

## EFFECT OF GENOTYPE ON QUALITATIVE AND QUANTITATIVE PARAMETERS OF MUSCLE FIBERS IN SELECTED PARTS OF THE CARCASE IN PIGS

*Stupka R., Trnka M., Čížek J., Šprysl M., Okrouhlá M., Brzobohatý L.*

*Czech University of Life Science Prague, Czech Republic*

stupka@af.czu.cz

### Abstract

Cílem práce bylo posoudit vliv genotypu na kvalitativní a kvantitativní parametry svalových vláken u vybraných jatečných partií (kýta, pečeně, plec, krkovice). Pokus proběhl na 216ks prasat v průměrném věku 65 – 70 dnů od narození. Jednalo se o genotypy ČBU, ČBUxČL, (ČBUxČL) x (HxPN) a (ČBUxČL) x PN a jatečné partie pečeně, kýta, plec a krkovice. Byl prokázán vliv genotypu na dosahované parametry svalových vláken. Genotyp (ČBU x ČL) x PN se vyznačoval největší tloušťkou svalových vláken (84,38 mm) v jatečné partii kýty a pečení, u genotypu ČBU bylo naměřeno v jatečných partiích kýty a pečení nejmenší tloušťky svalových vláken. Všechny sledované genotypy byly charakterizovány největší tloušťkou svalových vláken u jatečné partie kýty a pečeně, počet svalových vláken na jednotku plochy byl u všech sledovaných genotypů nejvyšší u jatečné partie plece a krkovice.

**Key Words:** Prase, svalová vlákna, genotyp, jatečné partie

Z hlediska studia problematiky svalových vláken je zajímavá především příčně pruhovaná svalovina, jež je stavební tkání kosterního svalstva. Sval, obecně, se skládá z většího či menšího počtu příčně žíhaných svalových vláken. Jedná se o soubuní válcovitého tvaru o délce i několika cm a tloušťce 50 – 100  $\mu\text{m}$ . Čuboň et al. (2004) uvádí, že délka svalového vlákna může dosáhnout délky svalu a tak mohou svalová vlákna dosahovat až 40 cm. Délku a průměr svalových vláken ovlivňují jak druhová příslušnost, tak plemeno, pohlaví, krajina těla, jakož i věk, výživa, chovatelské podmínky či pohybová aktivita zvířete (Te Pas et al., 2004; Larzul et al., 1997; Rehfeldt, Kuhn 2006; Bosí 1999).

U novorozenců zvířat jsou všechny svaly složeny z tenkých svalových vláken o tloušťce 5 – 10  $\mu\text{m}$ . S přibývajícím věkem a v souvislosti s funkčním uplatněním jednotlivých svalů svalová vlákna postupně hypertrofují na pěti až desetinásobek původní hodnoty, takže u dospělých jedinců a vykrmených jatečných zvířat dosahují tloušťky 50 – 100  $\mu\text{m}$ . Ztlušťování svalových vláken, které je provázáno zmnožováním myofibril, neprobíhá však ve všech svalech stejně. Nejvíce zesilují vlákna ve svalech často a značně namáhaných a zatěžovaných, jako jsou např. svaly končetin. Naproti tomu svaly, které se funkčně uplatňují méně často a s vynaložením menší kontrakční síly, např. svaly v blízkosti páteře, jsou u téhož jedince složeny ze svalových vláken podstatně tenčích. Ztlušťování svalových vláken, vedle jejich současného prodlužování, představuje u rostoucího zvířete hlavní způsob, jímž se zvětšuje objem jednotlivých svalů, a tím i celková hmota masa. Je to dáno tím, že počet svalových vláken je v každém svalu v zásadě založen ještě před narozením, *post partum* se již podstatně nezvyšuje (Lefaucheur et al., 1995).

Z odlišností ve velikosti a počtu svalových vláken u různých plemen prasat je zřejmý vliv selekce na růst (Te Pas et al., 2004).

Pour, Hovorka (1977, 1980) uvádí, že tloušťka svalových vláken je u jednotlivých plemen prasat dědičně podmíněná.

Stickland a Handel (1985) studovali složení svalu *m. semitendinosus* u plemene large white a u miniaturních prasat. Uvedli, že plemeno large white má v tomto svalu větší celkový počet svalových vláken a počet primárních svalových vláken než miniaturní prasata.

Stanovením počtu a velikosti svalových vláken mezi jednotlivými plemeny prasat se dále zabývali např. Bogucka a Kapelanski (2005). Ve své práci uvedli, že největší počet svalových vláken na ploše 1,089  $\text{mm}^2$  byl stanoven u plemen prasat polská landrase (259,93) a zlotniki spotted (258,33). Naopak nejmenší počet na uvedené ploše byl sledován u kříženců plemene pietrain x (polská large white x polská landrase)(193,17), kteří měli zároveň největší průměr svalových vláken.

Bogucka et al. (2008) stanovovali počet svalových vláken na ploše o velikosti 2  $\text{mm}^2$  a průměrný průměr svalového vlákna u divokých prasat, plemene polská landrase, duroc a kříženců divokého prasete a plemene duroc. Nejvyšší počet svalových vláken měla divoká prasata (529,83), nižší hodnotu kříženci plemene duroc a divokého prasete (424,00), po nich následovalo plemeno duroc (305,17) a nejnižší počet svalových vláken mělo plemeno polská landrase (302,17). Největší průměrný průměr svalového vlákna naměřili u plemene duroc (47,40  $\mu\text{m}$ ), nejmenší průměr pak u divokého prasete (33,16  $\mu\text{m}$ ).

Této problematice se také věnovali Ryu et al. (2008), kteří do své studie zahrnuli následující plemena prasat a

jejich křížence: berkshire, landrase, yorkshire a tříplemeného křížence těchto plemen. V práci nebyly mezi plemeny zjištěny žádné statisticky významné rozdíly v počtu svalových vláken na mm<sup>2</sup> a ve velikosti plochy příčného řezu svalovým vláknem.

Dle Rehfeldt et al. (2000) nejsou mezi moderními masnými typy plemen prasat zjištěny výrazné rozdíly v počtu a velikosti svalových vláken ve svalu *m. longissimus*.

Cílem práce bylo posoudit vliv genotypu na kvalitativní a kvantitativní parametry svalových vláken u vybraných jatečných partií (kýta, pečeně, plec, krkovice).

## Materiál a metodika

### Zvířata

Sledování byla provedena v Pokusné testovací stanici v Ploskově u Lán. Za sledované období se uskutečnily 3 pokusy. Do testovací stanice bylo v rámci každého pokusu naskladněno 72 kusů zvířat, tedy celkem 216ks v průměrném věku 65 – 70 dnů od narození o celkové průměrné živé hmotnosti cca 25 kg. Jednalo se o genotypy ČBU a ČBUxČL v rámci 1. pokusu, genotyp (ČBUxČL) x (HxPN) v rámci 2. pokusu a genotyp (ČBUxČL) x PN v rámci 3. pokusu.

### Výživa a krmení

Výživa prasat probíhala dle norem potřeb živin, ve třech fázích s kontinuálním přechodem, přičemž kompletní krmné směsi (KKS) byly složeny z pšenice, ječmene, extrahovaného sojového šrotu a krmného doplňku. Krmení KKS bylo realizováno *ad libitum* pomocí samokrmítek od firmy Düramat, přičemž KKS byly míchány pro každý kotec samostatně. Před zahájením testů byly provedeny rozbory jednotlivých komponentů použitých v krmných směsích na obsah živin a na základě zjištěných hodnot byly sestaveny krmné směsi a jejich složení ve vztahu k věku a hmotnosti testovaných zvířat. Spotřeba krmiva byla zjišťována pro dvojici (jeden kotec) a následně byla přepočtena na jednotlivá zvířata.

### Stanovení základních charakteristik svalových vláken

Vzorky svaloviny pro tuto analýzu byly odebrány ze svalu *m. longissimus lumborum et thoracis* (pečeně), *m. semimembranosus* (kýta), *m. cleidocephalicus* (krkovice), *m. serratus ventralis* (plec) o velikosti 0,5 x 0,5 x 2cm, následně byly označeny a zmrazeny v tekutém dusíku. Do vlastní analýzy byly vzorky uchovávány v hluboko mrazícím boxu při teplotě -80°C.

Analýza spočívala v získání 10 µm silných plátků napříč svalovými vlákny z daného vzorku svaloviny. Krájení bylo uskutečněno pomocí kryostatu Leica, při teplotě -20°C. Pro změření plochy řezu svalového vlákna, diametru svalového vlákna a počtu svalových vláken na 0,5 mm<sup>2</sup> byla použita metoda barvení pomocí Hematoxilinu a Eozinu (obr. 1).

Pomocí optického mikroskopu s fotoaparátem (CAMEDIA-5060, OLYMPUS) byly získány snímky preparátů, které byly následně vyhodnoceny pomocí programu obrazové analýzy NIS - Elements.

Byly sledovány ukazatele:

- počet vláken na 0,5mm<sup>2</sup> plochy,
- průměrný diametr (průměr) svalového vlákna (µm),
- průměrná plocha řezu svalového vlákna (µm<sup>2</sup>).

### Zpracování výsledků v programu SAS

Výsledky pokusů byly vyhodnoceny matematicko statistickými metodami, programem SAS, procedurami MEANS, UNIVARIATE, GLM (SAS, 2001). Rozdíly mezi jednotlivými sledovanými znaky byly otestovány analýzou variance.

Pro vyhodnocení vlivu hybridní kombinace, pohlaví, partie, genotypu genu RYR1 byl použit model:

$$Y_{ij} = \mu + K_i + P_j + e_{ij}$$

$\mu$  – průměr populace,

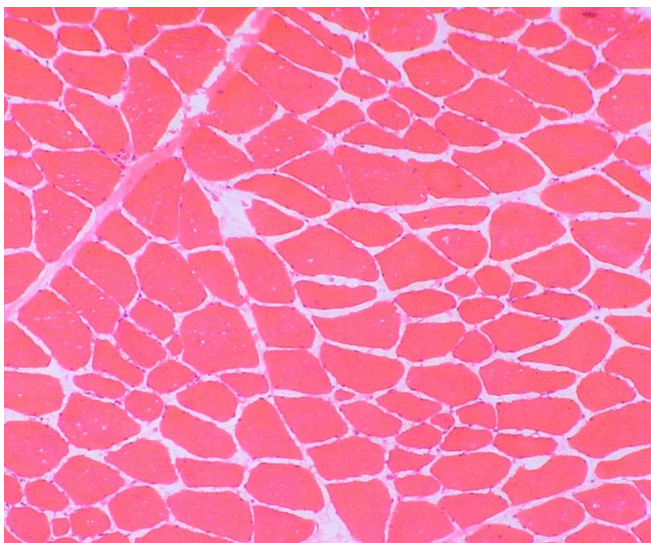
$K_i$  – pevný efekt křížení [ČBU; ČBUxČL; (ČBUxČL)x (HxPN); (ČBUxČL)xPN],

$P_j$  – pevný efekt partie (pečeně, plec, kýta, krkovice),

$e_{ij}$  – reziduální chyba.

**Tabulka 1. Složení kompletních krmných směsí**

	Živinné složení KKS		
	A1	A2	CDP
ME (MJ)	13	12,9	12,8
NL (g)	187,9	171,2	142,8
Vláknina (g)	42,6	46,4	39,4
Lysin (g)	12,0	10,6	8,6
Methionin (g)	3,3	3,2	2,8
MET+CYS (g)	6,6	6,6	5,7
Theonin (g)	7,8	7,3	6,0
Tryptofan (g)	2,2	2,0	1,6
Vápník (g)	7,5	8,4	6,8
P strav. (g)	3,3	3,3	3,2

**Obrázek 1. Histologický řez svalovinou (Hematoxilin, Eozin)**

## Výsledky a diskuse

V tabulkách 2 – 5 je provedeno hodnocení vlivu genotypů u jednotlivých vybraných jatečných partií.

U jatečné partie kýty největší tloušťku svalových vláken (84,38 mm) vykázal genotyp (ČBU z ČL) x PN, u kterého byla naměřena i největší plocha (6014  $\mu\text{m}^2$ ) a obvod (301,06  $\mu\text{m}$ ) svalových vláken. Naopak nejmenších hodnot kvalitativních parametrů bylo naměřeno u genotypu ČBU, kdy konkrétně průměrná tloušťka svalových vláken činila 78,4  $\mu\text{m}$ , plocha 4979  $\mu\text{m}^2$  a obvod 271,99  $\mu\text{m}$ . Pokud se týká počtu svalových vláken, nejmenší byl zjištěn u genotypu (ČBU x ČL) x (H x PN), a to 54,39, naopak největší počet vláken se zjistil u genotypu ČBU (75,94). Významné rozdíly byly zjištěny mezi jednotlivými genotypy u všech parametrů svalových vláken. Výjimkou byly kvalitativní charakteristiky svalových vláken, a to mezi genotypy ČBU x ČL a (ČBU x ČL) x (H x PN).

Pokud se týká jatečné partie pečeně, bylo zjištěno, že největší tloušťka (83,84  $\mu\text{m}$ ), plocha (5919  $\mu\text{m}^2$ ) i obvod (302,34  $\mu\text{m}$ ) svalových vláken vykázal genotyp (ČBU x ČL) x PN, nejmenší hodnoty kvalitativních ukazatelů byly zjištěny u genotypu ČBU, kdy tloušťka činila 78,93  $\mu\text{m}$ , plocha 5165  $\mu\text{m}^2$  a obvod 273,76  $\mu\text{m}$ . Počet svalových vláken byl nejmenší u genotypu (ČBU x ČL) x (H x PN), největší u ČBU. Pro tuto partii byly zjištěny statisticky významné rozdíly u kvalitativních parametrů (tloušťky, plochy a obvodu) mezi genotypy ČBU a (ČBU x ČL) x (H x PN), ČBU a (ČBU x ČL) x PN, ČBU x ČL a (ČBU x ČL) x (H x PN), ČBU x ČL a (ČBU x ČL) x PN.

U jatečné partie krkovice se největší tloušťkou svalových vláken vyznačoval genotyp ČBU (73,57 mm), největším počtem svalových vláken genotyp (ČBU x ČL) x PN, a to 108,38 svalových vláken na jednotku plochy. Plocha svalových vláken byla největší u genotypu ČBU (4444  $\mu\text{m}^2$ ), rovněž i obvod svalových vláken (255,61 mm). Obecně lze tedy genotyp ČBU hodnotit jako

genotyp, který se vyznačuje největšími hodnotami kvalitativních ukazatelů svalových vláken. Naopak nejmenšími kvalitativními parametry svalových vláken se vyznačoval genotyp (ČBU x ČL) x PN, tedy tloušťkou 69,3 mm, plochou 3953  $\mu\text{m}^2$  a obvodem 244,81 mm. Na základě dosažených výsledků lze konstatovat, že mezi jednotlivými genotypy existují v charakteristikách svalových vláken významné rozdíly. U kvalitativních charakteristik byly zjištěny průkazné rozdíly mezi genotypy ČBU a (ČBU x ČL) x (H x PN), ČBU a (ČBU x ČL) x PN.

Při následném hodnocení partie plece se zjistilo, že největší hodnoty kvalitativních parametrů svalových vláken (tloušťka – 68,91  $\mu\text{m}$ , plocha – 3839  $\mu\text{m}^2$ ) se vyznačoval genotyp ČBU x ČL, největšího obvodu svalových vláken však bylo dosaženo u kombinace (ČBU x ČL) x (H x PN), tedy 240,47  $\mu\text{m}$ . Počet svalových vláken byl prokázán nejvyšší u genotypu (ČBU x ČL) x PN, a to 123,09, nejnižší u genotypu (ČBU x ČL) x (H x PN), a to 63,92. Z hlediska statistických rozdílů existují průkazné rozdíly v kvalitativních parametrech svalových vláken mezi genotypy ČBU x ČL a (ČBU x ČL) x PN, (ČBU x ČL) x (H x PN) a (ČBU x ČL) x PN.

POUR et al. (1976) zjistil největší tloušťku svalových vláken u svalu MLLT plemene Pietrain (56,09  $\mu\text{m}$ ). Bulotiene, Jukna (2008) zjistili největší plochu svalových vláken u svalu MLLT plemene Large White (2281  $\mu\text{m}^2$ ) a nejmenší plochu svalových vláken u svalu MLLT plemene Landrase (1871  $\mu\text{m}^2$ ). Wojtysiak et al. (2007) porovnával genotypy D x H, PL x (D x H) a (PL x PLW) x (D x H) z hlediska parametrů svalových vláken u svalu *m. Longissimus lumborum et thoracis* a došel k závěru, že genotyp ovlivňuje zejména velikost svalových vláken. Rehfeldt et al. (2000) došli k závěrům, že počet i velikost svalových vláken jsou ovlivněny genotypem prasete.

Tabulka 2. Charakteristika svalových vláken u jatečné parie krkovic – členění genotypů

Charakteristika svalových vláken	ČBU		ČBU x ČL		(ČBU x ČL) x (H x PN)		(ČBU x ČL) x PN		Významnost		
	prům.	s	prům.	s	prům.	s	prům.	s	**	*	NS
<b>Tloušťka (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	73,57	15,69	72,62	13,6	69,64	15,07	69,3	15,19	1-3, 1-4, 2-3, 2-4	*	1-2, 3-4,
<b>Počet</b>	94,51	25,09	77,44	9,06	69,47	12,21	108,38	19,42	1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4, 3-4		
<b>Plocha (<math>\mu\text{m}^2</math>)</b>	4444	2015	4286	1653	3986	1779	3953	1647	1-3, 1-4	2-3, 2-4	1-2, 3-4
<b>Obvod (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	255,61	57,31	247,94	47,52	244,39	56,29	244,81	56,51	1-3, 1-4		1-2, 2-3, 2-4, 3-4

\*\* rozdíl mezi průměry jsou statisticky průkazné ( $P < 0,01$ ), \* rozdíl mezi průměry jsou statisticky průkazné ( $P < 0,05$ ), NS - neprůkazné rozdíl

35

Tabulka 3. Charakteristika svalových vláken u jatečné parie kůry – členění genotypů

Charakteristika svalových vláken	ČBU		ČBU x ČL		(ČBU x ČL) x (H x PN)		(ČBU x ČL) x PN		Významnost		
	prům.	s	prům.	s	prům.	s	prům.	s	**	*	NS
<b>Tloušťka (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	78,4	13,92	82,17	15,27	80,62	19,12	84,38	23,2	1-2, 1-4, 3-4	1-3, 2-4	2-3,
<b>Počet</b>	75,94	13,41	64,99	14,14	54,39	13,46	72,83	18,21	1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4, 3-4		
<b>Plocha (<math>\mu\text{m}^2</math>)</b>	4979	1771	5485	2027	5392	2623	6014	3138	1-2, 1-3, 1-4, 2-4, 3-4		2-3,
<b>Obvod (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	271,99	49,86	284,65	55,26	286,08	71,49	301,06	88,52	1-2, 1-3, 1-4, 2-4, 3-4		2-3,

\*\* rozdíl mezi průměry jsou statisticky průkazné ( $P < 0,01$ ), \* rozdíl mezi průměry jsou statisticky průkazné ( $P < 0,05$ ), NS - neprůkazné rozdíl

Tabulka 4. Charakteristika svalových vláken u jatečné parie pečene – členění dle genotypů

Charakteristika svalových vláken	ČBU		ČBU x ČL		(ČBU x ČL) x (H x PN)		(ČBU x ČL) x PN		Významnost		
	prům.	s	prům.	s	prům.	s	prům.	s	**	*	NS
<i>Tloušťka (μm)</i>	78,93	18,65	79,38	18,06	82,89	20,24	83,84	22,54	1-3, 1-4, 2-3, 2-4		1-2, 3-4
<i>Počet</i>	77,73	13,08	72,55	14,27	47,8	8,12	72,69	19,31	1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 3-4		2-4,
<i>Plocha (μm<sup>2</sup>)</i>	5165	2595	5204	2464	5718	2835	5919	3039	1-3, 1-4, 2-3, 2-4		1-2, 3-4
<i>Obvod (μm)</i>	273,76	67,49	273,54	66,56	295,11	78,21	302,34	89,05	1-3, 1-4, 2-3, 2-4	3-4,	1-2,

\*\* rozdíl mezi průměry jsou statisticky průkazné ( $P < 0,01$ ), \* rozdíl mezi průměry jsou statisticky průkazné ( $P < 0,05$ ), NS - neprůkazné rozdíl

Tabulka .5. Charakteristika svalových vláken u jatečné parie plece – členění dle genotypů

Charakteristika svalových vláken	ČBU		ČBU x ČL		(ČBU x ČL) x (H x PN)		(ČBU x ČL) x PN		Významnost		
	prům.	s	prům.	s	prům.	s	prům.	s	**	*	NS
<i>Tloušťka (μm)</i>	66,99	13,17	68,91	11,84	67,61	13,78	64,3	14,73	1-4, 2-4, 3-4		1-2, 1-3, 2-3
<i>Počet</i>	96,67	28,63	106,41	19,88	63,92	10,89	123,09	40,25	1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4, 3-4		
<i>Plocha (μm<sup>2</sup>)</i>	3660	1574	3839	1366	3739	1581	3417	1547	2-4, 3-4	1-4,	1-2, 1-3, 2-3
<i>Obvod (μm)</i>	231,79	49,81	237,08	42,45	240,47	52,16	226,92	56,82	1-3, 2-4, 3-4		1-2, 1-4, 2-3

\*\* rozdíl mezi průměry jsou statisticky průkazné ( $P < 0,01$ ), \* rozdíl mezi průměry jsou statisticky průkazné ( $P < 0,05$ ), NS - neprůkazné rozdíl

## Závěr

Byl prokázán vliv genotypu na parametry svalových vláken. Genotyp (ČBU x ČL) x PN se vyznačoval největší tloušťkou svalových vláken v jatečné partii kýtě a pečení, u genotypu ČBU bylo naměřeno v jatečných partiích kýtě a pečení nejmenší tloušťky svalových vláken.

Všechny sledované genotypy, ČBU, ČBU x ČL, (ČBU x ČL) x (H x PN) a (ČBU x ČL) x PN byly charakterizovány největší tloušťkou svalových vláken u jatečné partie kýty a pečeně, počet svalových vláken na jednotku plochy byl u všech sledovaných genotypů nejvyšší u jatečné partie plece a krkvice.

Na základě zjištěných významností lze konstatovat, že u charakteristiky počtu svalových vláken na jednotku plochy byly zjištěny statisticky významné rozdíly pro jednotlivé partie téměř mezi všemi genotypy, zatímco v rámci některých kvalitativních parametrů takto významné rozdíly prokázány nebyly.

## Literatura

- BOGUCA, J., KAPELANSKI, W. (2005): Microstructure of *longissimus lumborum* muscle in pigs of several breeds and its relation to meat quality traits. *Folia Biologica*, 53, 1-16
- BOGUCA, J., KAPELANSKI, W., ELMINOWSKA-WENDA, G., WALASIK, K., LEWANDOWSKA, K. L. (2008): Comparison of microstructural traits of *musculus longissimus lumborum* in wild boars, domestic pigs and wild boar/domestic pig hybrids. *Archiv tierzucht, Dummerstorf* 51, 359-365
- BOSI, P. : Feeding strategies to produce high quality pork. *Asian Austral J. Animal* 12 (2), 1999, 271-278
- BULOTIENE, G., JUKNA, V. (2008): The influence of muscle fibre area on pork quality, *Veterinarija ir Zootechnika*, 42, 34 – 37
- ČUBOŇ, J., HAŠČÍK, P., HLUCHÝ, S., VAGAČ, V., KAČÁNIOVÁ, M. (2004): Vztah struktury svalov ku kvalitě masa, *Maso*, 15, č. 4, 22-23
- LARZUL, C., LEFAUCHEUR, L., ECOLAN, P., GOGUE, J., TALMANT, A., SELIER, P., MONIN, G. (1997): Phenotypic and genetic parameters for Longissimus muscle fibre characteristics in relation to growth, carcass and meat quality traits in Large White pigs, *Journal of Animal Science* 75, 3126 – 3137
- LEFAUCHEUR, L., EDOM, F., ECOLAN, P., BUTLER-BROWNE, G. S. (1995): Pattern of muscle fibre type formation in the pig. *Developmental Dynamics*, 203, 27-41
- POUR, M., HOVORKA, F. (1977): Studium vztahů mezi silou svalových vláken a některými ukazateli jatečné hodnoty prasat. *Sborník z vědecké konference*, 299-307
- POUR, M., HOVORKA, F. (1980) : Síla svalových vláken svalu musculus longissimus dorsi jako ukazatel zmasilosti jatečných prasat. *Sborník VŠZ v Brně*, 28, č. 3-4, 376-381
- REHFELDT, C., FIEDLER, I., DIETL, G., ENDER, K. (2000) : Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection, *Livestock Production Science*, Volume 66, Issue 2, 177 – 188
- REHFELDT, C., KUHN, G. (2006): Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis. *Journal of Animal Science*, 84 (E.Suppl.), E113-E123
- RYU, Y. C., CHOI, Y. M., LEE, S. H., SHIN, H. G., CHOE, J. H. L., KIM, J.M., HONG, K. C, KIM, B. C. (2008): Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Science*, 80, 363-369
- STICKLAND, N. C., HANDEL, S. E. (1985): The numbers and types of muscle fibres in large and small breeds of pigs. *Journal of Anatomy*, 147, 181-189
- TE PAS, M. F. W., EVERTS, M. E., HAAGSMAN, H. P. (2004): Muscle development of livestock animals – Physiology, Genetics and Meat Quality. CABI Publishing, 411
- WOJTYSIAK, D., MIGDA, W. (2007): The effect of genotype on muscle fibre characteristics of M. Longissimus lumborum of fatteners, *Biotechnology in Animal Husbandry*, 23 : 5/6, 267 – 275

Research was sponsored by the CMEPt No.6046070901