Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat

Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Eliminace kančího pachu v tukové tkáni prasat prostřednictvím výživy

Diplomová práce

Bc. Eliška Nekolová

Výživa zvířat

Ing. Monika Okrouhlá, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Eliminace kančího pachu v tukové tkáni prasat prostřednictvím výživy" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17.04.2024 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou chtěla velice poděkovat Ing. Monice Okrouhlé, Ph.D. za pomoc při tvorbě této práce, všechny cenné rady, a především obrovskou vstřícnost od začátku až do konce mé tvorby práce. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině za veškerou pomoc při mém studiu, a že mi vždy věřili, že to úspěšně dotáhnu do zdárného konce.

Eliminace kančího pachu v tukové tkáni prasat prostřednictvím výživy

Souhrn

Vepřové maso patří mezi druhé nejvíce konzumové maso na světě. Masný průmysl je nucen dbát na kontrolu masa a masných výrobků a zajišťování jejich vysoké kvality s rostoucími požadavky spotřebitelů. Rostoucí počty chovů nekastrovaných kanců navíc musí dbát na kvalitu masa z pohledu možného výskytu nežádoucího kančího pachu. Za kančí pach jsou zodpovědné hlavně tři sloučeniny a to androstenon, skatol a indol. V menší míře mohou přispívat i jiné látky, které sebou nesou nepříjemný zápach. Androstenon je produkován ve varlatech kanců, v Leydigových buňkách. Díky jeho silným lipofilním vlastnostem se tento steroid snadno přenáší z krevní plazmy do tukové tkáně, kde dochází k jeho akumulaci. Jeho vůně je často popisována jako vůně moči či potu. Indol a skatol jsou produkovány v tlustém střevě mikrobiální aktivitou. Absorbovaný skatol uložený v tukové tkáni způsobuje zápach připomínající výkaly.

Existuje hned několik metod eliminace tohoto kančího pachu. Jsou to například různé typy kastrace, genetická selekce nebo eliminace pomocí výživy skrze různá krmná aditiva.

Cílem této práce bylo zjistit vliv krmného komponentu, slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*) na eliminaci kančího pachu v tukové tkáni prasat.

Do pokusu bylo zařazeno 16 kanečků. Pokus se uskutečnil v Testační a pokusné stanici Ploskov u Lán. Kanečci byli rozděleni do dvou skupin, do skupiny kontrolní, kde bylo 8 kanečků a do pokusné skupiny, kde bylo také 8 kanečků. Kontrolní skupina dostávala pouze standartní kompletní krmnou směs. Pokusné skupině bylo čtrnáct dní před porážkou do standartní kompletní krmné směsi navíc přidáváno 8 % topinamburu.

Byl sledován vliv přidání topinamburu do krmné dávky jednak na ukazatele výkrmnosti, jatečné hodnoty, kvantitativní a kvalitativní ukazatele, ale také na obsah skatolu, indolu a adrostenonu, vliv na zastoupení mikroorganismů v gastroinstestinálním traktu a na zastoupení mastných kyselin. Po statistickém vyhodnocení byla zjištěna i vzájemná korelace výživy a vybraných jatečních ukazatelů či mikroorganismů.

Výsledky práce potvrzují, že přidáváním 8 % topinamburu čtrnáct dní před porážkou lze dosáhnout snížení hladin skatolu v tukové tkáni nekastrovaných kanců čímž se potvrdila naše hypotéza. Hodnoty hladin skatol u pokusné skupiny vykazovaly statisticky průkazně nižší hodnoty ($P<0,001$) oproti kontrolní skupině. U pokusné skupiny bylo naměřeno 0,02 μg/g a u kontrolní skupiny 0,06 μg/g. U hladin indolu a androstenonu nedošlo ke statickým rozdílům mezi hodnotami kontrolní a pokusné skupiny a nepodařilo se tedy tyto hladiny ovlivnit výživou. Hladiny androstenonu jsou dané převážně genetickými faktory a eliminace výživou bývá jen minimálně efektivní.

Z výsledků lze také usuzovat, že kančí pach se dá efektivně eliminovat i jinou metodou, než je klasická kontroverzní, a především pro prasata bolestivá, chirurgická kastrace.

Klíčová slova: kanec, kvalita masa, androstenon, skatol, indol, slunečnice topinambur

Elimination of boar odour in pig adipose tissue through nutrition

Summary

Pork is among the second most consumed meat in the world. The meat industry is forced to pay attention to the control of meat and meat products and ensuring their high quality with increasing consumer demands. In addition, the growing number of farms of uncastrated boars must watch over the quality of the meat from the point of view of the possible appearance of an undesirable smell. Three compounds are mainly responsible for this smell, androstenone, skatole and indole. To a lesser extent, other substances that carry an unpleasant odor can also contribute. Androstenone is produced in the testicles of boars, in the Leydig cells. Due to its strong lipophilic properties, this steroid is easily transferred from the blood plasma to adipose tissue, where it accumulates. Its smell is often described as that of urine or sweat. Indole and skatole are produced in the colon by microbial activity. Absorbed skatole stored in adipose tissue causes a fecal-like odor.

There are several methods of eliminating this smell. These are, for example, different types of castration, genetic selection or elimination via nutrition through various feed additives.

The aim of this work was to determine the influence of the feed component, Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) to eliminate the odor in pig adipose tissue.

16 piglets were included in the experiment. The experiment took place at the Test and Experiment Station Ploskov u Lán. The piglets were divided into two groups, a control group with 8 piglets and an experimental group with 8 piglets. The control group received only the standard complete feed mixture. Fourteen days before slaughter, 8% Jerusalem artichoke was additionally added to the standard complete feed mixture to the experimental group.

The effect of adding Jerusalem artichoke to the feed ration on fattening indicators, slaughter values, quantitative and qualitative indicators, but also on the content of skatole, indole and adrostenone on the representation of microorganisms in the gastrointestinal tract and on the representation of fatty acids was monitored. After the statistical evaluation, a mutual correlation between nutrition and selected slaughter indicators or microorganisms was found.

The results of the work confirm that by adding 8% of Jerusalem artichoke fourteen days before slaughter, it is possible to achieve a reduction of skatole levels in the adipose tissue of uncastrated boars, thus confirming our hypothesis. The values of skatol levels in the experimental group showed statistically significantly lower values ($P<0.001$) compared to the control group. 0.02 was measured for the experimental group μg /g and the control group 0.06 μg /g. There were no static differences in indole and androstenone levels between the values of the control and experimental groups, and it was therefore not possible to influence these levels by nutrition. Androstenone levels are mainly determined by genetic factors, and dietary elimination is only minimally effective.

It can also be concluded from the results that the boar taint can be effectively eliminated by a method other than the classical, controversial, and above all painful for pigs, surgical castration.

Keywords: boar, pork quality, androstenone, skatole, indole, Jerusalem Artichoke

Obsah

1 Úvod 8

2 Vědecká hypotéza a cíl práce 9
2.1 Vědecká hypotéza 9
2.2 Cíl práce 9

3 Literární rešerše 10
3.1 Chov prasat 10
3.2 Kančí pach 11
3.2.1 Androstenon (5α-androst-16-en-3-on) 11
3.2.2 Skatol (3-methyl-indol) 12
3.2.3 Indol (2,3-benzopyrol) 13
3.2.4 Další sloučeniny ovlivňující kančí pach 14
3.3 Pohlavní soustava kanců 15
3.3.1 Varlata *(testis)* 15
3.3.2 Přídatné pohlavní žlázy *(glandulae genitalis accestoriae)* 16
3.4 Trávicí soustava kanců 16
3.4.1 Tlusté střevo *(intestinum crassum)* 17
3.4.2 Játra *(hepar)* 18
3.5 Výživa prasat 19
3.5.1 Obiloviny 21
3.5.2 Luštěniny 22
3.5.3 Okopaniny 23
3.5.4 Olejniny 24
3.6 Detekce kančího pachu 24
3.6.1 Metody detekce kančího pachu 25
3.7 Možnosti eliminace kančího pachu 27
3.7.1 Kastrace 28
3.7.2 Genetika 29
3.7.3 Management chovu 31
3.7.4 Výživa 32
3.7.4.1 Tryptofan jako prekurzor syntézy skatolu a indolu 32
3.7.4.2 Vliv krmných komponentů na koncentraci skatolu 33

4 Materiál a metodika 35
4.1 Materiál 35
4.1.1 Zvířata a jejich ustájení 35
4.1.2 Rozdělení zvířat a krmná dávka 35
4.1.3 Výkrmnost zvířat 36

4.2 Metodika ... 36
4.2.1 Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty ... 36
4.2.2 Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty ... 36
4.2.3 Mastné kyseliny ... 36
4.2.4 Analýza skatolu, indolu a androstenonu ... 36
4.2.5 Mikrobiální analýza ... 37
4.2.6 Statistické vyhodnocení ... 37

5 Výsledky ... 38
5.1 Výkrmnostní ukazatele ... 38
5.2 Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty ... 39
5.3 Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – fyzikální vlastnosti ... 40
5.4 Zastoupení mastných kyselin ... 43
5.5 Obsah skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni ... 44
5.6 Mikroorganismy ... 45
5.7 Korelace mezi vybranými ukazateli ... 50

6 Diskuze ... 53
6.1 Výkrmnostní ukazatele ... 53
6.2 Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty ... 54
6.3 Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – fyzikální vlastnosti ... 54
6.4 Zastoupení mastných kyselin ... 56
6.5 Obsah skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni ... 56
6.6 Mikroorganismy ... 57

7 Závěr ... 59

8 Literatura ... 60

9 Seznam použitých zkratek a symbolů ... 78

10 Seznam obrázků, tabulek a grafů ... 80
10.1 Seznam obrázků ... 80
10.2 Seznam tabulek ... 80
10.3 Seznam grafů ... 80

1 Úvod

Kančí pach v tukové tkáni prasat je dlouhodobým problémem v chovu prasat a potravinářském průmyslu, který má významný dopad na kvalitu vepřového masa a spotřebitelskou preferenci (Dransfield et al. 2005). Pach je způsoben nadměrnou akumulací určitých těkavých sloučenin, jejichž syntéza je spojena s pohlavním dospíváním kanců (Bonneau 1982). Mezi tři hlavní sloučeniny, odpovědné za kančí pach, patří androstenon, skatol a indol. Androstenon je feromonální steroid syntetizovaný ve varlatech a metabolizovaný v játrech. Skatol a indol zase vznikají v tlustém střevě bakteriální degradací tryptofanu a jsou metabolizovány jaterními enzymy. Nadměrné množství androstenonu ale potlačuje expresy těchto enzymů, čímž dochází k inhibici metabolismu skatolu, a naopak se jeho hladina zvyšuje (Doran et al. 2002). Při nadměrném množství všech těchto sloučenin dochází k absorbci do tukové tkáně kanců což způsobuje onen kančí pach. Hladiny androstenonu jsou velkou mírou určovány genetickými faktory a pohlavní dospělostí kanců, zatímco hladiny skatolu a indolu jsou navíc řízeny také nutričními a enviromentálními faktory (Bilić-Šobot et al. 2014).

U výběru různých technologií detekce kančího pachu se vždy hledí na dostupnost, rychlost, preciznost, náročnost, možnost použití technologie přímo na linkách jatek a cenu. Jedná-li se o velké linky a jatka, jako nejslibnější metodou se zdá být kombinace tepelné laserové diody a dvourozměrné hmotnostní spektrometrie. U menších jatek je stále nejvhodnější metoda senzorického hodnocení proškolenými odborníky (Font-i-Furnols et al. 2020).

Existuje několik metod eliminace tohoto nežádoucího pachu. Diskutována je například role výživy, hormonální stav zvířat, genetický vliv na sloučeniny a metody vývoje genetických markerů (Duarte et al. 2021). Některé možnosti se potýkají s nesouhlasem veřejnosti kvůli welfare zvířat. Velký tlak veřejnosti míří hlavně na tradiční chirurgickou kastraci. Chovatelé prasat se tak musí čím dál tím více přesouvat na jiné metody kastrace, které pro ně ale mohou být finančně nákladnější. Mezi takové metody patří například imunokastrace, která by se do budoucna mohla více rozšířit, dojde-li k ujištění spotřebitelů o její nezávadnosti a bezpečnosti v rámci jejich možných reziduí, kterých se spotřebitelé nejvíce obávají (Font-i-Furnols 2012). Pokud se chovatel rozhodne chovat nekastrované kance, musí počítat s možným výskytem kančího pachu. V takových to chovech se kanci porážejí dříve, než dojde k nadměrné syntéze sloučenin způsobující kančí pach, jejichž syntéza souvisí s pohlavní dospělostí. Dřívější porážka prasat sebou ale nese nižší hmotnost při porážce, s čímž chovatelé musejí počítat (Fredriksen et al. 2009). Další možností, jak eliminovat kančí pach je pomocí výživy. Tato metoda eliminace výživou může mít ale jen minimální vliv na snižování hladiny androstenonu, který je dán hlavně genetickými faktory. U snižování hladiny androstenonu se tak mluví o genetické selekci jako o atraktivní alternativě. U genetické selekce ale nesmí dojít k negativnímu ovlivnění reprodukce a musí být, stejně jako u všech metod, stále ekonomicky efektivní (Zamaratskaia 2009). Existuje již mnoho studií, které zkoumají vliv různých krmných komponentů, které mají prokazatelný vliv na snižování obsahu skatolu, indolu a popřípadě androstenonu (Zamaratskaia & Squires 2009). Jejich hlavní vliv spočívá v následných změnách bakteriální diverzity ve střevě zvířat a redukci patogenních bakterií, které jsou odpovědné za produkci skatolu a indolu (Wesoly & Weiler 2012; Rasmussen & Zamaratskaia 2014; Lepzynski et al. 2019).

2 Vědecká hypotéza a cíl práce

2.1 Vědecká hypotéza

Vědecká hypotéza: Je známo, že kančí pach závisí na mnoha vnitřních a vnějších faktorech. Vnějším faktorem je například výživa, která hraje velkou roli při možném ovlivnění onoho pachu. Některé krmné komponenty, jako je například slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*), ovlivňují svými vlastnostmi bakteriální diverzitu, což ovlivňuje hladiny vytvářeného skatolu a indolu a následně tak eliminuje kančí pach vepřového masa. Předpokládám, že prostřednictvím krmné směsi s přídavkem topinamburu dojde k ovlivnění hladin skatolu a indolu absorbovaných v tukové tkáni.

2.2 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo sledovat vliv přídavku topinamburu (*Helianthus tuberosus*) do kompletní krmné dávky kanců na vybrané ukazatele výkrmnosti, kvantitativní a kvalitativní ukazatele jateční hodnoty, na zastoupení mastných kyselin a na obsah skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni. Také byl sledován vliv topinamburu na zastoupení mikroorganismů v gastrointestinalním traktu.

3 Literární rešerše

3.1 Chov prasat

Prasata patří k nejvýkonnějším hospodářským zvířatům, vynikají vysokou intenzitou růstu a velmi dobrou konverzí krmiva, respektive vysokým využitím živin na záchovu a produkci. Vynikají i v dalších hospodářsky významných vlastnostech. Prasata jsou plodná, mají krátkou březost a vysokou jateční výtěžnost. Cílem chovu je produkce požadovaného množství vepřového masa vysoké kvality s minimálními náklady (Brascamp 1989). Těmto požadavkům chovatelů a spotřebitelů musí odpovídat jednak správná výživa a technika krmení, ale také zajištění dobrých podmínek chovu, dodržování welfare a celkově správný management chovu prasat (Dalla Costa et al. 2020).

Vstupem České republiky do Evropské unie došlo k výraznému poklesu chovaných prasat v důsledku liberalizace zahraničního obchodu v souladu s legislativou Evropské unie. Zrušení dovozních cel mělo za následek navýšení dovozu a snížení vývozu v rámci zahraničního obchodu. Vepřové maso je stále nejkonzumovanějším druhem masa na našem území. I přes relativně stabilní spotřebu vepřového masa a masných výrobků přesto dochází v průběhu několika posledních let v podmínkách České republiky k poklesům stavů chovaných prasat (Český statistický úřad 2019; Havlíček et al. 2020).

Kategorie/ Rok	2004	2005	2006	2008	2009	2010	2011	2018
Prasata celkem	3126	2877	2840	2433	1971	1909	1749	1557
Z toho prasnice	251	232	229	179	142	133	112	90,6

Obr. 1. Vývoj početních stavů prasat v České republice po vstupu do EU (tis.) (Český statistický úřad 2019).

3.2 Kančí pach

Kančí pach je dlouhou dobu jedním z hlavních problémů v produkci vepřového masa nekastrovaných kanců. Považuje se za organoleptickou vadu, která je díky negativnímu zápachu a chuti příčinou odmítání vepřového masa ze strany spotřebitelů. Čerstvé maso z nekastrovaných kanců s vysokou úrovní kančího pachu je navíc považováno za „nevhodné k lidské spotřebě‘‘. Hlavní výzvou pro masný průmysl je proto zajištění senzorické kvality tohoto masa a jeho komercializace jak na domácím, tak na exportním trhu, přizpůsobení výrobního řetězce stále novým požadavkům trhu a spotřebitelů. Zároveň poskytnutí informací a skutečností ohledně kančího pachu může přispívat ke zvyšování nákupu vepřového masa (Garrido et al. 2023).

Ke kančímu pachu přispívají hlavně dvě sloučeniny, a to androstenon a skatol (Bonneau & Weiler 2019). Pozdější studie a výzkumy dokazují, že v menší míře mohou přispívat i jiné látky. Relativní podíl těchto všech látek na kančím pachu se ale v různých studií liší (Andresen 2006).

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

Mezi hlavní sloučeninu odpovědnou za kančí pach, se považuje androstenon. Jeho vůně je často přirovnávána k zápachu moči. Jedná se o steroidní feromon produkovaný ve varlatech kanců, který je transportován krví do slinné žlázy, kde spolu s dalšími skupinami androstenonů funguje právě jako feromon stimulující pářicí chování u prasniček a uvolňování oxytocinu u estrálních prasnic (Mattioli et al. 1986). Tyto fyziologické účinky jsou dobře známy (Brooks & Pearson 1986). Jeho nadměrná akumulace v tukové tkáni, spolu s dalšími sloučeninami, ale způsobuje onen kančí pach u některých samců prasat. Běžně přijímaná prahová hodnota spotřebiteli se obecně pohybuje od 0,5 –1,0 μg na g tuku (Rowe et al. 2014).

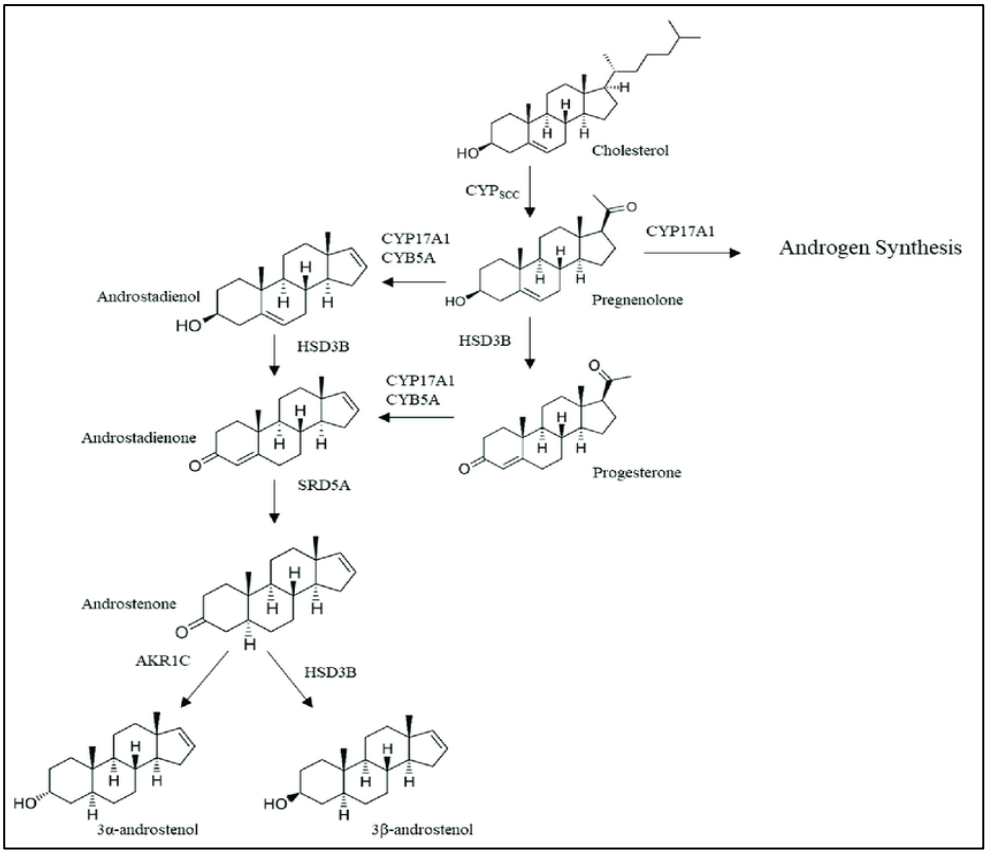
Androstenon je příbuzný samčím pohlavním hormonům, androgenům. Jeho sekrece se obecně řídí sekrečním vzorcem testosteronu, i když jejich syntéza probíhá různými cestami. I jejich poměr v plazmě se liší. Často se uvádí, že hladina androstenonu v plazmě převyšuje hladinu testosteronu. Hladina androstenonu v plazmě se pohybuje okolo 40–60 nanogramů na mililitr (Andersen 2006). U androstenonu se jeho syntéza zvyšuje v rámci pohlavního dospívání. Androstenon ale zároveň zvyšuje hladinu skatolu, protože inhibuje degradaci skatolu spolu s dalšími testikulárními steroidy (Larzul 2021).

Androstenon je velmi lipofilní molekula. Jeho rozpustnost ve vodě je nízká a snadno se přenáší z plazmy do tukové tkáně. Pokud jeho hladina v plazmě přesáhne práh 15 nanogramů na mililitr, následuje ona rychlá akumulace do tukové tkáně (Andresen 1976; Sinclair et al. 2001). Zdá se, že existuje dynamický vztah mezi androstenonem v plazmě a v tukové tkáni. Například pokud dochází ke klesání vysokých hladin androstenonu v periferní plazmě, postupně klesá i koncentrace v tukové tkáni. Podrobná regulace přenosu androstenonu mezi plazmou a tukovou tkání není ale doposud objasněna. U mnoha druhů zvířat jsou pohlavní steroidy částečně vázány na specifické proteiny, jako jsou glubuliny nebo albuminy. Vazba androstenonu na plazmatické proteiny by ovlivnila přenos steroidu do tukové tkáně a následně by se tak ovlivnil i kančí pach (Andresen 2006). Prasatům ale chybí v plazmě globulin, který

váže pohlavní hormony (Cook et al. 1977) a dosud není známo, do jaké míry je androstenon u prasat vázán nebo asociován s jinými plazmatickými proteiny (Andresen 2006).

K metabolizování androstenonu dochází v játrech. Mikrosomy prasečích jater ho redukují na β-androstenol. Rychlost jeho metabolismu je určena úrovní exprese jaterního enzymu, 3β-hydroxysteroid dehydrogenáza. Rozdílná exprese tohoto enzymu je u různých plemen navíc dalším faktorem ovlivňujícím rychlost metabolismu. Autoři příslušných studií také pozorovali mnohem nižší rychlost metabolismu, pokud měla prasata vysokou hladinu androstenonu (Doran et al. 2004). Pokud je tedy rychlost produkce androstenonu vysoká, kapacita jater metabolizovat steroid může být nedostatečná a androstenon se bude hromadit v tukové tkáni (Andresen 2006).

Je také znám vliv androstenonu na metabolismus skatolu v játrech, kdy potlačuje expresy enzymu zodpovědného za metabolismus skatolu, čímž dochází k zvyšování hladiny skatolu (Doran et al. 2002).



Obr. 2. Znázornění drah syntézy androstenonu (5α-androst-16-en-3-on) a jeho metabolismu spolu s působícími enzymy (Squires et al. 2020).

3.2.2 Skatol (3-methyl-indol)

Skatol je sloučenina vznikající při bakteriálním rozkladu tryptofanu a jeho vysoká hladina má negativní důsledky na kvalitu vepřového masa. U skotu způsobuje také akutní plicní edém a u mnoha přežvýkavců chronické onemocnění plic neboli emfyzém. Skatol zde působí jako velmi selektivní pneumotoxin, který způsobuje degeneraci plicních tkání. Pro mnoho mikroorganismů a pro bachorové řasnaté prvoky může být i toxický, což by mohlo mít dopad na endogenní gastrointestinální mikroflóru (Carlson et al. 1983). Tento dopad ale není ještě plně ověřen a vyhodnocen. Skatol dále může ovlivňovat produkci serotoninu a ve vysokých

koncentracích může hemolitizovat hovězí erytrocyty. Zdá se, že skatol u prasat nehraje žádnou fyziologickou roli a nemá žádné negativní účinky na zdraví organismu. Je ale zodpovědný za vznik kančího pachu vepřového masa. Má fekální zápach a drtivá většina lidí je schopna tento zápach skatolu v mase rozpoznat, na rozdíl třeba u detekce androstenonu (Deslandes et al. 2001). Jeho běžně přijímaná prahovová hodnota spotřebiteli se pohybuje v rozmezí mezi 0,2 do 0,25 μg na g tuku. (Rowe et al. 2014).

Skatol je produkován v tlustém střevě mikrobiální aktivitou, a to pouze jen malou částí specializovaných bakterií. Například bakteriemi *Lactobacillus* sp. kmen 11201 (Jensen & Jensen 1998). Tyto bakterie, zodpovědné za produkci skatolu, nejsou patogenní a jsou naopak nedílnou součástí normální střevní mikroflóry. Produkce skatolu není základní ani podstatnou funkcí tohoto kmene bakterií (Deslandes et al. 2001). Produkce skatolu byla dále potvrzena u čtyř bakteriálních druhů dvou rodů, *Clostridium* a *Olsenella* (Li et al. 2019).

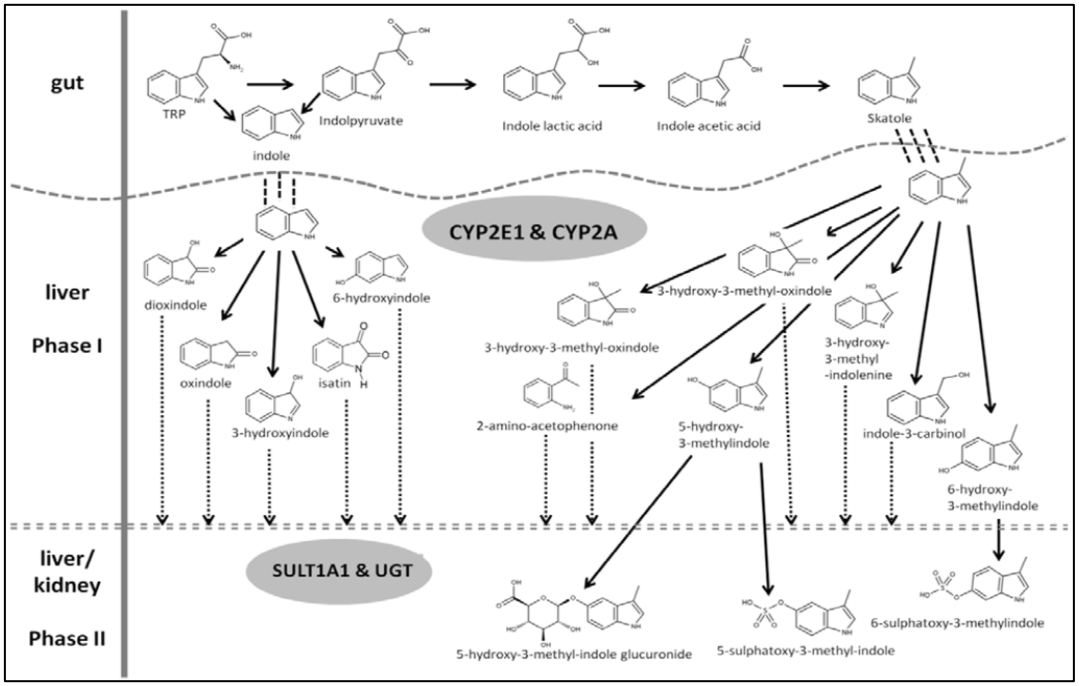
Zdá se, že neexistuje žádný rozdíl mezi produkcí skatolu ve střevě mezi samci a samicemi prasat (Agergaard & Jensen 1993).

Skatol se zdá být snadno přenosný z plazmy do tukové tkáně. Do plazmy se pravděpodobně dostává ze střeva pasivní difuzí, protože nejsou známy žádné nosné proteiny pro tuto sloučeninu (Zamaratskaia 2004). Ke zvyšování hladiny skatolu v tukové tkáni dochází u kanců kolem puberty, nikoli však u prasnic, což naznačuje, že je metabolismus skatolu regulován testikulárními steroidy (Doran et al. 2002).

U prasat je skatol absorbován střevní sliznicí do portální žíly a dostává se do jater, kde je účinně metabolizován díky enzymu cytochromu P450 2E1 (CYP2E1) (Squires & Lundstrom 1997). Jeho nedostatečná indukce je považována za hlavní příčinu vysokých hladin skatolu v játrech. K ovlivnění metabolismu skatolu jasně přispívá androstenon, který blokuje onu indukci cytochromu a přispívá tak k možnému nárůstu koncentrace skatolu a následně i ke kančímu pachu (Larzul 2021).

3.2.3 Indol (2,3-benzopyrol)

Další minoritní sloučenina, která má také podíl na kančím pachu je indol, který se vyskytuje u všech prasat, ale v nízké koncentraci (Fischer & Wüst 2012). Jeho vůně je podobná výkalům, stejně tak jako u skatolu. I tato sloučenina je produkována střevními bakteriemi a následně metabolizována v játrech, popřípadě absorbována do tukové tkáně, kde se hromadí (Grindflek et al. 2011). Tryptofan může být degradován na indol, transformován na kyselinu indol-3 octovou, ze které je pak následně syntetizován skatol. Jeho podíl na kančím pachu je značně menší, než je to u předešlých dvou sloučenin. Indol spíše zesiluje účinek skatolu a jeho vliv na nepříjemný zápach (Zadinová et al. 2016).



Obr. 3. Znárornění syntézy skatolu (3-methyl-indol) a indolu (2,3-benzopyrol) z tryptofanu (TRP) ve střevě a jejich metabolismus v játrech ovlivňovaný enzymy v 1. a 2. fázy. Černé šipky značí známou cestu a přerušované šipky značí cestu předpokládanou (Wesoly & Weiler 2012).

3.2.4 Další sloučeniny ovlivňující kančí pach

V menší míře mohou ke kančímu pachu přispívat i další látky, které sebou nesou specifický a nepříjemný pach. Často jsou ale při klasifikaci vzorků jatečně upravených těl prasat řazeny jako látky zkažené (Andresen 2006).

Rius Solé a kol. (2005) ve své studii identifikovali ve vzorcích aldehydy a mastné kyseliny s krátkým řetězcem jako hlavní třídy látek, které by mohly souviset s pachutí vepřového masa. Obecně je maso s vysokým obsahem omega-3 polynenasycených mastných kyselin náchylné k produkci vyšší koncentrace produktů degradace lipidů, jako jsou hlavně aldehydy, alkoholy a ketony. Tyto produkty přispívají nejen k pachu ale i k nežádoucí chuti masa. Například u nekastrovaných samců prasat, s nízkou hladinou androstenonu skatolu a indolu byl zjištěn vyšší počet polynenasycených mastných kyselin a menší počet nasycených mastných kyselin. Z toho vyplývá možná souvislost mezi složením mastných kyselin a sloučeninami kančího pachu, kdy byla vyšší korelace určena u androstenonu než u skatolu a indolu. Rozdíl ve složení mastných kyselin je u prasat dán jejich původem (Liu et al. 2016). Složení mastných kyselin ale nevysvětluje případné falešně negativní nebo falešně pozitivní senzorické hodnocení (Liu et al. 2017).

Pouze několik dalších látek bylo nalezeno ve výrazně vyšších koncentracích ve znečištěných vzorcích masa ve srovnání s nekontaminovanými. Těmito dalšími látkami mohou být styren a 1,4-dichlorbenzen, jejichž přítomnost může být způsobena sice pouhou kontaminací masa, ale ve znečištěných vzorcích vykazovaly vysokou koncentraci. Rius Solé a García-Regueiro (2001) zase identifikovali 4-fenyl-3-buten-2-on ve vzorcích kančího tuku a uvedli, že přítomnost této sloučeniny ve vzorcích sice s nízkým obsahem androstenonu a skatolu by naopak mohla podpořit vnímání těchto látek u následné detekce pachu spotřebiteli.

3.3 Pohlavní soustava kanců

Samčí pohlavní soustava kanců se skládá z pyje, varlat, nadvarlat, chámovodů a přídatných pohlavních žláz. Jejich pohlavní soustava je úzce spojena s jejich vylučovací soustavou. Hlavní funkcí soustavy je produkce a ejakulace semene (Reece 2011). Součástí ejakulátu je buněčná i nebuněčná frakce, tedy spermie a semenné tekutiny, která je tvořena ze sekretu varlat, nadvarlat a příslušných pohlavních žláz. Každá jednotlivá struktura pohlavní soustavy má pak vlastní specifické funkce. Jejich řízení spadá pod autonomní nervový systém společně s účinky příslušných hormonů (Bonet et al. 2013).

Kanec je pozoruhodné zvíře z hlediska reprodukčních vlastností. Nadprůměrná velikost jejich pohlavních žláz a varlat, nadprůměrný objem ejakulátu produkovaného při páření, či vysoce vyvinuté intersticiální tkáně neboli Leydigovy buňky ve varlatech, čímž se odlišují od ostatních druhů savců. V současné době se také zkoumá překvapivá rozmanitost steroidních sloučenin, které se syntetizují v jejich varlatech (Raeside et al. 2006).

Studie zaměřené na problematiku kančího pachu se převážně soustředí na témata spojená s varlaty a přídatnými pohlavními žlázami. Proto v následujících podkapitolách budou pro naše účely krátce popsány pouze tyto dvě struktury kančí pohlavní soustavy a jejich souvislosti s kančím pachem.

3.3.1 Varlata *(testis)*

Varle je párová samčí pohlavní žláza s endokrynní i exokrynní funkcí. Endokrynní fukce je produkce samčího pohlavního hormonů, a exokrynní je pak spermatogeneze (Hollanbeck & Foley 1964).

Po dovršení sexuální dospělosti sestupují varlata zdravých kanců do šourkového vaku, kdy levé je níže než pravé. Varlata jsou obalena vrstvou kolagenního vaziva, které představuje jeho takzvaný bělavý obal. Z tohoto obalu vystupují vazivové přepážky, které rozdělují parenchym varlete na lalůčky. Každý lalůček obsahuje 2-4 stočené semenotvorné kanálky. Ty se pak v jednotlivých lalůčcích spojují v přímý kanálek, kterým začínají vývodné cesty varlete. Semenotvorné kanálky jsou vystlány spermatogenním (zárodečným) epitelem, který se skládá ze dvou typů buněk, a to z podpůrných (Sertoliho) a spermatogenních. Vysoké tělo podpůrných buněk a jejich výběžky ohraničují dutinky, do kterých se zanořují spermatogenní buňky a probíhá zde spermatogeneze (Franca & Godinho 2003). Délka spermatogeneze byla obecně považována za konstantní pro daný druh. Už starší studie od Franca et al. (1998) ukázaly, že délka je pod kontrolou genotypu spermatogenních buněk.

Prostory mezi stočenými semenotvornými kanálky jsou vyplněné intersticiálními buňkami, známe jako Leydigovy, které jsou zodpovědné za enzymatické reakce vedoucí například k produkci steroidních hormonů, androgenů (Weinbauer et al. 2010). U aktivity varlat lze pozorovat sezónní změny. Například hladina testosteronu v krvi v zimních měsících je vyšší než v létě. V letních měsících klesá produkční výkonnost kanců, zároveň klesá koncentrace a pohyblivost spermií, což může vést k vyššímu počtu abnormálních spermií (Sarlós et al. 2011).

Nejvýznamnější steroidní hormon je onen testosteron, který ovlivňuje spermatogenezi a vývoj sekundárních pohlavních znaků. Testosteron je zodpovědný za většinu fyziologických účinků androgenů (Pinart & Puigmulé 2013).

V Leydigových buňkách je také produkován pro nás stěžejní androstenon. Jeho sekrece se řídí sekrecí testosteronu, i když syntéza obou steroidů probíhá různými cestami. Vývoj Leydigových buněk dosahuje maxima několik týdnů po porodu. Následuje regrese a poté obnovený vývoj v období puberty (Van straaten & Wensing 1978; Franca et al. 2000). Bonneau a Carrie-Lemoine (1987) dokázali, že v období před pubertou koncentrace tukového androstenonu pozitivně souvisí s počtem a velikostí Leydigových buněk.

Od puberty byla u kanců zaznamenána široká individuální variabilita v hladinách androstenonu a testosteronu. U dospělých nekastrovaných kanců se často uvádí, že hladina androstenonu v plazmě značně převyšuje hladinu testosteronu (Lervik et al. 2013).

3.3.2 Přídatné pohlavní žlázy *(glandulae genitalis accestoriae)*

Mezi přídatné pohlavní žlázy kanců řadíme semenné váčky, předstojnou žlázu (prostata) a bulbouretrální žlázy (Cowperovy žlázy). Tyto exokrinní žlázy uvolňují sekret do močové trubice, přičemž jejich sekreční aktivita je závislá na androgenu. Nebuněčná část ejakulátu se skládá hlavně z tekutin těchto žláz (Bonet et al. 2013).

Bulbouretrální žláza kanců je mohutná a dosahuje délky 10-15 cm a šířky kolem 3 cm. Tématem některých studií byl vztah mezi rozvojem kančího pachu a velikosti přídatných pohlavních žláz, nejvíce pak právě o délce bulbouretrální žlázy. Babol a kol. (1995) v experimentu zkoumali jedince s nízkou hladinou androstenonu (okolo 0,49 μg/g v tuku) a s nízkou hladinou skatolu (okolo 0,10 μg/g v tuku), ale s dlouhými bulbouretrálními žlázami (okolo 11,3 cm). Délka této žlázy ale nakonec souvisí zřejmě s určením pohlavní zralosti, jakožto jednoho z aspektů při posuzování kančího pachu než jako samostatný a přesný ukazatel. Měření délky žlázy spojené s úrovní hladiny skatolu v tuku by mohlo být využíváno jedině u dospívajících kanců, a být dostačující pro posuzování kančího pachu. Tato metoda měření je zároveň velmi jednoduchá a její používání by se do budoucna tak mohlo častěji používat při řešení problémů kančího pachu vepřového masa.

3.4 Trávicí soustava kanců

Trávicí soustava monogastrů je tvořena dutinou ústní, hltanem, jícnem, žaludkem, střevem tenkým, tlustým a slepým a zakončena konečníkem. Do trávicí soustavy ústí i velké žlázy jako jsou slinné žlázy, játra a slinivka břišní. Primární funkcí gastrointestinálního systému je mechanické, chemické zpracování a trávení živin z přijaté potravy, jejich enzymatické degradování nebo fermentování střevní mikrobiotou a následné vstřebání těchto živin (Jansman 2016).

Během fylogeneze došlo důsledkem přizpůsobení trávicí soustavy podle druhu přijímané potravy k značným druhovým rozdílům a trávicí soustavy různých druhů monogastrů se tak odlišuje v mnoha věcech (Marvan et al. 2017). Podle typu přijímané potravy se zvířata dělí na masožravce *(carnivora)*, býložravce *(herbivora)* a všežravce *(omnivora)*. Prase, jakožto všežravec, má například velmi dlouhé střevo, což mu umožňuje trávit přijímanou potravu bohatou na vlákninu. Částečná fermentace vlákniny pak probíhá právě v rozšířené části tlustého střeva (Reece 2011).

Vznik kančího pachu je spojen se dvěma orgány trávicí soustavy prasat. A to s tlustým střevem a játry. V tlustém střevě vzniká bakteriální aktivitou skatol a v játrech je metabolizován

androstenon. Obě tyto sloučeniny jsou součástí směsice molekul tohoto pachu a zesilují ho (Squires & Bonneua 2014; Squires et al. 2020).

Pro naši potřebu bude v následujících podkapitolách popsáno pouze to, jak kančí pach souvisí s tlustým střevem a játry.

3.4.1 Tlusté střevo *(intestinum crassum)*

Tlusté střevo prasat se skládá ze slepého střeva, tračníku a konečníku, který v kaudální polovině pánve vyúsťuje z těla řitním otvorem. Délka tlustého střeva bývá 4 až 5 metrů a objem je okolo 8 litrů. Ve stěně slepého střeva a tračníku se nacházejí *haustra* tzv. výdutě. Tyto výdutě, tvořené vrstvou podélné a kruhové hladké svaloviny, umožňují zadržení tráveniny v tlustém střevě, čímž může dojít k intenzivnějšímu mikrobiálnímu trávení (Marvan et al. 2017). Dochází zde k fermentaci nestrávené části krmiva, zejména vlákniny, rezistentních škrobů a proteinů. To má za následek tvorbu hned několika druhů mastných kyselin s krátkým řetězcem, které se vstřebávají ze zadní části střeva a zásobují zvíře energií. V tlustém střevě se obecně dokončuje enzymatický rozklad potravy enzymy z tenkého střeva. Dále zde ale probíhá, pro nás důležité a již zmiňované, mikrobiální trávení (Reece 2011).

Je to právě skatol, který vzniká rozkladem l-tryptofanu mikrobiální činností v zadní části střeva prasat (Jensen et al. 1995; Deslandes et al. 2001). Tryptofan je esenciální aminokyselina, to znamená, že ji organismus sám nedokáže syntetizovat. Musí se získávat potravou. Malé množství přesto vzniká proteolýzou mikroorganismů v tlustém střevě (Claus & Raab 1999). Tryptofan je mikroby metabolizován (nejen) na kyselinu indoloctovou. Ta je dále degradována právě na 3-methyl-indol neboli skatol (Chung et al. 1975). Tato degradace kyseliny je však známá jen u několika specializovaných bakterií, jako je kmen *Lactobacillus* 11201, které tak hrají klíčovou roli při tvorbě skatolu v tlustém střevě prasat (Honeyfield & Carlson 1990). Analogicky vzniká mnoho dalších metabolitů, jako je například i indol (Annor – Frempong at al. 1997). Tato přeměna tryptofanu na skatol nebo indol nebyla naměřená od žaludku do tenkého střeva. Maximální koncentrace obou sloučenin byly naměřeny právě v zadní části střeva (tračníku) a plynule se zvyšují až do oblasti konečníku. Část skatolu se vylučuje s výkaly a zbývající část se vstřebává přes střevní stěnu do krve. Tato vstřebaná část se metabolizuje v játrech, kam je přenášena jaterní portální žilou, a nemetabolizovaná část se resorbuje a hromadí v tukové tkáni (Bernal – Barragan 1992; Jensen 2006; Li et al. 2009).

Knarreborg a kol. (2002) ve svém experimentu odhadl celkovou denní absorpci skatolu na hodnoty mezi 820 a 365 μmol, v závislosti na podávané potravě. Tento specifický problém, kdy se skatol ukládá právě do tukové tkáně, se vyskytuje u kanců a způsobuje tak typický zápach podobný zápachu výkalů (Claus & Raab 1999; Zamaratskaia & Squires 2009).

Studie dokazují, že množství vstřebaného skatolu v tukové tkáni je úměrné vytvořenému množství skatolu v zadní části střeva. Koncentrace ve tkáni tak jasně souvisí se stupněm bakteriální tvorby skatolu v zadní části střeva (Claus et al.1993; Knarreborg et al. 2002; Xingfa et al. 2019).

3.4.2 Játra *(hepar)*

Jedná se o mohutné žlázy, které jsou součástí trávicí soustavy. Játra jsou nepostradatelná pro termoregulaci, krvetvorbu v embryonálním období, tvorbu žluči, přeměnu a zásobování živin a mnoho dalšího. Hrají hlavní roli při detoxikaci organismu (Marvan et al. 2017). Játra prasat dosahují hmotnosti až 3 kilogramy a jsou tvořeny laloky, které jsou připevněny k bránici vazy (Kim & Lee 2013). Počet a velikost laloků (segmentů) se může lišit podle konkrétního plemena. Vždy je ale přítomno pět laloků, a to levý laterální, levý mediální, pravý laterální a pravý mediální a ocasní lalok. Podle mnoha učebnic je často zmiňovaný 6 kvadrální/čtyřhranný/ mediální lalok přítomen příležitostně (Erbenová et al. 2020). Existuje také meziplemenná variabilita v proporcích laloků. Údaje o velikosti, proporcích a objemech se ale u spousty studií rozchází (Court et al. 2003; Bekheit et al. 2017). Studie od MiK et al. (2018) nebo od Marcos et al. (2016) také dokazují, že játra jsou pohlavně dimorfním orgánem a je tedy důležité, například při plánování experimentů, dbát na tuto skutečnost. Okysličená krev do jater vstupuje jaterní tepnou. Dále do jater přichází žilní krev z vrátnicové žíly. Tato krev je nasycená živinami, jako jsou nasycené vstřebané aminokyseliny, sacharidy z žaludku a střev a poskytují výživu jaterním buňkám. Krev cirkuluje v jaterních sinusoidách a dochází zde k jejímu zpracování a detoxikaci. Poté je krev odváděna jaterními žílami, které vstupují do zadní duté žíly (Kim & Lee 2013; Marvan et al. 2017).

Tkáň jater je tvořena tzv. epiteliálními buňkami, která mají žláznatou funkci. Tyto buňky jater syntetizují, skladují a přeměňují celou řadu látek (Reece 2011). V jaterních buňkách se nacházejí jaterní mikrozomy, což jsou uzavřené váčky endoplazmatického retikula, která vznikla homogenizací jaterní tkáně. Právě v mikrozomech může docházek částečně k metabolizaci androstenonu (Bilić-Šobot et al. 2014).

Doran et al. (2004) a jejich studie se jako jedna z mála zabývala právě metabolismem androstenonu a jeho osudu v játrech. Metabolismus se zkoumal u nekastrovaných samců prasat dvou plemen, která vykazují velmi odlišné úrovně ukládání androstenonu a skatolu v hřbetním tuku. A to plemena Large White (LW), která vykazují nízké hladiny androstenonu a Meishan (M), která vykazují vysoké hladiny androstenonu. Zjistilo se, že se androstenon v játrech redukuje hlavně na β-androstenol s použitím NADH jako kofaktoru (Babol et al. 1999). V mikrozomech z LW prasat byla rychlost tvorby β-androstenolu z androstenonu šestkrát vyšší než u M prasat. Jako enzym katalyzující tuto redukci androstenonu v játrech byl zkoumán enzym 3β-hydroxysteroid dehydrogenáza (3β-HSD). Kompetitivní RT-PCR analýza ukázala, že exprese tohoto enzymu byla asi 12krát vyšší u LW prasat ve srovnání s M prasaty. Dospěli k závěru, že míra exprese tohoto jaterního enzymu ovlivňuje rychlost metabolismu androstenonu. Jeho exprese tak vykazovala negativní vztah k hladině androstenonu v hřbetním tuku a byla doprovázena sníženou rychlostí odbourávání androstenonu v játrech. Rozdílná exprese enzymu u odlišných plemen prasat by tak mohla být faktorem ovlivňujícím rychlost jaterního metabolismu androstenonu (Doran et al. 2004; Nicolau-Solano et al. 2006).

Dále byla identifikována řada genů a drah souvisejících s tímto metabolismem androstenonu v játrech. Metabolismus jater lze rozdělit na reakce fáze 1 a fáze 2 (Goldstein & Faletto 1993). Fáze 1 zahrnuje oxidační a hydroxylační reakce, které poté činí substrát rozpustnější ve vodě. Konjugační reakce fáze 2 dále zvyšují hydrofilní vlastnosti přidáním polárních skupin. V důsledku těchto metabolických reakcí jsou sloučeniny, včetně endogenních

steroidů a spousty dalších látek a léků, inaktivovány a eliminovány. Moe et al. (2008) identifikovali u různých plemen prasat několik genů fungujících v drahách, které ovlivňují reakce obou fází zapojených právě do metabolismu androstenonu v játrech. V první fázi určili jako nejvýznamnější geny cytochromů P45O 2E1 (CYP2E1) a P450 2A19 (CY2A19) které vykazovaly souvislost regulace hladiny androstenonu u kanců, či s metabolismem skatolu. Následující konjugační reakce druhé fáze jsou katalyzovány mnohými transferázami. Dříve byly hydroxysteroidní sulfotransferáza SULT2A1 a SULT2B1 spojovány s tím, že mají důsledek na hladinu androstenonu (Sinclair & Squires 2005; Sinclair et al. 2006; Moe et al. 2007). V této novější studii nebylo ale zjištěno, že by u těchto genů došlo k výrazné expresi. Rozdílná genová exprese u různých typů plemen byla ale zaznamenána u estrogen-sulfotransferázy STE (STE2E1). Glukoronidace v druhé fázi je další hlavní cestou jaterní eliminace endogenních a exogenních sloučenin. I tady byla u některých plemen tato biotransformace výrazněji zastoupena než u jiných plemen. Byly tak prokázány plemenné rozdíly v genech, které souvisejí s ovlivněním kančího pachu. Výsledky této studie také ale naznačují, že by geny vyskytující se u jednoho plemene mohly být odlišně exprimovány u plemene druhého (Moe et al. 2008).

Toto vše je důležité si uvědomovat, neboť je to právě androstenon, který následně ovlivňuje i metabolismus skatolu. V prasečích hepatocytech androstenon potlačuje expresi konkrétního cytochromu CYP2E1, který je primárně zodpovědný za metabolismus skatolu v játrech (Babol et al. 1998). Skatol indukuje expresy tohoto genu CYP2E1, ale zvýšená hladina androstenonu na druhou stranu tuto expresy potlačuje a inhibuje jeho aktivitu. Zjednodušeně řečeno, pokud dojde k defektu metabolismu a odbourávání androstenonu v játrech, což bude mít za následek vysoké hladiny androstenonu v játrech, nedojde tak ani k dostatečnému metabolismu skatolu a dojde k akumulaci obou látek a jejich následné absorpci do tukové tkáně samců prasat, což povede k rozvoji již zmiňovaného kančího pachu (Doran et al. 2002).

Doposud je o degradaci androstenonu v játrech a o jeho přesné cestě metabolismu relativně málo informací. Studie se více zaměřili na enzymy zodpovědné za metabolismus androstenonu a skatolu v játrech, ale bylo prozkoumáno relativně málo genů, které ovlivňují hladinu androstenolu (Moe et al. 2008).

3.5 Výživa prasat

Praktický význam krmení spočívá v uspokojování biologických potřeb zvířat vhodnými kombinacemi krmných složek a zdrojů limitujících živin tak, aby se dosáhlo nutričně vyvážené krmné dávky (Zeman et al. 2006). Správná výživa je nezbytná v každé fázi života prasat, od selat až po dospělé samce a samice, k zajištění nejen zdraví, pohody zvířete, ale také k požadovanému správnému růstu a dosažení maximální produktivity (Sapkota et al. 2007).

Efektivitu výživy ovlivňují nejen vnitřní faktory zvířete ale také vnější, na které je stejně důležité brát zřetel. Mezi vnitřní faktory řadí Stupka a kol. (2003) genotyp, zdravotní stav, věk a pohlaví, mezi vnější zase technologií ustájení, hygienu, prevenci, kvalitu krmení a vody, velikost a úprava krmné dávky, její přitažlivost a dostupnost, minimalizaci rušivých vlivů a celkovou organizaci chovu. Popisuje také možnosti zkrmování, které se v chovech objevují. A to buď krmení kompletními krmnými směsmi (KKS), doplňkovými krmnými směsmi (DKS) nebo použití kombinovaného krmení. KKS je nejrozšířenější a nejméně komplikovanou

technikou zkrmování z hlediska optimalizace potřeb živin pro jednotlivé kategorie prasat, možnosti volby konzistence krmné dávky (suchá, tekutá, vlhčená) a skladování. Zde se aplikují dvě strategie, a to *ad libitní* nebo dávkované krmení. U vepříků se využívá spíše dávkované krmení. Tato strategie umožňuje cílené krmení s maximálním využitím krmiv a minimalizaci jejich ztrát. Krmí se podle potřeby energie a živin, můžou se zaměňovat krmné komponenty podle potřeby a podobně. Prasata jsou nejčastěji krmena krmnou směsí, kdy je obsah živin a podíl jednotlivých komponent závislý na věkové kategorii, fázi produkce a reprodukce, kdy tyto označujeme například jako ČOS (časný odstav selat), A1, A2 (směs pro předvýkrm a výkrm), CPD (cereální dieta prasat), KPK (kompletní krmná směs pro kojící prasnice), KPB (kompletní krmná směs pro březí prasnice), OKAŠ (odchov kanečků ve šlechtitelském chovu) a podobně. DKS se používají při kombinování s objemnými krmivy, což však sebou nese náročnější optimalizaci krmné dávky, volbu konzistence (většinou jen tekutá směs) a obtížnější skladování krmiva. Nejefektivnější technikou je kombinované krmení. Je to však technika náročná na práci, která se ve velkochovech často neuplatňuje.

Krmivo představuje 55-85 % celkových nákladů na komerční produkci prasat. Z toho to důvodu je důležité, aby krmiva byla tedy nejen nutričně vyvážená ale i ekonomicky výhodná. Ekonomika krmení prasat je do značné míry závislá na místních podmínkách, dostupnosti druhů krmiva a jakési konkurenci o složky krmiva, které konzumuje jiný druh hospodářských zvířat, popřípadě člověk. Prase má trávicí systém s omezenou schopností využívat velké množství píce, takže ona konkurence s člověkem není v některých zemích neobvyklá. Míra této konkurence souvisí s kulturními rozdíly v preferencích potravin. Například v USA je cena pšenice a brambor vysoká díky vysoké míře poptávky pšenice pro lidskou spotřebu. Proto se zde prasata pšenicí nekrmí. V mnoha jiných zemí se ale těmito plodinami prasata běžně krmí. Podobné vztahy existují i pro jiné plodiny v různých částech světa (Pond et al. 1991).

Největší podíl nákladů představuje energie krmiva v produkci prasat. Jejím zdrojem jsou organické živiny, jako jsou dusíkaté látky, tuk, vláknina a bezdusíkaté látky výtažkové. Schopnost krmiva splnit požadavky zvířete na energii je důležitým ukazatelem nutriční hodnoty krmiva. Přijatá energie krmivem je v organismu postupně uvolňována, ukládána a používána pro všechny fyziologické procesy (Noblet & Van Milgen 2004). Krmení ve vysokoprodukčních chovech je formulováno tak, aby se maximálně zvýšila užitkovost zvířat, rychlost růstu a účinnost konverze krmiva (Sapkota et al. 2007). Tato efektivita produkce chovu prasat se každým rokem zvyšuje. Lepší účinnosti využití živin lze dosáhnou pomocí správně sestavené krmné dávky, což se odrazí na ekonomickém zisku. Požadavky prasat na živiny jsou obecně v každé fázi životního cyklu odlišné. Navíc jsou zde faktory, které mohou tyto požadavky dále ovlivňovat, například genetické rozdíly odlišných plemen a jejich odlišné kvantitativní požadavky na jednotlivé živiny nebo jejich schopnost je využít. Dále sem mohou patřit vlivy prostředí, jako je okolní teplota, nadmořská výška i roční období (Pond et al. 1991). Rozdíly v energetických potřebách mezi samicemi, kastráty, popřípadě imunokastráty, a celými samci patří mezi další faktor, na který se musí brát zřetel při sestavování krmné dávky. Rozlišujeme zde energetické požadavky jako je udržení hmotnosti, růst svaloviny (bílkovin) a ukládání tuků (lipidů). Kromě toho část přijaté energie z potravy je potřebná pro fyzickou aktivitu prasat. U nekastrovaných kanců to může být podstatná část kvůli relativnímu nárůstu sociálních interakcí mezi jedinci jako je boj, kousání a šplhání (Bee et al. 2020).

Vitamíny a minerální látky hrají klíčovou roli v různých fyziologických procesech, včetně vývoje kostí, imunitních funkcí a reprodukce. Většina obsahu minerálních látek a vitamínů, například v obilovinách a obvyklých bílkovinových komponentech, se vyznačuje jejich špatnou a proměnlivou dostupností pro organismus. Je proto důležité sestavovat krmiva s biologicky dostupnými zdroji, například pomocí přidání doplňkových látek do krmných směsí, aby se dosáhlo adekvátní výkonosti pro moderní genotypy plemen prasat chované například v uzavřeném prostoru (Gaudré & Quiniou 2009). Minerální látky s chelátovou vazbou zaručí daleko lepší absorpci a využití těchto látek, což povede ke zlepšení rychlosti růstu a reprodukční výkonnosti prasat (Creech et al. 2004). Začlenění krmných aditiv spolu s využitím vhodných technologií dokáží lépe zajistit optimální výživu prasat, následovanou zlepšenou celkovou produktivitou a efektivitou chovu. Vzhledem k tomu, že se odvětví chovu prasat neustále vyvíjí, je pro maximalizaci potenciálu výživy prasat a uspokojení rostoucí celosvětové poptávky po vysoce kvalitním vepřovém mase zásadní být o pokrocích v oblasti výživy dobře informován (Chu & Park 2023).

Krmení prasat, živočišná výroba i likvidace hnoje má však i negativní dopad na životní prostředí včetně emisí skleníkových plynů (Tullo et al. 2019; Andretta et al. 2021). V praktických podmínkách většina prasat v chovu dostává více živin, než potřebuje a je schopna využít. Všechny přebytečné živinou jsou vyloučeny do okolí a přispívají k celkové nutriční neefektivitě půdy či znečištění okolí (Brossard et al. 2009; Hauschild et al. 2010; Remus et al. 2020). Je proto nezbytné dbát na dobrý odhad požadovaných živin v krmení zvířat a sestavit vyváženou krmnou dávku, která přesně odpovídá požadavkům a potřebám zvířat (Pomar et al. 2009). Nárůst produkce prasat vyvolal také obavy o její udržitelnosti z hlediska zdrojů živin. Jako hlavní krmný komponent se využívají převážně obiloviny. Krmivářský průmysl se proto snaží o hledání a využívání alternativních zdrojů krmiva, aby se dokázala minimalizovat jeho ekologická stopa. Mezi tyto alternativy patří například vedlejší zemědělské produkty, které dokáží snížit náklady na krmení a zároveň snižují nepříznivý dopad na životní prostředí, jež je spojen s akumulací nevyužívaných vedlejších produktů. Z mnoha z nich se dá navíc těžit jejich specifické nutriční vlastnosti (Chu & Park 2023).

3.5.1 Obiloviny

Mezi různými komponenty ve výživě prasat dominují obiloviny jako klíčový zdroj energie, základních živin a kvalitní vlákniny. Hlavní obiloviny využívané u krmení prasat jsou především pšenice, ječmen, kukuřice a pro plemenná prasata se doporučuje zařadit i oves (Wilson et al. 2004). Obiloviny jsou glycidové krmivo a jejich obsah škrobu slouží prasatům jako vysoce stravitelný zdroj energie, který podporuje efektivní růst a vývoj. Podle studie Li a kol. (2019) vykazovaly například diety na bázi kukuřice lepší růstové přírůstky, ve srovnání s alternativními zdroji energie, což podtrhuje význam obilovin jako primárního zdroje energie. Jsou také důležitým zdrojem vlákniny, která podporuje zdraví střev prasat.

V našich podmínkách je pšenice nejčastěji pěstovanou plodinou a představuje důležitou energetickou složkou ve výživě prasat, což je připisováno především jejím vysokým obsahem škrobu (Black 2001). Obsah hrubého proteinu v pšenici je ve srovnání s proteinovými krmivy nižší, ale díky své vysoké úrovni začlenění do krmení prasat poskytuje významné množství nepostradatelných aminokyselin. Obsahuje ale nízkou hladinu lysinu. Krmiva na bázi pšenice

tak často obsahují ještě doplňkové látky s aminokyselinami, aby se pokrylo potřebné množství aminokyselin (Myrie et al. 2008). Vedlejší produkty pšenice, jako jsou pšeničné otruby nebo pšeničný šrot získávají u krmení prasat stále vyšší pozornost hlavně díky jejím nutričním hodnotám, které se liší od klasického celého zrna pšenice. Rozdíly jsou ve struktuře škrobových zrn a neškrobových polysacharidů, včetně obsahu glukanů a pektinů (Slominski et al 2004). Případné negativní dietetické složky těchto produktů se zmírňují přidáním enzymů, čímž se krmná hodnota těchto komponentů zlepší. Spolu s tím mohou další zpracovatelské postupy, jako je mletí, extrudování, peletování, mikronizace, fermentace nebo silážování zlepšit stravitelnost živin a zlepšit jejich energetickou hodnotu a tím zlepšit i růstovou výkonnost prasat (Bedford 1995; Lahaye et al. 2004; Lyberg et al. 2006; Jørgensen et al. 2010).

Ve srovnání s pšenicí obsahuje ječmen vyšší podíl lysinu, avšak obecně je na dusíkaté látky chudý. Ječmen obsahuje také méně škrobu a má nižší energetickou hodnotu. Krmný ječmen je cenově dostupný, má dobré dietetické vlastnosti a působí příznivě na kvalitu masa a jakost sádla u prasat. Je proto vhodnou volbou u výkrmu prasat (Nasir et al. 2015).

Kukuřice má nízký obsah neškrobových polysacharidů, a proto je i vysoce stravitelná. Dalším rozdílem oproti ostatním obilovinám je její vyšší obsah tuku (de Olivei et al 2011). Pokud je u prasat zařazena do krmných směsí ve větším množství, dochází k měkčí konzistenci u sádla. Podíl kukuřice v krmných směsích nemůže činit více než 50 % z celkového obsahu obilovin, jednak kvůli následné změně konzistence sádla, ale také kvůli jejímu nízkému obsahu proteinu, který má velmi nízkou hladinu tryptofanu (Realini et al. 2010). Značnou nevýhodou kukuřice je i její obtížné skladování a případně následný rizikový výskyt plísní a mykotoxinů (Munkvold et al. 2019).

Oves má vyšší obsah vlákniny. Obecně je tak pro výživu monogastrických zvířat vhodnější oves s nízkým podílem pluch nebo oves bezpluchý (nahý), který má snížený obsah vlákniny. Vláknina působí mírně dráždivým účinkem na stěnu střev, podporuje pocit nasycení a tím i trávení. Je proto vhodná pro plemenná zvířata (Salo & Alaviuhkola 1980; Kiarie & Nyachoti 2009). Oves nahý nebo loupaný obsahuje také daleko více lysinu než ostatní obiloviny a podle zahraničních výzkumů po zařazení ovsa do krmné dávky došlo ke zvýšení denních přírůstků u prasat. Navíc obsahuje alkaloid avenin, který má vliv na dobré dietetické účinky a přispívá k lepší chutnosti (Solà-Oriol et al. 2009).

Pro prasata se obiloviny také často kombinují, nejvíce pak pšenice s ječmenem. Obiloviny zajišťují dostatečné množství vitamínů skupiny B a E, na minerální látky jsou ale obecně chudší (Nitrayová et al. 2009). Často se tak využívají minerální doplňky, například směs krmného vápence, dikalciumfosfátu a krmné soli (Gaudré & Quiniou 2009).

3.5.2 Luštěniny

Luštěniny se řadí mezi bílkovinná krmiva a jejich zájem o ně roste kvůli zkoumání alternativních zdrojů bílkovin při optimalizaci složení krmiv (Nitrayová et al. 2009). Poskytují esenciální aminokyseliny, včetně lysinu, metioninu a tryptofanu, které jsou klíčové pro podporu růstu a vývoje prasat (Jezierny et al. 2010). Kromě toho luštěniny přispívají k celkovému energetickému obsahu krmiv, protože obsahují značné množství sacharidů, škrobu, vlákniny a cenné mikroživiny, jako jsou vitamíny a minerální látky. Zařazení luštěnin tak může zvýšit nutriční rozmanitost krmných směsí pro prasata, a navíc se prokázala pozitivní reakce na

chutnost diet na bázi luštěnin (Barea et al. 2019). Navzdory nutričním výhodám obsahují některé luštěniny antinutriční látky, jako jsou inhibitory trypsinu, lektiny a třísloviny, které mohou bránit vstřebávání a využití živin. U bobu obecného se navíc vyskytují fenolické látky, které jsou důvodem nahořklé chuti (Gatel & Grosjean 1990; Jezierny et al. 2010). Správné metody zpracování, jako je tepelné ošetření nebo fermentace, mohou tyto antinutriční látky účinně zmírnit. Například nové odrůdy hrachu se již vyznačují redukovaným obsahem antinutričních látek (Soetan & Ovewole 2009).

Luštěniny se ve výživě prasat často používají v ekologických typech zemědělství díky jejich schopnosti vázat atmosférický dusík prostřednictvím symbiotických vztahů s některými druhy bakterií vázající dusík. Snižuje se tak závislost na syntetických dusíkatých hnojivech. Mají tak potencionálně příznivý vliv na životní prostředí (Jensen et al. 2012).

Bob obecný se v krmných směsích vyskytuje častěji, protože jeho cena za jednotku je nižší a vyznačuje se vyšším obsahem dusíkatých látek. Do krmných směsí se luštěniny ale obecně podávají v omezeném množství. Hrách se u prasat v období výkrmu doporučuje přidávat jen v podílu 20 % ve směsi a pro kance pouze 10 %. U selat se mohou projevovat projímavé účinky, pokud je jejich podíl ve směsi vyšší než 18 % (Salgado et al. 2002). I u bobu jsou při zkrmování omezení, protože vysoké dávky působí nadýmavě a obstipačně. Používá se především ve výkrmu prasat, kteří mají nad 50 kilo. U mladých zvířat totiž způsobuje hemoaglutinizaci, kvůli obsahu antinutriční látky lektinu, který je typický onou schopností shlukovat červené krvinky (Martens et al. 2012). Jejich dávky jsou tedy limitující, přesto se jimi dá pokrýt pětina až čtvrtina z celkového podílu potřeby dusíkatých látek (Horký 2015).

3.5.3 Okopaniny

Zařazení okopanin do krmné dávky prasat může diverzifikovat zdroje živin a nabídnout udržitelnou alternativu k tradičním krmným komponentům. Jsou vynikajícím zdrojem stravitelných sacharidů, které přispívají k pokrytí energetických potřeb rostoucích prasat. Nutriční složení se u různých okopanin liší, ale obecně platí, žeobsahují vysoké množství škrobu a jsou bohaté na vlákninu. Mezi klasické krmné okopaniny využívané u prasat patří krmná řepa, mrkev, cukrovarské řízky a brambory. Využití čím dále tím více nacházejí i řady rostlinných odpadů a vedlejších produktů mrkve nebo brambor. Plný potenciál jako krmné zdroje ale ještě nedosáhly, přesto že by mohly zvýšit dostupnost krmiv a pozitivně přispět k omezení plýtvání potravin (Bakshi et al. 2016).

Brambory jsou běžným zdrojem krmiva pro prasata, hlavně díky své dostupnosti a nízké ceně. Představují dobrý zdroj energie, ale i vitamínů a minerálů. Kromě toho mají brambory relativně nízký obsah tuku. U brambor je důležitá tepelná úprava před zkrmováním, čímž dojde k deaktivaci antinutričních látek (Hassan et al. 2012).

Mrkev je známá svým vysokým obsahem živin, včetně minerálů a vitamínů. Je obzvláště bohatá na betakaroten, prekurzor vitamínu A, který podporuje imunitní a reprodukční funkce prasat. Může být také vhodná v období rychlého růstu, kdy může svými antioxidačními vlastnostmi pomáhat zmírňovat případný oxidační stres a přispívat k celkovému zdraví a odolnosti prasat. Mrkev lze prasatům podávat syrovou, vařenou nebo smíchanou v krmné směsi (Young et al. 2017).

Dalšími alternativními zdroji může být krmná řepa nebo cukrovarské řízky. Oba jsou zdrojem vysokého obsahu cukru, což z nich dělá využívané zdroje energie, zejména v zimních měsících. Navíc obsahují i vysoký obsah bílkovin. Krmná řepa je také bohatá na základní vitamíny a minerály. Jejich začlenění k tradičním krmným komponentům poskytuje četné výhody, jako jsou možné nárůsty přírůstků hmotnosti (Johnson 2023; Smith et al. 2023).

3.5.4 Olejniny

Další složkou krmiva pro prasata jsou olejniny, kam patří různé druhy vedlejších produktů potravinářského průmyslu, extrahované šroty. Ke krmným účelům se nyní nejčastěji u prasat využívá řepkový a slunečnicový šrot místo problémového sójového extrahované šrotu. Extrahované šroty vznikají z extrakce pokrutin (pevné zbytky olejnatých semen po lisování) organickými rozpouštědly. V krmných směsích slouží jako zdroj bílkovin. Kvalita těchto bílkovin se liší podle proporcionálního zastoupení jednotlivých aminokyselin. Obsah bílkovin je zase ovlivněn typem plodiny, prostředím pěstování, obsahem vlákniny a podobně (Cheng et al. 2022).

Řepka je druhým největším zdrojem rostlinných bílkovin na světě s jakýmsi ideálním profilem esenciálních aminokyselin, který je velmi blízký profilu sóji. Řepková semena mají šlechtěním snížené koncentrace glukosinolátů a kyseliny erukové, takže šroty jsou hojně používané jako součást krmiv pro prasata (Wang et al. 2021). Stále se řeší, jak nejlépe snížit antinutriční faktory řepky, jako jsou stále ony glukosinoláty, ale i vláknina a kyselina fytová, které sebou nesou omezení ve zkrmování (Cheng et al. 2022). Deriváty glukosinolátů zasahují do příjmu jódu štítnou žlázou a ovlivňují tak její správnou funkci. Kromě toho mohou ovlivňovat chutnost šrotu svojí štiplavou pachutí (Landero et al. 2013; Zhou et al. 2018). Řepkový šrot je relativně bohatým zdrojem minerálů včetně vápníku, fosforu, draslíku, železa a selenu, což jsou pro prasata důležité minerály (Beyzi et al. 2019). Zároveň obsahuje velké množství vitamínu B (biotin, kyselina listová, niacin, riboflavin, thiamin) a vitamínu E (Szydlowska-Czerniak 2013).

Dalším příkladem je slunečnicový šrot, který je hlavním vedlejším produktem extrakce slunečnicových semen. Slunečnicový šrot se může lišit barvou, strukturou i chemickým složením v závislosti na odrůdě slunečnice, stupni odstranění slupky a způsobu ošetření (Bonos et al. 2011). Slupky semen obsahují vysoké množství vlákniny, a proto se prasatům podávají pouze tehdy, pokud byla semena před drcením aspoň částečně vyloupaná. Kvůli této vysoké koncentraci vlákniny je snížena stravitelnost této pokrutiny (Nørgaard et al. 2012). Slunečnicový šrot také obsahuje vitamíny a minerály. U fosforu je ale problém s jeho vazbou na fytát, který snižuje jeho stravitelnost ve srovnání s řepkovým šrotem (Stein et al. 2016).

3.6 Detekce kančího pachu

Masný sektor je v plném růstu a očekává se, že celosvětová spotřeba masa vzroste do roku 2030 o 14 %. Vepřové maso je druhým nejvíce konzumovaným masem na světě s 31,1 % světové spotřeby, následuje hovězí (20,7 %) a skopové (4,6 %). Nejvíce konzumovaným masem je drůbež s 35,9 %. Došlo i ke zvýšení světového vývozu vepřového masa, přičemž nejvyšší vývoz je především ze Španělska, které vyváží většinu tohoto druhu masa do Evropské unie. To sebou nese příležitosti pro vývoj nových metod úprav masných výrobků, které splňují

potřeby, nároky a očekávání spotřebitelů. Jsou to totiž právě spotřebitelé, kteří jsou posledním krokem ve výrobním řetězci a je nutné znát faktory, které ovlivňují jejich nákupní záměr. To vše se pak odráží na produkci vepřového masa (Garrido et al. 2023). Produkce vepřového masa prošla posunem k chovu nekastrovaných samců. Jejich maso sebou ale nese možnost výskytu nežádoucího kančího pachu (Backus et al. 2018). Masný průmysl je proto nucen čím dál tím více dbát na kontrolu masa a masných výrobků, které putují na trh (Traumann et al. 2016). Zásadní jsou účinné technologie pro přesnou, rychlou, citlivou a nákladově efektivní detekci sloučenin zodpovědných za kančí pach (Westmacott et al. 2019). Pokud je po detekci maso považováno za vhodné ke spotřebě koncovým spotřebitelem, musí být podle legislativy EU speciálně označeno (nařízení ES č. 854/2004) (Liu et al. 2016). Tato detekce kančího pachu a kontrola kvality je nezbytná u nekastrovaných samců prasat. Pokud se ale ještě někde provádí chirurgická kastrace selat, tak zde se tato kontrola neprovádí (Meier-Dinkel et al. 2015).

Navzdory výzkumu eliminace kančího pachu v několika oblastech, jako je genetika, selekce plemene a výběr jateční hmotnosti kanců a vhodné krmné strategie pro kance, jsou stále jatečně upravená těla znečištěna kančím pachem a musejí být vyřazena. Stále se jedná o 4 % silně znečištěných a 25 % středně znečištěných jatečně upravených těl kančím pachem. Ty se pak používají v různých produktech, kde se po další úpravě dá snížit pach nebo kde lze použít maskovací strategie, například výrazné koření, uzení masa nebo doslovné ředění masem nekontaminovaným pachem (Škrlep et al. 2020).

3.6.1 Metody detekce kančího pachu

Přestože jsou na jatkách již dobře zavedena senzorická hodnocení a kalorimetrické metody pro detekci kančího pachu, výzkum nových metod již desítky let stále probíha. Použité metody hodnocení musí splňovat standardy, jako je nízká cena (například se uvádí 1,30 euro za jednu analýzu), rychlost (například méně než 10 sekund), automatizace, 100 % citlivost a specifita (žádné falešně pozitivní nebo falešně negativní) (Haugen et al 2012).

Klasifikace pachu probíhá buď na jatečně opracovaném těle přímo na porážkové lince, bez odebrání vzorku, nebo se odebírá vzorek a ten je následně zkoumán mimo linku v oddělené místnosti (Font-i-Furnolse et al. 2020). Současně používané technologie analyzují kančí pach jako celek, anebo detekují androstenon a skatol nezávisle nalezené v tukové tkáni. Laboratorní detekce zahrnují rozbor koncentrací skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni nebo také v krevním séru či plazmě. Existuje široká škála analytických metod. Například metody založené na vysokoúčinné kapalinové chromatografii, kapalinové chromatografii s hmotnostní spektrometrií, plynové chromatografie nebo imunologické a kalorimetrické metody v kombinaci s různými postupy úprav vzorku (Bee et al. 2015). Většina těchto metod je ale časové náročná na přípravu a rozbor jednotlivých vzorků a nelze je používat pro detekci kančího pachu na jatkách. Jsou spíše využívány v různých experimentech a studiích (Burgeon et al. 2021). K detekci kančího pachu na jatkách přímo při provozu se využívají rychlé a přesné metody detekce pachu následované tříděním jatečně upravených těl podle znečištění (Verplanken et al. 2017). Provádí se ve dvou prostředích, a to buď at-line nebo on-line. U at-line metody se detekce provádí na jatkách, ale ne na porážkové lince, jako u on-line metody. Detekce je založena na stanovení hladin androstenonu a skatolu nebo se provádí senzorické posouzení přítomnosti kančího pachu (Font-i-Furnols et al. 2020). Obě metody mají své výhody

a nevýhody. U on-line metody musí fungovat při rychlosti porážky a nesmí zdržovat provoz linky a k detekci se používají sondy, ultrazvuk a analýza obrazu (Swatland 2002). Na druhou stranu je u at-line metody vyžadován odběr vzorků s čímž souvisí potřeba dalších pracovníků a tvoří se dodatečné náklady (Burgeon et al. 2021). V současné době se na jatkách používají dvě techniky. První je založená na senzorickém hodnocení, které provádějí vyškolení odborníci, kdy různými přístroji (nejčastěji pájkou) zahřejí tuk v krajině krku, čímž dojde k uvolnění nízkotěkavých sloučenin kančího pachu a poté detekují případný kančí pach. Předpokládá se, že pokud tito vyškolení hodnotitelé nejsou schopni detekovat sloučeniny kančího pachu ve vzorcích, obyčejný netrénovaný spotřebitel masa pach neodhalí. Tito hodnotitelé procházejí důkladným výběrem a následným školením a praxí. Druhou technikou je kalorimetrický test. Doba od odebrání vzorku po stanovení výsledků je pouze 10 až 20 minut a lze analyzovat až 360 vzorků za hodinu s celkem uspokojivou přesností (Font-i-Furnols et al. 2020). Často se s touto technikou dá setkat na dánských jatkách při at-line metodě, kde se potvrdila její nákladová efektivita i přes prvotní vysoké náklady a investice, které pro mnohé země představují překážku začít tuto efektivní metodu využívat (Burgeon et al. 2021).

Některé novější technologie jsou již testovány pro detekci sloučenin kančího pachu, ale vyžadují ještě další vývoj a prostudování. Například uplatnění zkoumání proteinů vázající zápach našlo praktické uplatnění pro detekci zápachu v jiných doménách, než je masný průmysl a jejich uplatnění je slibným vodítkem pro moderní technologie, jak detekovat kančí pach (Burgeon et al. 2021).

Vnímavost kančího pachu je ovlivněna věkem a pohlavím spotřebitelů. Lidské vnímání androstetonu je navíc dáno geneticky. Přibližně polovina dospělých lidí není citlivá na pach androstenonu. Uvádí se také, že muži jsou méně citlivý než ženy (Xue 1997). Rozdíl v prahových hodnotách a jejich citlivost při senzorickém hodnocení se liší i v rámci států (Duarte et al. 2021). Proběhla i experimentální studie s cílem prozkoumat reakce spotřebitelů na vepřové maso s různým obsahem androstenonu a skatolu. Studie zkoumala rozdíly v sedmi státech, a to v Německu, Spojeném království, Francii, Španělsku, Švédsku, Nizozemsku a Dánsku. Průzkum zahrnoval i to, jestli účastníci experimentu vaří či nikoliv, jestli často konzumují vepřové maso nebo jen ojediněle. Každý spotřebitel hodnotil vzorky od pěti prasat podle chuti a vůně. Celkově byla pohlaví zastoupena přibližně rovnoměrně s mírnou převahou žen a rozpětí věku se pohybovalo mezi 18 lety až 75 lety. Spotřebitelé ve Francii a Švédsku vykazovali nejvyšší procento, kterým se nelíbila chuť a spotřebitelé ve Švédsku a Německu naopak vykazovali nejvyšší míru odporu k vůni. Ženy byly obecně ke vzorkům kritičtější, 23 % se nelíbila chuť vzorku oproti 19 % u mužů a u hodnocení vůně se 36 % ženám nelíbila vůně oproti 31 % mužů. To může částečně vysvětlit, proč výsledky u švédských spotřebitelů vykazovaly vyšší míru nesympatie, protože ve vzorku švédských spotřebitelů bylo vyšší procento žen. Rozdíly v hodnocení byly také pozorovány podle věku spotřebitele. Zejména nejstarší skupina spotřebitelů měla nejnižší procento negativních skóre, a to jak u chuti, tak u vůně. To může souviset s nízkou mírou odporu ve Spojeném království, kde je relativně vysoký podíl spotřebitelů v této vyšší věkové skupině. To však nepotvrzují dánské výsledky, které měly podobný podíl starších spotřebitelů a jejich výsledky byly kritičtější na vůni a pach. Je zajímavé, že ti, kteří nikdy nevařili vepřové maso, byli méně kritičtí než ti, kteří často vaří. Na druhou stranu, nepřekvapivě, ti, kteří jedli vepřové maso méně často, k němu byli obecně kritičtější jak z hlediska vůně, tak chuti (Matthews et al. 2000). Ve Spojeném království může

být nízké procento vnímavosti k chuti a vůni způsobeno prostým zvykem. Po mnoho let byli vystaveni masu od nekastrovaných kanců a nyní považují vůni androstenonu a skatolu za součást normální vůně vepřového masa, ne za něco negativního. Britové také pravděpodobně jedí více vepřového masa bez předchozích úprav, ve srovnání s mnoha jinými zeměmi, kde maso prochází mnoha zpracovatelskými procesy, díky kterým může být vliv androstenonu a skatolu snížen (Desmoulin et al. 1982). Lze také předpokládat vliv rozdílů v citlivosti na sloučeniny související s kančím pachem, zejména na androstenon, protože bylo zjištěno, že Spojené království má vyšší procento populace s anosmií (čichotupost či ztráta čichu) na androstenon než zbytek Evropy. Reakce spotřebitelů mohly být ovlivněny mnoha faktory a je možné, že tato studie neodhaduje přesně vliv sloučenin kančího pachu na skutečnou míru nelibosti vůně a chuti na vepřové maso samců. Mezi faktory, které mohly ovlivnit výsledky této studie, patří metodika přípravy vzorků, kdy opakovaným vařením a zahříváním vzorků mohlo dojít k ovlivnění hladin androstenonu a skatolu. Případně mohlo dojít k přehřátí vzorku, což mohlo být spojeno s nepříjemnou chutí a vůní vzorku, které nesouvisely s kančím pachem (Matthews et al. 2000). Existuje mnoho dalších experimentálních studií, které se zabývají zkoumáním a vyhodnocováním senzorických vlastností masa spotřebiteli, jako je vůně, chuť, jemnost, šťavnatost, celková líbivost, a hlavně citlivost k detekci sloučenin, které jsou spojené s výskytem kančího pachu masa (Blanch et al. 2012; Aaslyng et al. 2015; Aluwé et al. 2018; Aluwé et al. 2022).

V současné době žádná z možných alternativ nezaručuje stoprocentní odstranění kančího pachu. Je tedy zapotřebí používat, popřípadě vyvinout, spolehlivé metody pro detekci kančího pachu na jatkách, aby se vytřídila znečištěná jatečně upravená těla a nedostala se na trh k náročným spotřebitelům (Haugen et al. 2012).

3.7 Možnosti eliminace kančího pachu

Pro producenty vepřového masa je jeho čistota prioritou. Proto se zkoumá řada alternativ, jak se kančího zápachu zbavit méně bolestivou cestou pro zvířata, než je chirurgická kastrace a vyhovět tlaku společnosti na dbaní lepšího welfare zvířat. Evropský úřad pro bezpečnost potravin vydal seznam s řadou možných alternativ. Uvedl například možnost produkce nekastrovaných prasat, imunokastraci, určování pohlaví spermatu pro chov samic, chemickou kastraci a podání hormonů k inhibici hypotalamo-hypofýzo-gonádní osy (Burgeon et al. 2021). V Evropské Unii je ale podávání hormonů zakázano, chemická kastrace nesplňuje podmínky welfare zvířat a případná detekce pohlaví u spermií je nákladná a pro chovatele je takto vysoký náklad nevýhodný (Bonneau & Weiler 2019). Zbylé metody kastrace představují možné alternativy, které v určitém směru představují přijatelné východisko (Burgeon et al. 2021).

Výsledná eliminace kančího pachu ale zahrnuje mnoho faktorů, na které je důležité brát zřetel. Řadí se sem metabolické, fyziologické, genetické faktory, které se podílejí na utváření kančího pachu. Důležitou roli hraje i dobrý management chovu prasat nebo uplatnění správných krmných strategií, které mohou značně ovlivnit produkci kančího pachu (Squires et al. 2020).

3.7.1 Kastrace

Jedním z důvodů, proč se kastrace provádí u prasat z intenzivních chovů je zabránění senzorických změn masa, které jsou vázány na samčí pohlaví, jako je například právě kančí pach (Bonneau & Weiler 2019). Existuje několik metod kastrace kanečků.

Jednou z nich je chirurgická kastrace. Její pozitivní aspekty se týkají vyhýbání se vzrůstajícího agresivního chování dospívajících kanců, což vede k snížení dobrých podmínek v chovu (Rydhmer et al. 2006). Od chirurgické kastrace se opouští hlavně z pohledu welfare zvířat, nahlížení na etiku a kvůli tlaku veřejnosti (Bee at al. 2015). Existují určité důkazy o poškození zdraví u kastrovaných kanečků ve srovnání s nekastrovanými, což může vést k vyšší úmrtnosti u chirurgicky kastrovaných jedinců (Morales et al. 2017). V České republice je umožněna prozatím metoda kastrace do 7 dní věku selat bez znecitlivění. Ve světě se stále častěji od této metody upouští a v některých zemích je již kastrace bez znecitlivění zakázána (Lazrul 2021).

Kastrace v celkové anestezii, kterou lze provádět u starších zvířat, je spojená s vysokými náklady, pracovní zátěží a pooperačními komplikacemi spojenými s chirurgickým zákrokem. To vše je v intenzivním chovu značně nepraktické, a tak chovy tuto metodu nepoužívají (Aldal et al. 2005).

Kompromisem zůstává kastrace s částečným znecitlivěním pomocí lokální anestezie nebo imunokastrace. Ze všech metod je imunokastrace pro zvířata nejméně bolestivá. Dochází k potlačování vývoje a funkce varlat. Metoda spočívá ve vakcinaci jejímž výsledkem je zablokování pohlavního vývoje a zároveň tak možnému zabránění tvorby látek, které jsou zodpovědné za kančí pach (Dunshea et al. 2001). Řadí se mezi velmi spolehlivou techniku a v případných chovech, kde se uplatňuje tato metoda kastrace tvořili nereagující jedinci pouze žádná nebo minimální procenta očkovaných prasat. Důvod výskytu těchto non-respondentů mohl pocházet buď ze zdravotních problémů prasete, nebo se jedinec ve skupinovém ustájení prostě přehlédl při očkování (Čandek-Potokar et al. 2017). Vliv imunokastrace je také pozoruhodný na užitkovost, kde se objevuje hlavní výhoda v užitkovosti a vyšší konverzi krmiva, což má za následek rychlejší růst ve srovnání, jak s nekastrovanými kanci, tak i s kanci po chirurgické kastraci. S ohledem na kvalitu jatečně upravených těl zaujímají tito kastráti střední hodnoty oproti jiným metodám kastrace (Batorek et al. 2012). Ovšem i tato metoda má svá rizika. Například při nedodržení správného schématu vakcinace, kdy poté mohou v těle zvířete zůstat rezidua, vynechání dávky či naopak její chybné opakované podání. Tato metoda kastrace se také potýká s velkým negativním názorem od spotřebitelů, kteří se nejvíce obávají právě možných reziduí v mase. Mimo Evropu se imunokastrace v posledních letech využívá ve velkém měřítku v Austrálii a na Novém Zélandě. Dále se pak také rozmohla i v Jižní Americe. Rozvoj v Evropě je stále odmítán, kvůli obavám spotřebitelů, přestože je jakási bezpečnost dostatečně zdokumentována (Clarke et al. 2008). V pár evropských zemích, mimo jiné i v České republice je tato metoda praktikována spíše jen jako odpověď na požadavek ukončení chirurgické kastrace nebo kvůli svým ekonomickým výhodám (Bonneau & Weiler 2019).

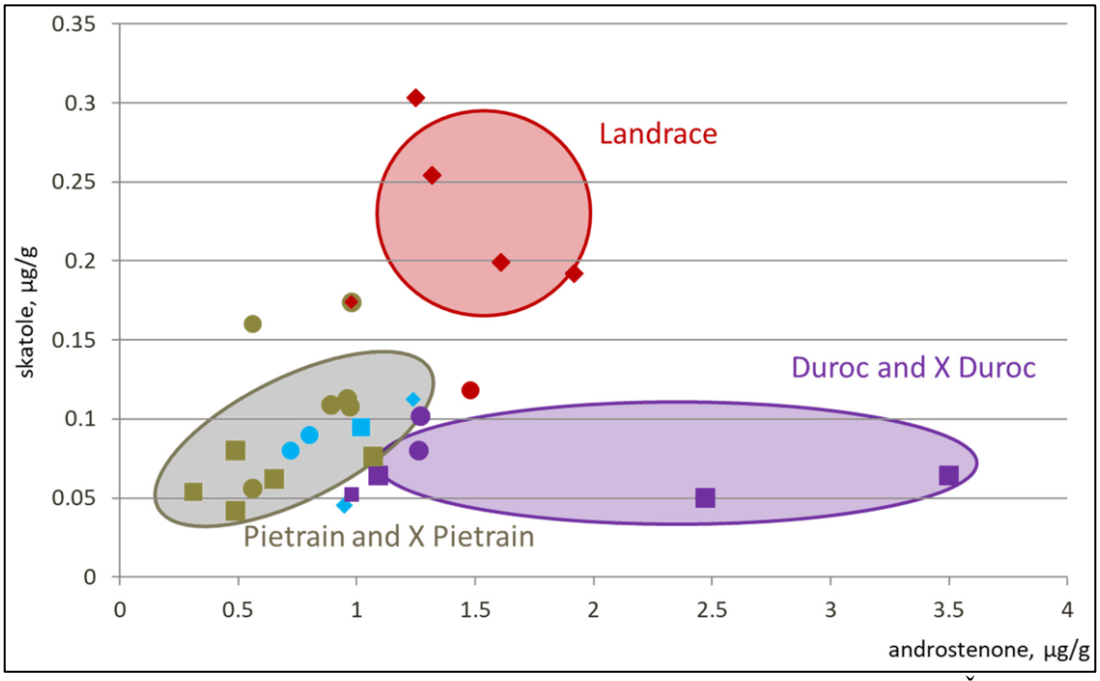
Pro chovatele je kastrace často spíše nepříjemný problém. Navíc u nekastrovaných samců je lepší konverze krmiva, rychlejší růst a mají méně tuku a na druhou stranu vyšší libové výnosy jatečně upraveného těla a zvýšený obsah nenasycených tuků, než mají kastráti (Bonneau & Weiler 2019). Kastrace má totiž vliv na přirozené anabolické androgeny, které stimulují růst

libové svaloviny. V důsledku kastrace dochází k jejich odstraňování. Maso kastrátů je naopak více podobné masu prasnic (Babol & Squires 1995). V chovu nekastrovaných samců prasat se také mluví o větším přínosu pro životním prostředí, protože tito samci vylučují méně dusíku a fosforu do ovzduší. Tento chov by tak mohl do značné míry zlepšit enviromentální podmínky, ale také ekonomickou výkonnost, přesto se i tato metoda neobejde bez nepříznivých dopadů. Nevýhodu u nekastrovaných kanců představuje například testosteronem podmíněná agresivita, která může vést ke zvýšenému stresu během období výkrmu. Dále pak problém s kvalitou jejich masa kvůli sníženému obsahu intramuskulárního tuku a s kančím pachem. Syntéza androstenonu i skatolu se zvyšuje s věkem a pohlavním dospíváním. Aby se zabránilo výraznému kančímu pachu, jsou kanci poráženi v nízkých hmotnostech, a ještě před dosažením pohlavní dospělosti. Věk se obecně považuje za účinnější měřítko rizika pachu než hmotnost, avšak váhové limity se zdají být běžnou průmyslovou praxí ve velkochovech, přestože hmotnost může záviset na jiných faktorech jako je například genetika, plemenná příslušnost a jiné. Stále ale neexistuje konkrétní práh věku či hmotnosti, který by zaručil absenci kančího pachu masa (Larzul 2021). Výkrm nekastrovaných kanců se provádí například ve Velké Británii, Španělsku nebo Portugalsku (Moe at al. 2009).

Všechny metody kastrace ale představují pro chovatele nejednu výzvu při následném řešení správné výživy kanců (Bee et al. 2020).

3.7.2 Genetika

Množství kančího pachu se odlišuje jednak v rámci plemen prasat, ale i v rámci jednotlivců stejného plemene. U žádného plemene ale nemůžeme jednoznačně tvrdit, že neexistuje riziko kančího pachu (Larzul 2021). Jsou známá plemena, jako je hampshire a duroc, která vykazují vyšší hladiny androstenonu. Naopak plemena jako je pietrain i jeho kříženci mají celkově nižší rizoko kančího pachu. Obecně platí, že otcovské plemenné linie mají nižší riziko kančího pachu než mateřské linie, a to z toho důvodu, že mateřské linie jsou vybírány pouze podle reprodukčních znaků a numerické produktivity (Windig et al. 2012). U mnohých plemen je ale hladina nekonzistentní, či je jejich hladina steroidů ovlivněna mnoha faktory, například různým růstem nebo odlišnými podmínkami chovu (Brinke et al. 2020).



Obr. 4. Hladiny androstenonu a skatolu i různých plemen a populací kříženců. Čtverce označují otcovské linie, kruhy označují mateřské linie a kruh kříženec (Larzul 2021).

Geneticky jsou dány především hladiny androstenonu. Mnohé studie se tak zaměřují na problematiku identifikaci genů, které ovlivňují hladinu onoho steroidu, na jejich genovou expresy v játrech a jejich metabolismu. Dále je také snaha o pochopení enzymů a regulátorů, které jsou zapojeny do cest metabolismu androstenu a objevit markery pro možné snížení pachu. Androstenon i skatol vykazují průměrnou ($h^2 = 0,54$) až vysokou dědivost ($h^2 = 0,91$), kdy skatol vykazuje obvykle nižší hodnoty dědivost (Alsing et al. 1978; Sellier 1998). Logicky se tak předpokládalo, že je možné selektování jedinců s nízkou hladinou těchto steroidů (Parois et al. 2015). Vzhledem k nepříznivým korelacím mezi androstenonem a jinými pohlavními steroidy by ale pouhá přímá selekce proti jeho vysokým hladinám vedla ke snížené produkci testosteronu a estrogenů, což by mohlo mít negativní účinky na výkonnost a sexuální dospívání kanců, ale také na snížení ekonomické efektivity (Sinclair et al. 2001). Problémem je také to, že předešlé selekční cíle, kterým každé plemeno prasat prošlo, způsobily proměnlivý výskyt kančího pachu. Není jednoduché objevit geny, které způsobují vyšší koncentrace látek spojované s kančím pachem (Zamaratskaia 2009).

Komplexní pochopení souvislostí řad genů a detekce genetických faktorů ovlivňující kančí pach je prvním krokem k hlubšímu pochopení, jak genetika může ovlivnit kančí pach a jak může značně usnadnit selektivní šlechtitelské postupy, jejichž cílem je následně využívat vyšlechtěné linie prasat, jejichž potomci jsou téměř nebo úplně bez kančího pachu. Jsou zapotřebí ale další studie, které by vyhodnotily genetické vztahy mezi kančím pachem a organoleptickými a dalšími kvalitativními znaky masa, spolu s reprodukčními znaky. Poté by se mohlo jednat o neinvazivní, nákladově efektivní a dlouhotrvající metodu řešení eliminace kančího pachu (Moe et al. 2008).

3.7.3 Management chovu

Množství kančího pachu způsobeného vysokými hladinami odpovědných látek může být také ovlivněno faktory prostředí. Je známo, že tyto faktory spolu s dietou ovlivňují více hladinu skatolu než androstenonu, jehož hladiny mohou být na druhou stranu zase více ovlivněny pohlavní zralostí a genetikou (Squires 2006).

Úroveň skatolu může být ovlivněna faktory, jako je teplota okolí a podlahových ploch, zároveň i typ podlahy, hustota zvířat v chovu a managementem.

Hansen a kol. (1994) zkoumali vliv vysokých teplot v kotcích, ke kterým dochází během letních měsíců, na významné zvyšování hladiny skatolu a indolu v hřbetním tuku. Hladina skatolu byla o dost vyšší v podkožním tuku během experimentů v létě ve srovnání s experimenty prováděnými v zimě.

Předpokládá se také, že se skatol může zpětně vstřebávat přes kůži prasat zpět do organismu, kdy přibližně 40 % absorpce skatolu je přes kůži v oblasti břicha prasat (Friss 1993). Tento problém se vyskytuje hlavně ve zmiňovaných teplých letních obdobích, kdy teplota podlahy s výkaly a močí, na které prasata leží, a která může být i vyšší než teplota okolí (Hansen et al. 1994).

Jiné studie zase ukazují důležitost dobré hygieny kotců. Prasata ve znečištěném prostředí kotců, na znečištěných podlahách od výkalů a moči mají ve srovnání s prasaty chovanými v čistých podmínkách, prokazatelně vyšší hladiny skatolu v tukových tkáních. Studie také potvrdily hypotézy, že i změna chovu prasat ze znečistěných kotců na jejich chov v čistých kotcích, bez znečištění od výkalů a moči pouhý týden před porážkou, měla pozitivní dopad na snížení hladiny kančího pachu. Udržování čistoty tak jasně pomáhá snižovat kančí pach (Squires et al. 2020). K usnadnění dodržení dobrých podmínek se pak doporučují roštové typy podlah oproti betonovým, u kterých je složitější údržba jak časově, tak i ze stránky efektivity (Fernández et al. 1999).

V experimentu van Wagenberg a kol. (2013) se snažili v Nizozemsku pomocí dotazníkového šetření identifikovat charakteristiky farem a managementu, které by mohly být potencionálně spojeny s prevalencí kančího pachu. Farmy v Nizozemsku vykazují různě úrovně prevalence pachu, což se zjistilo a hodnotilo senzorickým hodnocením lidí na porážkové lince jatek. S pomocí odpovědí od 152 nizozemských producentů prasat se dospělo k závěrům, že nižší výskyt kančího pachu u prasat souvisel s menší velikostí skupiny chovaných prasat, menší plochou kotce a novějším vybavením farmy, které tak snadněji zajistí například lepší hygienu chovu. Po dalších výzkumech a úsilí by šlo tyto charakteristiky v budoucnu použít ve vývoji intervenčních strategií na úrovni farem pro kontrolu kančího pachu.

Byl také zkoumán dopad manipulace s prasaty před a během přepravy na jatka na stres a případné ovlivnění kvality masa. Vliv na výsledky kančího pachu, ale nebyly rozsáhle studovány (Brown et al. 1999; Rocha et al. 2016; Goumon & Faucitano 2017). Wesoly a kol. (2015) zjistili, že doba přepravy pozitivně koreluje s koncentracemi androstenonu, což naznačuje, že delší přeprava z farmy na jatka může zvyšovat hladiny tohoto steroidu. Snížení doby transportu může být proto metodou, jak se vyhnout případnému zvyšování hladiny androstenonu a následně tak i kančího pachu.

3.7.4 Výživa

Při sestavování krmné dávky pro samce prasat je třeba zohlednit produktivitu a produkci skatolu a indolu, kvůli možnému výskytu kančího pachu. Uplatnění správné nutriční strategie dokáže nejen výrazně ovlivnit efektivitu produkce ale i kvalitu jatečně upravených těl vepřového masa. Je proto diskutován dopad různých krmných složek a doplňkových látek, které by ovlivňovaly a redukovaly skatol a indol, jejich účinnost a možný mechanismus ovlivňující produkci skatolu a indolu (Bee et al. 2020).

Ve studiích se převážně mluví jen o skatolu a indolu, jelikož jak už bylo zmíněno, hladiny androstenonu jsou dány převážně geneticky a možné ovlivnění dietou je jen mírné. Bylo také zjištěno, že nejúčinnější opatření jsou ta, která ovlivňují několik kroků tvorby skatolu a indolu (Claus et al. 1994; Hansen et al. 2006; Jensen 2006; Rasmussen et al. 2012).

3.7.4.1 Tryptofan jako prekurzor syntézy skatolu a indolu

Koncentrace skatolu v tukové tkáni jsou výsledkem složitého procesu, který zahrnuje dostupnost esenciální aminokyseliny tryptofanu a přítomnost specializovaných bakterií ve střevě, které potřebují tryptofan pro produkci energie, stejně jako absorbci, transport a následnou akumulaci skatolu do tukové tkáně. Původ potřebného tryptofanu pro mikrobiální syntézu skatolu je ale sporný. Zatímco u přežvýkavců pravidelné přidání tryptofanu do krmné dávky vede ke zvýšené tvorbě skatolu (Nocerini et al. 1985; Schreus et al. 2003), účinek tryptofanu v krmné dávce prasat je nejasný (Mortensen 1989). Diety s nízkou stravitelností bílkovin zvyšují produkci skatolu (Leong et al. 2011), ale krmné doplňky se syntetickým tryptofanem (konkrétně L-izomer), který byl podáván pod nebo nad hranice požadavků (1,0 g/kg sušiny až 1,91 g/kg sušiny) neměl vliv na systematicky měnící se koncentrace skatolu ve výkalech rostoucích prasat. Volný tryptofan je totiž absorbován hlavně v tenkém střevě, a proto není dostupný pro mikrobiální metabolismus v tlustém střevě a nezvyšuje tak hladinu skatolu (Wesoly & Weiler 2012).

Zbytky střevních buněk jsou hlavním zdrojem tryptofanu pro tvorbu mikrobiálního skatolu, což dokázaly experimentální studie zaměřené na ovlivnění mitózy a apoptózy v tenkém střevě. Změny ve stravě, které mohou vést k reorganizaci střevní sliznice a tím zvýšit množství buněčných zbytků tak také mohou zvyšovat následnou tvorbu skatolu (Raab et al. 1998; Claus & Raab 2000). Toto je velmi patrné hlavně u selat po odstavu. Ke zvýšení skatolu došlo po odstavu u selat různého věku a pohlaví. K účinnému snižování atrofie klků střeva patogenními bakteriemi u selat se používají krmné přísady, které obsahují antibiotika nebo bylinky, které poté snižují ony patogenní bakterie (Huang et al. 2012). Možným krmným doplňkem pro prasata, který by mohl mít příznivý vliv na ovlivnění množství zbytků střevních buněk je bramborový škrob. Ten je schopný ovlivnit tvorbu kyseliny mléčné ve střevě, která by následně mohla inhibovat buněčnou smrt buněk, což by nakonec mělo pozitivní vliv na snížení tvorby skatolu (Claus et al. 2003; Pauly et al. 2008). Zajímavé ale je, že pokud se zvířatům dodávala kyselina mléčná do krmiva samostatně, nedošlo ke snížení hladiny skatolu (Øverland et al. 2008). Buněčnou mitózu, která následně souvisí s množstvím buněčného odpadu, lze také podpořit, obsahují-li krmiva puriny. Puriny totiž ovlivňují expresy růstového faktoru IGF-I, která stoupá právě s vyšším obsahem purinů. Dochází k vyšší syntéze DNA a RNA, což následně vede ke zvýšené mitóze střevních buněk a následnému většímu množství buněčného

odpadu, který je poté základem pro tvorbu skatolu. Vyšší obsah purinů obsahují například sušené pivovarské kvasnice (Raab et al. 1998; Claus & Raab 1999). Významnou roli na množství skatolu zde mohou mít i další faktory, jako je motilita tlustého střeva, doba průchodu stolice, rychlost vyprazdňování nebo osmolalita v tlustém střevě. Tyto faktory jsou ovlivněny fyziologickým a psychickým stavem jedince (Deslandes et al. 2001).

Přesný mechanismus, jak diety bohaté na vlákninu ovlivňují ukládání skatolu v tukové tkáni není znám. Jensen (2006) dospěl ve své experimentální studii k tomu, že dieta s vysokým podílem vlákniny s přidaným tryptofanem, podávaný přímou infuzí do slepého střeva prasat, snižovala podíl degradačních produktů onoho tryptofanu. Za těchto podmínek byla pouze část tryptofanu degradována nejvíce na kyselinu indol-propionovou, indol a skatol, což vedlo i k nižší koncentraci těchto látek v krvi. U zvířat, jejichž dieta měla nízký obsah vlákniny, bylo daleko větší množství podávaného tryptofanu degradováno na jednu ze tří sloučenin. Zároveň také dospěl k tomu, že ona vláknina ovlivňuje i množství skatolu, který se dostane do krve. Při podávání diety s nízkým obsahem vlákniny se do oběhu dostane větší množství skatolu než u diety s vysokým obsahem. Na závěr shrnuje poznatek, že v případě stravy s vysokým obsahem vlákniny se tryptofan následně využívá k mikrobiální syntéze proteinů. Pokud je ale nedostatek alternativních zdrojů energie pro mikrobiální aktivitu (neboli nedostatek vlákniny), onen tryptofan je namísto toho degradován právě na skatol.

3.7.4.2 Vliv krmných komponentů na koncentraci skatolu

Výživou a složením krmných směsí lze výrazně omezit produkci skatolu v tlustém střevě (Wesoly & Weiler 2012). Produkci skatolu lze snížit zahrnutím zdrojů snadno fermentovaných sacharidů, jako jsou například inulín, fruktooligosacharidy nebo ječmen s vysokým obsahem amylázy, které poté nejsou tráveny enzymy v tenkém střevě a dostanou se do dalších částí trávicí soustavy (Jensen & Hansen 2006). Spekuluje se o třech možných účincích. Fermentací se produkuje butyrát, který snižuje apoptózu buněk a tím dochází ke snižování buněčných zbytků, které by jinak byly zdrojem tryptofanu, ze kterého by následně vzešel skatol. Zároveň se mluví o fermentované vláknině, která zvyšuje celkovou mikrobiální aktivitu a začlenění dostupného tryptofanu do bakteriální biomasy, což zase snižuje množství tryptofanu dostupného pro produkci skatolu. K tomuto pravděpodobně dochází při zkrmování kořenů čekanky obecné (*Cichorium intybus L.*). Čekanka mohla také vést ke změnám v metabolismu skatolu, díky tomu že sekundární metabolity čekanky indukovaly určité typy cytochromů a došlo ke zvýšení jaterní exprese těchto cytochromů (De Bruyn et al. 2023).

Obr. 5. Kořen a květ čekanky obecné (Koníček 2016).

Dále se vlákninou může změnit složení mikrobioty a mohlo by dojít ke snížení populace bakterií, které jsou schopné produkovat skatol. Tyto oligosacharidy představují prebiotika a podporují aktivitu a růst bifidobakterií a inhibují růst bakterií podílejících se na tvorbě skatolu a indolu (Roberfroid et al. 1998). Jedním z těchto oligosacharidů s prebiotickou funkcí je právě onen inulin, který se vyskytuje také v čekance obecné nebo ve slunečnici topinambur (*Helianthus tuberosus*). Inulín prochází v neporušené formě gastrointestinálním traktem až do tlustého střeva, kde je schopen měnit bakteriální diverzitu. Tyto změny v bakteriální diverzitě v tlustém střevě mají mít za následek redukci některých potenciálně patogenních bakterií a tím i snižovat produkci skatolu. Existuje tak značný potenciál použití prebiotických i probiotických doplňků, které by mohly ovlivnit mikrobiotu, a tak by přispěly ke snižování skatolu a indolu (Lepczynski et al. 2019).

Obr. 6. Kořen a květ slunečnice topinambur (Dušková 2021).

4 Materiál a metodika

4.1 Materiál

Experiment ve formě krmného pokusu, při kterém se zkoumal vliv výživy na eliminaci kančího pachu, se uskutečnil na Testační a pokusné stanici Ploskov, u Lán. Tato stanice slouží jako externí pracoviště Katedry živočišné výroby. Pokus prošel schválením Etické komise, tj. Ústřední komise pro pohodu zvířat Ministerstva zemědělství ČR a byl proveden v souladu se směrnicí 2010/63/EU pokusy na zvířatech. Všechny postupy provedené v tomto experimentu schválila odborná etická komise.

4.1.1 Zvířata a jejich ustájení

Do krmného pokusu bylo zařazeno 16 kříženců nekastrovaných samců prasat genotypu v kombinaci české bílé ušlechtilé (ČBU) a landrace (L) v mateřské linii a bílé ušlechtilé (BO) v otcovské linii ((ČBU x L) x BO). Průměrná počáteční hmotnost kanečků při zařazení do pokusu byla 7,12 kg. Prasata byla rozdělena a umístěna do jednotlivých kotců po dvou, aby bylo zajištěno řízené krmení k následnému určení parametrů výkrmnosti a spotřeby krmiva.

4.1.2 Rozdělení zvířat a krmná dávka

Prasata byla rozdělena do dvou skupin, kontrolní a pokusná skupina. Kontrolní skupina (8 prasat) byla krmena pouze kompletní krmnou směsí (KKS), která obsahovala extrahovaný sójový šrot, pšenici, ječmen a premix. U pokusné skupiny (8 prasat) bylo k této KKS přidáno 8 % topinamburu (*H. tuberosus*) ve formě sušených řízkovaných hlíz, které byly těsně před zakomponováním do KKS namlety. Topinambur použitý v dietě byl podáván ve formě vysušených a rozemletých částic (velikost částic ≤ 2 mm) a každý den byl do KKS homogenně přimíchán. Přídavek topinamburu byl podáván v posledních 14 dnech pokusu.

Kompletní krmná směs byla sestavena podle nutričních potřeb zvířat a krmení probíhalo *ad libitum*. Zvířata měla v průběhu experimentu volný přístup k vodě.

Tabulka 1. Složení KKS pro fáze výkrmu.

	A1 (30-45 kg)	A2 (45-85 kg)	A3 (85-120 kg)	
			Kontrola	**Pokus**
Ječmen (%)	35,3	50	39	40
Pšenice (%)	44	31	49	38,8
SEŠ (%)	17,7	15	9	10
Topinambur (%)	-	-	-	**8,2**
Aminogold (%)	3	3	3	3
Monokalciumfosfát (%)	-	0,69	-	-
MEp (MJ)	13,6	13,0	12,8	12,8
NL (g)	163,0	156,0	147,6	147,5
Lyzin (g)	11,1	11,1	11,2	11,3

Poznámka: SEŠ – sójový extrahovaý šrot; MEp – metabolizovatelná energie pro prasata; NL – dusíkaté látky; MJ – mega Joul; A1 – kompletní krmná směs pro 1.fázi výkrmu; A2 – kompletní krmná směs pro 2.fázi výkrmu; A3 – kompletní krmná směs pro 3. fázi výkrmu

4.1.3 Výkrmnost zvířat

Prasata byla krmena KKS od věku 28 dnů až do 126 dnů. Prasata byla jednou týdně vážena a byla sledována jejich spotřeba krmiva. Ze sledovaných ukazatelů byl vypočítán průměrný denní přírůstek za dobu testu (g), průměrná spotřeba krmiva na krmný den (g) a konverze krmiva (kg/kg).

Vybraná prasata byla při dosažení porážkové hmotnosti poražena na komerčních jatkách a podrobena analýzám.

4.2 Metodika

4.2.1 Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty

Ke zhodnocení kvantitativních ukazatelů byl proveden klasický jateční rozbor (Scheper & Scholz 1985). Byly zaznamenány hmotnosti jatečně upravených těl (JUT) za tepla, hmotnosti levých půlek (JUT), hlavních masitých částí (HMČ), podíl libové svaloviny, plochy svalu MLLT (*musculus longissimus lumborum et thoracis*) a také byla dopočítána jatečná výtěžnost.

4.2.2 Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty

Z kvalitativních ukazatelů jatečné hodnoty u jatečné partie pečeně a kýta byly zjišťovány teplota a pH (pH 330i/set, WTW, Weilheim, Germany), měřené 45 minut *post-mortem*, elektrická vodivost (Konduktometr M 400, Mettler-Toledo s.r.o., Praha, Česká republika), měřená 50 minut *post-mortem.* Dále byla zjišťována barva jatečné partie pečeně a hřbetního tuku (Spectrophotometer, CM-700d, Minolta, Osaka, Japan), síla střihu pečeně v syrovém a vařeném stavu, penetrace hřbetního tuku (Instron 3342, High wycombe, England) a ztráta masové šťávy odkapem u jatečné partie pečeně. Tyto ukazatele se hodnotily 24 hodin *post-mortem*.

4.2.3 Mastné kyseliny

K následným analýzám ukazatelů byly odebrány vzorky z jatečné partie pečeně (MLLT) z levé jatečné půlky. Odebrané vzorky byly následně zamraženy na teplotu -80 °C do té doby, než byla provedena chemická analýza.

Stanovení mastných kyselin bylo provedeno podle Folcha a kol. (1957) (izolace lipidové frakce) a následné methanolýze za katalického účinku hydroxidu draselného a extrakci kyselin ve formě methylesterů do heptanu. Aterogenní index byl vypočítán podle Chilliarda a kol. (2003) a Trombogenní index podle metodiky Ulbrichta a Southgata (1991).

4.2.4 Analýza skatolu, indolu a androstenonu

K zjištění koncentrací skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni byla použita metoda analýzy vysokoúčinné kapalinové chropatografie (Jasco LC-2000, Watrex Praha, s.r.o., Praha, Česká republika) na základě metodiky Hansen-Møller (1994), modifikované Okrouhlá a kol. (2016).

Obsah skatolu, indolu a androstenonu byl vypočten podílem vzorků nad detekční hladinou.

4.2.5 Mikrobiální analýza

Pro mikrobiální analýzu bylo odebráno 0,5 g nekontaminovaného vzorku (bez kontaminace podestýlkou) čerstvého trusu přímo z rekta každého zvířete, a to nultý, pátý a dvanáctý den podávání topinamburu do KKS. Vzorky byly odebrány do sterilních zkumavek spolu s 9 ml anaerobního roztoku obsahující živnou půdu a trypton (používané médium pro kultivaci) (Oxoid Ltd., Basingstoke, UK). K dosáhnutí anaerobního prostředí se dospělo vstřikováním oxidu uhličitého do zkumavky. Následně byly vzorky ihned zpracovány pro mikrobiologický rozbor.

Ke stanovení a hodnocení složení fekální mikrobioty byla použita metoda plate count. Celkové počty anaerobních bakterií a bifidobakterie byly kultivovány při teplotě 37 °C po dobu 48 hodin v anaerobních podmínkách za použití systému anaerobní generace AnaeroGen (Oxoid Ltd., Basingstoke, UK). Laktobacily byly kultivovány za mikroaerofilních podmínek za použití metody dvouvrstvých ploten při 37 °C po dobu 48 hodin. Enterokoky byly kultivovány aerobně při 37 °C po dobu 48 hodin a *E. coli* a koliformní bakterie byly kultivovány aerobně při 37 °C po dobu 24 hodin. Pro každou skupinu bylo použito vhodné kultivační médium.

4.2.6 Statistické vyhodnocení

Výsledky experimentu byly vyhodnoceny statistickým programem SAS (Propriety software Release 6.04 (2001) pomocí obecného lineálrního modelu (GLM) a to jednocestnou analýzou rozptylu, ANOVOU metodou s obsahem topinamburu v potravě jako fixní faktor. Živá hmotnost, jatečná hmotnost a kotec nebyly zahrnuty do konečného modelu, protože neměly významný vliv na hodnocené vlastnosti. Význam rozptylu mezi skupinami byl testován pomocí Scheffeova testu. Hladina významnosti byla $P \leq 0{,}05$ pro všechna měření. K testování korelací byla použita Pearsonova korelační analýza.

Testování významných rozdílů bylo provedeno podle následujícího matematicko-statistického modelu jednosměrné analýzy:

$$Yj = \mu + sj + ej$$

Kde:
Yj = hodnota znaku
μ = celkový průměr
sj = vliv obsahu topinamburu (*H. tuberosus*) v dietě (j = kontrola, pokus)
ej = náhodný efekt

5 Výsledky

5.1 Výkrmnostní ukazatele

V tabulce 2. jsou uvedeny účinky přidání topinamburu do krmné směsi na vybranné ukazatele výkonnosti růstu a výkrmnosti Průměrné dosažené hodnoty ukazatelů mezi skupinami nevykazovaly statisticky významné rozdíly. Průměrná živá hmotnost prasat na začátku pokusu byla u kontrolní skupiny 7,25 kg a u pokusné skupiny 6,99 kg. Na konci pokusu byla naměřena průměrná živá hmotnost u kontrolní skupiny 109,81 kg a u pokusné skupiny 108,94 kg.

Přesto, že nebyly prokázány statisticky významné rozdíly, hodnoty u výkrmnostních ukazatelů byly vyšší ve prospěch kanečků v kontrolní skupině, u které byl vyšší průměrný denní přírůstek krmiva, a to 813,99 g, průměrná denní spotřeba KKS byla 1688,16 g a průměrná konverzerze krmiva 1,93 kg/ kg živé váhy. U pokusné skupiny byl průměrný denní přírůstek krmiva 809,13 g, průměrná denní spotřeba KKS 1663,76 g a průměrná konverze krmiva byla 1,85 kg/ kg živé váhy.

Tabulka 2. Výkrmnostní ukazatele s ohledem na výživu kanců.

Ukazatel	Kontrola		Topinambur		SEM	*P*-hodnota
	x̄	SO	x̄	SO		
Živá hmotnost na začátku pokusu (kg)	7,25	1,31	6,99	1,36	0,46	0,700
Živá hmotnost na konci pokusu (kg)	109,81	9,50	108,94	7,58	3,36	0,842
Průměrný denní přírůstek krmiva (g)	813,99	69,40	809,13	56,21	15,26	0,880
Průměrná denní spotřeba KKS (g)	1688,16	76,62	1663,76	60,57	16,97	0,492
Průměrná konverze krmiva (kg/kg)	1,93	0,08	1,85	0,14	0,03	0,178

Poznámka: x̄ – aritmetický průměr; SO – směrodatná odchylka; SEM – standartní chyba průměru; *P*-hodnota – průkaznost; KKS – kompletní krmná směs

5.2 Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty

V tabulce 3. jsou popsány průměrné hodnoty kvantitativních ukazatelů jatečné hodnoty vykrmovaných kanců.

Statisticky významná průkaznost byla zjištěna pouze u posledního sledovaného ukazatele, a to plochy pečeně svalu MLLT na hladině pravděpodobnosti P=0,019. U kontrolní skupiny byla naměřena hodnota 4842,38 mm^2 a u pokusné skupiny 5453,13 mm^2.

Nebyly pozorovány statistické významné rozdíly u hodnot ostatních kvantitativních ukazatelů, přesto byly některé hodnoty vyšší ve prospěch pokusné skupiny. U jatečné výtěžnosti byla průměrná hodnota 81,45 % oproti kontrolní skupině s jateční výtěžností 81,13 %. Průměrná hmotnost masitých částí u pokusné skupiny byla 23,23 kg a u kontrolní skupiny 23,05 kg. Průměrný podíl libové svaloviny byl 58,25 % u pokusné skupiny a u kontrolní 58,28 %.

Tabulka 3. Vybrané kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty s ohledem na výživu kanců.

Ukazatel	Kontrola		Topinambur		SEM	*P*-hodnota
	x̄	SO	x̄	SO		
Živá hm. na při porážce (kg)	106,99	8,76	105,90	7,81	3,10	0,797
Hmotnost JUT (kg)	86,80	7,12	86,26	6,59	2,52	0,878
Hmotnost levé půlky JUT (kg)	43,86	3,71	43,64	3,15	1,31	0,898
Jatečná výtěžnost (%)	81,13	0,80	81,45	0,59	0,28	0,384
Hmotnost hlavních masitých částí (kg)	23,05	1,93	23,23	1,78	0,68	0,849
Podíl libové svaloviny (%)	58,28	0,80	59,17	2,06	0,28	0,270
Plocha svalu MLLT (mm^2)	4842,38	345,09	5453,13	555,33	122,01	**0,019**

Poznámka: x̄ – aritmetický průměr; SO – směrodatná odchylka; SEM – standartní chyba průměru; *P*-hodnota – průkaznost; hm. – hmotnost; JUT – jatečně upravené tělo; mm^2 – milimetr čtvereční; MLLT – *musculus longissimus lumborum et thoracis*

5.3 Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – fyzikální vlastnosti

Všechny hodnoty výsledků fyzikálních vlastností, které se hodnotily, jsou sepsány v Tabulce 4.

Významně statistická průkaznost (P=0,015) byla zjištěna u hodnocení barvy, konkrétně a* (barevného odstínu), hřbetního tuku. Lepší hodnoty barvy hřbetního tuku byly ve prospěch kontrolní skupiny, u které byly naměřeny průměrné hodnoty -0,98. U pokusné skupiny byla průměrná hodnota -0,49.

Další vlastností, u ktré byla prokázána statisticky významná průkaznost (P=0,012) je ztráta masové šťávy odkapem. Hodnoty u pokusné skupiny byly o 3,27 % vyšší než u kontrolní skupiny. Průměrné hodnoty u pokusné skupiny byly 6,39 % a u kontrolní 3,12 %.

Hodnocená síla střihu také vykazovala významně statistickou průkaznost, a to jak u syrového (P=0,005), tak vařeného (P=0,032) masa. Vyšší hodnoty byly naměřeny ve prospěch kontrolní skupiny u obou ukazatelů. Byly zde naměřeny hodnoty 47,16 N u síly střihu syrového masa pečeně a 32,54 N u vařeného masa pečeně. U pokusné skupiny se naměřily průměrné hodnoty u síly střihu syrového masa pečeně 29,96 N a u vařeného masa pečeně 26,04 N.

U ostatních vybraných ukazatelů nebyla prokázána statisticky významná průkaznost.

Tabulka 4. Vybrané kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty s ohledem na výživu kanců.

Ukazatel	Kontrola		Topinambur		SEM	*P*-hodnota
	x̄	SO	x̄	SO		
Elektrická vodivost – kýty (MS)	3,56	0,54	3,27	0,19	0,19	0,165
pH_{45} – kýty (MS)	6,82	0,27	6,81	0,21	0,10	0,928
Teplota – kýty (MS)	37,89	0,92	37,40	1,03	0,33	0,335
Elektrická vodivost – pečeně (MLLT)	3,50	0,29	3,34	0,35	0,10	0,357
pH_{45} – pečeně (MLLT)	6,61	0,33	6,62	0,27	0,12	0,948
Teplota – pečeně (MLLT)	38,00	1,69	37,29	1,04	0,60	0,326
Světlost L* - pečeně (MLLT)	50,06	4,54	54,45	4,51	1,61	0,073
Barevný odstín a* - pečeně (MLLT)	-0,44	0,54	-0,91	1,03	0,19	0,265
Barevný odstín b* - pečeně (MLLT)	8,94	1,05	9,36	0,93	0,37	0,413
Světlost L* - hřbetního tuku	79,26	1,54	79,37	1,32	0,55	0,875
Barevný odstín a* - hřbetního tuku	-0,98	0,39	-0,49	0,31	0,14	**0,015**
Barevný odstín b* - hřbetního tuku	7,92	0,99	8,36	0,79	0,35	0,345

Ukazatel	Kontrola		Topinambur		SEM	*P* – hodnota
	x̄	SO	x̄	SO		
Ztáta masové šťávy odkapem (%)	3,12	2,09	6,39	2,43	0,74	**0,012**
Síla střihu syrového masa – pečeně (N)	47,16	11,61	29,96	8,66	4,10	**0,005**
Síla střihu vařeného masa – pečeně (N)	32,54	4,11	26,04	6,53	1,45	**0,032**
Penetrace hřbetního tuku HČ nad povázkou	98,43	27,84	78,71	21,48	9,84	0,135
Penetrace hřbetního tuku DČ pod povázkou	68,09	32,84	55,75	21,38	11,61	0,389

Poznámka: x̄ – aritmetický průměr; SO – směrodatná odchylka; SEM – standartní chyba průměru; *P*-hodnota – průkaznost; MT – *musculus semitendinosus*; MMLT – *musculus longissimus lumborum et thoracis*; N – newton; HČ – horní část; DČ – dolní část

5.4 Zastoupení mastných kyselin

V tabulce 5. jsou znázorněny průměrné hodnoty zastoupení jednotlivých mastných kyselin u vykrmovaných kanců.

Statisticky významná průkaznost (P=0,009) byla pouze u aterogenního indexu. Hodnoty indexu vyšly lépe ve prospěch pokusné skupiny, u které byl do KKS přidán topinambur. U kontrolní skupiny dosahoval průměrné hodnoty 0,70 % a u pokusné pouze 0,12 %. U ostatních vybraných ukazatelů nebyla zjištěna statisticky významná průkaznost.

Průměrné hodnoty omega-6 mastných kyselin u obou skupin nevykazovaly velké rozdíly. U kontrolní skupiny byla průměrná hodnota 11,98 % a u pokusné skupiny 11,84 %. K nevýrazným rozdílům mezi skupinami došlo i u hodnot omega-3 mastných kyselin. Kontrolní skupina dosahovala hodnot 1,18 % a pokusná 1,34 %.

U trombogeního indexu jsou také vidět rozdíly v hodnotách u kontrolní skupiny (1,41 %) oproti pokusné skupině (1,14 %), přesto nebyla zjištěna statisticky významná průkaznost mezi hodnotami skupin (P=0,069).

Tabulka 5. Zastoupení mastných kyselin s ohledem na výživu kanců.

Ukazatel	Kontrola		Topinambur		SEM	*P* - hodnota
	x̄	SO	x̄	SO		
Nasycené MK (%)	43,59	6,48	38,83	3,26	2,29	0,085
Mononenasycené MK (%)	42,50	6,35	46,84	4,73	2,25	0,143
Polynenasycené MK (%)	13,92	2,64	14,33	1,87	0,93	0,724
PUFA (n-6)	11,98	1,85	11,84	2,11	0,65	0,894
PUFA (n-3)	1,18	0,62	1,34	0,32	0,22	0,537
PUFA (n-6/n-3)	11,25	2,58	9,16	2,12	0,91	0,099
PUFA (n-3/n-6)	0,10	0,03	0,12	0,03	0,01	0,228
Aterogenní index (%)	0,70	0,14	0,52	0,09	0,05	**0,009**
Trombogenní index (%)	1,41	0,35	1,14	0,17	0,13	0,069

Poznámka: x̄ – aritmetický průměr; SO – směrodatná odchylka; SEM – standartní chyba průměru; *P*-hodnota – průkaznost; MK – mastné kyseliny PUFA – polynenasycené mastné kyseliny

5.5 Obsah skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni

Tabulka 6. znázorňuje naměřené hodnoty obsahu skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni.

Významně statistická průkaznost byla naměřena u obsahu skatolu v tukové tkáni závislé na výživě (P<0,001). Pokusná skupina vykazovala o 0,04 µg/g nižší hodnoty obsahu skatolu oproti kontrolní skupině. U pokusné skupiny, kterým byl topinambur podáván byla naměřena hodnota skatolu ve hřbetním tuku 0,01 µg/g a u kontrolní skupiny, jejichž KKS neobsahovala topinambur, byla naměřena hodnota 0,06 µg/g.

U obsahu indolu v tukové tkáni nebyla prokázána statisticky výrazná průkaznost, přesto hodnoty u pokusné skupiny vykazovaly lepší hodnoty. U kontrolní skupiny byly naměřeny 0,09 µg/g a u pokusné skupiny byly naměřeny 0,08 µg/g.

U obsahu androstenonu v tukové tkáni také nebyla prokázána statisticky významná průkaznost a rozdíl mezi kontrolní a pokusnou skupinou v průměrných hodnotách byl pouze 0,16 µg/g.

Tabulka 6. Obsah skatolu, indolu a androstenonu v hřbetním tuku s ohledem na výživu kanců.

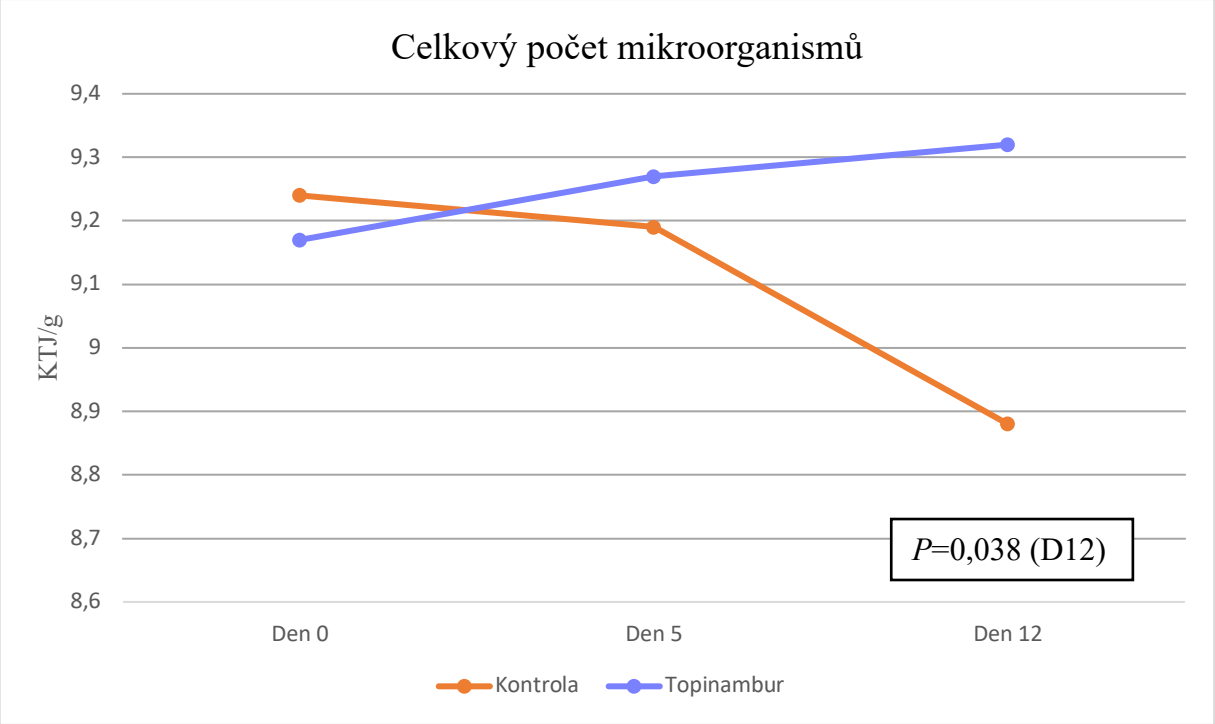
Ukazatel	Kontrola		Topinambur		SEM	*P*-hodnota
	x̄	SO	x̄	SO		
Obsah skatolu ve hřbetním tuku (µg/g)	0,06	0,02	0,02	0,01	0,01	**<0,001**
Obsah indolu ve hřbetním tuku (µg/g)	0,09	0,02	0,08	0,01	0,01	0,065
Obsah androstenonu ve hřbetním tuku (µg/g)	1,28	0,27	1,12	0,30	0,10	0,265

Poznámka: x̄ – aritmetický průměr; SO – směrodatná odchylka; SEM – standartní chyba průměru; *P*-hodnota – průkaznost

5.6 Mikroorganismy

Následné grafy znázorňují vliv přidání topinamburu do KKS na zastoupení mikroorganismů v gastrointestinálním traktu. Ikdyž jsou výsledky zajímavé, nedošlo u rozdílů mezi skupinami u většiny ukazatelů ke statisticky významné průkaznosti.

Graf 1. nám znázorňuje vývoj hodnot celkového počtu mikroorganismů v gastrointestinálním traktu vykrmovaných kanců od začátku pokusu po dvanáctý den pokusu. Dvanáctý den pokusu byl statisticky průkazně zvýšen celkový počet mikroorganismů (P=0,038) u pokusné skupiny prasat oproti kontrolní skupině. Po dvanácti dnech zkrmování topinamburu stoupl celkový počet v pokusné skupině průměrně na 9,32 KTJ/g, kdežto u kontrolní skupiny se celkový počet dostal průměrně jen na 8,88 KTJ/g.

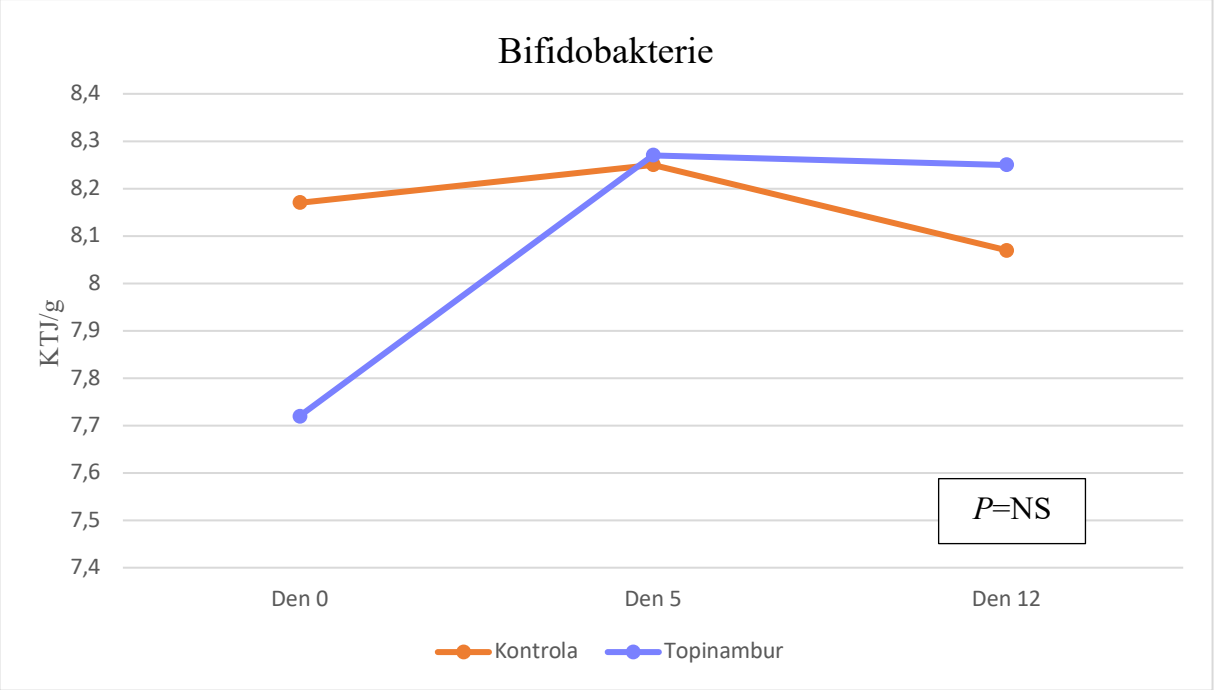


Poznámka: KTJ/g – kolonie tvořící jednotku/gram; *P* – průkaznost; D12 – dvanáctý den pokusu

Graf 1. Grafické znázornění vlivu topinamburu v krmné dávce na celkový počet mikroorganismů v gastrointestinálním traktu.

Graf 2. znázorňuje vývoj hodnot počtu bifidobakterií v gastrointestinálním traktu vykrmovaných kanců od začátku pokusu po dvanáctý den pokusu.

U počtu bifidobakterií nedošlo ke statisticky významné průkaznosti v rámci kontrolní a pokusné skupiny. Přesto můžeme u pokusné skupiny pozorovat nepatrné rozdíly oproti kontrolní skupině. Na začátku pokusu byly průměrné hodnoty bifidobakterií u kontrolní skupiny 8,17 KTJ/g a u pokusné 7,72 KTJ/g. Dvanáctý den pokusu se hodnoty zvýšili ve prospěch pokusné skupiny na průměrné hodnoty 8,25 KTJ/g. U kontrolní skupiny se počet zvýšil na 8,07 KTJ/g přesto, že na začátku pokusu byly průměrné hodnoty vyšší než u pokusné skupiny.

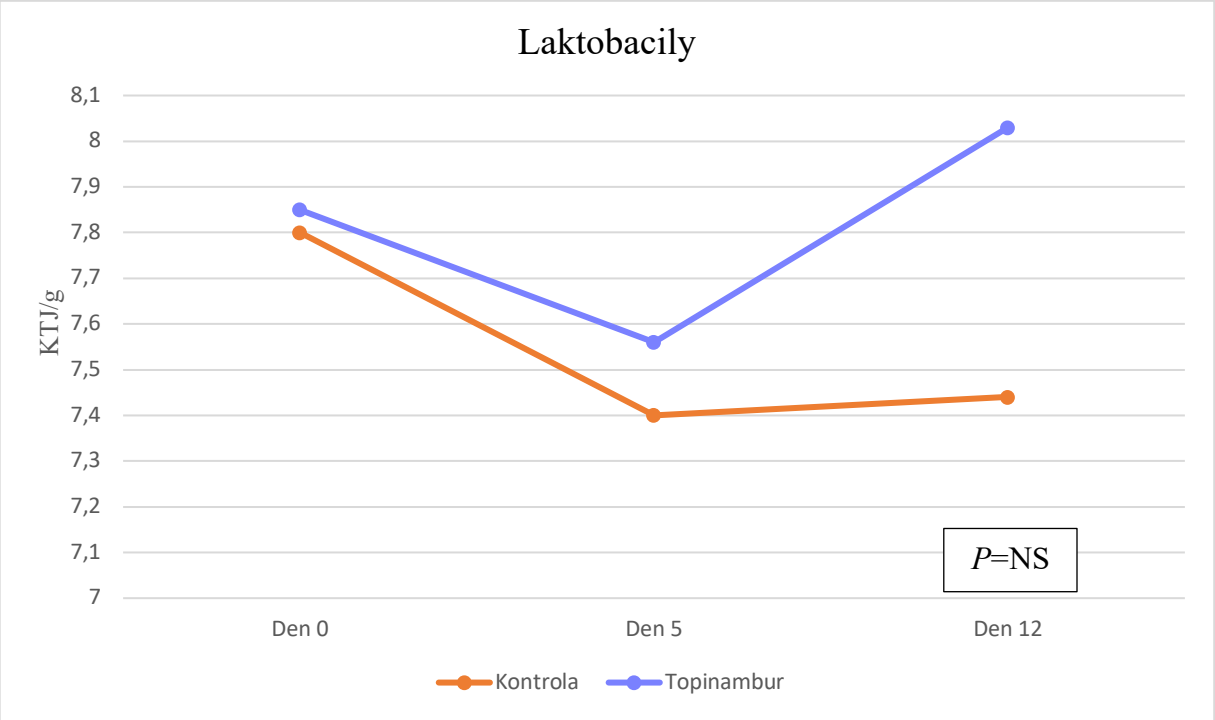


Poznámka: KTJ/g – kolonie tvořící jednotku/gram; *P* – průkaznost; *P*=NS – *P*≤0,05; NS – nesignifikantní

Graf 2. Grafické znázornění vlivu topinamburu v krmné dávce na počet bifidobakterií v gastroinstestinálním traktu.

Graf 3. znázorňuje vývoj hodnot laktobacilů v gastrointestinálním traktu vykrmovaných kanců od začátku pokusu po dvanáctý den pokusu.

U hodnot laktobacilů nedošlo ke statisticky významné průkaznosti. Vyšší hodnoty dvanáctý den pokusu přesto vykazovala pokusná skupina (8,03 KTJ/g) oproti kontrolní skupině (7,44 KTJ/g).

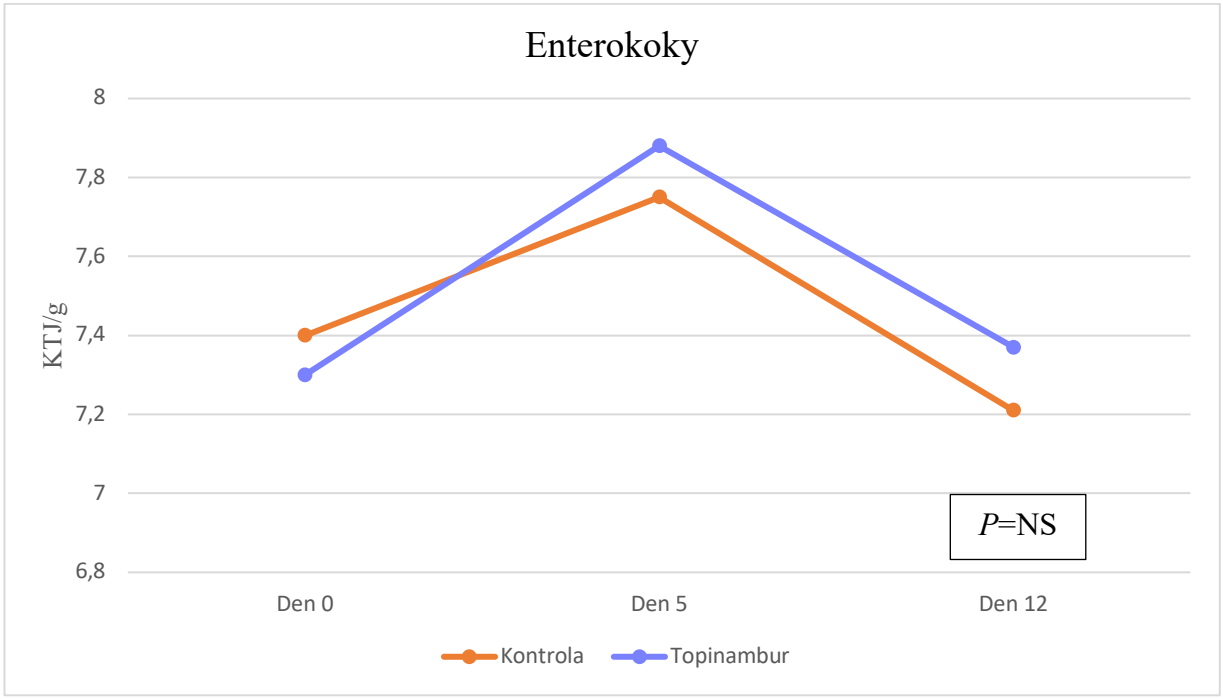


Poznámka: KTJ/g – kolonie tvořící jednotku/gram; *P* – průkaznost; *P*=NS – *P*≤0,05; NS – nesignifikantní

Graf 3. Grafické znázornění vlivu topinamburu v krmné dávce na počet laktobacilů v gastrointestinálním traktu.

Graf 4. znázorňuje vývoj hodnot počtu enterokoků v gastrointestinálním traktu vykrmovaných kanců od začátku pokusu po dvanáctý den pokusu.

Patogenní rod enterokoky a jejich změna hodnot na začátku a konci pokusu také nevykazoval statisticky významné průkaznosti. Lepší hodnoty přesto vykazovala kontrolní skupina, kdy se její průměrné hodnoty na začátku pokusu snížily z 7,40 KTJ/g na 7,20 KTJ/g po dvanácti dnech pokusu. U pokusné skupiny nedošlo k poklesu hodnot pod hodnoty na začátku pokusu. Naopak dvanáctý den pokusu se hodnoty ještě nepatrně zvýšily z 7,30 KTJ/g na začátku pokusu na 7,37 KTJ/g.

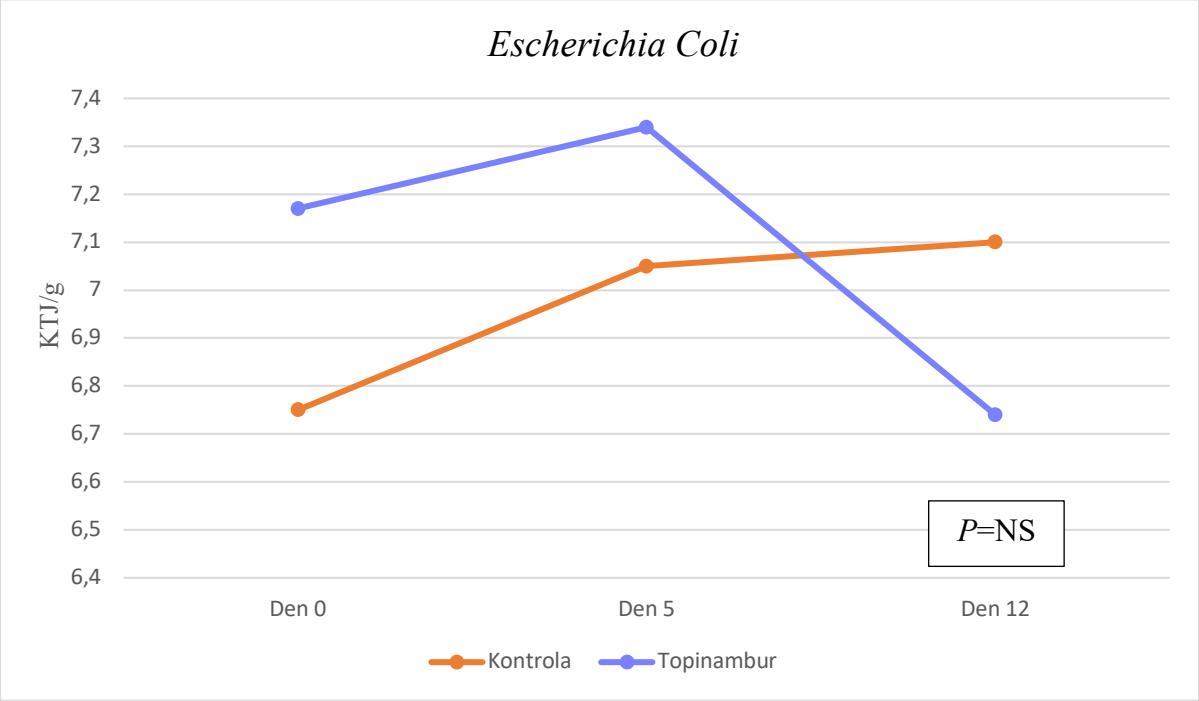


Poznámka: KTJ/g – kolonie tvořící jednotku/gram; *P* – průkaznost; *P*=NS – *P*≤0,05; NS – nesignifikantní

Graf 4. Grafické znázornění vlivu topinamburu v krmné dávce na počet enterokoků v gastrointestinálním traktu.

Graf 5. znázorňuje vývoj hodnot počtu *Escherichia Coli* v gastrointestinálním traktu vykrmovaných kanců od začátku pokusu po dvanáctý den pokusu.

Ani tento rod mikroorganismů nevykazoval statisticky významné průkaznosti. I tak je vidět rozdíl mezi vývoji hodnot ve prospěch pokusné skupiny. Po dvanácti dnech pokusu se u této skupiny snížila hodnota ze 7,17 KTJ/g na 6,74 KTJ/g. Pokusná skupina tak vykazovala lepší výsledky než kontrolní skupina. U kontrolní skupiny došlo naopak k nárůstu hodnot *Escherichia Coli*. Z 6,75 KTJ/g stoupla hodnota dvanáctý den u kontrolní skupiny na 7,10 KTJ/g.



Poznámka: KTJ/g – kolonie tvořící jednotku/gram; *P* – průkaznost; *P*=NS – *P*≤0,05; NS – nesignifikantní

Graf 5. Grafické znázornění vlivu topinamburu v krmné dávce na počet Escherichia Coli v gastrointestinálním traktu.

5.7 Korelace mezi vybranými ukazateli

V tabulce 8. jsou uvedeny korelace mezi vybranými jatečnými ukazateli a hodnotami skatolu, indolu a androstenonu. Byla zjištěna negativní korelace mezi vybranými jatečnými ukazateli a obsahem skatolu a indolu v tukové tkáni u pokusné skupiny, u které se do KKS přidával topinambur.

Se zvyšující se živou hmotností klesal obsah skatolu a indolu v tukové tkáni u vykrmovaných kanců. Hodnoty obsahu androstenonu v tukové tkáni také klesaly s přibývající živou hmotností při porážce, ale nebyla u nich prokázána statisticky významná závislost korelace mezi ukazateli. U kontrolní skupiny došlo naopak ke zvyšování obsahu skatolu, indolu i androstenonu v tukové tkáni se zvyšující se živou hmotností dosaženou při porážce. Zde ale nebyla prokázána statisticky významná závislost.

Stejně tak tomu bylo i u hmotnosti jatečně upraveného těla (JUT) u pokusné skupiny. Se stoupající hmotností JUT klesal obsah skatolu a indolu v tukové tkáni, u kterých byla prokázána statisticky významná závislost ($P \leq 0,05$). U obsahu androstenonu docházelo také k poklesu se zvyšující se hmotností JUT, ale nebyla zde prokázána statisticky významná závislost. U kontrolní skupiny došlo ke zvyšování skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni se zvyšující se hmotností JUT. Ani zde, ale nebyla prokázána statisticky významná závislost.

Tabulka 7. Pearsonův korelační koeficient mezi vybranými ukazateli jatečné hodnoty a obsahem skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni.

Ukazatel	Kontrola			Topinambur		
	S	I	A	S	I	A
Živá hmotnost při porážce (kg)	0,291	0,316	0,240	**-0,718***	**-0,736***	-0,185
Hmotnost JUT (kg)	0,272	0,272	0,197	**-0,712***	**-0,731***	-0,204

Poznámka: JUT – jatečné upravené tělo; S – skatol; I – indol; A – androstenon; * - $P \leq 0,05$

Korelace mezi obsahem počtů mikroorganismů v gastrointestinálním traktu (GIT) a obsahem skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni jsou uvedeny v následující Tabulce 9.

Existuje pozitivní korelace mezi celkovýcm počtem mikroorganismů v GIT pátý den pokusu a obsahem skatolu a indolu v tukové tkáni u kontrolní skupiny. Byla zjištěna statisticky významná závislost ($P \leq 0,05$). Se snižujícím se počtem mikroorganismů došlo ke snižování obsahu těchto sloučenin v tukové tkáni.

U kontrolní skupiny byla zjištěna pozitivní korelace a statisticky významná závislost ($P \leq 0,05$) mezi obsahem bifidobakterií v GIT pátý den pokusu a obsahem androstenonu v tukové tkáni. Se zvyšujícím se obsahem bifidobakterií pátý den pokusu se zvyšoval obsah androstenonu v tukové tkáni.

U pokusné skupiny existuje negativní korelace mezi celkovým počtem mikroorganismů v GIT dvanáctý den pokusu a obsahem indolu v tukové tkáni. Byla zjištěna statisticky významná závislost ($P \leq 0,05$). Se stoupajícím počtem mikroorganismů dvanáctý den pokusu klesal obsah indolu v tukové tkáni.

Mezi obsahem enterokoků v GIT nultý den pokusu a obsahem androstenonu v tukové tkáni u pokusné skupiny existuje pozitivní korelace. Byla zjištěna středně silná ($P \leq 0,01$) statisticky významná závilost. Se stoupajícím počtem enterokoků stoupá i obsah androstenonu v tukové tkáni.

Tabulka 8. Pearsonův korelační koeficient mezi vybranými mikroorganismy v gastroinstestinálním traktu (nultý, pátý a dvanáctý den odběru) a obsahem skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni.

Ukazatel	Kontrola			Topinambur		
	S	I	A	S	I	A
Celkový počet mikroorganismů D0	0,017	0,116	-0,397	0,606	0,535	0,276
Celkový počet mikroorganismů D5	**0,727***	**0,759***	0,185	-0,292	-0,463	0,403
Celkový počet mikroorganismů D12	0,072	0,339	0,084	-0,553	**-0,814***	0,315
Bifidobakterie D0	0,072	-0,071	0,093	0,347	0,173	0,140
Bifidobakterie D5	0,233	0,392	**0,828***	-0,005	-0,289	0,245
Bifidobakterie D12	-0,037	-0,226	-0,237	-0,015	-0,291	0,049
Laktobacily D0	0,208	0,250	-0,019	0,001	-0,057	0,276
Laktobacily D5	0,260	0,316	0,042	-0,615	-0,617	0,146
Laktobacily D12	0,133	0,147	0,150	-0,347	-0,382	0,049
Enterokoky D0	0,073	0,021	-0,023	0,266	-0,093	**0,858****
Enterokoky D5	-0,399	-0,304	0,695	0,003	-0,382	-0,010
Enterokoky D12	-0,688	-0,625	0,331	0,044	-0,224	0,190
***Escherichia Coli* D0**	-0,630	-0,469	0,186	0,485	0,501	0,327
***Escherichia Coli* D5**	-0,331	-0,178	0,477	-0,068	-0,408	0,148
***Escherichia Coli* D12**	-0,271	-0,235	-0,474	-0,625	-0,656	0,276

Poznámky: S – skatol; I – indol; A – androstenon; D0 – na začátku testu; D5 – pátý den pokusu; D12 – dvanáctý den pokusu; * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$

6 Diskuze

6.1 Výkrmnostní ukazatele

Průměrná živá hmotnost při porážce kanců u kontrolní skupiny byla 109,81 kg a u kanců v pokusné skupině byla 108,94 kg. U nekastrovaných kanců se často poráží při nižší porážkové hmotnosti, kdy ještě nedošlo k pohlavní zralosti a hladiny sloučenin, zodpovědné za kančí pach tak nejsou vysoké. Je to často využívaná metoda v boji proti kančímu pachu. Věk se sice obecně považuje za účinnější měřítko rizika pachu než hmotnost, ale váhové limity se zdají být běžnou průmyslovou praxí ve velkochovech, přestože hmotnost může záviset na jiných faktorech jako je například genetika, plemenná příslušnost a jiné (Aluwé et al. 2011). Stále neexistuje konkrétní práh věku či hmotnosti, který by zaručil absenci kančího pachu masa (Larzul 2021).

Mnohé studie se zaměřují na příznivé účinky oligosacharidů, probiotik, prebiotik a také synbiotik na mnohé ukazatele jateční hodnoty a ukazatele spojené s kvalitou vepřového masa. Tyto záměry studií stouply nejen se snahou o eliminaci kančího pachu ale i s výrazným nebo úplným omezením používání antibiotických růstových stimulátorů v chovech prasat. Mnohé studie zdůrazňují vhodnost suplementace stravy prasat inulinem, kvůli jeho příznivému vlivu na růstovou výkonnost u dorůstajících prasat, zejména prostřednictvím pozitivního vlivu na morfologii *duodena* a *ilea* (poměr výšky klků a hloubky krypt ve střevě), snížení patogenních bakterií a expresy protizánětlivých cytokinů a dalších jevů (Wang et al. 2019; Wang et al. 2020). Většina informací o tomto účinku je však poskytnuta studiemi, které se prováděly na selatech a rostoucích prasatech. Zde je soulad s obecnou hypotézou, že tato krmná aditiva mají větší účinek u mladých prasat kvůli jejich nevyvinutému gastrointestinálnímu traktu a jeho mikrobiotu (Grela et al. 2006; Kiczorowska et al. 2017).

Grela a kol. (2021) ve své studii zkoumali vliv inulinu a probiotického doplňku ve stravě prasat právě na ukazatele výkrmnosti. Výsledky této studie ukázaly vyšší konečnou hmotnost a lepší denní přírůstky, když byla prasata krmena dietou doplněnou jak o čistý inulin, tak o sušený topinambur. Silnější účinek byl pozorován v případě suplementace přímo inulinem, který vyplynul z lepšího působení chemicky čistého inulinu než inulinu obsaženého v sušeném topinamburu. Dodatečné obohacení krmiva probiotikem tento účinek zvýšilo a mírně zlepšilo i konverzi krmiva.

Samolinska a kol. (2018) zkoumali vliv inulinu, topinamburu a více druhového probiotického přípravku či jejich vzájemné kombinace na růst rostoucích prasat. V 98 denním experimentu rozdělili 144 prasat do různých skupin s odlišnou krmnou dávkou. Po celou dobu výkrmu se projevoval příznivý účinek kombinace probiotické suplementace s inulinem ve stravě na průměrný denní přírůstek. Na konci experimentu byl ale nejvyšší průměrný denní přírůstek a konverze krmiva u skupiny, která byla krmena pouze čistým inulinem. Ve srovnání s kontrolní skupinou měly ale i ostatní pokusné skupiny s kombinací aditiv lepší výsledky, jak u průměrných denních přírůstků, tak i u konverze krmiva.

Tyto studie vykázaly odlišné závěry, než má práce. Jedním z důvodů, že jsem ve svém výzkumu neprokázala statisticky významný rozdíl mezi kontrolní a pokusnou skupinou u vybraných výkrmnostních ukazatelů může být výběr krmného aditiva nebo přidání topinamburu do KKS prasat až v pozdní fázi výkrmu, na což upozorňují výše zmiňované studie. Nižší průměrná denní spotřeba krmiva u pokusné skupiny mohla být také způsobena

přítomností látek, které mohly změnit organoleptické vlastnosti krmiva a u prasat tak mohlo docházet k vyššímu odmítaní krmné směsi.

Ke stejným závěrům došel například ve své studii Houdijk a kol. (1998). Studovali vliv nestravitelných oligosacharidů (frukto-oligosacharidů a trans-galakto-oligosacharidů) na růstové vlastnosti, ale i příjem krmiva u 50 prasat. Výkrm rozdělili do čtyř skupin s různým zastoupením oligosacharidů a do jedné kontrolní skupiny bez přidaných oligosacharidů. Prasata byla těmito experimentálními dietami krmena *ad libitum* po dobu šesti týdnů a byly zaznamenávány tělesné hmotnosti a odmítání krmiva každý třetí a čtvrtý den pokusu. U prasat krmených oligosacharidy byl průměrný přírůstek hmotnosti nižší než u kontrolní skupiny v prvním až třetím týdnu. Ve výsledcích shrnují, že přidané nestravitelné oligosacharidy v krmivu ovlivnily příjem krmiva ale jen dočasně a nemají tak významný vliv na růstovou schopnost.

Přesto, že předchozí studie nepotvrdily výsledky mé práce, které naznačují, že by topinamburem obohacená krmiva neměla mít vliv na výkrmnostní ukazatele, jejich výsledky naznačují, že by jeho použití ve výkrmu nemělo mít negativní dopad na vybrané ukazatele, ale naopak při jeho použití by mělo dojít spíše k pozitivním účinkům.

6.2 Kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty

V mé práci měl přídavek topinamburu porokazatelný vliv pouze na plochu svalu pečeně. U pokusné skupiny jsme naměřily 5453,13 mm^2 oproti kontrolní skupině, kde jsme naměřily 4842,38 mm^2. Wang a kol. (2019) ve své studii dospěli k závěru, že suplementace inulinem výrazně změnila úroveň exprese několika genů souvisejících s metabolismem proteinů. Hladina exprese konkrétního cílového proteinu rapamycinu v samčích buňkách, která hraje důležitou roli v regulaci syntézy proteinů, byla výrazně zvýšena při suplementaci inulinu. Kromě toho byla hladina exprese tohoto proteinu konzistentní se zvýšenou hladinou peptidového hormonu IGF-1 v séru a hladinou inzulinu po suplementaci inulinu. Hormon IGF-1 stimuluje růst svalové tkáně potlačením rozpadu proteinů (Sacheck et al. 2004). To může poskytnout základ pro zvýšení jatečné hodnoty. Použití inulínového extraktu zlepšilo jateční hodnotu ve srovnání s kontrolní skupinou i ve studii Samolińska a Grela (2017).

Grela a kol. (2021) ve své skudii, mimo jiné, také zkoumali další podobné vybrané kvantitativní ukazatele, ale nedospěli k závěru, že by přidání topinamburu či inulinu, mělo prokozatelný vliv například na živou hmotnost při porážce, na hmotnost hlavních masitých částí nebo na podíl libové svaloviny. Ke stejným závěrům jsem došla i ve své práci.

V mé práci byla navzdory tomu zjištěna korelace mezi vybranými ukazateli jatečné hodnoty a obsahem skatolu a indolu v tukové tkáni.

6.3 Kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty – fyzikální vlastnosti

Přesto, že se prokázaly statisticky významné rozdíly v barevném odstínu (a*) hřbetního tuku mezi kontrolní a pokusnou skupinou, o vlivu inulinu, bez ohledu na jeho zdroj, na barvu hřbetního tuku je jen málo studií a informací. Z některých dostupných studií vyplývá, že inulin nemá negativní vliv na fyzikální vlastnosti masa, a tak můžeme jen soudit, že tomu je tak i u barvy tuku.

Iwanska a kol. (2016) navrhli následující klasifikaci měkkosti masa podle testu síly střihu Werner-Bratzlerovým přístrojem (Newton/cm^2): velmi jemné <30 N, jemné 30–45 N, houževnaté 60–90 N a velmi tuhé >90 N. V potaz byla brána i úvaha různých průběhů stárnutí vepřového masa po porážce. Tuto sílu střihu zkoumali Grela a kol. (2021) ve své studii, kde se prasata v kontrolní skupině krmila klasickou krmnou směsí, v první pokusné skupině byla přidána aditiva ve formě inulinu (20 g/kg) a ve druhé pokusné skupině ve formě sušeného topinamburu (40 g/kg). Navíc byla každé skupině podávána i probiotika. Měkkost masa po uvaření, vyjádřena sílou střihu, byla významně odlišná mezi skupinami. Byl zjištěn vliv prebiotik (inulin a topinambur) na smykovou sílu. Signifikantně nejvyšší hodnoty byly zjištěny u masa kanců z kontrolní skupiny (průměrně 64 N). Naopak nejnižší hodnoty byly získány u masa kanců v pokusných skupinách s prebiotiky ve formě inulinu (průměrně 53,35 N). Hodnoty síly střihu v pokusné skupině s prebiotiky ve formě topinamburu také vykazovaly nižší hodnoty než kontrolní skupina (průměrně 60,10 N). Při rozdělování masa z této studie do výše zmiňovaných tříd, lze maso z kontrolní skupiny popsat jako velmi tuhé a maso z pokusných skupin by patřilo mezi křehké a houževnaté. Je potřeba zdůraznit, že těchto hodnot síly střihu i v mnoha dalších studiií bylo naměřeno často již 24 nebo 48 hodin po porážce a maso tak nebylo podrobeno procesu stárnutí. Přídavek inulinu, bez ohledu na jeho zdroj, tedy významně zlepšil charakteristiku textury masa ve srovnání s kontrolní skupinou. V mé práci lze maso z kontrolní skupiny popsat jako houževnaté (47,16 N) a maso z pokusné skupiny jako velmi jemné (29,96 N). I zde tedy došlo ke zlepšení charakteristiky textury masa ve srovnání s kontrolní skupinou.

Také byl prokázán vliv přídavku inulinu na vyšší ztráty masové šťávy odkapem například ve studii Aluwé a kol. (2013). U suplementace čekankou byly hodnoty ztát 4,0 % oproti kontrolní skupině kde byly ztáty 3,8 %. Standartní hodnoty ztát masové šťávy odkapem by se měli pohybovat v rozmezí 1–5 % (Jůzl et al. 2004).

Ke stejným výsledkům zmiňovaných studií u vybraných fyzikálních vlastností vepřového masa jsem dospěla i ve své práci. Topinambur, přidaný do KKS, měl vliv na zvyšování ztát masových šťáv odkapem.

Naopak studie Rosenvold a kol. (2001) dospěla k opačným výsledkům. Zkoumali vliv inulinu (25 %) po dobu 4 týdnů před porážkou na kvalitu masa prasniček. Tato dieta vedla jednak k významně nižší ztrátě masové šťávy odkapem, a to 4,0 % a vyšší síle střihu 43 N ve srovnání s prasničkami z kontrolní skupiny, kde byly ztráta šťávy odkapem 5,2 % a síla střihu 38,5 N. Hansen a kol. (2008) ani Grela a kol (2021) se svých studiích nezaznamenali žádný významný vliv inulinu na ztrátu masové šťávy odkapem. Stejné výsledky zaznamenali i Przybylski a kol. (2018) ve své skudii, kde zkoumali vliv přidaného inulinu do vysokotučné stravy bohaté na nasycené mastné kyseliny na kvalitu vepřového masa. Nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi kontrolní a pokusnou skupinou. Ve svém závěru ale naznačují, že dlouhodobý přísun inulinu do vysokotučné stravy u prasat má pozitivní vliv obecně na technologické a senzorické vlastnosti kvality vepřového masa.

Protichůdné studie se ale shodují v tom, že přídavek inulinu neovlivňuje negativně fyzikální ani chemické vlastnosti kvality vepřového masa. Případné rozdílné výsledky mohou být vysvětleny použitím rozdílné formy přidávaného inulinu ve studiích, rozdílnou kompletní krmnou směsí, do které byl případný inulin přidáván nebo dobou, kdy se analýza těchto ukazatelů provedla, což mohlo mít také vliv na výsledky těchto ukazatelů.

6.4 Zastoupení mastných kyselin

V poslední době se výzkumy analýz mastných kyselin zaměřují spíše na svalové tkáně než na tukové, kvůli jejich většímu významu v potravinářském průmyslu a také kvůli zvyšujícímu se zájmu spotřebitelů o dietetickou kvalitu masa. Je pravděpodobné, že oligosacharidy obsažené v topinamburu, stejně jako v čistém inulinu, inhibují ukládání zásobního tuku prostřednictvím produkce organických kyselin s krátkým řetězcem v tlustém střevě. Jak uvádí Birmani a kol. (2019), vysvětlením je, že inulinový oligosacharid může snižovat expresi a aktivitu enzymů produkujících tuk v játrech, v důsledku čehož se snižuje syntéza mastných kyselin a triglyceridů. Různé studie týkající se vlivu suplementace diety inulinem a probiotiky na složení mastných kyselin jsou ale nejednoznačné.

Studie Sobolewska a Grela (2014) ukazuje, že suplementace stravy prebiotiky (inulin) a probiotiky může ovlivnit složení mastných kyselin a zdraví prospěšné indexy vepřových výrobků. Získané výsledky hodnot indexů však ani tak neodpovídaly doporučeným hodnotám WHO. Tyto indexy, jako je aterogenní index (AI) nebo trombogenní index (TI), se vypočítávají podle poměru jednotlivých nenasycených transmastných kyselin u olejů. Čím vyšší je AI u oleje či tuku, tím vyšší je riziko aterosklerózy nebo kardiovaskulárního onemocnění. A čím vyšší je TI, tím spíše příjem těchto olejů či tuků vyvolává sraženiny. Ve studii, kterou provedli Chang a kol. (2018), maso prasat, kterým byla suplementovaná probiotika (*Lactobacillus plantarum*), vykazovalo vyšší obsah PUFA s významně vyššími hladinami kyseliny linolenové a linolové ve srovnání s kontrolní skupinou. I zde byl ale poměr PUFA n-6/n-3 vyšší než doporučované hodnoty pro lidské zdraví. U studie, kterou provedli Juárez-Silva a kol. (2019) u králíků, došlo po přidání inulinu do stravy ke zvýšení obsahu prospěšných mastných kyselin (například PUFA n-3), což vedlo k lepším hodnotám indexů AI a TI, u kterých došlo ke snížení jejich hodnot. Podobně tomu bylo tak i ve studii Grela a kol. (2014), kteří suplementovali stravu králíků prebiotiky (sušená pampeliška bohatá na inulin). Zjistili, že složení mastných kyselin a indexy AI a TI indikovali lepší hodnoty u skupiny s touto obohacenou stravou prebiotiky než kontrolní skupina. K podobným výsledkům jsem dospěla i v mé práci, kdy pokusná skupina prasat, u kterých byl do KKS přidáván topinambur, vykazovala statisticky prokazatelně nižší hodnoty AI oproti kontrolní skupině.

Naopak hodnoty, prezentované ve studii Mattioli a kol. (2017), prokázaly, že suplementace stravy prebiotiky (inaktivované kvasinky *S. cerevisiae*) nezvýšila obsah bioaktivních mastných kyselin v králičím mase. K podobným závěrům došla i studie Grela a kol. (2021), která uvádí, že probiotika ani prebiotika v krmivu neovlivnily hodnoty AI a TI. V této studii dospěli také k tomu, že probiotika ve formě topinamburu mohou ovlivňovat poměr PUFA n-6/n-3, který byl tímto prebiotikem snížen. Tento vliv topinamburu se v mé práci nepotvrdil.

6.5 Obsah skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni

Skatol, indol a androstenon jsou hlavní sloučeniny zodpovědné za nepříjemný kančí pach. Hodnoty androstenonu v tuku závisí především na genetických faktorech spojených s pohlavní dospělostí, takže jeho ovlivnění dietou je jen minimální (Bonneau 2006). U skatolu se předpokládá, že různá krmná aditiva mohou snížit jeho hladinu ovlivněním rychlosti produkce

skatolu nebo jeho následnou absorbci. Různé studie popisují snížení hladiny skatolu čekankou, inulinem, topinamburem nebo fruktooligosacharidy. Výsledky pro indol jsou rozporuporné. Inulin a oligofruktóza jsou fruktantové sloučeniny, které posouvají mikrobiální metabolismus z proteolytického na sacharolytický (Miremadi & Shah 2012; Wesoly & Weiler 2012). Studie van de Wiele a kol. (2007) prokázala, že inulin vykazoval vyšší prebiotickou účinnost ve srovnání s oligofruktózou v distální oblasti tlustého střeva. Tento rozdíl souvisí se stupněm polymerace obou sloučenin. Oligofruktóza má nízký stupeň polymerace, zatímco inulin má vyšší stupeň polymerace. Se zvyšujícím se stupněm polymerace se zvyšuje odolnost vůči fermentaci, a proto jsou účinky inulinu patrné v distální části střeva, kde jsou také nejvyšší koncentrace skatolu a indolu. Pozitivní vliv topinamburu na snižování hodnot skatolu se prokázal i v mé studii. U hodnot indolu a androstenonu nedošlo ke statisticky významným rozdílům mezi skupinou kontrolní a pokusnou.

Studie Pinto a kol. (2022) hodnotila účinek suplementace krmiva inulinem na hladiny kančího pachu u 30 nekastrovaných samců prasat. Dva měsíce před porážkou byla zvířata rozdělena do tří skupin. Kontrolní skupina dostávala standardní krmnou směs. Ostatní skupiny byly krmeny stejnou standartní krmnou směsí s 3 a 6 % přidaným inulinem. Výsledky ukázaly, že přidání inulinu do krmiva významně snížilo hladiny skatolu v tukové tkáni prasat ve srovnání s kontrolní skupinou. Hladiny androstenonu nebyly dietním přístupem ovlivněny.

Podobné výsledky byly získány v krmných pokusech s inulinem (Kjos et al. 2010; Overland et al. 2011; Zammerini et al. 2012; Aluwé et al. 2017), kde došlo ke snížení skatolu a nebyly zjištěny rozdíly v hodnotách androstenonu. Nicméně ve studii provedené Heyrmanem et al. (2018) vedla suplementace kořene čekanky po dobu dvou až tří týdnů ke snížení skatolu i androstenonu. Autor této studie však uvádí, že významné rozdíly v hodnotách androstenonu mohou být způsobeny rozdíly v hmotnosti jatečně upraveného těla, protože koncentrace androstenonu pozitivně souvisely s hmotností jatečně upraveného těla.

6.6 Mikroorganismy

Čekanka, topinambur, artyčok kulatý, banány a oddenky jiřinek jsou rostliny, které akumulují značné množství fruktanů (Franck 2002). Enterální fermentace inulinu stimuluje prospěšnou gastrointestinální mikroflóru ke zvýšení produkce mastných kyselin s krátkým řetězcem a snižuje hodnotu pH střevního obsahu, čímž inhibuje rozvoj patogenních a hnilobných bakterií, jako jsou *Salmonella, Clostridium difficile* a *Escherichia coli*. Tyto střevní bakterie jsou schopné metabolizovat tryptofan na indol a kyselinu indol octovou, která je hlavním prekurzorem skatolu (May et al. 1994; Sobolewska et al. 2014; Grela et al. 2016).

Ve studii Loh a kol. (2006) nedošlo při suplementaci inulinu ke stimulaci počtů laktobacilů ani bifidobakterií bez ohledu na základní dietu prasat. Naopak významný vliv topinamburu (4,1 i 8,1 %) na počty enterokoků byl prokázán ve studii Okrouhlá a kol. (2020). Podobné výsledky zjistili i Passlack a kol. (2015) u zkoumání vlivu inulinu na počet enterokoků ve výkalech zvířat. Rozdíly vlivu inulinu či topinamburu na druhy mikroorganismů se často rozcházejí ve výsledcích. Tyto rozdíly by mohly být způsobeny variacemi zvolených krmných diet nebo zvolenými hladinami inulinu.

Účinky probiotik, inulinu a jejich synbiotik na mikrobiální diverzitu mikrobioty v různých intestinálních úsecích zkoumala také studie Sattler a kol. (2015). Bakteriální diverzita

byla zvýšena inulinem v různých částech střev a synbiotiky byla diverzita zvýšena jen ve slepém a tlustém střevě. Oproti tomu probiotika ovlivnily diverzitu pouze v *ileu.* Profily bakteriální diverzity slepého a tlustého střeva po přidání inulinu u pokusné skupiny a u kontrolní skupiny byly navzájem více podobné oproti profilům diverzity suplementace probiotiky a synbiotiky. Také dospěli k závěrům, že všechna zmíněná krmná aditiva by mohla redukovat druhy *Escherichia* v každém místě střev, což ukazuje na potencionální příznivé účinky na střevní mikrobiotu. Probiotika a inulin tak v různé míře dokážou změnit diverzitu a profil mikrobioty v gastrointestinálním traktu prasat. Tyto výsledky studie se shodují s mými výsledky celkového počtu mikroorganismů v gastrointestinálním traktu, kdy u pokusné skupiny došlo ke zvýšení počtu, oproti kontrolní skupině. Výsledky v mé práci ukazují hlavně korelace mezi koncentracemi mikrobioty a hladinami skatolu a indolu v tukové tkáni. U hladin androstenonu nemuselo dojít k vzájemné korelaci ukazatelů, protože jak bylo výše zmíněno, hladiny androstenonu jsou výživou jen mimimálně ovlivňovány. Se stoupajícím počtem mikroorganismů dvanáctý den pokusu klesal obsah indolu v tukové tkáni. Obsah skatolu v tukové tkáni také klesal se stoupajícím obsahem mikroorganismů dvanáctý den pokusu, ale zde nebyla prokázána statisticky významná závislost. V průběhu pokusu mohlo dojít ke změně diverzity mikrobioty a k poklesu patogenních bakteriií, což jsou často pozorovatelné pozitivní prebiotické účinky inulinu v topinamburu.

Doposud jsou výzkumy inulinu ve výživě prasat, a to zejména mladých jedinců, zaměřeny na jeho prebiotické vlastnosti a modifikaci gastrointestinální mikrobioty (Mair et al. 2010; Grela et al. 2016). Existuje málo informací o jeho dalších biologických vlastnostech, které by se mohly zvyšovat kombinací s probiotiky. Některé studie ukázaly slibné výsledky synergického působení probiotik a prebiotik, kdy docházelo k selektivní stimulaci homeostázy mikrobiomu, což má obecně pozitivní vliv na zdraví zvířete (Bomba et al. 2002; Shim et al. 2005; Mair et al. 2010).

7 Závěr

Tato práce měla zjistit případný vliv topinamburu na vybrané ukazatele výkrmnosti, jatečné hodnoty a kvality masa, ale také dojde-li k eliminaci kančího pachu.

Statisticky významná průkaznost (P=0,019) vlivu topinamburu na kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty byla v této práci prokázána pouze u plochy pečeně svalu *musculus longissimus lumborum et thoracis* jejíž hodnoty byly ve prospěch pokusné skupiny.

U kvalitativních ukazatelů jatečné hodnoty jsme prokázali statisticky významnou průkaznost vlivu topinamburu na změnu barevného odstínu (a*) hřbetního tuku (P=0,015), na vyšší ztráty masové šťávy odkapem (P=0,012) a změny hodnocené síly střihu syrového (P=0,005) a vařeného masa (P=0,132).

Dále byl prokázán příznivý vliv topinamburu na hodnoty aterogenního indexu, který vykazoval nižší hodnoty u pokusné skupiny.

Ke snížení hodnot sloučenin odpovědných za kančí pach došlo u pokusné skupiny prokazatelně pouze u skatolu (P<0,001). U kontrolní skupiny byly průměrné hodnoty skatolu o 0,05 µg/g vyšší. U indolu a adrostenonu nebyl prokázán statistky významná průkaznost, přesto došlo k poklesu hodnot oproti hodnotám kontrolní skupiny.

U zkoumaného vlivu topinamburu na zastoupení mikroorganismů v gastrointestinálním traktu došlo ke statisticky průkazné změně (P=0,038) u celkového počtu mikroorganismů v gastrointestinálním traktu. Dvanáctý den pokusu došlo oproti kontrolní skupině ke zvýšení počtu mikroorganismů.

Zkoumaná korelace se prokázala u živé hmotnosti a hmotnosti JUT a hodnotami skatolu a indolu v pokusné skupině. Se zvyšujícími se hodnotami ukazatelů klesal obsah skatolu i indolu v tukové tkáni. U hladiny androstenonu v tukové tkáni nebyla prokázána korelace. Existují také korelace mezi celkovým počtem mikroorganismů, bifidobakteriemi a enterokoky a hladinou skatolu, indolu nebo androstenonu.

Přestože byly v některých parametrech prokazatelné rozdíly, přídavek topinamburu nevykazoval rozsáhlé změny ve vybraných parametrech jatečné hodnoty. U eliminace kančího pachu se ale přídavek topinamburu prokázal jako účinný, zejména pak jeho vliv na hladinu skatolu. Při chovu nekastrovaných kanců by se tak mohlo uvažovat o suplementaci topinamburu, či jiného krmného aditiva s inulinem, který by mohl mít příznivé účinky jednak na fyzické a chemické vlastnosti kvality vepřového masa, ale měl by vliv na snižování hladin skatolu, popřípadě indolu a tím i snížené vnímání kančího pachu u konečných spotřebitelů. Tato problematika kvality vepřového masa potřebuje podrobnější informace o vlivu krmných aditiv a různých faktorů, které prokazatelně ovlivňují jejich účinnost jejich použití v chovu prasat a v produkci vepřového masa.

8 Literatura

Aaslyng MD, Broge EHDL, Brockhoff PB, Christensen RH. 2015. The effect of skatole and androstenone on consumer response towards streaky bacon and pork belly roll. Meat Science **110**: 52-61.

Agergaard N, Jensen BB. 1993. Microbial production of skatole in the digestive tract, absorption to portal vein blood and liver turnover in entire male pigs. In Proc. of the 44 th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Aarhus, Denmark, Sorensen. **2**: 330-331.

Aldal I, Andresen Ø, Egeli AK, Haugen JE, Grødum A, Fjetland O, Eikaas JLH. 2005. Levels of androstenone and skatole and the occurrence of boar taint in fat from young boars. Livestock Production Science **95(1-2)**: 121-129.

Alsing W, Claus R, Pirchner F, Willeke H. 1978. Selektionsexperiment auf Ebergeruch. Genetics Selection Evolution **10**: 148.

Aluwé M, Millet S, Bekaert KM, Tuyttens FAM, Vanhaecke L, De Smet S, De Brabander DL. 2011. Influence of breed and slaughter weight on boar taint prevalence in entire male pigs. Animal **5(8)**: 1283-1289.

Aluwé M, Langendries KCM, Bekaert KM, Tuyttens FAM, Brabander DLD, Smet SD, Millet S. 2013. Effect of Surgical Castration, Immunocastration and Chicory-Diet on the Meat Quality and Palatability of Boars. Meat Science **94**: 402–407.

Aluwé M, Aaslyng M, Backus G., Bonneau, M., Chevillon, P., Haugen, J. E., ... & Font-i-Furnols, M. 2018. Consumer acceptance of minced meat patties from boars in four European countries. Meat science **137**: 235-243.

Aluwé M, Heyrman E, Kostyra E, Żakowska-Biemans S, Almeida J, Citek J, Van den Broeke A. 2022. Consumer evaluation of meat quality from barrows, immunocastrates and boars in six countries. Animal **16(3)**: 100455.

Andresen Ø. 1976. Concentrations of fat and plasma 5α-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. Journal of Reproduction and Fertility **48**: 51-59.

Andresen Ø. 2006. Boar taint related compounds: Androstenone/skatole/other substances. Acta Veterinaria Scandinavica **48(1)**: 1-4.

Andretta I, Remus A, Franceschi CH, Orso C, Kipper M. 2021. Environmental impacts of feeding crops to poultry and pigs. In Environmental Impact of Agro-Food Industry and Food Consumption Academic Press **1**: 59-79.

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(1-2)**: 63-76.

Babol J, Squires EJ, Gullett EA. 1995. Investigation of factors responsible for the development of boar taint. Food Research International **28(6)**: 573-581.

Babol J, Squires EJ, Lundström K. 1998. Hepatic metabolism of skatole in pigs by cytochrome P4502E1. Journal of animal science **76(3)**: 822-828.

Babol J, Squires EJ, Lundström K. 1999. Relationship between metabolism of androstenone and skatole in intact male pigs. Journal of animal science **77(1)**: 84-92.

Babol J, Squires EJ. 1995. Quality of meat from entire male pigs. Food research international **28(3)**: 201-212.

Backus G, Higuera M, Juul N, Nalon E, De Briyne N. 2018. Second progress report 2015–2017 on the European declaration on alternatives to surgical castration of pigs. Brusel, Belgium.

Bakshi MPS, Wadhwa M, Makkar HP. 2016. Waste to worth: vegetable wastes as animal feed. CABI Reviews **1**: 26.

Barea R, Bilton RF, Horgan GW, Sinclair LA. 2019. The effect of diet on the feeding behavior and performance of growing pigs. Journal of Animal Science **97(5)**: 2074-2082.

Batorek N, Čandek-Potokar M, Bonneau M, Van Milgen J. 2012. Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar taint compounds in pigs. Animal **6(8)**: 1330-1338.

Bedford MR. 1995. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. Animal feed science and technology **53(2)**: 145-155.

Bee G, Chevillon P, Bonneau M. 2015. Entire male pig production in Europe. Animal Production Science **55**: 1347–1359.

Bee G, Quiniou N, Maribo H, Zamaratskaia G, Lawlor PG. 2020. Strategies to meet nutritional requirements and reduce boar taint in meat from entire male pigs and immunocastrates. Animals **10(11)**: 1950-1951.

Bekheit M, Bucur PO, Wartenberg M, Vibert E. 2017. Computerized tomography–based anatomic description of the porcine liver. Journal of Surgical Research **210**: 223-230.

Bernal Barragán H. 1992. Physiologische und nutritive Einflüsse auf die Bildung von Skatol (3-Methylindol) im Dickdarm von Schweinen, Germany.

Beyzi E, Gunes A, Beyzi SB, Konca Y. 2019. Changes in fatty acid and mineral composition of rapeseed (Brassica napus ssp. oleifera L.) oil with seed sizes. Industrial Crops Products **129**: 10–14.

Bilić-Šobot D, Čandek-Potokar M, Kubale V, Škorjanc D. 2014. Boar taint: interfering factors and possible ways to reduce it **1(1)**: 35-48. Available from https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20153209661 (*accessed March, 2024*).

Birmani MW, Nawab A, Ghani MW, Li G, Xiao M, An L. 2019. A review: Role of inulin in animal nutrition. Journal of Food Technology Research **6**: 18–27.

Black JL. 2001. Variation in nutritional value of cereal grains across livestock species. Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium **13**: 22-29.

Blanch M, Panella-Riera N, Chevillon P, Furnols MF, Gil M, Gil JM, Oliver MA. 2012. Impact of consumer's sensitivity to androstenone on acceptability of meat from entire male pigs in three European countries: France, Spain and United Kingdom. Meat Science **90(3)**: 572-578.

Bomba A, Nemcova R, Mudronova D, Guba P. 2002. The possibilities of potentiating the efficacy of probiotics. Trends in Food Science and Technology **13**:121–126.

Bonet S, Garcia E, Sepúlveda L. 2013. The boar reproductive system. Boar reproduction: fundamentals and new biotechnological trends **5**: 65-107.

Bonneau M. 1982. Compounds responsible for boar taint, with special emphasis on androstenone: a review. Livestock Production Science **9(6)**: 687-705.

Bonneau M, Carrie-Lemoine J. 1987. Genital tract development and histomorphometrical traits of the testis in the young boar: relationships with fat 5α-androstenone levels. Animal Reproduction Science **15(3-4)**: 259-263.

Bonneau M, Weiler U. 2019. Pros and cons of alternatives to piglet castration: Welfare, boar taint, and other meat quality traits. Animals **9(11)**: 884-885.

Bonos E, Christaki E, Florou-Paneri P. 2011. The sunflower oil and the sunflower meal in animal nutrition. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society **62(1)**: 58-70.

Brascamp EW. 1989. Defining the breeding goals for pig improvement. In Proc. Sepor-89, II Congr. Monografico Int. Mejora Genetica del Ganado Porcino, Lorca, Spanje **1**: 54-66.

Brinke I, Grosse-Brinkhaus C, Roth K, Proll-Cornelissen MJ, Henne H, Schellander K, Tholen E. 2020. Genomic background and genetic relationships between boar taint and fertility traits in German Landrace and Large White. BMC Genetic **21**: 61.

Brooks RI, Pearson AM.1986. Steroid hormone pathways in the pig, with special emphasis on boar odor: a review. Journal of animal science **62(3)**: 632-645.

Brossard L, Dourmad JY, Rivest J, Van Milgen J. 2009. Modelling the variation in performance of a population of growing pig as affected by lysine supply and feeding strategy. Animal **3(8)**: 1114-1123.

Brown SN, Knowles TG, Edwards JE, Warriss PD. 1999. Relationship between food deprivation before transport and aggression in pigs held in lairage before slaughter. Veterinary Record **145**: 630–634.

Burgeon C, Debliquy M, Lahem D, Rodriguez J, Ly A, Fauconnier ML. 2021. Past, present, and future trends in boar taint detection. Trends in Food Science & Technology **112**: 283-297.

Carlson JR, Breeze RG.1983. Cause and prevention of acute pulmonary edema and emphysema in cattle. Handbook of Natural Toxins **1**: 85-115.

Clarke IJ, Walker JS, Hennessy D, Kreeger J, Nappier JM, Crane JS. 2008. Inherent Food Safety of a Synthetic Gonadotropin-Releasing Factor (GnRF) Vaccine for the Control of

Boar Taint in Entire Male Pigs. The International Journal of Applied Research in Veterinaary Medicine **6**: 7–14.

Claus R, Raab S. 1999. Influences on skatole formation from tryptophan in the pig colon. Tryptophan, Serotonin, and Melatonin: Basic Aspects and Applications **1**: 679-684.

Claus R, Raab S. 2000. Influences on skatole formation from tryptophan in the pig colon. Advances in Experimental Medicine and Biology **467**: 679–684.

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(1-2)**: 115-126.

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.

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(1)**: 239-248.

Consumer evaluation of meat quality from barrows, immunocastrates and boars in six countries. Animal **16(3)**: 100455.

Cook B, Hunter RHF, Kelly ASL. 1977. Steroid-binding proteins in follicular fluid and peripheral plasma from pigs, cows and sheep. Journal of Reproduction and Fertility **51**: 65-71.

Court FG, Wemyss-Holden SA, Morrison CP, Teague BD, Laws PE, KewJ, Maddern GJ. 2003. Segmental nature of the porcine liver and its potential as a model for experimental partial hepatectomy. Journal of British Surgery **90(4)**: 440-444.

Creech BL, Spears JW, Flowers WL, Hill GM, Lloyd KE, Armstrong TA, Engle TE. 2004. Effect of dietary trace mineral concentration and source (inorganic vs. chelated) on performance, mineral status, and fecal mineral excretion in pigs from weaning through finishing. Journal of Animal Science **82(7)**: 2140-2147.

Čandek-Potokar M, Škrlep M, Zamaratskaia G. 2017. Immunocastration as alternative to surgical castration in pigs. Theriogenology **6**: 109-126.

Český statistický úřad. 2020. Soupis Hospodářských Zvířat - 1. 4. 2019. Český statistický úřad, Praha. Available from https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-hospodarskych-zvirat-k-1-4-2019 (*accessed February, 2024*).

Dalla Costa OA, Tavernari F de C, Lopes L dos S, Dalla Costa FA, Feddern V, de Lima GJMM. 2020. Performance, carcass and meat quality of pigs submitted to immunocastration and different feeding programs. Research in Veterinary Science **131**:137-145.

De Bruyn C, Ruttink T, Lacchini E, Rombauts S, Haegeman A, De Keyser E, Van Laere K. 2023. Identification and characterization of CYP71 subclade cytochrome P450 enzymes involved in the biosynthesis of bitterness compounds in Cichorium intybus. Frontiers in Plant Science **14**: 1200253

De Olivei GC, Moreira I, de Souza AL, Murakami AE, Parra ARP, Carvalho PLDO, Borile MD. 2011. Corns with different nutritional profiles on growing and finishing pigs feeding (30 to 90 kg). Asian-Australasian Journal of Animal Sciences **24(7)**: 982-992.

Deslandes B, Gariépy C, Houde A. 2001. Review of microbiological and biochemical effects of skatole on animal production. Livestock Production Science **71(2-3)**: 193-200.

Desmoulin B, Bonneau M, Frouin A, Bidard JP. 1982. Consumer testing of pork and processed meat from boars: the influence of fat androstenone level. Livestock Production Science **9(6)**: 707-715.

Doran E, Whittington FM, Wood J, Mc Giwan 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.

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(1)**: 81-92.

Doran E, Whittington FM, Wood JD, McGivan JD. 2004. Characterisation of androstenone metabolism in pig liver microsomes. Chemico-Biological Interactions **147(2)**: 141-149.

Dransfield E, Ngapo TM, Nielsen NA, Bredahl L, Sjöden PO, Magnusson M, Nute GR. 2005. Consumer choice and suggested price for pork as influenced by its appearance, taste and information concerning country of origin and organic pig production. Meat Science **69(1)**: 61-70.

Duarte DAS, Schroyen M, Mota RR, Vanderick S, Gengler N. 2021. Recent genetic advances on boar taint reduction as an alternative to castration: a review. Journal of Applied Genetics **62(1)**: 137-150.

Dunshea FR, Colantoni C, Howard K, McCauley I, Jackson P, Long KA, Lopaticki S, Nugent EA, Simons JA, Walker J. 2001. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. Journal of Animal Science **79**: 2524–2535.

Dušková D. 2021. Zahrádkářská poradna. Prima DOMA MEDIA a FTV Prima. Availabe from https://zahradkarskaporadna.cz/ (*accessed February. 2024*).

Eberlova L, Maleckova A, Mik P, Tonar Z, Jirik M, Mirka H, Palek R, Leupen S, Liska V. 2020. Porcine Liver Anatomy Applied to Biomedicine. Journal of Surgical Research **250**: 70-79.

Fernández JA, Poulsen HD, Boisen S, Rom HB. 1999. Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production: Denmark. Livestock Production Science **58(3)**: 225-242.

Fiedorowicz E, Sobotka W, Stanek M, Drazbo A. 2016. The effect of dietary protein restriction in finishing pigs on the fat content, fatty acid profile, and atherogenic and thrombogenic indices of pork. Journal of Elementology **21(3)**.

Fischer J, Wüst M. 2012. Quantitative determination of the boar taint compounds androstenone, skatole, indole, 3α-androstenol and 3β-androstenol in wild boars (Sus scrofa) reveals extremely low levels of the tryptophan-related degradation products. Food chemistry **135(4)**: 2128-2132.

Folch J, Lees M, Stanley GS. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. Journal of biological chemistry **226(1)**: 497-509.

Font-i-Furnols M. 2012. Consumer studies on sensory acceptability of boar taint: A review. Meat Science **92(4)**: 319-329.

Font-i-Furnols M, Martín-Bernal R, Aluwé M, Bonneau M, Haugen JE, Mörlein D, Mörlein D, Panella-Riera N, Škrlep M. 2020. Feasibility of on/at Line Methods to Determine Boar Taint and Boar Taint Compounds: An Overview. Animals **10(10)**:1886.

França LR, Godinho CHL. 2003. Testis morphometry, seminiferous epithelium cycle length, and daily sperm production in domestic cats (Felis catus). Biology of Reproduction **68.5**: 1554-1561.

França LR, Ogawa T, Avarbock MR, Brinster RL, Russell LD. 1998. Germ cell genotype controls cell cycle during spermatogenesis in the rat. Biology of reproduction **59(6)**: 1371-1377.

França LR, Silva Jr VA, Chiarini-Garcia H, Garcia SK, Debeljuk L. 2000. Cell proliferation and hormonal changes during postnatal development of the testis in the pig. Biology of Reproduction **63(6)**: 1629-1636

Franck A. 2002. Technological functionality of inulin and oligofructose. Br J Nutr. **87**:287–291

Fredriksen B., i Furnols, M. F., Lundström, K., Migdal, W., Prunier, A., Tuyttens, F. A., & Bonneau, M. 2009. Practice on castration of piglets in Europe. Animal **3(11)**: 1480-1487.

Friis C. 1993. Distribution, metabolic fate and elimination of skatole in the pig. In Measurement and prevention of boar taint in entire male pigs Institut National de la Recherche Agronomique **1**: 113–115.

Garrido MD, Egea M, Font-i-Furnols M, Linares MB, Peñaranda I. 2023. Consumer perception of entire male pork coated with spiced edible films as a new product to mask boar taint. Meat Science **201**: 109171.

Gatel F, Grosjean F. 1990. Composition and nutritive value of peas for pigs: a review of European results. Livestock Production Science **26(3)**: 155-175.

Gaudré D, Quiniou N. 2009. What mineral and vitamin levels to recommend in swine diets? Revista Brasileira de Zootecnia **38**: 190-200.

Goldstein JA, Faletto MB. 1993. Advances in mechanisms of activation and deactivation of environmental chemicals. Environmental health perspectives **100**: 169-176.

Goumon S, Faucitano L.2017. Influence of loading handling and facilities on the subsequent response to pre-slaughter stress in pigs. Livestock Science **200**: 6–13.

Grela ER, Semeniuk W, Czech A. 2006. Efficacy of fructooligosaccharides and mannanoligosaccharides in piglet diets. Medycyna Weterynaryjna **62**:762–765.

Grela ER, Sobolewska S, Rozinski T. 2014. Effect of inulin extracts or inulin-containing plant supplement on blood lipid indices and fatty acid profile in fattener tissues. Polish journal of veterinary sciences **17(1)**.

Grela ER, Kowalczyk-Pecka D, Hanczakowska E, Matras J. 2016. Effect of inulin and a probiotic supplement in the diet of pigs on selected traits of the gastrointestinal microbiome. Medycyna Weterynaryjna **72**:448–452.

Grela ER, Świątkiewicz M, Florek M, Bąkowski M, Skiba G. 2021. Effect of inulin source and a probiotic supplement in pig diets on carcass traits, meat quality and fatty acid composition in finishing pigs. Animals **11(8)**: 2438.

Grindflek E, Meuwissen THE, Aasmundstad T, Hamland H, Hansen MHS, Nome T, Lien S. 2011. Revealing genetic relationships between compounds affecting boar taint and reproduction in pigs. Journal of animal science **89(3)**: 680-692.

Hansen LL, Larsen AE, Jensen BB, Hansen-Møller J, Barton-Gade P. 1994. Influence of stocking rate and faeces deposition in the pen at different temperatures on skatole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. Animal Science **59(1)**: 99-110.

Hansen LL, Mejer H, Thamsborg SM, Byrne DV, Roepstorff A, Karlsson AH, Hansen-Møller, J, Jensen MT, Tuomola M. 2006. Influence of chicory roots (Cichorium Intybus L.) on boar taint in entire male and female pigs. Animal Science **82**: 359–368.

Hansen LL, Stolzenbach S, Jensen JA, Henckel P, Hansen-Møller J, Syriopoulos K, Byrne DV. 2008. Effect of Feeding Fermentable Fibre-Rich Feedstuffs on Meat Quality with Emphasis on Chemical and Sensory Boar Taint in Entire Male and Female Pigs. Meat Science **80**: 1165–1173.

Hansen-Møller J. 1994. Rapid high-performance liquid chromatographic method for simultaneous determination of androstenone, skatole and indole in back fat from pigs. Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications **661(2)**: 219-230.

Hassan AM, El-Masry MA, Abd El-Ghany M. 2012. Use of potato by-products as a feed ingredient for pig farming. Journal of Agricultural and Food Chemistry **60(47)**: 11737–11742.

Haugen JE, Brunius C, Zamaratskaia G. 2012. Review of analytical methods to measure boar taint compounds in porcine adipose tissue: The need for harmonised methods. Meat Science **90(1)**: 9-19.

Hauschild L, Pomar C, Lovatto PA. 2010. Systematic comparison of the empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs. Animal **4(5)**: 714-723.

Havlíček J, Dömeová L, Smutka L, Řezbová H, Severová L, Šubrt T, Svoboda R. 2020. Efficiency of pig production in the Czech Republic and in an international context. Agriculture **10(12)**: 597.

Hollandbeck R, Foley CM. 1964. Reproductive organs of boar and sow. Animal Sciences Department: Cooperative Extension Service Purdue University Lafayette, Indiana.

Honeyfield DC, Carlson JR. 1990. Effect of indoleacetic acid and related indoles on Lactobacillus sp. strain 11201 growth, indoleacetic acid catabolism, and 3-methylindole formation. Applied and environmental microbiology **56(5)**: 1373-1377.

Horký P. 2015. Atlas of nutrition and reproduction of breeding boars and sows. Brno: Mendel University, Brno.

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 Technoloy **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(2)**: 285-294.

Chang SY, Belal SA, Kang DR, Il Choi Y, Kim YH, Choe HS, Heo JY, Shim KS. 2018. Influence of Probiotics-Friendly Pig Production on Meat Quality and Physicochemical Characteristics. Korean Journal of Food Science and Animal Resources **38**: 403–416.

Cheng H, Liu X, Xiao Q, Zhang F, Liu N, Tang L, Jiang X. 2022. Rapeseed meal and its application in pig diet: A review. Agriculture **12(6)**: 849.

Chilliard Y, Ferlay A, Rouel J, Lamberet G. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. Journal of dairy science **86(5)**: 1751-1770.

Chu GM, Park BK. 2023. Effects of fermented carrot by-product diets on growth performances, carcass characteristics and meat quality in fattening pigs. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science **72(1-2)**: 40-48.

Chung KT, Anderson GM, Fulk GE. 1975. Formation of indoleacetic acid by intestinal anaerobes. Journal of bacteriology **124(1)**: 573-575.

Iwańska E, Mikołajczak B, Grześ B, Pospiech E. 2016. Impact of post mortem aging of pork on changes in the isoelectric point of the proteins and tenderness. Medycyna Weterynaryjna **72**: 458–462.

Jansman AJM. 2016. Health and functions of the gastrointestinal tract in pigs: Effects of functional ingredients and feed and ingredient processing. Journal of Animal Science **94(3)**: 12-21.

Jensen BB.2006. Prevention of boar taint in pig production. Factors affecting the level of skatole. Acta Veterinaria Scandinavica. **48**: 6.

Jensen BB, Jensen MT. 1998. Microbial production of skatole in the digestive tract of entire pigs. Skatole and boar taint. Roskilde. Denmark: Danish Meat Research Institute **1**: 293-304.

Jensen MT, Hansen LL. 2006. Feeding with chicory roots reduces the amount of odorous compounds in colon and rectal contents of pigs. Animal Science **82**: 369–376.

Jensen MT, Cox RP, Jensen BB. 1995. Microbial production of skatole in the hind gut of pigs given different diets and its relation to skatole deposition in backfat. Animal Science **61(2)**: 293-304.

Jensen ES, Peoples MB, Boddey RM, Gresshoff PM, Henrik H, Alves BJR, Morrison MJ. 2012. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. Agronomy for Sustainable Development **32(2)**: 329-364.

Jezierny D, Mosenthin R, Bauer E. 2010. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A review. Animal Feed Science and Technology **157(3-4)**: 111-128.

Johnson M. 2023. Fodder beet: a nutritious and cost-effective feed option for pigs. Pig Progress **39(1)**: 12-14.

Jørgensen H, Sholly D, Pedersen AØ, Canibe N, Knudsen KEB. 2010. Fermentation of cereals—Influence on digestibility of nutrients in growing pigs. Livestock Science **134(1-3)**: 56-58.

Juárez-Silva ME, Cuchillo-Hilario M, Villarreal-Delgado E, Juárez-Silva ME, Cuchillo-Hilar M, Villarreal-Delgado E. 2019. Dietary Supplementation of Inulin or Flavomycin and Type of Cut of Rabbit Meat: Changes on Fatty Acid Profile and Sensorial Characteristics. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias **10**: 552–570.

Jůzl M, Jandásek J, Odehnal J, Ingr I. 2004. Kvalitativní znaky jakosti vepřového masa u plemene Pietrain. In: MendelNet'04 Agro. 1. vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.

Kiarie E, Nyachoti CM. 2009. Alternative feed ingredients in swine diets. In Proceedings of the 32nd Saskatchewan Pork Industry Symposium **5**: 2938.

Kiczorowska B, Samolińska W, Arm A-Y, Kiczorowski P, Winiarska-Mieczan A. 2017. The natural feed additives as immunostimulants in monogastric animal nutrition–a review. Annals Animal Science **17**:605–625.

Kim JM, Lee HW. 2013. Anatomy of the pig. Symp. Korean Assoc. HBP Surg Korea **8(1)**: 129-132.

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 February, 2024*).

Lahaye L, Ganier P, Thibault, JN, Sève B. 2004. Technological processes of feed manufacturing affect protein endogenous losses and amino acid availability for body protein deposition in pigs. Animal Feed Science and Technology **113(1-4)**: 141-156.

Landero JL, Beltranena E, Zijlstra RT. 2013. Diet nutrient digestibility and growth performance of weaned pigs fed solvent-extracted Brassica juncea canola meal. Animal Feed Science and Technology **180**: 64–72

Larzul C. 2021. How to improve meat quality and welfare in entire male pigs by genetics. Animals **11(3)**: 699.

Leong J, Morel PCH, Purchas RW, Wilkinson BHP. 2011. Effects of dietary components including garlic on concentrations of skatole and indole in subcutaneous fat of female pigs. Meat Science **88**: 45–50.

Lepczyński A, Herosimczyk A, Ożgo M, Barszcz M, Taciak M, Skomiał J. 2019. Modification of ileal proteome in growing pigs by dietary supplementation with inulin or dried chicory root. Journal of Animal and Feed Sciences **28**: 177-186.

Lervik S, Oskam I, Krogenæs A, Andresen Ø, Dahl E, Haga HA, ... & Ropstad E. 2013. Androstenone and testosterone levels and testicular morphology of Duroc boars related to estimated breeding value for androstenone. Theriogenology **79(6)**: 986-994.

Li CY, Wu C, Liu JX, Wang YZ, Wang JK. 2009. Spatial variation of intestinal skatole production and microbial community in Jinhua and Landrace pigs. Journal of the Science of Food and Agriculture **89**: 639–644.

Li R, Hou G, Jiang X, Song Z, Fan Z, Hou DX, He X. 2019. Different dietary protein sources in low protein diets regulate colonic microbiota and barrier function in a piglet model. Food & Function **10(10)**: 6417-6428.

Liu X, Schmidt H, Mörlein D. 2016. Feasibility of boar taint classification using a portable Raman device. Meat Science **116**: 133-139.

Liu X, Trautmann J, Wigger R, Zhou G, Mörlein D. 2017. Fatty acid composition and its association with chemical and sensory analysis of boar taint. Food Chemistry **231**:301-308.

Loh G, Eberhard M, Brunner RM, Hennig U, Kuhla S, Kleessen B, Metges CC. 2006. Inulin alters the intestinal microbiota and short-chain fatty acid concentrations in growing pigs regardless of their basal diet. The Journal of nutrition **136(5)**: 1198-1202.

Lyberg K, Lundh T, Pedersen C, Lindberg JE. 2006. Influence of soaking, fermentation and phytase supplementation on nutrient digestibility in pigs offered a grower diet based on wheat and barley. Animal Science **82(6)**: 853-858.

Mair C, Plitzner C, Domig KJ, Schedle K, Windisch W. 2010. Impact of inulin and a multispecies probiotic formulation on performance, microbial ecology and concomitant fermentation patterns in newly weaned piglets. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition **94**: 164–177.

Marcos R, Lopes C, Malhao F, Correia-Gomes C, Fonseca S, Lima M, Rocha E. 2016. Stereological assessment of sexual dimorphism in the rat liver reveals differences in hepatocytes and Kupffer cells but not hepatic stellate cells. Journal of anatomy **228(6)**: 996-1005.

Martens SD, Tiemann TT, Bindelle J, Peters M, Lascano CE. 2012. Alternative plant protein sources for pigs and chickens in the tropics–nutritional value and constraints: a review. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS) **113(2)**: 101-123.

Marvan F, et al. 2017. Morfologie hospodářských zvířat. Česká zemědělská univerzita v Praze. Nakladatelství Brázda, Praha.

Matthews KR, Homer DB, Punter P, Béague MP, Gispert M, Kempster AJ, Bonneau M. 2000. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: III. Consumer survey in seven European countries. Meat Science **54(3)**: 271-283.

Mattioli M, Galeati G, Conte F, Seren E. 1986. Effect of 5α-androst-16-en-3-one on oxytocin release in oestrous sows. Theriogenology **25**: 399-403.

Mattioli S, Cardinali R, Balzano M, Pacetti D, Castellini C, Dal Bosco A, Frega NG. 2017. Influence of dietary supplementation with prebiotic, oregano extract, and vitamin E on fatty acid profile and oxidative status of rabbit meat. Journal of Food Quality **5**.

May T, Mackie RI, Fahey GC, Cremin JC, Garleb KA. 1994. Effect of fiber source on short-chain fatty acid production and on the growth and toxin production by clostridium difficile. Scandinavian Journal of Gastroenterology **29**:916–922.

Meier-Dinkel L, Gertheiss J, Müller S, Wesoly R, Mörlein D. 2015. Evaluating the performance of sensory quality control: The case of boar taint. Meat Science **100**:73-84.

Mik P, Tonar Z, Malečková A, Eberlová L, Liška V, Pálek R, Witter K. 2018. Distribution of connective tissue in the male and female porcine liver: histological mapping and recommendations for sampling. Journal of comparative pathology **162**: 1-13.

Moe M, Grindflek E, Doran O. 2007. Expression of 3β-hydroxysteroid dehydrogenase, cytochrome P450-c17, and sulfotransferase 2B1 proteins in liver and testis of pigs of two breeds: Relationship with adipose tissue androstenone concentration. Journal of animal science **85(11)**: 2924-2931.

Moe M, Lien S, Bendixen C, Hedegaard J, Hornshøj H, Berget I, Meuwissen TH, Grindflek E. 2008. Gene expression profiles in liver of pigs with extreme high and low levels of androstenone. BMC Veterinary Research **4**: 29-30.

Morales J, Dereu A, Manso A, De Frutos L, Piñeiro C, Manzanilla EG, Wuyts N. 2017. Surgical castration with pain relief affects the health and productive performance of pigs in the suckling period. Porcine Health Manag **3**: 18.

Mortensen HP. 1989. Influence of Breed Energy and Protein in the Feed on Skatole Content in Female Pigs, Castrates and Entire Male Pigs; Manuscript No. 837E; Danish Meat Research Institute: Roskilde, Denmark.

Munkvold GP, Arias S, Taschl I, Gruber-Dorninger C. 2019. Mycotoxins in corn: Occurrence, impacts, and management. In Corn AACC International Press **1**: 235-287.

Myrie SB, Bertolo RF, Sauer WC, Ball RO. 2008. Effect of common antinutritive factors and fibrous feedstuffs in pig diets on amino acid digestibilities with special emphasis on threonine. Journal of animal science **86(3)**: 609-619.

Nasir Z, Wang LF, Young MG, Swift ML, Beltranena E, Zijlstra RT. 2015. The effect of feeding barley on diet nutrient digestibility and growth performance of starter pigs. Animal Feed Science and Technology **210**: 287-294.

Ngapo TM, Gariepy C. 2008. Factors affecting the eating quality of pork. Critical Reviews in Food Science and Nutrition **48(7)**: 599-633.

Nicolau-Solano SI, McGivan JD, Whittington FM, Nieuwhof GJ, Wood JD, Doran O. 2006. Relationship between the expression of hepatic but not testicular 3β-hydroxysteroid dehydrogenase with androstenone deposition in pig adipose tissue. Journal of animal science **84**.(10): 2809-2812.

Nitrayová S, Heger J, Patráš P, Kluge H, Brož J. 2009. Effect of xylanase on apparent ileal and total tract digestibility of nutrients and energy of rye in young pigs. Archives of Animal Nutrition **63(4)**: 281-291.

Noblet J, Van Milgen J. 2004. Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system. Journal of Animal Science **82(13)**: 229-238.

Nocerini MR, Honeyfield DC, Carlson JR, Breeze RG. 1985. Reduction of 3-methylindole production and prevention of acute bovine pulmonary edema and emphysema with lasalocid. Journal of Animal Science **60**: 232–238.

Nørgaard JV, Fernández JA, Jørgensen H. 2012. Ileal digestibility of sunflower meal, pea, rapeseed cake, and lupine in pigs. Journal of Animal Science **90(4)**: 203-205.

Okrouhlá M, Stupka R, Čítek J, Urbanová D, Vehovský K, Kouřimská L. 2016. HPLC stanovení androstenonu, skatolu a indolu ve hřbetním tuku u prasat. Chemické listy **110(8)**: 593-597.

Okrouhlá M, Čítek J, Švejstil R, Zadinová K, Pokorná K, Urbanová D, Stupka R. 2020. The effect of dietary helianthus tuberosus L. On the populations of pig faecal bacteria and the prevalence of skatole. Animals **10(4)**: 693.

Øverland M, Kjos NP, Borg M, Skjerve E, Sørum H. 2008. Organic acids in diets for entire male pigs: Effect on skatole level, microbiota in digesta, and growth performance. Livestock Science **115(2-3)**: 169-178.

Parois SP, Prunier A, Mercat MJ, Merlot E, Larzul C. 2015). Genetic relationships between measures of sexual development, boar taint, health, and aggressiveness in pigs. Journal of Animal Science **93(8)**: 3749-3758.

Passlack, N.; Vahjen, W.; Zentek, J. 2015. Dietary inulin affects gut microbiota in sows and their suckling piglets. BMC Veterinary Research **11**: 1–8.

Pauly C, Spring P, O'Doherty JV, Kragten SA, 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(11)**: 1707-1715.

Pinart E, Puigmulé M. 2013. Factors affecting boar reproduction, testis function, and sperm quality. Pages 109-202 in Berlin, Heidelberg, editors. Boar reproduction: fundamentals and new biotechnological trends. Springer Berlin Heidelberg, Germany.

Pomar C, Hauschild L, Zhang GH, Pomar J, Lovatto PA. 2009. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. Revista Brasileira de Zootecnia **38**: 226-237.

Pond WG, Maner JH, Harris DL, Pond WG, Maner JH, Harris DL. 1991. Nutrition and Feed Formulation. Pork Production Systems. Efficient Use of Swine and Feed Resources **1**: 175-228.

Przybylski W, Jaworska D, Sałek P, Sobol M, Branicki M, Skiba G, Jankiewicz U. 2019. The effect of inulin supply to high-fat diet rich in saturated fatty acids on pork quality and profile of sarcoplasmic protein in meat exudate. Journal of animal physiology and animal nutrition **103(2)**: 593-602.

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 Experimental Metabolism **47**: 1105–1111.

Raeside JI, Christie HL, Renaud RL, Sinclair PA. 2006. The boar testis: the most versatile steroid producing organ known. Reproduction-Cambridge-Supplement **62**: 85.

Rasmussen MK, Brsunius C, Zamaratskaia G, Ekstrand B. 2012. Feeding dried chicory root to pigs decrease androstenone accumulation in fat by increasing hepatic 3β hydroxysteroid dehydrogenase expression. The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology **1**: 203-205.

Rasmussen MK, Zamaratskaia G. 2014. Regulation of porcine hepatic cytochrome p450-implication of boar taint. Computation and Structural Biotechnology Journal **11**: 106–112.

Realini CE, Duran-Montgé P, Lizardo R, Gispert M, Oliver MA, Esteve-Garcia E. 2010. Effect of source of dietary fat on pig performance, carcass characteristics and carcass fat content, distribution and fatty acid composition. Meat Science **85(4)**: 606-612.

Reece WO. 2011. Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Grada, Praha.

Remus A, Hauschild L, Pomar C. 2020. Simulated amino acid requirements of growing pigs differ between current factorial methods. Animal **14(4)**: 725-730.

Rhodes DN. 1971. Consumer testing of bacon from boar and gilt pigs. Journal of the Science of Food and Agriculture **22**: 485-490.

Rius Solé MA, García-Regueiro JA. 2001. Role of 4-phenyl-3-buten-2-one in boar taint: identification of new compounds related to sensorial descriptors in pig fat. Journal of Agricultural and Food Chemistry **49(11)**: 5303-5309.

Rius MA, Hortós M, García-Regueiro JA. 2005. Influence of volatile compounds on the development of off-flavours in pig back fat samples classified with boar taint by a test panel. Meat Science **71(4)**: 595-602.

Roberfroid MB, Van Loo JAE, Gibson GR. 1998. The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. Journal of Nutrition **128**: 11–19.

Rocha LM, Velarde A, Dalmau A, Saucier L, Faucitano L. 2016. Can the monitoring of animal welfare parameters predict pork meat quality variation through the supply chain (from farm to slaughter)? Journal of Animal Science **94**: 359–376.

Rosenvold K, Lærke HN, Jensen SK, Karlsson AH, Lundström K, Andersen HJ. 2001. Strategic Finishing Feeding as a Tool in the Control of Pork Quality. Meat Science **59**: 397–406.

Rowe SJ, Karacaören B, De Koning DJ, Lukic B, Hastings-Clark N, Velander I, Archibald AL. 2014. Analysis of the genetics of boar taint reveals both single SNPs and regional effects. BMC genomics **15**: 1-11.

Rydhmer L, Zamaratskaia G, Andersson HK, Algers B, Guillemet R, Lundström K. 2006. Aggressive and sexual behaviour of growing and finishing pigs reared in groups, without castration. Acta Agric. Scand. Sect. Applied Animal Science **56**: 109–119.

Sacheck JM, Ohtsuka A, McLary SC, Goldberg AL. 2004. IGF-I stimulates muscle growth by suppressing protein breakdown and expression of atrophy-related ubiquitin ligases, atrogin-1 and MuRF1. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism **287(4)**: 591-601.

Salgado P, Freire JP, Mourato M, Cabral F, Toullec R, Lallès JP. 2002. Comparative effects of different legume protein sources in weaned piglets: nutrient digestibility, intestinal morphology and digestive enzymes. Livestock Production Science **74(2)**: 191-202.

Salo ML Alaviuhkola T. 1980. Normal and light weight oats as feed for growing pigs. Agricultural and Food Science **52 (5)**: 435-440.

Samolińska W, Grela ER. 2017. Comparative effects of inulin with different polymerization degrees on growth performance, blood trace minerals, and erythrocyte indices in growing-finishing pigs. Biological Trace Element Research **176**:130–142.

Samolińska W, Kowalczuk-Vasilev E, Grela ER. 2018. Comparative effect of different dietary inulin sources and probiotics on growth performance and blood characteristics in growing–finishing pigs. Archives of animal nutrition **72(5)**: 379-395.

Sapkota AR, Lefferts LY, McKenzie S, Walker P. 2007. What do we feed to food-production animals? A review of animal feed ingredients and their potential impacts on human health. Environmental health perspectives **115(5)**: 663-670.

Sarlós P, Egerszegi I, Nagy S, Fébel H, Rátky J. 2011. Reproductive function of Hungarian Mangalica boars: Effect of seasons. Acta Veterinaria Hungarica **59(2)**: 257-267.

Sattler VA, Bayer K, Schatzmayr G, Haslberger AG, Klose V. 2015. Impact of a probiotic, inulin, or their combination on the piglets' microbiota at different intestinal locations. Beneficial microbes **6(4)**: 473-483.

Sellier P. 1998. Genetics of meat and carcass traits. In The Genetics of the Pig; Rothschild, M.F., Ruvinsky, A., Eds.; CAB International **1**: 463–510.

Shim SB, Verstegen MW, Kim IH, Kwon OS, Verdonk JM. 2005. Effects of feeding antibiotic-free creep feed supplemented with oligofructose, probiotics or synbiotics to suckling piglets increases the preweaning weight gain and composition of intestinal microbiota. Archives of Animal Nutrition **59**: 419–427.

Schreurs NM, Tavendale MH, Lane GA, Barry TN, Marotti DM, McNabb WC. 2003. Postprandial indole and skatole formation in the rumen when feeding white clover, perennial ryegrass and lotus corniculatus. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production **63**: 14–17.

Sinclair PA, Squires EJ, Raeside JI. 2001. Early postnatal plasma concentrations of testicular steroid hormones, pubertal development, and carcass leanness as potential indicators of taint in market weight intact male pigs. Journal of animal science **79**: 1868-1876.

Sinclair PA, Squires EJ. 2005. Testicular sulfoconjugation of the 16-androstene steroids by hydroxysteroid sulfotransferase: Its effect on the concentrations of 5α-androstenone in plasma and fat of the mature domestic boar. Journal of animal science **83(2)**: 358-365.

Sinclair PA, Gilmore WJ, Lin Z, Lou Y, Squires EJ. 2006. Molecular cloning and regulation of porcine SULT2A1: relationship between SULT2A1 expression and sulfoconjugation of androstenone. Journal of Molecular Endocrinology **36(2)**: 301-311.

Slominski BA, Boros D, Campbell LD, Guenter W, Jones O. 2004. Wheat by-products in poultry nutrition. Part I. Chemical and nutritive composition of wheat screenings, bakery by-products and wheat mill run. Canadian Journal of Animal Science **84(3)**: 421-428.

Smith J. 2023. Fodder beet as an alternative feed for pigs. Journal of Animal Science **101(1)**: 123-124.

Sobolewska S, Grela ER. 2014. The effect of inulin extraction method or powder from inulin-producing plants in fattener diets on performance, carcass traits and meat quality. Annals of Animal Science **14(4)**: 911-920.

Sobolewska S, Samolińska W, Skomiał J, Grela ER. 2014. Effect of inulin content and extract type on short-chain fatty acid concentration in the large intestine and lipid parameters in fattener blood. Medycyna Weterynaryjna **70**:296–301.

Soetan KO, Oyewole OE. 2009. The need for adequate processing to reduce the anti-nutritional factors in plants used as human foods and animal feeds: A review. African Journal of food science **3(9)**: 223-232.

Solà-Oriol D, Roura E, Torrallardona D. 2009. Feed preference in pigs: Effect of cereal sources at different inclusion rates. Journal of Animal Science **87(2)**: 562-570.

Squires EJ. 2006. Possibilities for selection against boar taint. Acta Veterinaria Scandinavica **48(1)**: 1-8.

Squires EJ, Lundstrom K. 1997. Relationship between cytochrome P450IIE1 in liver and levels of skatole and its metabolites in intact male pigs. Journal of Anim Science **75**: 2506-2511.

Squires EJ, Bone C, Cameron J. 2020. Pork production with entire males: Directions for control of boar taint. Animals **10(9)**: 1665.

Stein HH, Lagos LV, A CG. 2016. Animal Feed Science and Technology. Nutritional value of feed ingredients of plant origin fed to pigs. Available from: https://nutrition.ansci.illinois.edu/sites/default/files/AnimFeedSciTechnol218.33-69.pdf (*accessed March, 2024*).

Stupka R, Šprysl M, Čítek J.2013. Základy chovu prasat. 2. vyd. Powerprint, Praha.

Swatland HJ. 2002. On-line monitoring of meat quality. Meat processing **10**:193-212.

Szydlowska-Czerniak A. 2013. Rapeseed and its products--sources of bioactive compounds: A review of their characteristics and analysis. Critical Reviews in Food Science and Nutrition **53**: 307–330.

Škrlep M, Tomašević I, Mörlein D, Novaković S, Egea M, Garrido MD, Font-i-Furnols, M. 2020. The use of pork from entire male and immunocastrated pigs for meat products—An overview with recommendations. Animals **10(10)**: 1754.

Trautmann J, Meier-Dinkel L, Gertheiss J, Mörlein D. 2016. Boar taint detection: A comparison of three sensory protocols. Meat Science **111**:92–100.

Tullo E, Finzi A, Guarino M. 2019. Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. Science of the total environment **650**: 2751-2760.

Ulbricht TLV, Southgate DAT. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. The lancet **338(8773)**: 985-992.

Van Straaten HWM, Wensing CJG. 1978. Leydig cell development in the testis of the pig. Biology of Reproduction **18**: 86-93.

Van Wagenberg CPA, Snoek HM, Van Der Fels JB, Van Der Peet-Schwering CMC, Vermeer, HM, Heres L. 2013. Farm and management characteristics associated with boar taint. Animal **7(11)**: 1841-1848.

Verplanken K, Stead S, Jandova R, Van Poucke C, Claereboudt J, Bussche JV, De Saeger S, Takats Z, Wauters J, Vanhaecke L. 2017. Rapid evaporative ionization mass spektrometry for high-throughput screening in food analysis: The case of boar taint. Talanta **169**:30-36.

Wang W, Chen D, Yu B, Huang Z, Luo Y, Zheng P, He J. 2019. Effect of dietary inulin supplementation on growth performance, carcass traits, and meat quality in growing–finishing pigs. Animals **9(10)**: 840.

Wang W, Chen D, Yu B, Huang Z, Mao X, Zheng P, Luo Y, Yu J, Luo J, Yan H. 2020. Effects of Dietary Inulin Supplementation on Growth Performance, Intestinal Barrier Integrity and Microbial Populations in Weaned Pigs. British Journal of Nutrition **124**: 296–305.

Wang L, Hu Q, Li P, Lai C, Li D, Zang J, Ni S. 2021. Development and validation of equations for predicting the metabolizable energy value of double-low rapeseed cake for growing pigs. Animals **11**: 1168.

Weinbauer GF, Luetjens, CM, Simoni M, Nieschlag E. 2010. Physiology of testicular function. Pages 11-59 in Niechlang E. Behre HM, Nieschlan S, editors. Male reproductive health and dysfunction. Springer Berlin Heidelberg, Germany.

Wesoly R, Weiler U. 2012. Nutritional influences on skatole formation and skatole metabolism in the pig. Animals **2**: 221–242.

Wesoly R, Jungbluth I, Stefanski V, Weiler U. 2015. Pre-slaughter conditions influence skatole and androstenone in adipose tissue of boars. Meat Science **99**: 60–67.

Westmacott KL, Crew AP, Doran O, Hart JP. 2019. Novel, rapid, low-cost screenprinted (bio)sensors for the direct analysis of boar taint compounds androstenone and skatole in porcine adipose tissue: Comparison with a high-resolution gas chromatographic method. Biosensors and Bioelectronics **150**: 111837.

Wilson ME, Kevin J. 2004. Boar nutrition for optimum sperm production. Rozeboom, and Thomas D. Crenshaw **1**: 295-306.

Windig JJ, Mulder HA, Napel JT, Knol EF, Mathur PK, Crump RE. 2012. Genetic parameters for androstenone, skatole, indole, and human nose scores as measures of boar taint and their relationship with finishing traits. Journal of Animal Science. **90**: 2120–2129.

Xingfa H, Min Z, Xiaohan C, Xiaogang D, Fengyan M, Guixian B, Fanli K, Anqi H, Xianyin Z. 2019. Mechanistic insight into the role of immunocastration on eliminating skatole in boars, Theriogenology **131**:32-40.

Xue J. 1997. Raising intact male pigs for meat: Detecting and preventing boar taint. Journal of Swine health and production **5(4)**: 151-158.

Young MW, Jones JM, Brown LA, Kim JW, Wilson JL, Greiner ML, Zimmerman DR, Boyle EA. 2017. The effect of feeding a diet enriched with carrots on the antioxidant status and meat quality of finishing pigs. Journal of Animal Science **95(10)**: 4524-4534.

Zadinová K, Stupka R, Stratil A, Čítek J, Vehovský K, Lebedová N, Okrouhlá M. 2017. Association analysis of SNPs in the porcine CYP2E1 gene with skatole, indole, and androstenone levels in backfat of a crossbred pig population. Meat science **131**: 68-73.

Zamaratskaia G.2004. Factors involved in the development of boar taint Influence of breed, age, diet and raising conditions. Ph.D. Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Swedish **1**: 444-445.

Zamaratskaia Galia. 2009. Cause and possible ways to eliminate boar taint in pork. Scientific journal. Meat Technology **50(1-2)**: 43-47.

Zamaratskaia G, Squires EJ. 2009. Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. Animal **3(11)**: 1508-1521.

Zeman L, Doležal P, Kopřiva A, Mrkvicová E, Procházková J, Ryant P, Skládanka J, Straková E, Suchý P, Veselý P, Zelenka J. 2006. Výživa a krmení hospodářských zvířat. Profi Press, Praha.

Zhou Q, Tang H, Jia X, Zheng C, Huang FH, Zhang M. 2018. Distribution of glucosinolate and pungent odors in rapeseed oils from raw and microwaved seeds. International Journal of Food Properties **21**: 2296–2308.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

%	=	procento
°C	=	stupně Celsia
3β - HSD	=	enzym 3β-hydroxysteroid dehydrogenáza
A	=	androstenon
a*	=	barevný odstín
A1	=	kompletní krmná směs pro 1. fázi výkrmu/ předvýkrm
A2	=	kompletní krmná směs pro 2. fázi výkrmu
A3	=	kompletní krmná směs pro 3. fázy výkrmu
AI	=	aterogenní index
b*	=	barevný odstín
BO	=	plemeno prasat bílé ušlechtilé
cm	=	centimetr
CPD	=	cereální dieta prasat
CY2A19	=	cytochrom P450 2A19
CYP2E1	=	cytochrom P450 2E1
ČBU	=	plemeno prasat české bílé ušlechtilé
ČOS	=	časný odstav selat
DČ	=	dolní část
DKS	=	doplňková krmná směs
ES	=	Evropský parlament a Rada
g	=	gram
GML	=	obecný lineární model analýzy rozptylu
h^2	=	dědivost
HČ	=	horní část
hm	=	hmotnost
HM4	=	hlavní masité části
I	=	indol
JUT	=	jatečně upravené tělo
kg	=	kilogram
KKS	=	kompletní krmná směs
KPB	=	kompletní krmná směs pro březí prasnice
KPK	=	kompletní krmná směs pro kojící prasnice
KTJ	=	kolonie tvořící jednotku
L	=	plemeno prasat Landrace
L*	=	světlost
LW	=	plemeno prasat Large white
m	=	metr
M	=	plemeno prasat Meishan
mg	=	miligram
MJ	=	mega Joul
ml	=	mililitr
MLLT	=	*musculus longissimus lumborum et thoracis*

mm	=	milimetr
mm^2	=	milimetr čtvereční
MS	=	*musculus semitendinosus*
N	=	Newton
NADH	=	nikotinamidadenindinukleotid
NS	=	nesignifikantní
OKAŠ	=	odchov kanečků ve šlechtitelském chovu
P	=	průkaznost
RT-PCR	=	kvantitativní polymerázová řetězová reakce
S	=	skatol
SAS	=	statistický analýtický systém
SEM	=	standartní chyba průměru
SO	=	směrodatná odchylka
STE2E1	=	estrogen-sulfotransforáza STE
SULT2A1	=	sulfotransferáza 2A1
SULT2B1	=	sulfotransferáza 2B1
TI	=	trombogenní index
$\bar{x}$	=	aritmetický průměr
µg	=	mikrogram

10 Seznam obrázků, tabulek a grafů

10.1 Seznam obrázků

Obr. 1. Vývoj početních stavů prasat v České republice po vstupu do EU (tis.) (Český statistický úřad 2019). 10
Obr. 2. Znázornění drah syntézy androstenonu (5α-androst-16-en-3-on) a jeho metabolismu spolu s působícími enzymy (Squires et al. 2020). 12
Obr. 3. Znárornění syntézy skatolu (3-methyl-indol) a indolu (2,3-benzopyrol) z tryptofanu (TRP) ve střevě a jejich metabolismus v játrech ovlivňovaný enzymy v 1. a 2. fázy. Černé šipky značí známou cestu a přerušované šipky značí cestu předpokládanou (Wesoly & Weiler 2012). 14
Obr. 4. Hladiny androstenonu a skatolu i různých plemen a populací kříženců. Čtverce označují otcovské linie, kruhy označují mateřské linie a kruh kříženec (Larzul 2021). 30
Obr. 5. Kořen a květ čekanky obecné (Koníček 2016). 34
Obr. 6. Kořen a květ slunečnice topinambur (Dušková 2021). 34

10.2 Seznam tabulek

Tabulka 1. Složení KKS pro fáze výkrmu. 35
Tabulka 2. Výkrmnostní ukazatele s ohledem na výživu kanců. 38
Tabulka 3. Vybrané kvantitativní ukazatele jatečné hodnoty s ohledem na výživu kanců. 39
Tabulka 4. Vybrané kvalitativní ukazatele jatečné hodnoty s ohledem na výživu kanců. 41
Tabulka 5. Zastoupení mastných kyselin s ohledem na výživu kanců. 43
Tabulka 6. Obsah skatolu, indolu a androstenonu v hřbetním tuku s ohledem na výživu kanců. 44
Tabulka 7. Pearsonův korelační koeficient mezi vybranými ukazateli jatečné hodnoty a obsahem skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni. 50
Tabulka 8. Pearsonův korelační koeficient mezi vybranými mikroorganismy v gastroinstestinálním traktu (nultý, pátý a dvanáctý den odběru) a obsahem skatolu, indolu a androstenonu v tukové tkáni. 52

10.3 Seznam grafů

Graf 1. Grafické znázornění vlivu topinamburu v krmné dávce na celkový počet mikroorganismů v gastrointestinálním traktu. 45
Graf 2. Grafické znázornění vlivu topinamburu v krmné dávce na počet bifidobakterií v gastroinstestinálním traktu. 46
Graf 3. Grafické znázornění vlivu topinamburu v krmné dávce na počet laktobacilů v gastrointestinálním traktu. 47
Graf 4. Grafické znázornění vlivu topinamburu v krmné dávce na počet enterokoků v gastrointestinálním traktu. 48
Graf 5. Grafické znázornění vlivu topinamburu v krmné dávce na počet Escherichia Coli v gastrointestinálním traktu. 49