

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Ing. Kateřina Zadinová**

.....  
**Katedra speciální zootechniky**

**Testace mutací vybraných kandidátních genů asociovaných s hladinami  
androstenonu a skatolu**

**Testing of the mutations in selected candidate genes associated with levels  
of androstenone and skatole**

.....  
**autoreferát doktorské disertační práce**

Studijní program: P4103      Zootechnika

Studijní obor:    4103V004      Speciální zootechnika

Školitel:            **doc. Ing. Roman Stupka, CSc.**  
katedra speciální zootechniky.

Konzultant            **prof. Ing. Antonín Stratil, DrSc.**  
Ústav živočišné fyziologie a genetiky AV ČR.

Oponenti:            prof. RNDr. Aleš Knoll, Ph.D.  
prof. Ing. Václav Matoušek, CSc.  
doc. Ing. Jan Pulkrábek, CSc.

Obhajoba doktorské disertační práce se koná dne: .....  
v .....hod. na: Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v  
Praze

S doktorskou disertační prací je možno se seznámit na děkanátě FAPPZ ČZU v Praze.

**Praha 2017**

## **OBSAH**

1	PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU POZNÁNÍ.....	3
2	CÍLE PRÁCE A VĚDECKÉ HYPOTÉZY HYPOTÉZY .....	6
2.1	Cíle práce.....	6
2.2	Vědecké hypotézy .....	6
3	MATERIÁL A METODIKA .....	7
4	VÝSLEDKY A SOUHRNNÁ DISKUSE.....	9
5	ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ PRO PRAXI .....	13
6	SUMMMARY .....	14
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	16
8	SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA.....	21

# 1 PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU POZNÁNÍ

V posledních letech je věnována velká pozornost životním podmínkám a prostředí, ve kterém hospodářská zvířata žijí. Upřednostňovány jsou produkty od zvířat chovaných v prostředí splňujícím požadavky na welfare zvířat. U kanečků na výkrm se běžně provádí kastrace krátce po narození (do 7. dne), aby se zabránilo výskytu kančího pachu ve vepřovém mase. Od roku 2018 doporučuje EU v členských státech ukončit chirurgickou kastraci kanečků bez použití anestezie. Toto opatření vzniklo pod tlakem ochranných organizací s cílem zvýšit pohodu a welfare zvířat. Výkrm kanečků se v porovnání s prasničkami a vepříky jeví jako výhodnější, především díky lepší růstové intenzitě, konverzi krmiva a dosažení vyšší zmasilosti. To je dáno působením androgenů (C-19 steroidů), syntetizovaných ve varlatech. Velkým problémem je ale výskyt tzv. kančího pachu ve vepřovém mase. Kančí pach je potu a moči podobný zápach (Lee *et al.*, 2005; Strathe *et al.*, 2013a), zapříčiněný substancemi, které vznikají především v souvislosti s dosažením pohlavní dospělosti kanců (Duijvesteijn *et al.*, 2010; Zamaratskaia *et Squires*, 2009). Hlavní složky zodpovědné za vznik kančího pachu jsou androstenon (5 $\alpha$ -androst-16-en-3-on), skatol (3-methylindol) (Zamaratskaia *et Squires*, 2009), dále také indol (Grindflek *et al.*, 2011). Androstenon je jedním ze samčích pohlavních hormonů (feromonů) a skatol a indol jsou látky vzniklé při trávení. Pokud nedojde k dostatečnému zmetabolizování v játrech, ukládají se tyto látky v tukové tkáni prasat. Takto zasažené maso není většinou spotřebiteli dobře přijímáno.

## **Faktory ovlivňující výskyt kančího pachu**

Na výskyt kančího pachu má vliv řada důležitých faktorů, které můžeme rozdělit do dvou skupin - na faktory vnitřní a vnější (Zamaratskaia, 2004).

### **Vnitřní faktory**

**Geny:** V případě androstenonu se jedná především o geny rodiny CYP, dále pak o hydroxysteroid dehydrogenázy a sulfotransferázy. (Robic *et al.*, 2008 Sinclair *et al.*, 2005).

**Plemeno:** Byly nalezeny rozdílné koncentrace androstenonu a skatolu mezi čistokrevnými plemeny i mezi hybridními kombinacemi (Chen, 2007; Oskam *et al.*, 2010). Primitivnější a ranější plemena jako je Meishan mají vyšší koncentrace androstenonu a skatolu v tukové tkáni a plasmě (Whittington *et al.*, 2004).

**Pohlaví:** Kanci mají ve srovnání s vepříky a prasničkami výrazně vyšší hladinu, především androstenonu, ale i skatolu a indolu (Hansen *et al.*, 2008).

**Věk:** Koncentrace androstenonu a skatolu v tukové tkáni roste s věkem (Babol *et al.*, 2004; Zamaratskaia *et al.*, 2004).

**Hmotnost:** Hladiny androstenonu a skatolu jsou nižší u zvířat do 70 až 90 kg (Fàbrega *et al.* 2011; Zamaratskaia *et al.*, 2006).

**Funkce jater:** Játra prasat jsou schopna zmetabolizovat mnohem více androstenonu a skatolu než kolik ho vyprodukuje tělo. Přesto dochází ke kumulaci části těchto látek do tukové tkáně (Zamaratskaia, 2004).

### Vnější faktory

**Výživa:** Některé doplňky stravy mohou snižovat hladiny kančího pachu. Byl prokázán vliv čekanky resp. inulinu na pokles skatolu, bramborového škrobu, cukrové řepy nebo lupiny (Hansen *et al.*, 2008; Wesoly *et al.*, 2012).

**Systém ustájení:** Čistota kotce a přítomnost výkalů ovlivňuje hladinu skatolu a indolu u kanečků (Chen, 2007). Hladina androstenonu a skatolu je rovněž ovlivněna přítomností prasniček (Fàbrega *et al.*, 2011).

**Roční období a světelný režim:** Hladina androstenonu klesá s narůstající délkou světelného dne (Zamaratskaia, 2004).

### **Eliminace kančího pachu za pomoci metod molekulární genetiky**

V posledních letech je věnováno značné úsilí minimalizaci výskytu obou hlavních složek kančího pachu (androstenon a skatol) ve vepřovém mase. Jednou z cest je právě identifikace chromozómových oblastí, kandidátních genů a mutací (SNP – single nucleotide polymorphism) asociovaných s hladinami androstenonu a skatolu u komerčních populací prasat (kanečků). Redukce kančího pachu pomocí genetické selekce se jeví jako slibné řešení, protože koncentrace složek kančího pachu jsou středně až vysoce dědivé. Heritabilita hladiny androstenonu se pohybuje v rozmezí 0,25 – 0,87 (Oskam *et al.*, 2010) a heritabilita hladiny skatolu 0,19 – 0,54 (Robic *et al.*, 2008). Kandidátní geny mohou kódovat důležité enzymy pro metabolismus jednotlivých složek kančího pachu a právě polymorfismy v kódující oblasti těchto genů, mohou působit na hladiny těchto látek (Squires, 2006).

### Geny pro androstenon

Při syntéze androstenonu hrají klíčovou roli především geny řídící cytochrom P450C17 (*CYP17A1*), cytochrom b5 (*CYB5A*) (Davis *et al.*, 1999) a luteinizační hormon, beta polypeptid (*LHB*) (Duijvesteijn *et al.*, 2010). Lin *et al.*, (2005a) uvádějí, že mutace v genu *CYB5* významně ovlivňuje pokles hladiny androstenonu u prasat. Metabolismus androstenonu je v první fázi ovlivněn především *3βHSD* (Andresen, 2006; Duijvesteijn *et al.*, 2010; Chen,

2007), *CYP17A1* a *CYP21A2* a ve druhé fázi sulfotransferázami - *SULT2A1*, *SULT2B1* (Duijvesteijn *et al.*, 2010).

### **Geny pro skatol**

Výsledky dosavadních studií označují hlavně dva geny CYP rodiny, které mají velice významný vliv na I. fázi metabolismu skatolu v játrech. Jedná se především o *CYP2A6* a o *CYP2E1* (Diaz *et Squires*, 2000). Wiercinska *et al.*, (2012) uvádějí jako potenciálně významné regulátory metabolismu skatolu kromě *CYP2E1* také *CYP2A19* a *CYP2C49*. Významnou roli v II. fázi metabolismu skatolu hraje *SULT1A1* (Babol *et al.*, 1998).

## **Negativní vliv zkoumaných genů na užitkové vlastnosti prasat**

### **Vliv na ukazatele jatečné hodnoty**

Výkrm kanečků se jeví jako výhodnější, především díky lepší růstové intenzitě, lepší konverzi krmiva a dosažení vyšší zmasilosti díky produkci samčích pohlavních hormonů (Kim *et al.*, 2013; Lundström *et Zamaratskaia*, 2006). Vystává tedy otázka, zda při snížené produkci tohoto hormonu nedochází následně ke zhoršení výše uvedených parametrů. Ať už je to vlivem nízké hladiny androstenonu nebo negativním působením genů. Je zde obava z možného snížení růstové schopnosti prasat v důsledku využití genetické selekce proti vysokým hladinám androstenonu (Lundström *et Zamaratskaia*, 2006). Borowska *et al.*, (2014) ve své práci uvádějí *SULT1A1* jako kandidátní gen pro zmasilost prasat a významný vliv jeho SNP na tento ukazatel. Rovněž zmiňují i možný vliv tohoto genu na hladinu skatolu v tukové tkáni prasat.

### **Vliv na reprodukční ukazatele**

Hladiny androstenonu a skatolu je možné snižovat, ale je třeba vyhnout se poklesu plodnosti kanců (Strathe *et al.*, 2013a). Strathe *et al.*, (2013b) zmiňují možnost negativní korelace mezi složkami kančího pachu a ukazateli samčí plodnosti (kvalita spermatu a libido). U většiny dosud identifikovaných QTL pro hladinu androstenonu dochází zároveň k ovlivnění syntézy jiných steroidních a především pohlavních hormonů (Moe *et al.*, 2009, Grindflek *et al.*, 2011). Zmínění autoři se shodují v názoru, že je třeba provést další a podrobnější výzkumy v této oblasti, a tím přesněji potvrdit, které z genů určených k selekci proti kančímu pachu ovlivňují, a které neovlivňují ukazatele plodnosti.

## 2 CÍLE PRÁCE A VĚDECKÉ HYPOTÉZY HYPOTÉZY

### 2.1 Cíle práce

Na základě současných publikovaných zjištění o možnostech eliminace kančího pachu s využitím genetických metod byly stanoveny tyto cíle práce:

1. Identifikovat potenciální kandidátní geny ovlivňující syntézu steroidů a metabolismus androstenonu a skatolu.
2. Posoudit vliv polymorfismu vybraných kandidátních genů na hladinu androstenonu, skatolu a indolu.
3. Posoudit vliv různé hladiny androstenonu a skatolu na parametry růstu a jatečné hodnoty.

### 2.2 Vědecké hypotézy

Vzhledem ke stanoveným cílům byly v rámci disertační práce formulovány následující hypotézy:

**H1.** Syntéza a metabolismus androstenonu, skatolu a indolu jsou mimo jiné ovlivňovány geny. Geny asociované s hladinami androstenonu, skatolu a indolu se nacházejí na chromozomech, kde jsou lokalizovány QTL pro další užitkové vlastnosti prasat.

**H2.** Vybrané mutace genů, zejména z řad genů rodiny *CYP*, sulfotransferáz a monooxygenáz, průkazně ovlivňují hladinu androstenonu a skatolu v tukové tkáni prasat.

**H3.** Úroveň hladiny androstenonu a skatolu v těle prasat v závislosti na pohlaví ovlivňuje parametry růstu a jatečné hodnoty.

### 3 MATERIÁL A METODIKA

V průběhu zpracování této práce byla u zvířat - kanců vykrmovaných na testacní stanici v Ploskově u Lán Katedry speciální zootechniky ČZU v Praze - sledována hladina androstenonu, skatolu a indolu. Jednalo se o hybridní linie prasat Dx(BUxL) a ČBUx(ČBUxČL), běžně chované na výkrm a produkci vepřového masa v České republice.

Vzorky tukové tkáně pro chemické stanovení těchto látek byly odebrány při porážce, stejně jako krev, která byla použita pro izolaci DNA a stanovení genotypů u vybraných SNP metodou polymerázové řetězové reakce a polymorfismu restričních fragmentů DNA (PCR-RFLP).

Genetická analýza probíhala v laboratořích katedry speciální zootechniky ČZU v Praze a Ústavu živočišné fyziologie a genetiky AV ČR v Liběchově. Stanovení hladin androstenonu, skatolu a indolu, a rovněž hodnocení parametrů růstu a jatečné hodnoty probíhalo v laboratořích katedry speciální zootechniky a v testacní stanici v Ploskově.

Stanovení hladiny androstenonu, skatolu a indolu bylo provedeno ze vzorku tukové tkáně odebrané do 24 hodin po porážce pomocí kapalinové chromatografie dle metodiky Hansena-Møllera, (1994) - přístrojem HPLC Jasco řady 2000, Tokio, Japonsko.

Během výkrmu byly pravidelně sledovány parametry výkrmnosti a od průměrné hmotnosti 60 kg se zaznamenávala výška a plocha nejdelšího zádového svalu za účelem výpočtu procentuálního podílu masa v JUT, za použití ultrazvukového přístroje ALOKA SSD 500 se sondou UST 5011U – 3,5 MHz.

Statistické vyhodnocení získaných výsledků bylo provedeno v programu SAS 9.4.

Na základě výše stanovených cílů a vědeckých hypotéz byla práce rozdělena do tří následujících okruhů. Detailní popis metodiky jednotlivých okruhů je podrobně definován v publikacích uvedených v kapitole 4 výsledky a souhrnná diskuse.

#### **Metodický okruh I - Identifikace kandidátních genů a enzymů zapojených do syntézy a metabolismu složek kančího pachu**

Na základě znalostí o metabolismu androstenonu a skatolu byly vytipovány enzymy, které by mohly ovlivňovat syntézu či metabolismus steroidních hormonů, především androstenonu. A dále enzymy podílející se na metabolismu skatolu a indolu, případně enzymy, které by mohly nějak ovlivnit činnost bakterií trávicího traktu a tím vznik těchto dvou látek. Jak bylo zmíněno výše, činnost těchto enzymů je kromě vnějších faktorů, například výživy,

ovlivňována i geneticky. Dále byly vybrány kandidátní geny a jejich SNP mutace, které mohou působit na činnost těchto enzymů a tím ovlivňovat hladinu androstenonu, skatolu a indolu v tuku a svalovině prasat.

### **Metodický okruh II - Testace vybraných SNP a jejich vlivu na hladinu androstenonu skatolu a indolu**

Bylo testováno 6 kandidátních genů, zapojených do metabolismu androstenonu, skatolu a indolu, u kterých lze tedy očekávat vliv na hladinu těchto látek v tukové tkáni prasat: *CYP2E1, CYP17A1, SULT2B1, SULT1A1, CYB5A a MC4R*.

Pro tyto geny byly využity primery z již dříve publikovaných prací nebo byly navrženy vlastní primery pomocí programu OLIGO6. Primery a podmínky PCR reakce jsou uvedeny v tabulce 1. Výsledky PCR reakce byly kontrolovány na agarózovém gelu (1-2% - podle velikosti fragmentu). Získané PCR fragmenty byly štěpeny příslušným restrikním enzymem (tabulka 2) a opět separovány v agarózovém gelu (1-3,5%). Na základě výsledků štěpení byly u testovaných zvířat stanoveny genotypy.

### **Metodický okruh III - Vliv různé hladiny složek kančího pachu na užitkové vlastnosti prasat**

U zvířat byly z pohledu výkrmnosti sledovány v týdenních intervalech následující ukazatele:

- průměrný denní přírůstek v testu (g/den),
- v průběhu růstu spotřeba krmiva a konverze krmiva (kg).

Pro posouzení jatečné hodnoty bylo sledováno:

- hmotnost jatečně upraveného těla (JUT) (kg),
- výška hřbetního tuku (mm) v místě 1, 2 a 3,
- podíl hlavních masitých částí (%),
- hmotnost hlavních masitých částí (kg),
- hmotnost jatečných partií (kg),
- podíl jatečných partií (%),
- partie tuk – hmotnost tukového krytí včetně kůže (kg),
- partie maso – hmotnost partie bez tukového krytí (kg),
- podíl svaloviny v (%),
- měření plochy *musculus longissimus lumborum et thoracis* (MLLT).



Hodnoceny byly následující jatečné partie (plec, krkovice, pečeně, bok, kýta). Podíl svaloviny byl zjišťován pomocí přístroje Fat-o-Meater (FOM). Jatečná disekce byla provedena dle metodiky Walstry a Merkuse, (1995) 24 hodin po porážce.

## 4 VÝSLEDKY A SOUHRNNÁ DISKUSE

Výsledkem disertační práce je soubor 4 vědeckých publikací. Tyto publikace jsou zařazeny do jednotlivých metodických okruhů.

### **Okruh I - Identifikace kandidátních genů a enzymů zapojených do syntézy a metabolismu složek kančího pachu**

**Zadinová, K.,** Stupka, R., Stratil, A., Čítek, J., Vehovský, K., Urbanová, D. 2016. Boar Taint - The Effect of Selected Candidate Genes Associated with Androstenone and Skatole Levels - a Review. *Animal Science Papers and Reports*. 34 (2), 107-128.

Cílem práce bylo podat ucelený přehled o možnostech snižování hladin kančího pachu pomocí genů a jejich SNP mutací. Dále pak, na základě poznatků o vlivu jednotlivých enzymů na metabolické dráhy těchto složek, identifikovat potenciální kandidátní geny zapojené do syntézy a metabolismu androstenonu a skatolu.

Z dosud publikovaných studií vyplývá, že genotypem prasat lze částečně ovlivnit tvorbu a ukládání androstenonu, skatolu a indolu v tukové a svalové tkáni prasat. Byly ovšem prokázány rozdíly mezi jednotlivými plemeny a dokonce mezi hybridními kombinacemi. Obecně se uvádí, že prasata prošlechtěných kulturních plemen ukládají tyto složky v menší míře než většina primitivních plemen (Squires et al., 1997). U různých plemen a linií prasat existují geneticky podmíněné rozdíly v hladinách androstenonu a skatolu. Koeficienty dědivosti pro hladinu androstenonu se pohybují v rozmezí od 0,25 do 0,87. Hladiny skatolu mají hodnoty koeficientů dědivosti v rozmezí 0,19–0,54 (Oskam et al., 2010; Robic et al., 2008). Znamená to, že v populaci prasat se vyskytují jedinci s různě vysokým potenciálem pro jednotlivé úrovně těchto látek.

Z uvedené práce je zřejmé že, hladinu androstenonu a skatolu ovlivňuje větší počet genů, z nichž některé působí jen na hladinu androstenonu, některé jen na hladinu skatolu a indolu, a v případě některých genů se uvažuje o nepřímém vlivu na všechny výše uvedené substance (Wiercinska et al., 2012). V případě androstenonu patří mezi nejčastěji zmiňované geny *CYP17A1* (Lin et al., 2005b), *CYB5A* (Lin et al., 2005a), dále pak sulfotransferázy *SULT2A1* (Sinclair et al., 2006) a *SULT2B1* (Zamaratskaia et al., 2012) a hydroxysteroid dehydrogenázy

zvláště *HSD3B1* a *HSD17B7* (Doran et al., 2004). Na hladinu skatolu a zároveň indolu pak působí *CYP2E1* (Lin et al., 2006; Morlein et al., 2012) a *SULT1A1* (Lin et al., 2004).

Na základě těchto poznatků lze říci, že selekce proti kančímu pachu na základě výskytu jednotlivých SNP je částečně možná. Je ale nutné brát v úvahu možná rizika pro reprodukční a užitkové vlastnosti prasat.

Urbanová, D., Stupka, R., Okrouhlá, M., Čítek, J., Vehovský, K., **Zadinová, K.** 2016. Nutritional effects on boar taint in entire male pigs: a review. *Scientia Agriculturae Bohemica*. 47 (4), 154-163.

Cílem této práce bylo popsat vliv výživy prasat, především specifický doplněk na metabolismus androstenonu a skatolu u prasat a na výslednou hladinu těchto složek v tukové a svalové tkáni prasat.

Hlavní složkou, kterou lze tento nežádoucí jev u masa nekastrovaných jedinců pomocí výživy eliminovat je skatol. Jelikož skatol je produkt degradace L-tryptofanu v trávicím traktu prasat. Hlavním zdrojem tryptofanu je buněčný odpad výstelky tenkého střeva. Proto je cílem tento odpad co nejvíce omezit právě pomocí výživy. Jedním z krmných doplňků, o kterém se uvažuje, je bramborový škrob. Ten ovlivňuje tvorbu kys. mléčné, která následně snižuje odumírání střevních buněk, a tím i množství buněčného odpadu ve střevech. U zvířat, kterým byl podáván bramborový škrob, došlo k redukci skatolu v tlustém střevě, krevní plazmě i tuku (Claus et al., 2003; Losel et al., 2006).

Další možností jak snížit hladinu složek kančího pachu je prostřednictvím vlivu diety na činnost cytochromů v souvislosti s expresí cytochromových genů a následnou aktivitou enzymů, které se podílejí na metabolismu skatolu a androstenonu. Konkrétně se jedná o cytochrom P450, a jeho skupinu proteinů, které hrají, jakožto enzymy, zásadní roli v bioaktivaci a detoxikaci organismu od látek xenobiotického původu (Guengerich, 2008).

## **Okruh II - Testace vybraných SNP a jejich vlivu na hladinu androstenonu skatolu a indolu**

**Zadinová, K.**, Stupka, R., Stratil, A., Čítek, J., Vehovský, K., Lebedová, N., Šprysl, M., 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.

Cílem bylo prokázat vliv vybraných SNP mutací u prasečího genu *CYP2E1* na hladinu složek kančího pachu. U zkoumané populace prasat byly testovány známé mutace v genu *CYP2E1* na hladinu skatolu, indolu a také androstenonu. Ačkoliv *CYP2E1* působí především na hladinu skatolu a indolu, tedy metabolismus těchto složek v játrech, je nutné zabývat se i jeho vlivem na hladinu androstenonu. Už v dřívějších studiích byly popsány pozitivní korelace mezi hladinami androstenonu a skatolu.

U sledované populace prasat hybridní kombinace ČBUs x (ČLs x ČBUD). Byl zjištěn statisticky průkazný vliv na hladinu indolu u všech tří sledovaných mutací g.2412C>T, c.1422C>T, c.1423G>A. Nebyl sice zaznamenán statisticky průkazný vliv na hladinu skatolu, nicméně u genotypů sledovaných mutací byl zaznamenán stejný trend jako v případě indolu. Stejná situace byla i v případě androstenonu.

V případě mutace g.2412C>T zvířata s genotypem *TT* měla nejnižší hodnoty skatolu oproti genotypu *CT* a *CC*, ale zde nebyl tento vztah statisticky významný. Hladina indolu u kříženců však významně ovlivněna byla. Zvířata s genotypem *TT* měla opět nejnižší koncentraci indolu v tuku. To je ve shodě se závěry Mörlein et al., (2012), kteří rovněž potvrzují signifikantní vliv genotypu *CC* na zvýšení hladiny skatolu a indolu.

Lin et al., (2006) a Moe et al., (2009), popisují signifikantní vliv c.1423 G>A na hladinu skatolu. Lin et al., (2006) našel asociaci alely *A* se zvýšenou hladinou skatolu v tuku prasat. Moe et al., (2009) oproti tomu uvádějí pozitivní efekt alely *A* na hladinu skatolu a rovněž na hladinu indolu u populace prasat plemene duroc i u populace prasat plemene norské landrace. Avšak studie Skinner et al., (2005), nenachází významné asociace mezi hladinou skatolu a testovanou mutací u dánské komerční populace, která byla testována pro asociace s hladinou skatolu v tuku prasat. V naší testované populaci (ČBUs x (ČLs x ČBUD)) byl rovněž pozorován významný vliv na hladinu indolu ( $P < 0,05$ ), kdy nejnižší koncentrace indolu byla zaznamenána u genotypu *AA* a nejvyšší u genotypu *GG*. Rozdílné výsledky mohou být zapříčiněny jednak rozdílnými populacemi prasat, jednak přítomností synonymní mutace (c.1422C>T) v exonu 9, která nebyla brána v úvahu ve zmiňovaných pracích Lin et al., (2006) a Skinner et al., (2005).

Výsledky této studie ukazují, že SNP: c.1423G>A; c.1422C>T; c.1502G>T a g.2412 C>T detekované v prasečím genu *CYP2E1* mají vliv na hladinu kančího pachu, především pak indolových sloučenin.

### Okruh III - Vliv různé hladiny složek kančího pachu na užitkové vlastnosti prasat

Stupka, R., Čítek, J., Vehovský, K., **Zadinová, K.**, Okrouhlá, M., Urbanová, D., Stádník, L. 2017. Effects of immunocastration on growth performance, body composition, meat quality and boar taint. Czech Journal of Animal Science. 62 (6), 249-258.

Cílem práce bylo zhodnotit vliv imunokastrace na ukazatele výkrmnosti, utváření jatečných těl, kvalitu masa a eliminaci výskytu kančího pachu oproti vykrmovaným kanečkům, vepříkům a prasničkám v období mezi první a druhou vakcinací a následně mezi druhou vakcinací a porážkou.

Mezi sledovanými skupinami nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v živé hmotnosti. Při hodnocení průměrného denního přírůstku lze konstatovat, že se neprojevil vliv doby vakcinace na změnu intenzity růstu u imunokastrátů oproti ostatním sledovaným skupinám s výjimkou vepřίκů. Nejvyšší přírůstek za období testu byl zjištěn u vepřίκů (1193 g), dále u imunokastrátů a prasniček (1181 g), a nejnižší pak u skupiny kanečků (1169 g). Ke shodným výsledkům došli ve svých studiích rovněž Pauly *et al.*, (2008) a D'Souza *et Mullan*, (2002). Někteří autoři (Dostálová *et Koucký*, 2008, Škrlep *et al.*, 2012) naopak prokázali příznivější výsledky u kanečků oproti ostatním skupinám. Tyto rozdíly mohou ovšem souviset se sledovanou hybridní kombinací prasat či systémem ustájení. Je rovněž nutno počítat s výskytem agresivního pohlavního chování kanců, které má vliv na příjem krmiva. S poklesem pohlavních hormonů po 2. vakcinaci toto chování mizí a u zvířat stoupá spotřeba krmiva, a tím i průměrný denní přírůstek.

Lze také říci, že se u imunokastrátů neprojevil negativní vliv 2. vakcinace na sledované finální ukazatele jatečné hodnoty v porovnání s nekastrovanými kanečkami a prasničkami. Oproti tomu vepřici dosahovali horších ukazatelů ve srovnání s ostatními sledovanými skupinami. U sledovaných ukazatelů charakterizujících kvalitu vepřového masa nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly, a to jak u pH, barvy masa, ztrát odkapem, síly stříhu a podílu intramuskulárního tuku. Dosažené hodnoty u imunokastrátů se velmi přibližovaly zjištěným hodnotám u kanečků a prasniček.

Metoda kastrace měla statisticky průkazný vliv na obsah androstenonu a skatolu v tukové tkáni prasat, který se zjišťoval po porážce. Nejvyšších hodnot dosahovali nekastrovaní kanečci, potom imunokastráti a téměř shodných hodnot dosáhli prasničky a vepřici. Tyto výsledky potvrzují i Doran *et al.*, (2012) a Zamaratskaia *et al.*, (2008b).

Z výsledků této studie je zřejmé, že při hodnocení vybraných ukazatelů nebyly zjištěny průkazné rozdíly mezi imunokastráty, kanečky a prasničkami, ale byly zjištěny rozdíly mezi vepříky a ostatními skupinami.

## 5 ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Vzhledem k blížícímu se zákazu chirurgické kastrace bez anestezie, která byla doposud jednou z hlavních metod, jak zabránit nepříjemnému kančímu pachu, je třeba hledat nové cesty jak řešit tento problém. Protože nepříjemný zápach kančího masa je způsoben několika různými substancemi - androstenonem, skatolem a indolem, není jeho odstranění jednoduché.

- Byly identifikovány geny, které řídí činnost enzymů, především CYP2E1, ale i sulfotransferázy SULT2A1, SULT2B1, SULT1A1, hydroxysteroid dehydrogenázy, zvláště HSD3B1 a HSD17B7. Jak vyplývá z předkládaných prací činnost těchto enzymů je možno částečně ovlivnit genetickou selekcí.
- V případě genu *CYP2E1* byly identifikovány SNP především v promotorové oblasti (g.2412 C>T) a v exonu 9 (c.1423G>A; c.1422C>T), které průkazně ovlivňují hladinu indolu a částečně skatolu v tukové tkáni kanců.
- U polymorfismů g.2412 C>T a c.1422C>T byl statisticky průkazný vliv na hladinu indolu u testované hybridní populace prasat. Jedinci s genotypem *TT* (g.2412 C>T) a *CC* (c.1422C>T) mají průkazně nižší hladinu indolu oproti ostatním genotypům. Nebyl však prokázán vzájemný vztah mezi těmito SNP, alespoň ne u této testované populace.
- Další možností jak snížit intenzitu kančího pachu je prostřednictvím výživy, respektive krmných doplňků. Ty mohou jednak ovlivnit množství tzv. buněčného odpadu, který je zdrojem L-tryptofanu.
- V této souvislosti je vhodné sledovat vliv výživy na expresi výše zmíněných cytochromových genů především *CYP2E1*.
- Bylo prokázáno, že rozdílná hladina androstenonu a skatolu v případě porovnávání různých metod kastrace - chirurgická kastrace, imunokastrace nebo výkrm kanečků, nemusí výrazně ovlivňovat parametry růstu a jatečné hodnoty ani ukazatele kvality masa.
- V případě využití genetické selekce je ale třeba intenzivněji se zabývat vlivem genů na ukazatele výkrmnosti a jatečné hodnoty, jelikož některé kandidátní geny, které by mohly být využity pro šlechtění proti kančímu pachu, se nacházejí na chromozomech, kde jsou i geny pro ukazatele jatečné hodnoty a kvalitu masa (SSC4, SSC6).

- Rovněž je třeba brát v úvahu vliv na reprodukci kanců. Některé geny (např. *HSD17B7*) zapojené do syntézy androstenonu se podílejí i na syntéze testosteronu a dalších pohlavních hormonů a jejich pokles by byl u kančí populace nežádoucí.
- Vzhledem k získaným poznatkům je třeba pečlivě vybírat geny a SNP pro případnou selekci zvířat.
- Předmětem dalších studií by měly být rovněž rozdíly mezi jednotlivými plemeny a hybridními populacemi prasat.
- Na základě zjištěných výsledků se jeví jako vhodná kombinace více metod pro odstranění kančího pachu nebo zabránění jeho vzniku. Například výběr populace zvířat s vhodným genotypem a využití přídatku krmného aditiva.

## 6 SUMMARY

Androstenone and skatole are the two main components causing the so-called boar taint. These substances increasingly accumulate in the adipose tissue after reaching sexual maturity. For this reason, boars are less frequently used for pork production. To prevent boar taint, male piglets for meat production are usually surgically castrated without anaesthesia shortly after birth in some countries, which is unacceptable because of animal welfare and detrimental health effects. It has been recommended that surgical castration of pigs should be abandoned by 2018 in the EU. Another way how to reduce the boar taint is the identification of candidate genes and SNPs (single nucleotide polymorphisms) that affect the androstenone and skatole levels in the adipose tissue of pigs.

The aim of this thesis was to identify potential candidate genes influencing synthesis of steroids hormone and androstenone and skatole metabolism. Further assess the influence of polymorphisms of selected candidate genes on the level of androstenone, skatole and indole. And evaluate the effect of different levels of androstenone and skatole on growth performance and carcass value.

The analysis was performed in a commercial crossbred population of Czech Large White × (Czech Large White × Czech Landrace), denoted CLWS × (CLWD×CLD) and Duroc × (Large White × Landrace). All pigs were maintained in a testing station in Ploskov. Blood samples for DNA isolation from the experimental crossbred pigs were collected at slaughter and were stored at -20 °C. Backfat samples in the neck region were taken 24 h after slaughter. PCR primers were designed using the OLIGO 6 program. PCR-RFLP analysis was used to genotype four polymorphisms in selected genes. Skatole, indole, and androstenone levels were measured in backfat samples using high-performance liquid chromatography (LC-

2000Plus HPLC system, Jasco, Tokyo, Japan) according to the method of Hansen-Møller (1994). In order to obtain the data describing the growth characteristics, carcass value and meat quality of the tested animals. The analysis was performed using the general linear models (GLM) procedure in SAS (Statistical Analysis System, Inst. Version 9.4, 2012, SAS Institute, Cary, NC, USA).

Several genes and their SNPs that significantly influence the levels of androstenone (*CYP17A*, *CYP5*, *CYP21*, *SULT2A1*, *SULT2B1*, *HSD3B*) and skatole and indole (*CYP2E1*, *CYP2A6*, *SULT1A1*) were identified.

The level of skatole and indole can be effectively eliminated by nutrition. There is relatively new publicity around the possible effect of diet on cytochrome activity in relation to cytochrome gene expression and the enzyme activity which participates in skatole and androstenone metabolism. This concerns cytochrome P450 and its group of proteins Fibre, inulin, and raw potato starch have a positive effect on protein expression.

During the research was carried out analyse associations of four single nucleotide polymorphisms (SNPs) in the porcine *CYP2E1* gene with skatole, indole, and androstenone levels. - g.2412C > T, c.1422C > T, c.1423G > A and c.\*14G > T. SNPs g.2412C > T, c.1422C > T, and c.1423G > A were associated with the levels of indole compounds in adipose tissue of boars. Favourable alleles were T, C, and A, respectively. None associations with androstenone and skatole were observed. Associations between SNPs and indole compounds should be studied in other commercial populations of boars to verify the favourable alleles and genotypes.

The overall assessment of growth performance shows that there have been no differences between the groups of immunocastrated males, uncastrated boars, and and gilts. On the other hand, significant differences between surgically castrated barrows and the other groups were observed. It can also be stated that immunocastrated males group pigs showed no negative effects from the second vaccination as measured by the final carcass value indicators. Regarding the indicators characterizing pork meat quality, no significant differences in pH, meat colour, drip loss, shear force, or intramuscular fat proportion were found.

Based on the results a combination of several methods to remove or prevent the occurrence of boar taint seems appropriate. For example, selecting a population of pigs with a suitable genotype and using feed additives.

## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Andresen, Ø. 2006. Boar taint related compounds: Androstenone/skatole/other substances. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 48(Suppl 1):S5.
2. Babol, J., Squires, E. J., Lundstrom, K. 1998a. Relationship between oxidation and conjugation metabolism of skatole in pig liver and concentrations of skatole in fat. *Journal of Animal Science*. 76, 829-838.
3. Babol, J., Squires, J., Lundstrom, K. 1998. Hepatic metabolism of skatole in pigs by cytochrome P450E1. *Journal of Animal Science*. 76, 822-828.
4. Borowska, A., Szwaczkowski, T., Koćwin-Podsiadła, M., Kamiński, S., Ruść, A., Krzęcio-Nieczyporuk, E. 2014. Associations of fifty single nucleotide polymorphisms within candidate genes with meatness in pigs. *Czech Journal of Animal Science*. 59 (5), 227-237.
5. Claus, R., Losel, D., Lacorn, M., Mentschel, J., Schenkel, H. 2003. Effects of butyrate on apoptosis in the pig colon and its consequences for skatole formation and tissue accumulation. *Journal of Animal Science*. 81, 239–248.
6. Chen, G. 2007. Physiological and Biochemical Factors Responsible for Boar Taint. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. 53s.
7. Diaz, G. J., Squires, E. J. 2000. Metabolism of 3-methylindole by porcine liver microsomes: Responsible cytochrome P450 enzymes. *Toxicological Sciences*. 55, 284-292.
8. Doran, E., Whittington, F. A., Wood, J. D., McGivan, J. D. 2004. Characterisation of androstenone metabolism in pig liver microsomes. *Chemico-Biological Interactions*. 147, 141-149.
9. Doran, E., Whittington, F. W., Wood, J. D., McGivan, J. D. 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.
10. Dostálová, A., Koucký, M. (2008). Výkrm kanečků v podmínkách ekologického zemědělství. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha-Uhřetěves, Metodika, 46s
11. D'Souza, D.N., Mullan, B.P. (2002). The effect of genotype, sex and management strategy on the eating quality of pork. *Meat Science*. 60, 95 –101.
12. Duijvesteijn, N., Knol, E. F., Merks, J. W. M., Crooijmans, R., Groenen, M. A. M.,



- Bovenhuis, H., Harlizius, B. 2010. A genome-wide association study on androstenone levels in pigs reveals a cluster of candidate genes on chromosome 6. *BMC Genetics*. 11.
13. Fàbrega, E., Gispert, M., Tibau, J., Hortós, M., Oliver, M. A., Font i Furnols, M. 2011. Effect of housing system, slaughter weight and slaughter strategy on carcass and meat quality, sex organ development and androstenone and skatole levels in Duroc finished entire male pigs, *Meat Science*. 89, 434–439.
  14. Guengerich, F. P., 2008. Cytochrome P450 and chemical toxicology. *Chemical Research in Toxicology*. 21, 70–83.
  15. Grindflek, E., Lien, S., Hamland, H., Hansen, M. H. S., Kent, M., van Son, M., Meuwissen, T. H. E. 2011. Large scale genome-wide association and LDLA mapping study identifies QTLs for boar taint and related sex steroids. *BMC Genomics*. 12.
  16. Hansen-Møller, J. 1994. Rapid high-performance liquid-chromathography method for simultaneous determination of androstenone, skatole and indole in back fat from pigs. *Journal of Chromatography B-Biomedical Applications*. 661, 219-230.
  17. Hansen, L. L., Stolzenbach, S., Jensen J. A., Henckel, P., Hansen-Møller, J., Syriopoulos, K., Byrne, D. V. 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.
  18. Kim, J. M., Ahn, J. H., Lim, K. S., Lee, E. A., Chun, T., Hong, K. C. 2013. Effects of hydroxy-delta-5-steroid dehydrogenase, 3 beta- and steroid delta-isomerase 1 polymorphisms on fat androstenone level and gene expression in Duroc pigs. *Animal Genetics*. 44, 592-595.
  19. Lee, G. J., Archibald, A. L., Law, A. S., Lloyd, S., Wood, J., Haley, C. S. 2005. Detection of quantitative trait loci for androstenone, skatole and boar taint in a cross between Large White and Meishan pigs. *Animal Genetics*. 36, 14-22.
  20. Lin, Z. H., Lou, Y. P., Peacock, J., Squires, E. J., 2005a. A novel polymorphism in the 5' untranslated region of the porcine cytochrome b5 (*CYB5*) gene is associated with decreased fat androstenone level. *Mammalian Genome* 16, 367-373.
  21. Lin, Z. H., Lou, Y. P., Squires, E. J. 2005b. Identification of a single nucleotide polymorphism in porcine testis cytochrome P450-c17 (*CYP17*) and its effect on steroidogenesis. *Biochemical Genetics*. 43, 531-542.
  22. Lin, Z.H., Lou, Y.P., Squires, E.J. 2004. Molecular cloning and functional analysis

- of porcine *SULT1A1* gene and its variant: a single mutation *SULT1A1* causes a significant decrease in sulfation activity. *Mammalian Genome*. 15, 218-226.
23. Lin, Z. H., Lou, Y. P., Squires, E. J. 2006. Functional polymorphism in porcine CYP2E1 gene: Its association with skatole levels. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. 99, 231-237.
  24. Losel, D., Lacorn, M., Buttner, D., Claus, R. 2006. Flavor improvement in pork from barrows and gilts via inhibition of intestinal skatole formation with resistant potato starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54, 5990–5995.
  25. Lundström, K., Zamaratskaia, G. 2006. Moving towards taint-free pork – alternatives to surgical castration. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 48(Suppl 1), S1.
  26. Moe, M., Grindflek, E., Doran, O. 2007a. Expression of 3 beta-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, 2924-2931.
  27. Moe, M., Lien, S., Aasmundstad, T., Meuwissen, T. H. E., Hansen, M. H. S., Bendixen, C., Grindflek, E. 2009. Association between SNPs within candidate genes and compounds related to boar taint and reproduction. *BMC Genetics*. 10.
  28. Morlein, D., Lungershausen, M., Steinke, K., Sharifi, A. R., Knorr, C. 2012. A single nucleotide polymorphism in the CYP2E1 gene promoter affects skatole content in backfat of boars of two commercial Duroc-sired crossbred populations. *Meat Science*. 92, 739-744.
  29. Oskam, I. C., Lervik, S., Tajet, H., Dahl, E., Ropstad, E., Andresen, O. 2010. Differences in testosterone, androstenone, and skatole levels in plasma and fat between pubertal purebred Duroc and Landrace boars in response to human chorionic gonadotrophin stimulation. *Theriogenology*. 74, 1088-1098.
  30. Pauly, C., Spring, P., O'Doherty, J. V., Ampuero Kragten, S., Bee, G. (2008). Performances, meat quality and boar taint of castrates and entire male pigs fed a standard and a raw potato starch-enriched diet. *Anim*, 2 (11), 1707–1715.
  31. Robic, A., Larzul, C., Bonneau, M. 2008. Genetic and metabolic aspects of androstenone and skatole deposition in pig adipose tissue: A review. *Genetics Selection Evolution*. 40, 129-143.
  32. Sinclair, P. A., Gilmore, W. J., Lin, Z., Lou, Y., Squires, E. J. 2006. Molecular cloning and regulation of porcine SULT2A1: relationship between SULT2A1 expression and sulfoconjugation of androstenone. *Journal of Molecular*

- Endocrinology. 36, 301-311.
33. Skinner, T. M., Anderson, J. A., Haley, C. S., Archibald, A. L. 2006. Assessment of SULT1A1, CYP2A6 and CYP2C18 as candidate genes for elevated backfat skatole levels in commercial and experimental pig populations. *Animal Genetics*. 37, 521-522.
  34. Skinner, T. M., Doran, E., McGivan, J. D., Haley, C. S., Archibald, A. L. 2005. Cloning and mapping of the porcine cytochrome-p450 2E1 gene and its association with skatole levels in the domestic pig. *Animal Genetics*. 36, 417-422.
  35. Squires, E. J. 2006. Possibilities for selection against boar taint. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 48(Suppl 1), S8.
  36. Strathe, A. B., Velandar, I. H., Mark, T., Kadarmideen, H. N. 2013a. Genetic parameters for androstenone and skatole as indicators of boar taint and their relationship to production and litter size traits in Danish Landrace. *Journal of Animal Science*. 91, 2587-2595.
  37. Strathe, A. B., Velandar, I. H., Mark, T., Ostersen, T., Hansen, C., Kadarmideen, H. N. 2013b. Genetic parameters for male fertility and its relationship to skatole and androstenone in Danish Landrace boars. *Journal of Animal Science*. 91, 4659-4668.
  38. Škrlep, M., Batorek, N., Bonneau, M., Prevolnik, M., Kubele, V., ČandekPotokar, M. (2012). Effect of immunocastration in group-housed commercial fattening pigs on reproductive organs, malodorous compounds, carcass and meat quality. *Czech Journal of Animal Science*. 57 (6), 290–299.
  39. Van den Broeke, A., Aluwé, M., Tuytens, F. A. M., Ampe, B., Vanhaecke, L., Wauters, J., Janssens, S., Coussé, A., Buys, N., Millet, S. 2015a. An intervention study demonstrates effects of MC4R genotype on boar taint and performances of growing–finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 93, 934–943.
  40. Walstr, P., Merkus, G. S. M. 1995. Procedure for assessment of the lean meat percentage as a consequence of the new EU reference dissection method in pig carcass classification. DLO- Research Institut for Animal Science and Health Research Branch. Zeist. The Netherlands. 22.
  41. Wesoly, R., Weiler, U. 2012. Nutritional influences on skatole formation and skatole metabolism in the pig. *Animals*. 2, 221-242.
  42. Whittington, F. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., McGivan, J. D., Lean, I. J., Wood, J. D., Doran, E. 2004. Relationships between skatole and androstenone accumulation, and cytochrome P4502E1 expression in Meishan x Large White pigs. *Meat Science*.

67, 569-576.

43. Wiercinska, P., Lou, Y., Squires, E. J. 2012. The roles of different porcine cytochrome P450 enzymes and cytochrome b5A in skatole metabolism. *Animal*. 6, 834-845.
44. Zamaratskaia, G. 2004. Factors involved in the development of boar taint: Influence of breed, age, diet and raising conditions. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. Sweden. 50s.
45. Zamaratskaia, G., Babol, J., Andersson, H., Lundstrom, K. 2004. Plasma skatole and androstenone levels in entire male pigs and relationship between boar taint compounds, sex steroids and thyroxine at various ages. *Livestock Production Science*. 87, 91-98.
46. Zamaratskaia, G., Rydhmer, L., Andersson, H.K., Chen, G., Lowagie, S., Andersson, K., et al., 2008b. Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac™, on hormonal profile and behaviour in pigs. *Animal Reproduction Science*. 108, 37–48.
47. Zamaratskaia, G., Rydhmer, L., Chen, G., Madej, A., Andersson, H. K., Lundstrom,
48. Zamaratskaia, G., Squires, E. J. 2009. Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. *Animal*. 3, 1508-1521.
49. Zamaratskaia, G., Stefanovic, S., Lundstrom, K., Doran, O. 2012. Expression of the hepatic skatole- and androstenone-metabolising enzymes in entire male pigs of two live weights. *Livestock Science*. 145, 124-130.

## 8 SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

### *Vědecké publikace s IF:*

**Zadinová, K.**, Stupka, R., Stratil, A., Čítek, J., Vehovský, K., Lebedová, N., Šprysl, M., 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.

**Zadinová, K.**, Stupka, R., Stratil, A., Čítek, J., Vehovský, K., Urbanová, D. 2016. Boar Taint - The Effect of Selected Candidate Genes Associated with Androstenone and Skatole Levels - A Review. *Animal Science Papers And Reports*. 34 (2), 107-128.

Stupka, R., Čítek, J., Vehovský, K., **Zadinová, K.**, Okrouhlá, M., Urbanová, D., Stádník, L. 2017. Effects of immunocastration on growth performance, body composition, meat quality and boar taint. *Czech Journal of Animal Science*. 62 (6), 249 - 258.

### *Vědecké recenzované publikace:*

Urbanová, D., Stupka, R., Okrouhlá, M., Čítek, J., Vehovský, K., **Zadinová, K.** 2016. Nutritional effects on boar taint in entire male pigs: a review. *Scientia Agriculturae Bohemica*. 47 (4), 154-163.

### *Příspěvky z konferencí publikované ve sbornících:*

Lebedová, N., Stupka, R., Čítek, J., **Zadinová, K.** 2017. Vliv utváření svalových vláken na kvalitu vepřového masa. Sborník: Mezinárodní vědecká konference : Kvalita masa, 1-2.6.2017, Nitra119-122.

Čítek, J., Stupka, R., Němečková, D., **Zadinová, K.**, Vehovský, K., Okrouhlá, M., Stádník, L. 2015. Boar semen quality determination using thermoresistant test. In: *Reproduction in Domestic Animals, Special Issue: Proceedings of the 19th Annual Conference of the European Society for Domestic Animal Reproduction (ESDAR)*. 16.09.2015, Varna, Bulgaria. Varna, Bulgaria, 2015, 48-48.

Vehovský, K., Stupka, R., Čítek, J., **Zadinová, K.**, Okrouhlá, M., Šprysl, M., Stádník, L. 2015. Effect of the gilts body condition on their lifetime reproduction potential. In *Reproduction in Domestic Animals, Special Issue: Proceedings of the 19th Annual Conference of the European Society for Domestic Animal Reproduction (ESDAR)* 17.09.2015, Albena, Bulgaria. Nj USA: Wiley-Blackwell, 111 River St, Hoboken 07030-5774, Nj USA, 2015, s. 35-35.

Vaňhara, J., Vašek, J., **Zadinová, K.**, Vehovský, K., Smola, J. 2014. Řešení zdravotní problematiky odstavovaných selat v produkčních chovech prasat. Sborník: Mezinárodní konference DPS studentů, 2.10.2014, VFU Brno, 115-118.

### ***Příspěvky z konferencí***

Bureš, D., Čítek, J., Bartoň, L., Lebedová, N., **Zadinová, K.**, Kudrnáčová, E., Stupka, R. 2016. The effect of feeding Jerusalem artichoke on sensory properties of meat from musculus longissimus lumborum of entire male pigs. Eurosence, 7th European conference on sensory and consumer research, 11-14th September, Dijon-France, s. 1.

### ***Odborné publikace:***

Lebedová, N., **Zadinová, K.**, Stupka, R., Čítek, J. 2017. Co ovlivňuje charakteristiky svalových vláken?. *Náš chov*, 77, (4), 66-68.

**Zadinová, K.**, Stupka, R., Stratil, A., Čítek, J., Šprysl, M., Vehovský, K., Urbanová, D., Okrouhlá, M., Kluzáková, E. 2016. Genomická selekce jako nástroj k odstranění kančího pachu? *Náš chov*, 76, (1), 60-61.

**Zadinová, K.**, Čítek, J., Stupka, R., Šprysl, M., Vehovský, K., Okrouhlá, M., Urbanová, D., Kluzáková, E. 2016. Jak ovlivňuje práce ošetřovatelů reprodukci prasnic? *Náš chov*, 76, (3), 32-33.

**Zadinová, K.**, Čítek, J., Stupka, R. 2016. Podtyp: Článek v nerecenzovaném časopise (mimo kategorie RIV); Inovace technologií v chovu prasat. *Zemědělec*, 24, (39), 16-17.

Smola, J., Vašek, J., Vaňhara, J., **Zadinová, K.**, Vehovský, K. 2014. Osutina sajících selat v chovech prasat jako aktuální choroba. *Náš chov*, 74, (12), 56-59.

### ***Výzkumné zprávy:***

**Zadinová, K.**, Lebedová, N., Vaněk, R., Stupka, R. 2016. Studie rozměrových parametrů prasat. Praha: 17.

