasata krmili dvěma druhy krmiva, kontrolní dietou a dietou s 25 % kořeny čekanky. Ve své práci uvádí, že skupiny prasat krmené rozdílnou dietou vykazovaly výrazný rozdíl v obsahu skatolu a dalších páchnoucích složek v tlustém střevě a konečniku, kdy u skupiny s přidanou čekankou tyto látky výrazně klesly. Studie opět potvrdila naši hypotézu.

Čekanku ke své studii použili i Kjos et al. (2010), kteří měli celkem 3 skupiny kanců. První byla kontrolní, druhá měla krmivo obohacené o 3,6 % čekanky a u třetí bylo obohaceno o 9 %. Obsah inulinu v rostlině byl 70 %. Tato modifikace krmiva byla aplikována poslední 4 týdny výkrmu před porážkou. Následně byl hodnocen vliv čekankového inulinu na obsah skatolu v tlustém střevě, konečniku, tukové tkáni a na složení mikroorganismů v tlustém střevě a konečniku. Ve výsledcích uvádí, že u skupin krmených čekankou se hladiny skatolu v tlustém střevě a v konečniku výrazně lineárně snížily na statistické úrovni. V tukové tkáni se obecně hladiny skatolu pohybovaly na nízké úrovni, došlo zde ale také vlivem čekanky ke snížení okolo 0,03 µg/g. Uvádí tak, že přidání čekankového inulinu do diet je účinnou metodou ke snížení hladiny skatolu v tlustém střevě, konečniku, anebo tukové tkáni kanců, ale čekanka by měla být alespoň v koncentraci 6 %. Dále uvádí, že hladina 6 % inulinu z čekanky odpovídá 4,2 % čistého inulinu. Jelikož je inulin v topinamburu obsažen z 50 %, odpovídala by tato koncentrace naší třetí modifikaci krmiva s 8 % topinamburu, kde došlo k významné závislosti a potvrzuje to tak naše výsledky.

Overland et al. (2011) provedli na toto téma dva experimenty. V prvním bylo sledováno 48 kanců, rozdělených do 4 skupin opět s rozdílnou modifikací krmné dávky. Krmné dávky byly také obohaceny o čekankové úsušky, a to v koncentracích 0 %, 3 %, 6 % a 9 %. Čekanku zkrmovali 30 dní před porážkou. Její vliv byl pozorován na výskyt skatolu v tlustém střevě,

v tukové tkáni a morfologii tlustého střeva a jeho osídlení mikrobiotou. V druhém experimentu byla modifikace krmiva u 66 kanců založena na obohacení krmné směsi bramborovým škrobem jak v syrovém stavu (20 %), tak ve stavu před peletováním, v koncentracích 0 %, 5 %, 10 %, 15 % a 20 % dva týdny před porážkou. Výsledky naznačily snížení skatolu po podávání čekanky v prvním experimentu a ve druhém po podání syrového škrobu. Žádná z hladin škrobu před peletováním neměla na ukládání skatolu výrazný vliv. Škrob zároveň neměl vliv na mikrobiální osídlení tlustého střeva a ani jeden experiment neukázal vliv čekanky nebo škrobu na epitel střeva. Uvádí tak, že možnou cestou k zamezení ukládání skatolu u kanců je použití čekanky nebo bramborového škrobu v syrovém stavu.

V případě Hansen et al. (2007) byly experimenty provedeny tři. V prvním kancům i prasnicím zkrmovali koncentrát, ve kterém bylo obsaženo 0,25 % syrových kořenů čekanky. Koncentrát byl podáván 9 nebo 4 týdny před porážkou. Ve druhém pokusu se podávaly 3 druhy krmné směsi, se syrovou čekanou, sušenou anebo čistý inulin extrahovaný též z čekanky, po dobu 6 týdnů před porážkou. V třetím experimentu byla čekanka podávána pouze 2 nebo 1 týden před porážkou. V prvním a druhém pokusu byly celkově koncentrace skatolu v krevní plazmě a hřbetním tuku při porážce sníženy téměř na nulové úrovni. K tomu došlo bez ohledu na pohlaví a délku období krmení (1 až 9 týdnů). V třetím pokusu byl pozorován významný účinek na koncentraci v krevní plazmě po 3 dnech podávání stravy obsahující sušenou čekanku. Vyhodnocovali i hadiny androstenonu a jediné významné snížení plazmatických hladin androstenonu bylo zjištěno u prasat, kterým byla v první studii podávána syrová čekanka po dobu 9 týdnů. Uvádí tak, že zkrmováním čekanky lze dosáhnout lepších sensorických vlastností masa díky snížené hladině skatolu v krevní plazmě již po 3 dnech. Největší efekt mají čekankové úsušky, díky lepšímu příjmu potravy zvířaty. Zároveň nemají negativní vliv na užitkovost, na cenu a umožňují lepší manipulaci či skladovatelnosti krmiva přes rok.

Rasmussen et al. (2012) naopak převážně sledovali vliv zkrmování kořene čekanky na koncentraci steroidů ve varlatech a na enzymy, které metabolizují androstenon u kanců. Ovlivnění hladin skatolu a indolu bylo ale také pozorováno, a to v plazmě a tukové tkáni. V experimentu byla prasata rozdělena pouze do dvou skupin. První byla 16 dní před porážkou krmena krmnou směsí, kde bylo navíc obsaženo 10 % sušeného kořene čekanky, jinak standardní stravou. Druhá skupina měla po celou dobu výkrmu pouze standardní směs. K testování byly odebrány vzorky plazmy po porážce a byly analyzovány látky testosteron, estradiol, inzulin, skatol a indol. Dále byly odebrány vzorky tukové tkáně, kde byly analyzovány androstenon, skatol a indol. Ve výsledcích následně uvedli, že u prasat, která byla 16 dní před porážkou krmena směsí s čekankou, došlo k výrazně nižšímu ukládání androstenonu v tukové tkáni. Indol byl v tukové tkáni naopak u prasat s čekankou zvýšen. Skatol také nebyl ovlivněn, a to ani v tukové tkáni, ani v plazmě. Lehce nižší koncentrace byly estradiolu v plazmě. Testosteron ani inzulin v plazmě nebyly ovlivněny. Bez ohledu na krmivo vykazovala všechna zkoumaná zvířata koncentrace skatolu výrazně pod prahovou hodnotou určenou v této studii pro detekci kančího pachu (0,20–0,25 ppm). Co se týče androstenonu a skatolu v tukové tkáni, jejich výsledky představují opak našich výsledků, kdy došlo ke statisticky významnému snížení skatolu a androstenon nebyl v našem experimentu ovlivněn.

Senzorické hodnocení kančího pachu u masa kanců, krmených čekankou, provedli Byrne et al. (2008). Čekanka v krmivu významně ovlivnila sensorické ukazatele a snížila kančí pach u vařeného masa kanců. Dále uvádí, že syrová čekanka také příznivě ovlivnila sensorické

ukazatele u masa prasniček, které byly v experimentu též zapojeny, ne však v tak vysoké míře. Chemické měření skatolu a androstenonu byla vysoce prediktivní pro specifické senzory deskriptory redukce kančího pachu. Dle jejich výsledků je nutné krmení čekankou považovat za potenciál pro využití jako součást strategie pro snížení kančího pachu u vepřového masa. Tato studie potvrdila naše výsledky senzorycké analýzy, kdy také došlo k výraznému snížení abnormálního pachu i chuti této vady při zkrmování inulinu, ovšem pouze v jiném zdroji, topinamburu.

Vliv nestravitelných oligosacharidů, konkrétně frukto-oligosacharidů a trans-galakto-oligosacharidů, na růstové vlastnosti studoval Houdijk et al. (1998) na 50 prasatech. Byli rozdělení do pěti skupin s rozdílným složením diet, které jim byly podávány. Fruktooligosacharidy byly obsaženy ve dvou dietách, a to v koncentracích 7,5 a 15 g kg<sup>-1</sup>. V dalších dvou dietách byly trans-galakto-oligosacharidy v koncentracích 10 a 20 g kg<sup>-1</sup> stravy. Poslední dieta byla bez přidaných oligosacharidů. Zvířata s počáteční hmotností 15,6 ± 0,3 kg byla krmena těmito experimentálními dietami ad libitum po dobu šesti týdnů se zaznamenáváním tělesných hmotností a odmítnutím krmiva každé 3–4 dny. Přírůstek tělesné hmotnosti u pozorovaných prasat krměných nestravitelnými oligosacharidy byl nižší než u kontrolní skupiny v prvním až třetím týdnu. Oligosacharidy neovlivnily průměrný růst v týdnu 1 až 6. Ve výsledcích tedy naznačují, že nestravitelné oligosacharidy obsažené v krmivu ovlivňují příjem krmiva jen dočasně a nemají tak výrazný vliv na růstovou schopnost. V této studii se tudíž došlo ke stejnému závěru, jako v té naší.

Tyto výsledky jsou však v rozporu se studií, kterou provedli Grela et al. (2013) na ovlivnění přírůstku krmivem, konkrétně inulinem, na 48 prasatech s počáteční tělesnou hmotností 30,0 ± 0,5 kg. Rozdělení byli do 3 skupin. První byla krmena kontrolní krmnou směsí, druhá směsí s obsahem 3 % inulinu a třetí také se směsí s 3 % přidaného inulinu a navíc 500 ml česnekového extraktu v pitné vodě. U prasat, kterým byla strava doplněna inulinem v obou variantách, došlo na rozdíl od naší a předchozí studie k významně vyšším denním přírůstkům hmotnosti než ve srovnání s kontrolní stravou.

Ani studie od Wang et al. (2019) nepotvrdila naše výsledky, kdy zkoumali vliv inulinu na růstovou výkonost a kvalitu masa. Studie byla provedena na 36 prasatech s počáteční hmotností 22,0 ± 1,0 kg. Jedinci byli rozdělení do 2 skupin, kdy jedna byla krmena kontrolní stravou a druhá stravou obohacenou o 0,5 % inulinu. Stejně jako u výsledků studie Grela et al. (2013) měla suplementace inulinem tendenci ve fázi výkrmu zvyšovat průměrný denní přírůstek.

Přesto, že tyto dvě studie nepotvrdily naše výsledky, které naznačují, že by inulinem obohacená krmná směs neměla mít vliv na přírůstek, ani v jedné nedošlo po modifikaci krmiva k záporným hodnotám průměrných denních přírůstků oproti kontrolnímu krmivu a hodnoty byly naopak vyšší. Inulin by tak neměl mít negativní dopad na tento ukazatel a jeho použití při výkrmu by mělo mít pak spíše pozitivní vliv.

Byla provedena studie, zahrnující jak měření látek způsobující kančí pach, tak i jeho senzoryckou analýzu a vliv modifikovaného zkrmování na výkrmnost a jatečné hodnoty. Tato studie se skládala ze dvou částí, kdy byly nejprve v první stanovovány hladiny skatolu a androstenonu na 30 různých farmách u prasat bez úpravy krmné dávky následně s jednou úpravou krmné směsi. Druhá se zabývala vlivem různých koncentrací čekanky na jejich hladiny. Studii provedli Zammerini et al. (2012).



V první části byly stanovovány látky androstenon a skatol v hřbetním tuku u kanců bez jakékoli modifikace výživy. Vzorky zde byly odebírány z 30 farem provozovaných podobným způsobem, s použitím stejného krmení a se stejnými plemeny prasat. Dále byly pak hladiny skatolu a androstenonu porovnávány v hřbetním tuku u 50 kanců ze 7 farem, kterým byla dva týdny před porážkou obohacena krmná směs o 5 % sušené čekanky, a u skupin 50 kanců ze 6 farem se základní krmnou směsí. U výsledků vzorků ze 30 farem byla velká variabilita. Překročení prahové hodnoty androstenonu, která byla určena na hodnotu 1,0 µg/g, se vyskytovalo pouze u 4 ze 30 farem. Vyšší koncentrace než prahové hodnoty skatolu (0,2 µg/g) byly naměřeny u 12 farem. Celkově 13/30 farem mělo alespoň jednu ze sloučenin nad prahovou hodnotou a 3 farmy měly obě hodnoty nad prahovou hodnotou. Celkové průměry byly 0,71 µg androstenonu, 0,19 µg skatolu a 0,09 µg indolu/g tukové tkáně.

U porovnání kanců ze 7 farem s upravenou krmnou směsí a ze 6 farem bez úpravy se ukázaly nižší hodnoty u těch farem s přidanou čekankou v krmivu. Bez zahrnutí nadprahových hodnot ze dvou farem byly výsledky odlišné 0,082 µg skatolu/g tuku a 0,133 µg skatolu/g tuku. Androstenon byl naopak nižší u kontrolní skupiny (0,39 µg/g) oproti skupinám s čekankou (0,46 µg/g). Trend snížení skatolu byl považován za významný a byla tak zahájena druhá část.

Ve druhé části byl tedy sledován vliv různých koncentrací čekanky obsažené v krmné směsi na hladiny androstenonu a skatolu. V této části byla využita prasata jen z jedné farmy a zapojeno bylo celkem 360 kanců. Byli rozděleni do 4 skupin po 90 kusech a ustájeni v jiných stájích s podobnými podmínkami. Dva týdny před porážkou byla třem skupinám upravena krmná směs o různé koncentrace čekanky (3 %, 6 % a 9 %). Čtvrtá skupina měla kontrolní směs bez modifikace. U všech skupin bylo poraženo 30 prasat v době, kdy byly všechny skupiny na kontrolní krmné směsi a byly odebrány vzorky z hřbetního tuku k analýze hladin skatolu a androstenonu. Poté byla u 3 skupin krmná směs obohacena čekankou a po jednom týdnu zkrmování bylo v každé skupině poraženo dalších 30 kanců a odebrány vzorky. Posledních 30 kanců bylo poraženo po dvou týdnech zkrmování čekanky. Dále byly u každého kance zaznamenány hmotnosti JUT a tloušťka tuku, měřená na úrovni posledního žebra. Hladiny skatolu byly měřeny u všech poražených kanců, androstenon však pouze u prasat ze 4. skupiny, tedy krmených 9 % čekanky a u 20 prasat z 1. skupiny bez upravené krmné směsi a v posledním kole porážení. Všechny vzorky byly předloženy 10 členům sensorického panelu (všechny ženy) pro stanovení intenzity pachu vepřového masa a abnormální intenzity pachu pomocí 8 bodových škál kategorií. Dále byly také hodnoceny popisné termíny pro specifické pachy na stupnici 0–100 mm.

Stejně jako v našem experimentu zde nebyly zjištěny rozdíly mezi jednotlivými skupinami v hmotnosti JUT, výšce tuku, spotřebě krmiva a průměrném denním přírůstku. Potvrzuje to tak naše výsledky, kdy inulin nemá vliv na jatečné hodnoty a výkrmnost. Průměrné hladiny skatolu byly u jednotlivých 12 skupin velice variabilní. Při první porážce byly výrazně vyšší hladiny skatolu pouze u 2. skupiny (3 % čekanky) oproti 3. skupině (6 % čekanky). V ostatních poměrech jednotlivých skupin nebyly rozdíly tak výrazné. Při druhé porážce se mezi skupinami nevyskytovaly výrazné rozdíly v hladinách skatolu. U poslední porážky bylo sledováno výrazné snížení skatolu u skupiny 4 (9 % čekanky), kdy došlo ke snížení skatolu až na polovinu oproti ostatním skupinám. Koncentrace androstenonu u prasat krmených 9% čekankou byla naopak vyšší, vykazovala tedy opačný trend než skatol. Průměrná hodnota po 2 týdnech 1,39 µg/g byla výrazně vyšší než u ostatních dvou skupin prasat ze 4. skupiny (0,75

$\mu\text{g/g}$  a  $0,85 \mu\text{g/g}$  při první a druhé porážce. Z 30 prasat na 9% čekanky po dvou týdnech mělo 15 zvířat hodnoty androstenonu nad prahem  $1,0 \mu\text{g/g}$  tuku. Zvýšené hodnoty androstenonu však v této studii odůvodňují možným vytvořením nové hierarchie po výrazném snížení počtu jedinců ve stáji a vytvoření tak vyšších hladin hormonů, protože hladiny androstenonu u 4. skupiny v poslední porážce jsou zároveň i mnohem vyšší než ve výsledcích první části studie. Sensorická analýza neukázala žádné rozdíly ve vzorcích u všech skupin, které byly krmeny základní krmnou směsí. U skupin krmených dva týdny čekankou již byly ze sensorického hlediska znatelné rozdíly. Nejnižší hodnoty abnormálního zápachu, představující kančí pach, bylo opět u skupiny 4. Hladina 9 % čekanky zde tak měla prokazatelně největší vliv ve snižování výskytu kančího pachu. V závěru tak uvádí, že zkrmování čekanky je účinné ve snížení skatolu, ale ne u androstenonu. Ovlivnění androstenonu v této studii není zcela vhodné porovnávat s výsledky té naší, jelikož jak již bylo zmíněno, vyšší hladiny mohly být způsobené novou hierarchií. Jejich výsledky jsou však v souladu s našimi u sensorické analýzy, kdy došlo po zkrmování inulinu ke snížení kančího pachu.

## 8 Závěr

Diplomová práce je zaměřena na sledování vlivu různých koncentrací rostliny slunečnice topinambur, přidávaných do krmných směsí vykrmovaných kanců. Obohacení krmiva mělo snížit produkci látek, které způsobují senzoryckou vadu vepřového masa, nazývanou kančí pach. Zároveň neměla modifikace krmiva ovlivnit ukazatele výkrmnosti a jatečné hodnoty.

Cílem bylo především snížení látky skatolu, u kterého se jeho koncentrace v tukové tkáni po zkrmování topinamburem výrazně snížily. Trend byl také zároveň potvrzen senzoryckou analýzou, kdy u skupin kanců krmených přídatkem topinamburu byly výrazně lépe hodnoceny vzorky masa v chuti a vůni. Zkrmování slunečnice topinambur tak mělo v této studii významně pozitivní vliv na snížení hladin skatolu v tukové tkáni u vykrmovaných kanců a její využití při výkrmu by mohlo vést k produkci senzorycky kvalitnějšího jatečného masa.

U androstenonu a indolu nebyly zjištěny výrazné rozdíly mezi jednotlivými skupinami. Hladiny androstenonu tak topinamburem nebyly ovlivněny a ve vyšších koncentracích se vyskytoval u všech skupin. Riziko výskytu tak přetrvává i po modifikaci krmiva. Tato sloučenina je však vnímána jen částí populace, a proto se ze senzoryckého hlediska jeví jako větší problém vyšší hladiny skatolu.

Na ukazatele výkrmnosti a jatečné hodnoty nemělo obohacení krmné směsi topinamburem statisticky významný vliv a mezi jednotlivými skupinami byly minimální rozdíly. Z pohledu realizovaných cen na jatkách se tak tyto výsledky jeví jako velice příznivé.

Byly také vypočteny rozdíly celkových nákladů krmných směsí mezi jednotlivými skupinami za celý výkrm. Ukázalo se, že i když je topinambur zkrmován pouze dva týdny, výrazně ovlivní celkovou cenu krmné směsi. U čtvrté skupiny bylo navýšení až o jednu třetinu. Je proto důležité, najít kompromis v co nejnižší možné koncentraci topinamburu v krmivu, který příliš nezvýší celkovou cenu výkrmu, ale zároveň bude mít znatelný vliv na snížení hladin skatolu pod prahovou hodnotu vnímání. V této studii se ukázala jako nejlepší varianta střední dávka topinamburu (8,2 %), u které vyšel staticky významný rozdíl oproti kontrolní skupině. Nárůst ceny krmiva zároveň nebyl tak vysoký, jako u čtvrté skupiny.

Závěrem lze konstatovat, že byly potvrzeny obě hypotézy.

## 9 Literatura

- Agergaard N, Laue A. 1993. Absorption from the gastrointestinal tract and liver turnover of skatole. Pages 107-111 in Bonneau M editor. Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, France.
- Agergaard N, Laue A. 1998. Absorption of skatole to portal vein blood and liver turnover in entire male pigs using an in vivo animal model. Pages 77-96 in Jensen WK editor. Skatole and Boar Taint. Danish Meat Research Institute, Roskilde, Denmark.
- Allison J. 2008. Improvac – consumer acceptance. Pfizer Animal Health. Improvac – from theory to practice. Pages 14-17 in Symposium Proceedings, 20th IPVS Congress, Durban.
- Aluwé M, Millet S, Bekaert KM, Tuytens FAM, Vanhaecke L, De Smet S, De Brabander DL. 2011. Influence of breed and slaughter weight on boar taint prevalence in entire male pigs. *Animal* 5: 1283-1289.
- Andresen O. 1976. Concentrations of fat and plasma 5alpha-androstenone and plasma testosterone in boars selected for rate of body weight gain and thickness of back fat during growth, sexual maturation and after mating. *J Reprod Fertil* 48: 51 - 59.
- Annor-Frempong IE, Nute GR, Whittington FW, Wood JD. 1997. The problem of taint in pork. III. Odour profile of pork fat and the Interrelationships between androstenone, skatole and indole concentrations. *Meat Science* 47: 63-76.
- Baek C, Hansen-Moller J, Friis C, Cornett C, Hansen SH. 1997. Identification of selected metabolites of skatole in plasma and urine from pigs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 2332-2340.
- Bais HP, Ravishankar GA. 2001. *Cichorium intybus* L – cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 467-484.
- Bièche I, Narjoz C, Asselah T, Vacher S, Marcellin P, Lidereau R, Beaune P, de Waziers I. 2007. Reverse transcriptase-PCR quantification of mRNA levels from cytochrome (CYP)1, CYP2 and CYP3 families in 22 different human tissues. *Pharmacogenetics and Genomics* 17: 731–742.
- Bonneau M, Lebret B. 2010. Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Science* 84: 293-300.
- Bonneau M. 1982. Compounds responsible for boar taint, with special emphasis on androstenone: A review. *Livestock Production Science* 9: 687 - 705.
- Bonneau M. 1993. Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs. Cardiff Academic Press Limited, Denmark.
- Byrne DV, Thamsborg SM, Hansen LL. 2008. A sensory description of boar taint and the effects of crude and dried chicory roots (*Cichorium intybus* L.) and inulin feeding in male and female pork. *Meat Science* 79: 252 – 269.
- Claus R, Dehnhard M, Herzog A, Bernal-Barragan H, Giménez T. 1993. Parallel measurements of indole and skatole (3-methylindole) in feces and blood plasma of pigs by HPLC. *Livestock Production Science* 34: 115–126.
- Claus R, Losel D, Lacorn M, Mentschel J, Schenkel H. 2003. Effects of butyrate on apoptosis in the pig colon and its consequences for skatole formation and tissue accumulation. *Journal of Animal Science* 81: 239-248.
- Claus R, Raab S. 1999. Influences on skatole formation from tryptophan in the pig colon. *Advances in Experimental Medicine Biology* 467: 679-684.

- Claus R, Weiler U, Herzog A. 1994. Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar – A review with experimental data. *Meat Science* **38**: 289-305.
- Cook KL, Rothrock MJ Jr, Loughrin JH, Doerner KC. 2007. Characterization of skatole-producing microbial populations in enriched swine lagoon slurry. Pages 329-340 in Wagner M editor. *FEMS Microbiology Ecology*. Oxford University Press (OUP), Great Britain.
- Čítek J, Stupka R, Šprysl M, Bahelka I, Zadinová K. 2019. Výkrm kanečků s eliminací složek kančího pachu – skatol. ČZU v Praze.
- Deslandes B, Gariépy C, Houde A. 2001. Review of microbiological and biochemical effects of skatole on animal production. *Livestock Production Science* **71**: 193–200.
- Diaz GJ, Skordos KW, Yost GS, Squires EJ. 1999. Identification of phase I metabolites of 3-methylindole produced by pig liver microsomes. *Drug Metabolism Disposition* 1999 **27**: 1150-1156.
- Diaz GJ, Squires EJ. 2003. Phase II in vitro metabolism of 3-methylindole metabolites in porcine liver. *Xenobiotica* **33**: 2003, 485-498.
- Diaz GJ, Squires EJ. 2000. Metabolism of 3-methylindole by porcine liver microsomes: Responsible cytochrome P450 enzymes. *Toxicological Sciences* **55**: 284-292.
- Doran E, Whittington FW, Wood JD, McGivan JD. 2002. Cytochrome P450IIE1(CYP2E1) is induced by skatole and this induction is blocked by androstenone in isolated pig hepatocytes. *Chemico-biological interactions* **140**: 81-92.
- Dostálová A, Koucký M, Průšová V, Průšová V. 2008. Výkrm kanečků v podmínkách ekologického zemědělství: metodika. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.
- Duijvesteijn N, Knol EF, Merks JWM, Crooijmans RPMA, Groenen MAM, Bovenhuis H, Harlizius B. 2010. A genome-wide association study on androstenone levels in pigs reveals a cluster of candidate genes on chromosome 6. *BMC Genetics* **11**: 42.
- Dušková D. 2021. Zahrádkářská poradna. Prima DOMA MEDIA a FTV Prima. Available from <https://zahradkarskaporadna.cz/> (accessed March 2022).
- Ehrlinger M. 2007. *Phytogene Zusatzstoffe in der Tierernährung* [Ph.D. Thesis]. Ludwig-Maximilians-Universität, München, Germany.
- 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.
- Hansen LL, Larsen AE, Jensen BB, Hansen-Møller J, Barton-Gade P. 1994. Influence of stocking rate and temperature on faeces deposition in the pen and its consequences on skatole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. *Animal Science* **59**: 99-110.
- Hansen LL, Mejer H, Thamsborg SM, Byrne DV, Roepstorff A, Karlsson AH, Hansen-Møller Jensen MT, Tuomola M. 2007. Influence of chicory roots (*Cichorium intybus* L) on boar taint in entire male and female pigs. *Animal Science* **82**: 359 – 368.
- Hawe SM, Walker N, Moss BW. 1992. The effects of dietary fibre, lactose and antibiotic on the levels of skatole and indole in faeces and subcutaneous fat in growing pigs. *Animal Science* **54**: 413-419.
- 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.
- Huang CW, Lee TT, Shih YC, Yu B. 2012. Effects of dietary supplementation of Chinese medicinal herbs on polymorphonuclear neutrophil immune activity and small intestinal morphology in weanling pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **96**: 285-294.

- Chen G, Andersson K, Andersson R, Zamaratskaia G, Lundstrom K. 2009. Feeding entire male pigs (*Sus Scrofa Domestica*) with high amylose barley cultivar (*Hordeum Vulgare*): Impact on boar taint and performance. *Veterinary Medicine* 163-169.
- Chen G, Cue RA, Lungström K, Wood JD, Doran O. 2008. Regulation of CYP2A6 protein expression by skatole, indole and testicular steroids in primary cultured pig hepatocytes. *Drug Metabolism and Disposition* **36**: 56-60.
- 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.
- Jensen BB, Jensen MT. 1998. Microbial production of skatole in the digestive tract of entire male pigs. Pages 41-75 in Jensen WK editor. *Skatole and boar taint*. Danish Meat Research Institute, Roskilde, Denmark.
- Jensen BB. 1990. Skatole (boar taint). Microbial production of skatole in the gastro-intestinal tract of pigs. National Institute of Animal Science (NIAS), Denmark.
- Jensen BB. 2006. Prevention of boar taint in pig production. Factors affecting the level of skatole. *Acta Veterinaria Scandinavica* **48**: 6.
- Jensen MT, Cox RP, Jensen BB. 1995. 3-Methylindole (skatole) and indole production by mixed populations of pig fecal bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* **61**: 3180-3184.
- Jensen MT, Hansen LL. 2007. Feeding with chicory roots reduces the amount of odorous compounds in colon and rectal contents of pigs. *Animal Science* **82**: 369-376.
- Kjeldsen N. 1998. Practical experience from field studies with entire male pigs. Skatole and boar taint. Pages 129-136 in Jensen WK editor. Danish Meat Research Institute, Roskilde, Denmark.
- Knarreborg A, Beck J, Jensen MT, Laue A, Agergaard N, Jensen BB. 2002. Effect of non-starch polysaccharides on production and absorption of indolic compounds in entire male pigs. *Animal Science* **74**: 445-453.
- Koníček T. 2016. Čekanka (*Cichorii radix* cs.) kořen řezaný. HappyTails.cz. Anything studio. Available from <https://www.happytails.cz/> (accessed March 2022).
- Kouba M, Enser M, Whittington FM, Nute GR, Wood JD. 2003. Effect of a high-linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science* **81**: 1967-1979.
- Lanthier F, Lou Y, Squires EJ. 2007. Skatole metabolism in the intact pre-pubescent male pig: The relationship between hepatic enzyme activity and skatole concentrations in plasma and fat. *Livestock Science* 106: 145-153.
- Lanthier F, Lou Y, Turner MA, Squires EJ. 2006. Characterizing developmental changes in plasma and tissue skatole concentrations in the prepubescent intact male pig. *Journal of Animal Science* **84**: 1699-1708.
- Lapčík O. 2008. Záván kance. *Vesmír* **97**: 628-629.
- Lewis DF, Lake BG, Bird MG, Loizou GD, Dickins M, Goldfarb PS .2003. Homology modelling of human CYP2E1 based on the CYP2C5 crystal structure: investigation of enzyme-substrate and enzyme-inhibitor interactions. *Toxicology in Vitro* **17**: 93-105.
- Lin Z, Lou Y, Squires EJ. 2004a. Molecular cloning, expression and functional characterization of the cytochrome P450 2A6 gene in pig liver. *Animal Genetics* **35**: 314-316.
- Lin Z, Lou Y, Squires EJ. 2004b. 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.
- Lösel D. 2006. Versuche z Verbesserung der sensorischen Fleischqualität beim Schwein durch nutritive Skatolhemmung [Ph.D. Thesis]. Universität Hohenheim, Stuttgart, Germany.

- Malmfors B, Lundström K. 1983. Consumer reactions to boar meat. *Livestock Production Science* **10**: 187-196.
- Matal J, Matuskova Z, Tunkova A, Anzenbacherova E, Anzenbacher P. 2009. Porcine CYP2A19, CYP2E1 and CYP1A2 forms are responsible for skatole biotransformation in the reconstituted system. *Neuro endocrinology Letters* **30**: 36-40.
- Michiels J, Missotten JAM, Fremaut D, De Smet S, Dierick NA. 2009. In vitro characterisation of the antimicrobial activity of selected essential oil components and binary combinations against the pig gut flora. *Animal Feed Science Technology* **151**: 111-127.
- Monziols M, Bonneau M, Davenel A, Kouba M. 2007. Comparison of the lipid content and fatty acid composition of intermuscular and subcutaneous adipose tissues in pig carcasses. *Meat Science* **76**: 54-60.
- Okrouhlá M, Stupka R, Čítek J, Urbanová D, Vehovsky K, Kouřimská L. 2016. Method for determination of androstenone, skatole and indole in dorsal fat of pigs. *Chemické listy* **8**: 593 – 597.
- Øverland M, Kjos NK, Fauske AK, Teige J, Sørum H. 2011. Easily fermentable carbohydrates reduce skatole formation in the distal intestine of entire male pigs. *Livestock Science* **40**: 206-217.
- Øystein Andresen. 2006. Boar taint related compounds: Androstenone/skatole/other substances. *Acta Veterinaria Scandinavica* volume **48**: S5.
- Patočka J, Měrka V, Hrdina V. 2006. Skatol vyhlášen molekulou měsíce. *Vesmír* **85**: 577-578.
- Pauly C, Luginbühl W, Ampuero S, Bee G. 2012. Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted-Results of a meta-analysis study. *Meat Science* **92**: 858-862.
- Pauly C, Spring P, O'Doherty JV, Ampuero KS, 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.
- Pauly C, Spring, P, Gahan D, O'Doherty JV. 2011. The effect of cereal type and enzyme supplementation on carcass characteristics, volatile fatty acids and intestinal microflora and boar taint in entire male pigs. *Animal* **5**: 378-386.
- Pulkrábek J, Čerovský J, Dolejš J, Drábek J, Dubanský V, Hájek J, Kernerová N, Kvapilík J, Matoušek V, Novák P, Pražák Č, Pytloun J, Rozkot M, Špinka M, Toufar O, Vališ L, Zeman L. 2005. *Chov prasat*. Profi Press, Praha.
- Raab S, Leiser R, Kemmer H, Claus R. 1998. Effects of energy and purines in the diet on proliferation, differentiation, and apoptosis in the small intestine of the pig. *Clinical and Experimentak: Metabolism* **47**: 1105-1111.
- Rasmussen MK, Brsunius C, Zamaratskaia G, Ekstrand B. 2012. Feeding dried chicory root to pigs decrease androstenone accumulation in fat by increasing hepatic  $\beta$  hydroxysteroid dehydrogenase expression. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* **130**: 90-95.
- Rees B, Harborne B. 1985. The role of sesquiterpene lactones and phenolics in the chemical defence of the chicory plant. *Phytochemistry* **24**: 2225-2231.
- Roberfroid MB, Van Loo JAE, Gibson GR. 1998. The Bifidogenic Nature of Chicory Inulin and Its Hydrolysis Products. *Journal of Nutrition* **128**: 11-19.
- Robic A, Larzul C, Bonneau M. 2008. Genetic and metabolic aspects of androstenone and skatole deposition in pig adipose Tissue: A Review. *Genetics Selection Evolution* **40**: 129-143.
- Sinclair PA, Hancock S, Gilmore WJ, Squires EJ. 2005. Metabolism of the 16-androstene steroids in primary cultured porcine hepatocytes. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* **96**: 79–87.



- Sinclair PA, Squires EJ. 2005. Testicular sulfoconjugation of the 16-androstenesteroids by hydroxysteroid sulfotransferase: its effect on the concentrations of 5 $\alpha$ -androstenone in plasma and fat of the mature domestic boar. *Journal of Animal Science* **83**: 358-365.
- Slimestad R, Seljaasen R, Meijer K, Skar SL. 2010. Norwegian-grown Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*): morphology and content of sugars and fructo-oligosaccharides in stems and tubers. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **90**: 956 – 964.
- Smital J. 2018. Info pigs. Jaroslav Smital. Available <http://infopigs.blogspot.com/> (accessed June 2020).
- Shimada T, Yamazaki H, Mimura M, Inui Y, Guengerich FP. 1994. Interindividual variations in human liver cytochrome P-450 enzymes involved in the oxidation of drugs, carcinogens and toxic chemicals: studies with liver microsomes of 30 Japanese and 30 Caucasians. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* **270**: 414–23.
- Squires EJ, Lundstrom K. 1997. Relationship between cytochrome P450III $\beta$ 1 in liver and levels of skatole and its metabolites in intact male pigs. *Journal of Animal Science* **75**: 2506-2511.
- Squires EJ. 2006. Possibilities for selection against boar taint. *Acta Veterinaria Scandinavica* **48**: 1-8.
- Squires EJ, Bonneau M. 2004. Pgae 97 – 103 in Dikeman M, Devine C, Jensen WK, editors. *Boar taint. Encyclopedia of Meat Sciences*. Academic Press, Denmark.
- Steinhauser L. 1995. *Hygiena a technologie masa*. LAST, Brno.
- Stupka R, Šprysl M, Čítek J. 2013. *Základy chovu prasat*. Vyd. 2. Powerprint, Praha.
- Šimeček K, Zeman L, Heger J. 2000. *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro prasata*. MZLU, Brno.
- Šprysl M, Čítek J, Stupka R. 2005. *Zhodnocení produkční užitkovosti hybridních prasat s ohledem na typ výživy a pohlaví*. Proma-družstvo Mladá Boleslav.
- Takahashi Y, Kadowaki K, Tashiro Y, Takizawa T, Kinoshita T. 1996. Application of fructooligosaccharide to a hemodialysis patient: focused on the change of intestinal bacterial flora. *BIFIDUS Flores, Fructus et Semina* **9**: 141-150.
- Tambyrajah WS, Doran E, Wood JD, McGivan JD. 2004. The pig CYP2E1 promoter is activated by COUP-TF1 and HNF-1 and is inhibited by androstenone. *Archives of Biochemistry and Biophysics* **431**: 252-260.
- Tavendale MH, Lane GA, Schreurs NM, Fraser K, Meagher LP. 2005. The effects of condensed tannins from *Dorycnium rectum* on skatole and indole ruminal biogenesis for grazing sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* **56**: 1331-1337.
- Tomasik PJ, Tomasik P. 2003. Probiotics and prebiotics. *Cereal Chemistry* **80**: 113-117.
- Tungland BC. 1998. A natural prebiotic-understanding the metabolic and physiological effects of inulin. *The World of Ingredients*: 38-41.
- Varona L, Vidal O, Quintanilla R, Gil M, Sanchez A, Folch JM, Hortos M, Rius MA, Amills M, Noguera JL. 2005. Bayesian analysis of quantitative trait loci for boar taint in a Landrace outbred population. *Journal of Animal Science* **83**: 301-307.
- Vhile SG, Kjos NP, Sørum H, Overland M. 2012. Feeding Jerusalem artichoke reduced skatole level and changed intestinal microbiota in the gut of entire male pigs. *Animal* **6**: 807 – 814.
- 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 – 851.
- Weiler U, Dehnhard M, Herbert E, Claus R. 1995. Einfluß von Geschlecht, von Genotyp und Mastendgewicht auf die Androstenon- und Skatolkonzentrationen im Fett Mastschweinen. *Schriftenreihe BML* **449**: 14-32.



- Wesoly R, Weiler U. 2012. Nutritional influences on skatole formation and skatole metabolism in the pig. *Animal* **2**: 221-242.
- Whitehead TR, Price NP, Drake HL, Cotta MA. 2008. Catabolic pathway for the production of skatole and indoleacetic acid by the acetogen *Clostridium drakei*, *Clostridium scatologenes*, and swine manure. *Applied and Environmental Microbiology* **74**:1950–1953.
- Whittington FM, Nute GR, Hughes SI, McGivan JD, Lean IJ, Wood JD, Doran E. 2004. Relationships between skatole and androstenone accumulation, and cytochrome P450E1 expression in Meishan × Large White pigs. *Meat Science* **67**: 569-576.
- Wiercinska P, Lou Y, Squires EJ. 2011. The roles of different porcine cytochrome P450 enzymes and cytochrome b5A in skatole metabolism. *Animal* **6**: 834-845.
- Xu Z, Hu C, Wang M. 2002. Effects of fructooligosaccharide on conversion of L-tryptophan to skatole and indole by mixed populations of pig fecal bacteria. *The Journal of General and Applied Microbiology* **48**: 83-89.
- Xue J, Dial GD, Holton EE, Vickers Z, Squires EJ, Lou Y, Godbout D, Morel N. 1996. Breed differences in boar taint: relationship between tissue levels of boar taint compounds and sensory analysis of taint. *Journal of Animal Science* **74**: 2170-2177.
- Zamaratskaia G, Babol J, Andersson H, Ludgström K. 2004. Age-related variation of plasma concentration of skatole, androstenone, testosterone, oestradiol-17 beta, estrone sulphate, dehydroepiandrostenone sulphate, triiodothyronine and IGF-1 in six entire male pig. *Reproduction in Domestic Animals* **39**: 168-172.
- 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.
- Zamaratskaia G, Gilmore WJ, Lundström K, Squires EJ. 2007. Effect of testicular steroids on catalytic activities of cytochrome P450 enzymes in porcine liver microsomes. *Food Chem Toxicol* **45**: 676 - 681.
- Zamaratskaia G, Chen G, Lundström K. 2006. Effect of sex, weight, diet and hCG administration on levels of skatole and indole in the liver and hepatic activities of cytochromes P450E1 and P450A6 in pigs. *Meat Science* **72**: 331-338.
- Zamaratskaia G, Squires EJ. 2009. Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. *Animal* **3**: 1508-1521.
- Zammerini D, Wood JD, Whittington FM, Nute GR, Hughes SI, Hazzledine M, Matthews K. 2012. Effect of dietary chicory on boar taint. *Meat Science* **91**: 369 – 401.

## 10 Seznam použitých zkratek a symbolů

BO	plemeno bílé otcovské
CYP	cytochrom
ČBU	plemeno české bílé ušlechtilé
ČL	plemeno česká landrase
ČR	Česká republika
ČZU	Česká zemědělská univerzita v Praze
DNA	deoxyribonukleová kyselina
EU	Evropsá unie
GMO	geneticky modifikované organismy
GnrH	gonadotropin
IGF-I	růstový hormon
JUT	jatečně upravená těla
KKS	kompletní krmná směs
K1	kontrolní skupina bez topinamburu
K2	experimentální skupina s KKS obsahující 4,1% sušené hlízy topinamburu
K3	experimentální skupina s KKS obsahující 8,2% sušené hlízy topinamburu
K4	experimentální skupina s KKS obsahující 12,2% sušené hlízy topinamburu
LSM	průměry nejmenších čtverců
MCP	monokalciumfosfát
MO	mikroorganismus
mRNA	typ RNA (messenger)
NADH	nikotinamidadeninukleotid
NADPH	nikotinamidadeninukleotidfosfát
PSE	pale = bledý, soft = měkký, exudative = vodnatý
P1	kompletní krmná směs pro 1. fázi výkrmu
P2	kompletní krmná směs pro 2. fázi výkrmu
P2+	krmné směsi s topinamburem
QLT	Quantitative trait loci = lokusy kvantitativně dědičných znaků
RMSE	střední kvadratická chyba
RNA	ribonukleová kyselina
SULT	sulfotransferáza
TRP	tryptofan
UGT	uridin-di-fosfát-glukuronosyltransferáza

## 11 Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozdíl v utváření kotlety u nekastrovaných kanců, kanců kastrovaných imunologickou kastrací a kastrovaných kanců chirurgicky .....	14
Obrázek 2: Tvorba skatolu (3-methylindolu) a indolu z TRP ve střevech a další metabolismus prostřednictvím enzymů fáze 1 a fáze 2 .....	16
Obrázek 3: Biosyntéza ansrostenonu .....	18
Obrázek 4: Kořen a květ čekanky obecné .....	26
Obrázek 5: Kořen slunečnice topinambur .....	27

## 12 Seznam grafů

Graf 1: Průměrné hodnoty a rozsah směrodatných odchylek hladin skatolu u jednotlivých skupin ve vztahu ke krmné směsi .....	33
Graf 2: Znáornění hodnot sensorické analýzy u jednotlivých ukazatelů.....	35

## 13 Seznam tabulek

Tabulka 1: Složení pokusných kompletních krmných směsí.....	29
Tabulka 2: Hladiny látek charakterizující kančí pach ve vztahu k použité krmné směsi .....	32
Tabulka 3: Riziko výskytu látek charakterizující kančí pach ve vztahu k použité krmné směsi .....	34
Tabulka 4: Naměřené hodnoty výkrmnosti u jednotlivých skupin ve vztahu k použité krmné směsi .....	36
Tabulka 5: Naměřené hodnoty jatečných hodnot u jednotlivých skupin ve vztahu k použité krmné směsi .....	37
Tabulka 6: Přehled použitých krmných směsí ve výkrmu u jednotlivých skupin a cenové náklady .....	39