

# RAZLIKE U ALOMETRIJSKIM I DINAMIČKIM MODELIMA U ISTRAŽIVANJU RASTA SVINJA

Kušec<sup>1</sup>, G., I. Đurkin<sup>1</sup>, G. Kralik<sup>1</sup>, U. Baulain<sup>2</sup>, E. Kallweit<sup>3</sup>

## SAŽETAK

Istraživanje je provedeno na 68 kastrata podijeljenih u 4 skupine prema MHS genotipu i režimu hranidbe (intenzivni i restriktivni). Podaci o rastu mišićnog i masnog tkiva dobiveni su magnetskom rezonancijom (MR). Analiza alometrijskog rasta pokazala je da mišićno tkivo raste proporcionalno s povećanjem žive mase, dok je masno tkivo raslo brže u odnosu na živu masu kod svih istraživanih skupina svinja. Značajne razlike u koeficijentima rasta za mast su pronađene samo između skupina s različitim režimima hranidbe. Analiza asimetričnom S-funkcijom bila je informativnija. Obrazac rasta mišićnog tkiva značajno se razlikovao unutar skupina istraživanih svinja (Nn svinje su davale bolje rezultate pod režimom intenzivne hranidbe, nego restriktivne, dok između NN svinja u oba režima hranidbe nije bilo utvrđenih razlika). Na temelju mase živih svinja i rasta mišićnog tkiva izračunata je optimalna masa za klanje (130 i 126 kg za intenzivno hranjene NN i Nn svinje i oko 114 kg za oba genotipa iz restriktivne skupine svinja). Obrasci rasta masnog tkiva značajno su se razlikovali samo između skupina s različitim režimima hranidbe. Čini se da je asimetrična S-funkcija točniji i informativniji model od jednostavne alometrijske funkcije, jer pruža solidniju osnovu za donošenje važnih odluka u svinjogojstvu.

**Ključne riječi:** modeli rasta, MR, svinje

## UVOD

Fenomen rasta je vrlo kompleksan problem koji se proučavao uporabom različitih pristupa, pri čemu je najuobičajeniji bio alometrijski ili diferencijalni rast i temporalni rast (rast tijela u jedinici vremena). Alometrijski je pristup bio koristan u istraživanju relativnog razvoja mišićnog tkiva, masti i kostiju u različitim pasmina svinja (Davies i Kallweit, 1979; Fortin i sur., 1983; Gu i sur., 1992; Kouba i sur.,

1999). Ipak, Evans i Kempster (1979) kritizirali su uporabu jednostavne alometrijske funkcije, tvrdeći da ona može biti neprikladna u određenim fazama rasta. Koncept temporalnog rasta, koji koristi funkcije karakterističnog S-oblika („sigmoidnu“ ili S-krivulju), može biti dobro sredstvo za prevladavanje ograničenja linearnih alometrijskih modela. Kuhn i suradnici (1985) koristili su Gompertzovu funkciju, dok su López i sur. (2000) koristili Gompertzovu, Richardovu i generaliziranu Michaelis-Menten funkciju u opisivanju rasta različitih vrsta. Kralik i sur. (1999) su pokazali da je asimetrična S-funkcija bila prilično prikladna u analizama rasta različitih pasmina svinja, omogućavajući precizna predviđanja o rastu žive mase. Dokazano je da magnetska rezonancija (MRI) može biti korisno sredstvo za procjenu udjela mišića i masti u trupu svinja (Baulain, 1997).

Svrha ovog istraživanja bila je uspoređivanje karakteristika rasta kastriranih muških svinja dvaju različitih MHS genotipova, uzgajanih u dva režima hranidbe pomoću alometrijskog i temporalnog pristupa.

## MATERIJAL I METODE

U ovom je istraživanju izučavano ukupno 68 muških kastrata svinja iz njemačkog saveznog programa za uzgoj hibridnih svinja (Bundes Hybrid Zucht Program-BHZZP). Svinje su bile podijeljene prema MHS genotipu uz pomoć DNK testa s obzirom na gen sindroma maligne hipertermije svinja (Hal-1843®) kao što su opisali Fuji i sur. (1991), i to u skupinu homozigotno negativnih (NN) svinja i u skupinu heterozigotnih nositelja gena, te nadalje u odnosu na dva režima hranidbe. Prva je skupina hranjena intenzivno (*ad libitum*), smjesama osmišljenim za podupiranje punog potencijala rasta, a druga hranjena je restriktivno, obrocima sastavljenim prema njemačkim hranidbenim preporukama. Podaci potrebni za određivanje volumena tkiva dobiveni su pomoću magnetske rezonancije (MR). MR mjerenja izvo-

<sup>1</sup> Dr. sc. Goran Kušec, izvanredni profesor ; Ivona Đurkin, dipl.inž., asistent; dr. sc. Gordana Kralik, redoviti profesor, Poljoprivredni fakultet, Zavod za sepcijalnu zootehniku, Trg sv. Trojstva 3, 31000 Osijek. Autor za korespondenciju: prof.dr. Goran Kušec, gkusec@pfos.hr

<sup>2</sup> Dr. Ulrich Baulain, Friedrich-Loeffler-Institut für Nutztiergenetik, Höltystraße 10, 31535 Neustadt, Germany

<sup>3</sup> Prof.Dr. Erhardt Kallweit, University of Goettingen, Germany - u mirovini

đena su u intervalima od 4 tjedna, počevši u dobi od 10 tjedana, do završne žive mase od približno 120 kg.

Za prikaz diferencijalnog rasta koristila se sljedeća jednostavna alometrijska funkcija:  $\log Y = \log a + b \cdot \log X$ , pri čemu je Y volumen tkiva ili glavnog dijela, a X je masa tijela; a je sjecište, a b je alometrijski koeficijent u modelu linearne regresije koji prikazuje log-log odnos između dva sastavna dijela tijela. Ako je  $b = 1$ , rast je izometrijski; Y raste istom brzinom kao X; ako je  $b > 1$ , Y raste brže nego X, a vrijedi suprotno ako je  $b < 1$ . Za modeliranje dinamike rasta (temporalni rast) mase živih svinja, kao i rasta mišićnog te masnog tkiva, koristila se asimetrična S- funkcija sa jednom fleksibilnom točkom infleksije, kao generaliziranim oblikom logističke funkcije:

$$f(t) = \frac{A}{(1 + be^{-ct})^{1/\gamma}}$$

Parametri b i c u ovoj funkciji su izračunati na temelju prikupljenih podataka, A označava maksimalnu tjelesnu masu svinja ili maksimalni volumen određenog tkiva. Ova vrijednost predstavlja najveću asimptotičku masu u periodu od zanimanja. Simbol  $\gamma$  je koeficijent asimetrije koji regulira utjecaj  $f(t)$  i  $(A-f(t))$ . Faze rasta određene su točkama  $t_b$  i  $t_c$ , dok točka infleksije označava trenutak u kojem progresivan rast prestaje, a regresivan rast započinje. Statističke i matematičke analize izvedene su pomoću programskih paketa SAS za Windows (verzija 9.0; SAS Inst. Inc., 2002) i STATISTICA (verzija 7.1; Stat-Soft, Inc. 2005).

## REZULTATI I DISKUSIJA

### Diferencijalni rast – alometrijski model

Omjeri relativnog rasta volumena mišićnog i masnog tkiva u odnosu na masu živih svinja, izraženi monofaznim alometrijskim koeficijentima (b) izračunatim za svinje oba genotipa (NN i Nn) uzgajane u različitim režimima hranidbe prikazani su u tablici 1.

Može se vidjeti da je alometrijski koeficijent rasta (b) mišićnog tkiva bio blizu ujednačenosti (izometrija) u svim slučajevima, dok je za masno tkivo bio uvijek viši, indicirajući brži razvoj tog tkiva u odnosu na tjelesnu masu. Značajne razlike ( $p < 0,05$ ) između koeficijenata rasta pronađene su samo za volumen masnog tkiva unutar skupina s različitim režimom hranidbe. Alometrijski odnosi između hranidbenih skupina predočeni su na slici 1.

### Temporalni rast – živa masa

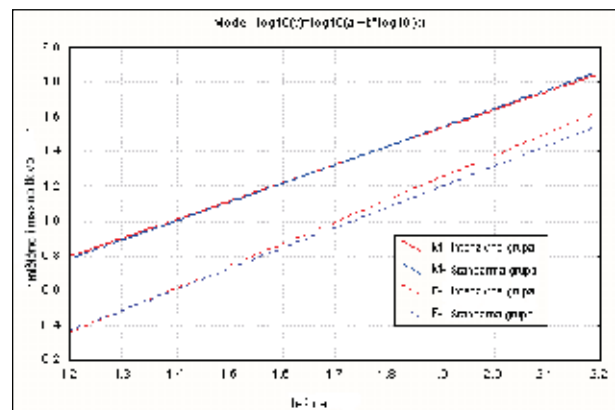
Parametri funkcije rasta izračunati za svinje različitog MHS genotipa uzgajane u dva različita režima hranidbe prikazani su u tablici 2. Krivulje rasta za oba genotipa intenzivno i restriktivno hranjenih svinja prikazane su na slici 2.

▼ **Tablica 1.** Alometrijski koeficijenti (b), standardne greške (SG<sub>b</sub>) i koeficijenti određivanja (R<sup>2</sup>) za mišićno i masno tkivo svinja po režimu prehrane i genotipu

Tkivo	Intenzivni			Restriktivni		
	NN + Nn			NN + Nn		
	b	SG <sub>b</sub>	R <sup>2</sup>	b	SG <sub>b</sub>	R <sup>2</sup>
Mišić	0,973	0,0113	0,979	1,021	0,0128	0,975
Mast	1,288 <sup>a</sup>	0,0152	0,978	1,174 <sup>b</sup>	0,0153	0,973
	NN			NN		
	b	SG <sub>b</sub>	R <sup>2</sup>	b	SG <sub>b</sub>	R <sup>2</sup>
Mišić	0,954	0,0151	0,978	1,027	0,0201	0,969
Mast	1,323	0,0186	0,983	1,193	0,0228	0,971
	Nn			Nn		
	b	SG <sub>b</sub>	R <sup>2</sup>	b	SG <sub>b</sub>	R <sup>2</sup>
Mišić	0,995	0,0167	0,980	1,015	0,0159	0,980
Mast	1,249	0,0241	0,974	1,155	0,0204	0,975

a, b = važnost pri  $p < 0,05$

▼ **Slika 1.** Diferencijalni rast mišićnog (M) i masnog tkiva (F) iz dvije različite hranidbene skupine



Rezultati pokazuju da su obrasci rasta žive mase svinja samo pod utjecajem režima hranidbe s obzirom da nije bilo statistički značajnih razlika u njihovim parametrima rasta i procijenjenim točkama S-krivulje utvrđenim između različitih MHS genotipa svinja. Rast MHS- negativnih (NN) i nositelja MHS gena (Nn) iz skupine intenzivno hranjenih svinja opisan je modelom sa fiksnim vrijednostima A (220 kg), a u restriktivnoj skupini ova je vrijednost postavljena na 160 kg.

### Temporalni rast – mišićno tkivo

Parametri asimetrične S- funkcije koji opisuju rast mišića u svinja različitog MHS genotipa i uzgajanih u dva režima

▼ **Tablica 2.** Aritmetičke sredine i standardne greške (u zagradama) za parametre krivulja rasta svinja različitog MHS genotipa uzgajane u dva različita režima hranidbe

Parametri	Intenzivni		Restriktivni	
	NN	Nn	NN	Nn
b	0,081285 <sup>a</sup> (0,002751)	0,081469 <sup>a</sup> (0,005016)	0,066558 <sup>b</sup> (0,004037)	0,065217 <sup>b</sup> (0,002318)
c	1,413875 (0,036049)	1,363169 (0,044037)	1,349053 (0,063789)	1,312191 (0,035882)
Točke (dani)				
$t_l$	148,21 <sup>a</sup> (2,083696)	152,46 <sup>a</sup> (1,808781)	139,85 <sup>b</sup> (2,560506)	142,80 <sup>ab</sup> (2,250380)
$t_B$	79,01 <sup>a</sup> (1,220355)	80,52 <sup>a</sup> (2,095071)	65,22 <sup>b</sup> (2,546449)	68,16 <sup>b</sup> (1,699829)
$t_C$	217,41 (3,798824)	224,40 (3,508109)	214,47 (6,369127)	217,45 (4,122154)
$\Delta=t_B-t_C$	138,40 (3,804408)	143,88 (4,506168)	149,25 (8,238664)	149,29 (4,416594)

hranidbe prikazani su u Tablici 3; krivulje rasta mišićnog tkiva za intenzivnu i restriktivnu skupinu svinja prikazane su na Slici 3. Za sve istraživane skupine svinja vrijednost A u modelu je postavljena na 70 dm<sup>3</sup>.

Vidljivo je da, osim za parametar krivulje b, nije bilo statistički značajnih razlika u rezultatima analize rasta mišićnog tkiva između različitih režima hranidbe ili između genotipova istraživanih svinja. Obrazac rasta povezan s b vrijednosti značajno se razlikovao između genotipova (NN i Nn) unutar intenzivnog režima hranidbe, ali također i između hranidbenih skupina kod Nn svinja. Barem u fazi

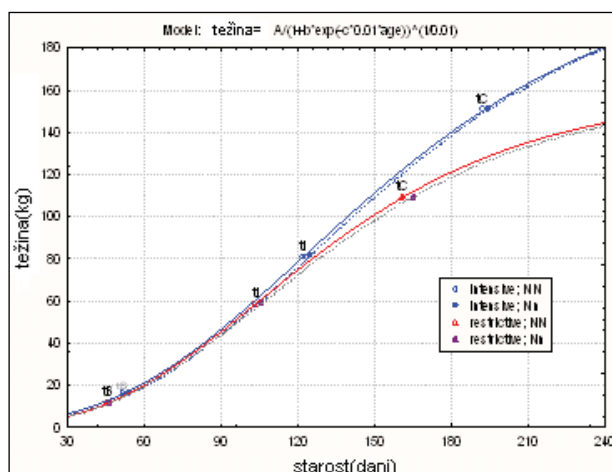
progresivnog rasta (do infleksijske točke), nositelji MHS gena pokazali su brži rast mišića pri intenzivnoj hranidbi, može se zaključiti na temelju procijene asimetričnom S-funkcijom.

Intenzivno hranjene NN i Nn svinje dosegnule su točku zasićenja rasta mišića u dobi od 169 i 167 dana. U restriktivno hranjenoj skupini svinja ove vrijednosti bile su

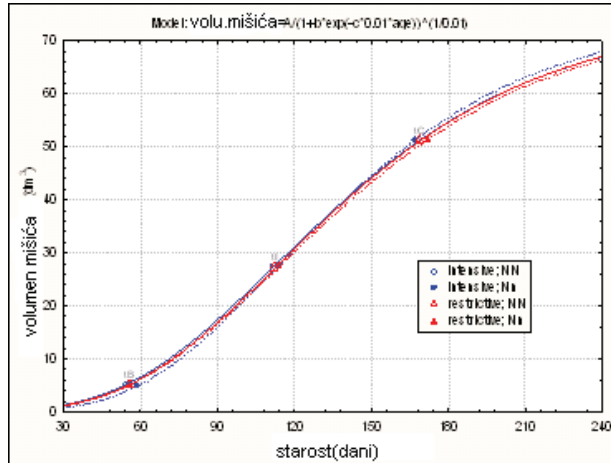
▼ **Tablica 3.** Aritmetičke sredine i standardne greške (u zagradama) za parametre krivulja rasta mišićnog tkiva svinja različitog MHS genotipa uzgajanih u dva režima hranidbe

Parametri	Intenzivni		Restriktivni	
	NN	Nn	NN	Nn
b	0,069 <sup>b</sup> (0,003)	0,081 <sup>a</sup> (0,006)	0,071 <sup>ab</sup> (0,004)	0,070 <sup>b</sup> (0,003)
c	1,711 (0,042)	1,834 (0,074)	1,728 (0,040)	1,693 (0,040)
Točke (dani)				
$t_l$	111,94 (0,987)	113,01 (1,971)	112,45 (1,409)	114,39 (1,939)
$t_B$	54,85 (1,292)	59,080 (2,160)	55,99 (1,882)	56,72 (1,760)
$t_C$	169,02 (2,037)	166,94 (3,568)	168,91 (1,992)	172,06 (2,931)
$\Delta=t_B-t_C$	114,17 (2,783)	107,86 (4,387)	112,93 (2,660)	115,34 (2,887)

▼ **Slika 2.** Krivulje težine dva MHS genotipa (NN i Nn) svinja uzgajanih intenzivnim i restriktivnim režimom prehrane



▼ **Slika 3.** Krivulje rasta volumena mišićnog tkiva svinja različitog MHS genotipa (NN i Nn) uzgajanih u intenzivnom i restriktivnom režimu hranidbe



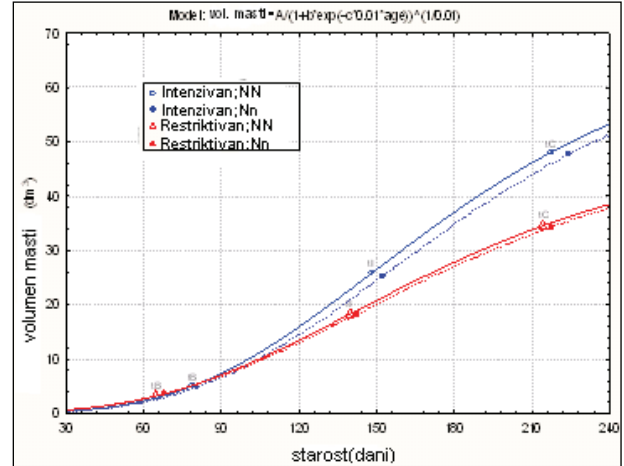
169 dana za NN, odnosno 172 dana za Nn genotip. Pri uporabi parametara krivulje žive mase, optimalna masa za klanje svinja u smislu maksimalnog iskorištenja kapaciteta rasta mišićnog tkiva bila je 130 i 126 kg za intenzivnu skupinu svinja, dok je za restriktivnu skupinu izračunata optimalna masa za klanje bila 114 kg.

#### Temporalni rast – masno tkivo

Parametri krivulje rasta masnog tkiva istraživanih svinja prikazani su u tablici 4, a same krivulje prikazane su na slici 4.

Iz rezultata je jasno vidljivo da su obrasci rasta masnog

▼ **Slika 4.** Krivulje rasta masnog tkiva svinja različitog MHS genotipa (NN i Nn) uzgajanih u intenzivnom i restriktivnom režimu hranidbe



tkiva pod utjecajem režima hranidbe. Vrijednosti parametra  $b$  signifikantno su se razlikovale između hranidbenih skupina ( $p < 0,01$ ), ali ne i između MHS genotipova unutar njih. Rast svinja iz intenzivne skupine opisan je modelom s  $A$  vrijednosti od  $70 \text{ dm}^3$ , dok su restriktivno hranjene svinje imale drugačiju  $A$  vrijednost ( $50 \text{ dm}^3$ ).

## ZAKLJUČCI

Analiza rasta alometrijskom jednadžbom i asimetričnom S-funkcijom potvrdila je dobro poznati obrazac rasta tkiva, koji se ne odnosi samo na svinje. Još važnije, pokazala je

▼ **Tablica 4.** Aritmetičke sredine i standardne greške (u zagradama) za parametre krivulja rasta masnog tkiva svinja različitog MHS genotipa uzgajanih u dva režima hranidbe

Parametri	Intenzivni		Restriktivni	
	NN	Nn	NN	Nn
$b$	0,081285 <sup>a</sup> (0,002751)	0,081469 <sup>a</sup> (0,005016)	0,066558 <sup>b</sup> (0,004037)	0,065217 <sup>b</sup> (0,002318)
$c$	1,413875 (0,036049)	1,363169 (0,044037)	1,349053 (0,063789)	1,312191 (0,035882)
Točke (dani)	NN	Nn	NN	Nn
$t_1$	148,21 <sup>a</sup> (2,083696)	152,46 <sup>a</sup> (1,808781)	139,85 <sup>b</sup> (2,560506)	142,80 <sup>ab</sup> (2,250380)
$t_B$	79,01 <sup>a</sup> (1,220355)	80,52 <sup>a</sup> (2,095071)	65,22 <sup>b</sup> (2,546449)	68,16 <sup>b</sup> (1,699829)
$t_C$	217,41 (3,798824)	224,40 (3,508109)	214,47 (6,369127)	217,45 (4,122154)
$\Delta=t_B-t_C$	138,40 (3,804408)	143,88 (4,506168)	149,25 (8,238664)	149,29 (4,416594)

da restriktivna hranidba omogućava dovoljno iskorištenje kapaciteta rasta mišića u usporedbi sa skupljim intenzivnim režimom tova.

Primjena alometrijske funkcije nije pokazala utjecaj MHS genotipa (NN nasuprot Nn) na rast mišićnog tkiva kastrata uzgajanih u dva različita režima hranidbe. Ipak, analiza rasta volumena mišića asimetričnom S-krivuljom pokazala je značajne razlike u koeficijentu rasta (b), tijekom progresivne faze rasta. U ovoj fazi, Nn svinje pod intenzivnim režimom hranidbe dale su bolje rezultate od istih svinja u restriktivnoj skupini. S druge strane, rast mišića MHS negativnih (NN) svinja nije bio pod utjecajem režima hranidbe, pa se restriktivan način hranidbe može preporučiti kao prikladan za MHS negativne svinje.

Za intenzivno hranjene NN i Nn svinje, optimalne mase za klanje bile su procijenjene na 130 i 126 kg; dok je za restriktivnu skupinu optimalna živa masa za klanje svinja bila oko 114 kg.

Iako su alometrijska jednadžba i asimetrična S-funkcija pokazale slične obrasce rasta istraživanih tkiva, ova druga pokazala se informativnijom jer pruža solidniju osnovu za važne odluke u uzgoju i hranidbi svinja.

## RIASSUNTO

### **DIFFERENZE NEI MODELLI ALLOMETRICI E DINAMICI NELLA RICERCA DI CRESCITA DI MAIALI**

La ricerca è stata fatta su 68 maiali castrati, divisi in 4 gruppi secondo il genotipo MHS e il regime alimentare (intensivamente e restrittivamente). I dati sulla crescita del tessuto muscolare e quello grasso sono stati ottenuti tramite la risonanza magnetica (MRI). L'analisi della crescita allometrica ha dimostrato che il tessuto muscolare è cresciuto in proporzione all'aumento del peso; il tessuto grasso è cresciuto più velocemente in paragone al peso di tutti i gruppi di maiali che facevano parte della ricerca. Le differenze importanti tra i coefficienti di crescita per il grasso sono state trovate solo tra i gruppi sotto diversi regimi alimentari. L'analisi fatta con l'asimmetrica funzione 'S' ha dato più dati. Il modulo di crescita del tessuto muscolare era notevolmente diverso nei gruppi di maiali inclusi nella ricerca (i maiali Nn davano risultati migliori sotto un intensivo regime alimentare, che sotto il regime restrittivo, e non c'era la differenza tra i maiali NN in ambedue tipi di regime alimentare). Il peso ottimale di maiali macellati è stato contato a base del peso di maiali vivi e la crescita del tessuto muscolare (130 e 126 kg per i maiali NN e Nn intensivamente alimentati, circa 114 kg per tutti e due i genotipi dal gruppo restrittivo di maiali). I moduli di crescita del tessuto grasso erano notevolmente diversi solo tra i gruppi di differenti regimi alimentari. Pare che l'asimmetrica funzione 'S' rappresenta un modello più

*preciso e più informativo di una semplice funzione allometrica, e in questo modo fa parte di una base più grande che serve a prendere le decisioni importanti nell'alimentazione di maiali.*

**Parole chiave:** modelli di crescita, MRI, maiali

Rad je prezentiran na International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST), August 10 - 15 2008. Cape Town, South Africa.

## LITERATURA

**Baulain, U., M. Henning, E. Kallweit** (1996): Bestimmung der Körperzusammensetzung von Landrasse-Schweinen unterschiedlichen Alters mittels MRI. Arch. Tierz., Dummerstorf, 39, 431-440.

**Baulain, U.** (1997): Magnetic resonance imaging for the in vivo determination of body composition in animal science. Computers and Electronics in Agriculture 17, 189-203.

**Baulain, U., M. Henning** (2001): Untersuchungen zur Schlachtkörper- und Fleischqualität mit Hilfe von MR-Tomographie und MR-Spektroskopie. Arch. Tierz., Dummerstorf, 44, 181-192.

**Baulain, U., M. Wiese, E. Tholen, R. Hoereth, K.H. Hoppenbrock** (2004): Magnet-Resonanz-Tomographie: Referenztechnik zur Bestimmung der Körperzusammensetzung in der Leistungsprüfung beim Schwein. Fleischwirtschaft 84, 101-104.

**Collewet, G., P. Bogner, P. Allen, H. Busk, A. Dobrowolski, E. Olsen, A. Davenel** (2005). Determination of the lean meat percentage of pig carcasses using magnetic resonance imaging. Meat Sci. 70, 563-572.

**Davies, A.S., E. Kallweit** (1979): The effect of body weight and maturity on the carcass composition of the pig. Z. Tierzuechtg. Zuechtgsbiol. 96, 6-17.

**Davies, A.S., G. Pearson, J.R. Carr** (1980): The carcass composition of male, castrated male and female pigs resulting from two levels of feeding. J. Agric. Sci. Camb, 95.

**Doeschl-Wilson, A.B., D.M. Green, A.V. Fisher, S.M. Carroli, C.P. Schoefeld, C.T. Whittemore** (2005): The relationship between body dimensions of living pigs and their carcass composition. Meat Sci. 70, 229-240.

**Evans, D.G., A.J. Kempster** (1979): The effects of genotype, sex and feeding regime on pig carcass development. J. Agric. Sci. 93, 339-347.

**Fortin, A., J.D. Wood, O.P. Whelehan** (1983): Breed and sex effects on the development and proportion of muscle, fat and bone in pigs. J. Agric. Sci. Camb. 108, 39-45.

**Fuji, J., K. Otsu, F. Zorzato** (1991): Identification of a mutation in the porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. Science 253, 448-451.

**Gu, Y., A.P. Schinckel, T.G. Martin** (1992): Growth, development, and carcass composition in five genotypes of swine. J. Anim. Sci. 70, 1719-1729.

**Hamilton, D.N., M. Ellis, B.F. Wolter, A.P. Schinckel, E.R. Wilson** (2003): The growth performance of the progeny of two swine lines reared under different space allowances. J. Anim. Sci. 81, 1126-1135.

**Huxley, J.S.** (1932): Problems of Relative Growth. Methuen and Co., London, UK.

**Jelen, T.** (1998): Research on growth of pigs of different



genotypes. M's thesis, University J.J. Strossmayer, Osijek.

**Jensen, P., P.A. Barton-Gade** (1985): Performance and carcass characteristics of pigs with known genotypes for halothane susceptibility. In: Stress susceptibility and meat quality in pigs. Proceedings of the Commission on Animal Management and Health and Commission of Pig Production (EAAP, ed.), Vol. 33, 80, Pudoc, Wageningen, The Netherlands.

**Jukić, D., R. Scitovski** (2003): Solution of the least-squares problem for logistic function. Journal of computational and applied mathematics 156, 651-658.

**Kastelic, M., U. Baulain, E. Kallweit** (1995): Early prediction of body composition in living pigs. In: 46th Annual Meeting of European Association for Animal Production, 285, Prague, Czech Republic.

**Kolstad, K.** (2001): Fat deposition and distribution measured by computer tomography in three genetic groups of pigs. Livestock Prod. Sci., 67, 281-292.

**Kouba, M., M. Bonneau, J. Noblet** (1999) : Relative development of subcutaneous, intermuscular and kidney fat in growing pigs with different body compositions. J. Anim. Sci. 77, 622-629.

**Kralik, G., R. Scitovski, D. Sencic** (1993): Application of asymmetric S-function for analysis of the growth of boars. Stocarstvo 47, 425-433.

**Kralik, G., T. Jelen, R. Scitovski, G. Kusec** (1999): Analysis of phenotypic expression and growth of gilts using asymmetric S-function. Feedstuffs 41, 159-165.

**Kuhn, G., E. Otto, K.D. Feige** (1985): Charakterisierung des Wachstumsverlaufes von Schlachtwertparametern beim Schwein. Tag.-Ber., Akad. Landwirtschaft. - Wiss, 39-46, Berlin, DDR.

**Kuhn, G., K. Ender, E. Otto, K.D. Feige, W. Hackl** (1987): Die Anwendung von Wachstumsfunktionen zur Ableitung optimaler Schlachtzeitpunkte auf der Grundlage der Mast- und Schlachtleistung von Börgen. Arch. Tierz. Berlin, 30, 261-269.

**Kusec G., U. Baulain U., M. Henning M., P. Köhler E. Kallweit** (2005): Fattening, carcass and meat quality traits of hybrid pigs as influenced by MHS genotype and feeding systems. Archiv für Tierzucht 48 (1), 40-49

**Leach, L.M., M. Ellis, D.S. Sutton, F.K. McKeith, E.R. Wilson** (1996): The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. J. Anim. Sci. 74, 934-943.

**López, S., J. France, W.J.J. Gerrits, M.S. Dhanoa, D.J. Humphries, J. Dijkstra** (2000): A generalised Michaelis-Menten equation for the analysis of growth. J. Anim. Sci. 78, 1816-1828.

**Luescher, U., A. Schneider, H. Jucker** (1979): Genetics of halothane-sensitivity and change of performance, carcass and meat quality traits induced by selection against halothane sensitivity. In: Proc. 30th Annual Meeting of the EAAP, Harrogate, England.

**Margeta, V.** (2005): Growth and development of muscle and fatty tissue in hams of pigs of different genotype. M's thesis, University of J.J. Strossmayer in Osijek.

**Miller, K.D., M. Ellis, F.K. McKeith, E.R. Wilson** (2000): Influence of sire line and halothane genotype on growth performance, carcass characteristics and meat quality in pigs. Can. J. Anim. Sci. 80, 319-327.

**Mohrmann, M., R. Roehe, A. Susenbeth, U. Baulain, P.W. Knap, H. Looft, G.S. Plastow, E. Kalm** (2006): Associa-

tion between body composition of growing pigs determined by magnetic resonance imaging, deuterium dilution technique, and chemical analysis. Meat Sci. 72, 518-531.

**Monziols, M., G. Collewet, M. Bonneau, F. Mariette, A. Davelnel, M. Kouba** (2006) : Quantification of muscle, subcutaneous fat and intermuscular fat in pig carcasses and cuts by magnetic resonance imaging. Meat Sci. 72, 146-154.

**Newcom, D.W., T.J. Bass, E.F. Lampe** (2002): Prediction of intramuscular fat percentage in live swine using real-time ultrasound. J. Anim. Sci. 80, 3046-3052.

**Pfeiffer, H., G. von Lengerken, G. Gebhardt** (1984): Wachstum und Schachtkörperqualität- Schweine. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.

**Pommier, S.A., A. Houde, F. Rousseau, Y. Savoie** (1992) : The effect of the malignant hyperthermia genotype as determined by a restriction endonuclease assay on carcass characteristics of commercial crossbred pigs. Can. J. Anim. Sci. 72, 973-976.

**Ratkowsky, D.A.** (1988): Handbook of nonlinear regression models. Marcel Dekker, New York. SAS Institute Inc., 2002. SAS System for windows, Version 9.0., Cary, NC, USA.

**Sather, A.P., A.C. Murray, S.M. Zawadski, P. Johnson** (1991): The effect of the halothane gene on pork production and meat quality of pigs reared under commercial conditions. Can. J. Anim. Sci. 71, 959.

**Shields Jr., D.C., D.C. Mahan, P.L. Graham** (1983): Changes in Swine Body Composition from Birth to 145 kg. J. Anim. Sci. 57, 43-54.

**Simpson, S.P., A.J. Webb** (1989): Growth and carcass performances of British Landrace pigs heterozygous at the halothane locus. Anim. Prod. 49, 503.

**StatSoft, Inc.** (2005): STATISTICA (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com.

**Tess, M.W., G.E. Dickerson, J.A. Nienaber, C.L. Ferrell** (1986): Growth, Development and Body Composition in Three Genetic Stocks of Swine. J. Anim. Sci. 62, 986-979.

**Tholen, E., U. Baulain, MD. Henning, K. Schellander** (2003): Comparison of different methods to assess the composition of pig bellies in progeny testing. J. Anim. Sci 81, 1177-1184.

**Thompson, J. M., B.P. Kinghorn** (1992): Catman - A program to measure CAT-Scans for prediction of body composition in live animals. In: Proceedings of the Australian Association of Animal Breeding and Genetics 10, 560-564.

**Vangen, O., N.B. Jopson** (1996): Research application of non-invasive techniques for body composition. In: 47th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Lillehammer, Norway.

Wagner, J.R., Schinckel, A.P., Chen, W., Forrest, J.C., Coe, B.L., 1999. Analysis of Body Composition Changes of Swine during Growth and Development J. Anim. Sci. 77, 1442-1466.

**Walstra, P.** (1980): Growth and carcass composition from birth to maturity in relation to feeding level and sex in Dutch Landrace pigs. PhD. Thesis, University of Wageningen, Wageningen, The Netherlands.

Prispjelo: 19. 11. 2008.

Prihvaćeno: 28.11. 2008. ■