

UTJECAJ HRANIDBENOG TRETMANA NA KARAKTERISTIKE RASTA SVINJA

INFLUENCE OF FEEDING REGIME ON PIG GROWTH CHARACTERISTICS

D. Vincek, Ivona Đurkin, Gordana Kralik, A. Petričević, U. Baulain, G. Kušec

Izvorni znanstveni članak
Primljeno: 21. travnja 2008.

SAŽETAK

Istraživanje karakteristika rasta svinja u različitim hranidbenim tretmanima provedeno je na 35 kastrata, četverostrukih križanaca Pietrain x Hampshire nerastova s krmačama velikog jorkšira x njemački landras. Svinje su bile podijeljene u dvije skupine s obzirom na razinu hranidbe: intenzivnu (*ad libitum*) i restriktivnu u kojoj su svinje hranjene po volji do približno 70 kg žive mase (17 tjedana starosti), a nakon toga im je unos hrane bio ograničen. Intenzivna skupina svinja dobivala je 13,8 MJ ME/kg hrane i 17,5% sirovih bjelančevina u početnoj fazi te 13,8 MJ ME/kg hrane i 15,0% sirovih bjelančevina u završnoj fazi toga. Svinje iz restriktivne skupine bile su hranjene prema naputku njemačkog programa za hibridne svinje (BHZP) prema kojemu su dobivale u prvih 17 tjedana (~70kg žive mase) hranidbe po volji 13,0 MJ ME/kg hrane i 17,5% sirovih bjelančevina; dok su u drugoj fazi toga bile hranjene restriktivno smjesom koja je sadržavala 13,0 MJ ME/kg i 15,0% sirovih bjelančevina. Unos energije bio je ograničen na 34,0 MJ ME na dan. Svinje su bile vagane jednom na tjedan, a podaci o rastu mišićnog i masnog tkiva dobiveni su slikama pomoću magnetno rezonantne tomografije (MRI). Statistička analiza parametara asimetrične S-funkcije pokazala je značajne razlike između sigmoidnih krivulja rasta žive mase i volumena masnog tkiva svinja iz dvaju hranidbenih tretmana. Međutim, razlike između tih svinja nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$) kada je u pitanju mišićno tkivo. Kombinirajući informacije dobivene modeliranjem rasta žive mase i mišićnog tkiva izračunata je optimalna klaonička masa istraživanih svinja, 130 kg za svinje iz intenzivne skupine i 114 kg za restriktivno hranjene svinje. Zaključno se može reći da je restriktivni hranidbeni tretman svinja preporučljiviji u tomu BHZP hibrida jer intenzivna hranidba koja je značajno skuplja nije unaprijedila svojstva rasta istraživanih svinja u smislu povećane proizvodnje mišićne mase.

Ključne riječi: svinje, sastav trupa, rast, magnetna rezonantna tomografija

Dragutin Vincek, dipl. inž., Varaždinska županija, Franjevački trg 7, 42000 Varaždin; Ivona Đurkin, dipl. ing., prof. dr. sc. dr. h.c. Gordana Kralik, dr. sc. Antun Petričević, prof. emeritus i prof. dr. sc. Goran Kušec, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Zavod za specijalnu zootehniku, Trg Svetog Trojstva 3, HR-31 000, Ulrich Bulain, Friedrich-Loeffler-Institut, Institut fuer Nutztiergenetik Mariensee.

UVOD

Fenomen rasta u svinja intenzivno se izučava već duže vremena kao materijalna osnova svinjojske proizvodnje. S obzirom na složenost problema rasta izučavanja se provode s različitih pristupa, a najčešći su tzv. temporalni rast koji podrazumijeva povećanje veličine tijela u jedinici vremena i alometrijski pristup koji podrazumijeva porast nekog dijela trupa (tkiva ili organa) u odnosu na porast žive mase izučavanog organizma. Zbog toga se u tom slučaju često govori o diferencijalnom ili relativnom rastu.

Koncept temporalnog rasta koristi dinamičke modele, matematičke funkcije koje rezultiraju karakterističnom S-krivuljom. Vrlo često korištene su logistička, von Bertalanfijeva, Gompertzova te razni oblici generaliziranih logističkih funkcija. Iscrpne preglede o tim modelima dali su Pfeiffer i sur. (1984), Kušec (2001) te Kralik i sur. (2007). Kuhn i sur. (1985) koristili su Gomperzovu funkciju u opisu rasta mišića, masnog tkiva i kostiju u svinjskim polovicama. Lopez i sur. (2000) uspoređivali su Richardsovu i generaliziranu Michaelis-Mentenovu funkciju u ocjeni osobina rasta 83 jedinice 15 različitih životinjskih vrsta. Asimetričnu S-funkciju, kao oblik generalizirane logističke jednadžbe upotrijebili su Kralik i sur. (1999) i pokazali da je vrlo prikladna za analizu rasta različitih pasmina svinja. Taj model pokazao se dobrim i u predviđanju žive mase istraživanih svinja.

Pri istraživanju rasta i razvoja životinja od presudne je važnosti precizno određivanje tjelesnog sastava tijekom određenog vremenskog razdoblja. Za tu svrhu obično se koriste destruktivne metode, kao što je primjerice rasijecanje trupa s raščlambom na osnovna tkiva, tzv. disekcija i nedestruktivne metode kao što su ultrazvuk (Newcom i sur., 2002; Hamilton i sur., 2003), analiza video snimaka (Doeschl-Wilson i sur. 2005), kompjutorska tomografija-CT (Vangen i Jopson, 1996; Kolstad, 2001) i magnetno rezonantna tomografija-MRT (Kastelic i sur, 1995; Baulain i sur., 1996, Margeta, 2005). Istraživanja Tholena i sur. (2003), Baulaina i sur. (2004), Colleweta i sur. (2005) te Monziolsa i sur. (2006) dokazala su da se sadržaj mišićnog tkiva u svinja može točno utvrditi snimanjima niza poprečnih slika uzduž čitavog trupa svinja ili nekih specifičnih dijelova uporabom MR tomografa. Ova tehnika bi u skoro vrijeme mogla zamijeniti tradicionalnu metodu disekcije. Detaljan opis MR tehnike i njezinu primjenu u zootehničkim znanstvenim istraživanjima objavio je Baulain

(1997). Opisane metode mogu biti vrlo korisne u ispitivanju pojedinih čimbenika na dinamiku rasta i razvoja trupova neke populacije svinja. Pri tome je od osobite važnosti utjecaj hranidbenih režima. Stoga je cilj ovog rada istražiti osobitosti rasta muških kastriranih svinja iz dva različita hranidbena režima uz pomoć asimetrične S-funkcije. Pod osobitostima rasta u ovom se slučaju podrazumijeva rast žive mase te volumena mišićnog i masnog tkiva.

MATERIJAL I METODE

Istraživanje je provedeno na 35 kastriranih muških svinja, četverostrukih križanaca Pietrain x Hampshire nerastova s krmačama velikog jorkšira x njemački landras. Svinje su bile podijeljene u dvije skupine s obzirom na razinu hranidbe: intenzivnu (*ad libitum*) u kojoj je bilo 18 i restriktivnu skupinu u kojoj je bilo 17 tovljenika. U intenzivnoj skupini svinje su bile hranjene po volji smjesom uobičajenom za komercijalne svinje za klanje s razinom energije od 13,8 MJ ME/kg hrane i 17,5% sirovih bjelančevina u početnoj fazi te 13,8 MJ ME/kg hrane i 15,0% sirovih bjelančevina u završnoj fazi tova. Svinje iz restriktivne skupine bile su hranjene prema napatku njemačkog programa za hibridne svinje (BHZP) prema kojemu su dobivale u prvih 17 tjedana (~70 kg žive mase) hranidbe po volji 13,0 MJ ME/kg hrane i 17,5% sirovih bjelančevina; dok su u drugoj fazi tova bile hranjene restriktivno, smjesom koja je sadržavala 13,0 MJ ME/kg i 15,0% sirovih bjelančevina. Unos energije bio je ograničen na 34,0 MJ ME na dan.

Prasad je stizala u prostor Instituta za uzgoj životinja u Marienseeu, Njemačka u dobi od 8 tjedana. Nakon tjedan dana adaptacije započelo je eksperimentalno razdoblje. Svi su tovljenici držani u pojedinačnim prostorima pod jednakim uvjetima. Svinje su hranjene pojedinačno a sve količine pojedene hrane i ostataka vagane su jednom tjedno. Tijekom eksperimentalnog razdoblja sve svinje su vagane jednom tjedno do završne mase u dobi od 26 tjedana.

Podaci potrebni za analizu rasta mišićnog i masnog tkiva dobiveni su snimanjem tomografskih slika pomoću magnet-rezonantnog tomografa (MRT) snage polja od 1,5 Tesla. Ovaj uređaj prvobitno je konstruiran za potrebe istraživanja ljudskog tijela, ali mogle su se ispitvati i svinje do 120 kg žive mase što je ograničilo razdoblje pokusa. Tomografska su

mjerenja vršena svaka četiri tjedna, počevši pri dobi od 10 tjedana sve do posljednjeg mjerenja u dobi od 22 tjedna (živa masa približno 120 kg). Tijekom skeniranja dobiveno je 50 do 60 snimaka pokrivajući cijeli trup anestezirane svinje mješavinom halotana i kisika. Udaljenost između snimaka ovisila je od veličine životinje i iznosila je od 16 do 32 mm. Slike su obrađene kompjutorski kako bi se odvojila područja koja nisu zanimljiva za analizu (kosti, organi, šumovi), a nakon toga je na slikama odijeljeno mišićno od masnog tkiva pomoću cluster analize (SAS Institute Inc., 1989). Za dobivanje volumena ukupnog mišićnog i masnog tkiva korištena je Cavalieri metoda (Baulain i Henning, 2001).

Za modeliranje rasta žive mase, volumena mišićnog i masnog tkiva korištena je asimetrična S-funkcija s jednom fleksibilnom točkom infleksije. Ona je generalizirani oblik logističke funkcije koja izgleda kako slijedi:

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

Parametri b i c u ovom izrazu izračunavaju se na osnovi prikupljenih podataka, A označava maksimalnu očekivanu živu masu ili masu tkiva u promatranom razdoblju. Simbol γ predstavlja koeficijent asimetrije koji regulira utjecaj $f(t)$ i $(A-f(t))$.

Točka infleksije predstavlja moment u kojem prestaje progresivni rast a regresivni rast započinje. Ta se točka izračunava pomoću izraza:

$$I = \left(\frac{1}{c\gamma} \ln \frac{b}{\gamma} ; \frac{A}{(1+\gamma)^{1/\gamma}} \right)$$

Ako je $\gamma = 1$ funkcija je logistička a točka infleksije iznosi $A/2$; ako je $\gamma < 1$ točka infleksije je manja od $A/2$ i za funkciju se kaže da je negativno asimetrična, i ako je $\gamma > 1$ točka infleksije je veća od $A/2$ i funkcija je pozitivno asimetrična. Faze rasta određene su točkama t_B i t_C koje se izračunavaju pomoću formula:

$$t_B = \frac{1}{c\gamma} \ln \frac{2b}{\gamma(\gamma+3) + \gamma\sqrt{(\gamma+1)(\gamma+5)}}$$

i

$$t_C = \frac{1}{c\gamma} \ln \frac{2b}{\gamma(\gamma+3) - \gamma\sqrt{(\gamma+1)(\gamma+5)}}$$

Točka t_B označava maksimum u području progresivnog rasta (konveksnu regiju), a točka t_C označava minimum u području regresivnog rasta (konkavna regija). Interval ($t < t_B$) je faza pripreme rasta; ($t_B < t < t_C$) predstavlja fazu intenzivnog rasta, a ($t > t_C$) je faza retardacije rasta. Više detalja o modelu prikazali su Ratkowsky (1988) i Kralik i sur. (1993). Statistička analiza provedena je pomoću programa SAS 9.0 (SAS Institute Inc., 1989), asimetrična S-funkcija analizirana je pomoću programa STATISTICA 7.1 (StatSoft, Inc. 2005), kojim su pripremljeni i grafikoni.

REZULTATI I RASPRAVA

Rast žive mase

Parametri funkcije rasta i točke koje utvrđuju faze rasta žive mase svinja iz ovog istraživanja prikazani su na tablici 1, a slika 1 prikazuje krivulje rasta za svinje iz intenzivne i restriktivne skupine.

Rezultati iz tablice 1 pokazuju da postoji značajna razlika između svinja iz dva različita hranidbena sustava u parametru c i točakama koje određuju faze rasta. To se moglo i očekivati s obzirom na rezultate koje su objavili Kušec i sur. (2005) gdje su utvrđene značajne razlike između hranidbenih skupina svinja iz istog pokusa u dnevnom unosu hrane, dnevnom prirastu, konverziji i završnim živim masama.

Iz grafikona na slici 1 može se vidjeti da je rast skupine intenzivno hranjenih svinja bio opisan pomoću modela s fiksnim vrijednostima A (220 kg) što je rezultiralo zadovoljavajućom prilagodbom modela u odnosu na podatke, a krivulja je dobro konvergirala za sve ispitivane životinje. Tablica 1 i slika 1 pokazuju da su svinje iz intenzivnog sustava hranidbe dostigle točku infleksije ($t_i=81.34$ kg) za oko 122 dana. Točka u kojoj počinje interval intenzivnog porasta ($t_B=16.41$ kg) za intenzivno hranjene svinje bila je u dobi od približno 52 dana, a točku zasićenja rasta nakon koje dolazi do znatnog usporavanja u prirastu tjelesne mase ($t_C=150.36$ kg) te iste svinje su dostignule u dobi od 193 dana. Interval između točaka t_B i t_C naziva se faza intenzivnog rasta i u intenzivno hranjenih svinja trajao je oko 140 dana. Rast svinja iz skupine restriktivno hranjenih svinja bio je opisan funkcijom s asimptotičkom završnom masom (A) od 160 kg što je rezultiralo nižim vrijed-

nostima točke infleksije ($t_i=59,15$ kg). Interpoliranu vrijednost t_B (11,93 kg) svinje iz restriktivno hranjene skupine dostigle su u dobi od 46 dana, a točku zasićenja ($t_c=109,47$ kg) u približnoj dobi od 161 dan.

Asimetričnu S-funkciju u analizi rasta svinja koristili su Kralik i sur. (1993). Autori su predložili živu masu od 220 kg za asimptotički maksimum u razodblju rasta koji je interesantan za proizvođače tovljenika, a za koeficijent asimetrije (γ) predložili su vrijednost 0,01. Parametri funkcije iz njihovog istraživanja ne mogu se usporediti s ispitivanjima iz ovog rada jer su razlike između ispitivanih populacija velike (spol, genotip, sustavi hranidbe i sl.)

Nasuprot tome, slične obrasce rasta kao u ovom istraživanju objavili su Jelen i sur. (1998) te Kralik i sur. (1999) u radovima o fenotipskoj izraženosti rasta nazimica. Autori su koristili asimptotičku završnu vrijednost od 220 kg u svojim modelima koji su se pokazali dobri u opisu karakteristika rasta i pouzdani u predviđanju žive mase. Za skupinu svinja iz restriktivnog sustava hranidbe u ovom je istraživanju asimptotička živa masa bila promijenjena na 160 kg. Ovakvo smanjivanje vrijednosti A značajno je poboljšalo statističku prilagodbu krivulje, a model je konvergirao u svim slučajevima. Lopez i sur. (2000)

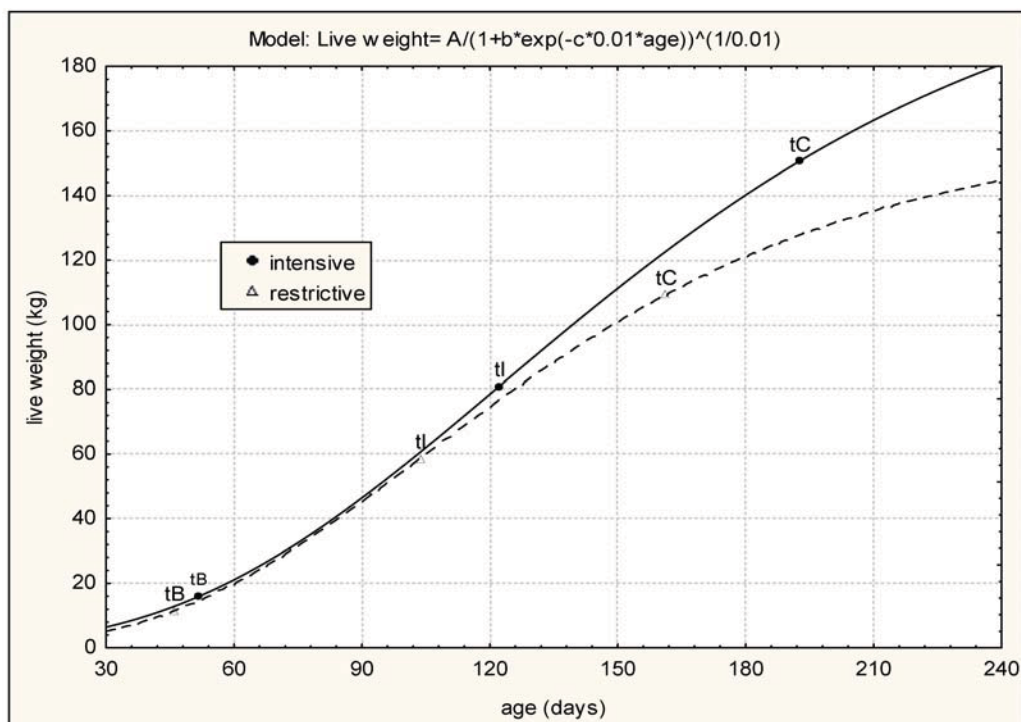
smatraju da je raspoloživost podataka o karakteristikama rasta životinja u kasnijoj dobi ili pri većim živim masama od vrhunske važnosti za dobivanje točnih procjena završnih masa ili sastava trupa, ali da takav pristup zahtijeva držanje životinja u tovu daleko iza tržišnih tjelesnih masa što nije običaj u slučaju mesnatih svinja u tipičnim komercijalnim uvjetima. Vremenski raspon u ovom istraživanju nije bio ograničen samo komercijalnim uvjetima nego i veličinom tomografa (120 kg žive mase) pomoću kojega su prikupljeni podaci o rastu mišića i masnog tkiva. U istraživanju rasta različitih životinjskih vrsta spomenuti autori su koristili Michaelis-Mentenovu jednadžbu kao funkciju koja opisuje sigmoidnu krivulju s varijabilnom (fleksibilnom) točkom infleksije. Asimetrična funkcija korištena u ovom istraživanju također posjeduje fleksibilnu točku infleksije koja se izražava kao koeficijent asimetrije, $\gamma=0,01$, empiričku vrijednost koja se susreće u istraživanjima drugih autora (Kralik i sur., 1993; Jelen, 1998; Kralik i sur., 1999). To znači da je S-funkcija negativno asimetrična i da je točka infleksije manja od $A/2$, t.j. od polovice asimptotske završne tjelesne mase što je slučaj kada je $\gamma=1$, a model tada postaje logistički (fiksna točka infleksije).

Tablica 1. Srednje vrijednosti i standardne greške (u zagradi) za parametre krivulje rasta i točke koje određuju faze rasta žive mase za svinje iz dva različita hranidbena tretmana

Table 1. Means and standard errors (in brackets) for parameters of growth curves and points that determine the stages of live weight growth for pigs kept in two different feeding systems

Parametri - Parameters	Intenzivna skupina - Intensive group	Restriktivna skupina - Restrictive group
B	0.054 (0.002)	0.058 (0.002)
C	1.382 ^a (0.026)	1.686 ^b (0.028)
Točke (dani) - Points (days)		
t_i	122.13 ^a (0.955)	103.57 ^b (1.386)
t_B	51.75 ^a (1.322)	45.98 ^b (1.624)
t_c	192.50 ^a (1.823)	161.15 ^b (1.704)
$\Delta=t_c- t_B$	140.75 ^a (2.550)	115.17 ^b (1.843)

Vrijednosti unutar redova s različitim eksponentom razlikuju se na razini od $p<0,05$
Values within rows with a different superscript differ at the level of $p<0.05$



Slika 1. Krivulje rasta žive mase svinja iz intenzivne i restriktivne skupine
Figure 1. Growth curves for live weight of the pigs from intensive and restrictive feeding

Rast mišićnog tkiva

Parametri asimetrične S-funkcije koja opisuje rast mišićnog tkiva uz njene točke infleksije i točke koje označavaju faze rasta (t_B and t_C) toga tkiva u svinja iz dva hranidbena sustava prikazani su u tablici 2. Slika 2 prikazuje krivulje rasta mišićnog tkiva svinja iz intenzivnog, odnosno restriktivnog sustava hranidbe. Točka A je postavljena na 70 dm^3 za obje skupine svinja.

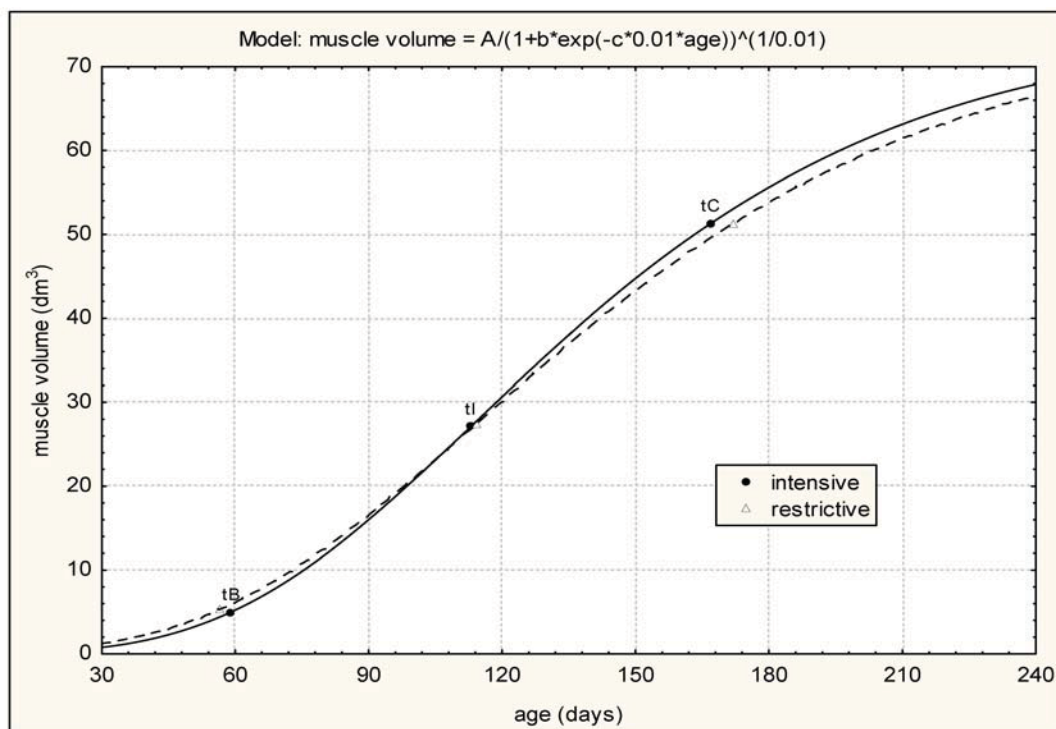
Iz prikazanih rezultata može se vidjeti kako nije bilo signifikantnih razlika ($p > 0,05$) između intenzivno i restriktivno hranjenih svinja u parametrima krivulje rasta i točkama koje označavaju pojedine faze rasta. To je očito i s grafikona prikazanog na slici 2. Točke infleksije ($t_I \sim 27 \text{ dm}^3$) dostignute su gotovo istodobno, a slično je i s točkom saturacije ($t_C \sim 51 \text{ dm}^3$) nakon koje završava faza intenzivnog rasta mišićnog tkiva. Kuhn i sur. (1987) koristili su Gomperzovu krivulju u opisu rasta žive mase, mišićnog i masnog tkiva te kostiju u svinja držanih u tri različita hranidbena sustava. Iako je njihov pokus bio suštinski različit od ispitivanja iz ovog rada glede hranidbenih sustava i genotipova, točke infleksije koje su utvrdili, izražene

kao vrijeme, u velikoj se mjeri podudaraju s rezultatima ovog istraživanja. Međutim, mase mišićnog tkiva su bile do neke mjere drugačije, što se može objasniti činjenicom da Gomperzova krivunja ima fiksnu točku infleksije. Osim toga, mišićno tkivo u ovom je radu predstavljeno kao volumen dobiven MR tomografijom. Razlike u istraživačkom pristupu ukazuju na povećanu pozornost prilikom uspoređivanja rezultata dobivenih različitim metodologijom. Autori su također predložili optimalnu dob za klanje svinja od 210-240 dana (105-118 kg žive mase) pomoću Gomperzove funkcije u smislu potpunog korištenja potencijala rasta mišićnog tkiva svinja hranjenih smjesama umjerene energetske vrijednosti. U ovom radu, svinje iz obaju sustava hranidbe dostigle su točku saturacije rasta (t_C) za približno 169 dana. Kada se upotrijebe parametri krivulja rasta žive mase onda se može izračunati da se točka zasićenja rasta mišićnog tkiva u slučaju intenzivnog sustava hranidbe dostiže pri 130 kg žive mase, a pri 114 kg ta se točka dostiže pri restriktivnoj hranidbi svinja. Ove se točke u našem slučaju mogu smatrati optimalnim tjelesnim masama (dobi) za klanje svinja.

Tablica 2. Srednje vrijednosti i standardne greške (u zagradi) za parametre krivulje rasta i točke koje određuju faze rasta mišićnog tkiva svinja iz dva različita hranidbena tretmana**Table 2. Means and standard errors (in brackets) for parameters of growth curves and points that determine the stages of muscle growth for pigs kept in two feeding regimes**

Parametri - Parameters	Intenzivna hranidba - Intensive feeding	Restriktivna hranidba - Restrictive feeding
B	0.069 (0.003)	0.071 (0.004)
C	1.711 (0.042)	1.728 (0.040)
Točke (dani) - Points (days)		
t_i	111.94 (0.987)	112.45 (1.409)
t_B	54.85 (1.292)	55.99 (1.882)
t_c	169.02 (2.037)	168.91 (1.992)
$\Delta=t_c- t_B$	114.17 (2.783)	112.93 (2.660)

Vrijednosti unutar redova s različitim eksponentom razlikuju se na razini od $p < 0,05$
 Values within rows with a different superscript differ at the level of $p < 0.05$

**Slika 2. Krivulje rasta mišićnog tkiva svinja iz intenzivne i restriktivne skupine****Figure 2. Growth curves for muscle tissue of the pigs from intensive and restrictive feeding**

Rast masnog tkiva

Tablica 3 prikazuje parametre krivulje rasta masnog tkiva i točke koje određuju faze rasta masnog tkiva svinja držanih u dva različita hranidbena sustava. Same krivulje rasta masnog tkiva istraživanih svinja prikazane su na slici 3.

Iz prikazanih rezultata očito je da na rast masnog tkiva svinja utječe hranidbeni sustav jer se vrijednosti parametra b značajno razlikuju između istraživanih skupina ($p < 0,01$). Osim toga, signifikantne razlike utvrđene su i za točke t_B i t_I ($p < 0,01$). Između točaka saturacije (t_C) nisu utvrđene signifikantne razlike, ali taj rezultat treba tumačiti s oprezom. Rast svinja iz intenzivne skupine bio je opisan modelom s A vrijednostima od 70 dm^3 , dok se za restriktivno hranjene svinje koristio model s drugačijom vrijednosti A (50 dm^3). Ovi modeli dobro su pokazali visoku prilagođenost podacima i konvergirali su za sve ispitivane životinje. Svinjama iz intenzivnog sustava hranidbe trebalo je 148 dana da bi dostigle točku infleksije pri volumenu masnog tkiva od 25 dm^3 , dok je restriktivno hranjenim životinjama trebalo 140 dana

da bi dostigli volumen masnog tkiva od 18 dm^3 . Zato ne treba iznenaditi što između točaka saturacije rasta (t_C) nema statistički značajnih razlika. Jednostavno objašnjenje je u tome da obje skupine u bliskim vremenskim razmacima dostižu točku infleksije, ali se te točke infleksije razlikuju. Kada se ovo uzme u obzir i još tome dodaju signifikantne razlike parametra b i točaka t_B i t_I onda je jasno da na rast masnog tkiva hranidbeni sustav ima presudan utjecaj.

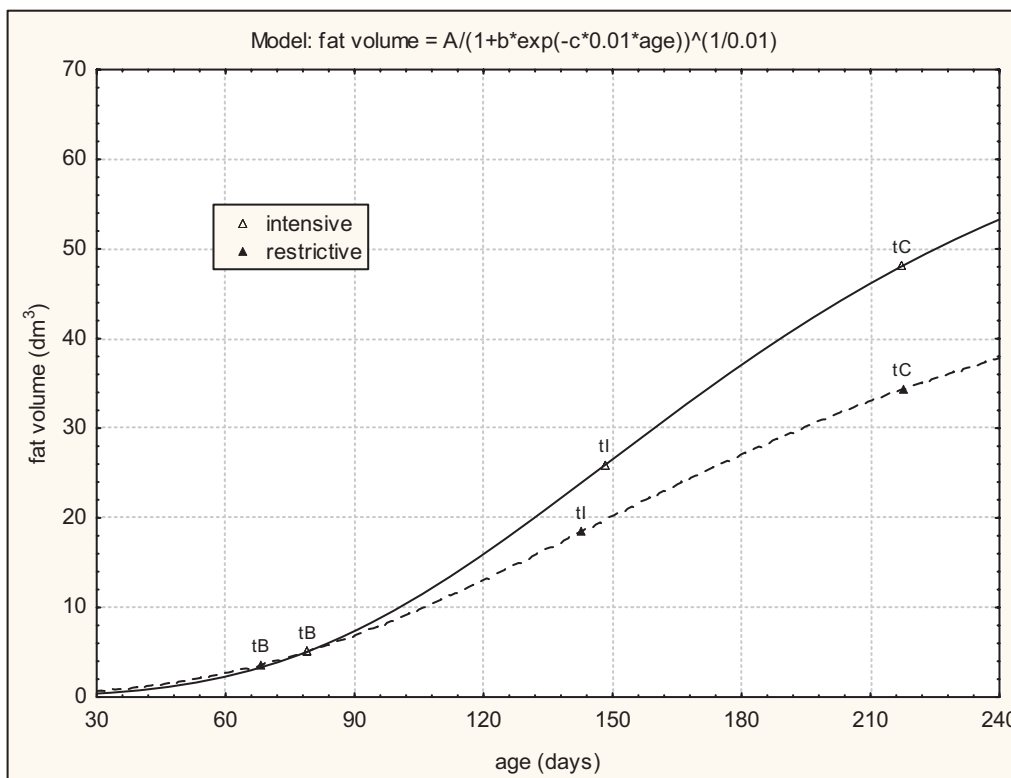
Kasno završavanje rasta masnog tkiva utvrdili su mnogi autori (Davies i Kallweit, 1979; Shields i sur., 1983; Tess i sur., 1986; Fortin i sur., 1983; Gu i sur., 1992), a njihovi rezultati potvrđeni su i ovdje. Wagner i sur. (1999) uočili su sigmoidan oblik eksponencijske funkcije koju su koristili za opisivanje rasta masnog tkiva u svinja, dok su alometrijska i kvadratna funkcija bile više linearne naravi. Kuhn i sur. (1985) koristili su Gomperzovu jednadžbu u modeliranju rasta masnog tkiva, ali njihovi rezultati nisu za usporedbu sa rezultatima ovog istraživanja. Usprkos tome, može se reći da su spomenuti autori pokazali da se pomoću S-krivulje može postići dobra procjena rasta masnog tkiva svinja.

Tablica 3. Srednje vrijednosti i standardne greške (u zagradi) za parametre krivulje rasta i točke koje određuju faze rasta masnog tkiva svinja iz dva različita hranidbena tretmana

Table 3. Means and standard errors (in brackets) for parameters of growth curves and points that determine the stages of fatty tissue growth for pigs kept in two feeding regimes

Parametri - Parameters	Intenzivna hranidba - Intensive feeding	Restriktivna hranidba - Restrictive feeding
B	0.081285 ^a (0.002751)	0.066558 ^b (0.004037)
C	1.413875 (0.036049)	1.349053 (0.063789)
Točke (dani) - Points (days)		
t_I	148.21 ^a (2.083696)	139.85 ^b (2.560506)
t_B	79.01 ^a (1.220355)	65.22 ^b (2.546449)
t_C	217.41 (3.798824)	214.47 (6.369127)
$\Delta = t_C - t_B$	138.40 (3.804408)	149.25 (8.238664)

Vrijednosti unutar redova s različitim eksponentom razlikuju se na razini od $p < 0,05$
Values within rows with a different superscript differ at the level of $p < 0.05$



Slika 3. Krivulje rasta masnog tkiva svinja iz intenzivne i restriktivne skupine
Figure 3. Growth curves for fatty tissue of the pigs from intensive and restrictive feeding

ZAKLJUČAK

Analiza rasta asimetričnom S-funkcijom potvrdila je dobro poznatu narav rasta pojedinih tkiva u odnosu na živu masu. Važnije od toga, ta je analiza pokazala da primijenjeni restriktivni sustav hranidbe ne umanjuje kapacitet rasta mišićnog tkiva u odnosu na skupi intenzivni hranidbeni sustav. Poznavanje točaka koje određuju faze rasta u danima i tjelesnoj masi (volumenima u slučaju tkiva) što omogućava analiza pomoću asimetrične S-funkcije daje mogućnost predviđanja optimalne tjelesne mase za klanje životinja u smislu maksimalnog iskorištenja rasta mišićnog tkiva. Za intenzivno hranjene svinje optimalna tjelesna masa je 130 kg, a za svinje iz restriktivnog sustava hranidbe ta je masa iznosila 114 kg. Ovakvu mogućnost bilo bi dobro provjeriti u budućim istraživanjima.

Ovo je istraživanje pokazalo da sastavnice trupa svinja odgovaraju sigmoidnoj krivulji tj. da su

nelinearne naravi. Za praktične svrhe, rezultati ovog istraživanja mogu se koristiti za brzu prilagodbu proizvodnje svinja zahtjevima tržišta u smislu programiranja klaoničke mase i sastava svinjskih polovica. Sljedeća praktična korist ovog istraživanja je saznanje da skupa intenzivna hranidba svinja nije poboljšala karakteristike rasta mišićnog tkiva hibridnih svinja pa se restriktivna hranidba pristupačnije cijene može smatrati prihvatljivijom u tovu svinja.

Dobivanje slika pomoću magnetno rezonantne tomografije pruža velike mogućnosti u zootehničkim istraživanjima. Sastav trupa živih životinja može se procijeniti s visokom točnošću kao što je pokazalo više istraživačkih projekata. U ovom istraživanju ponovljeno mjerenje na istim životinjama omogućilo je pojedinačnu analizu rasta i razvoja. Na osnovi ovakvog pristupa bilo je moguće opisati i procijeniti rast najvažnijih tkiva bez dugotrajnog i skupog postupka klanja i disekcije svinja u srodstvu.

LITERATURA

1. Baulain, U., Henning, M., Kallweit, E. (1996): Bestimmung der Körperzusammensetzung von Landrasse-Schweinen unterschiedlichen Alters mittels MRI. *Arch.Tierz.*, Dummerstorf, 39, 431-440.
2. 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.
3. Baulain, U., Henning, M. (2001): Untersuchungen zur Schlachtkörper- und Fleischqualität mit Hilfe von MR-Tomographie und MR-Spektroskopie. *Arch. Tierz.*, Dummerstorf, 44, 181-192.
4. Baulain, U., Wiese, M., Tholen, E., Hoereth, R., Hoppenbrock, K. H. (2004): Magnet-Resonanz-Tomographie: Referenztechnik zur Bestimmung der Körperzusammensetzung in der Leistungsprüfung beim Schwein. *Fleischwirtschaft* 84, 101-104.
5. Collewet, G., Bogner, P., Allen, P., Busk, H., Dobrowolski, A., Olsen, E., Davenel, A. (2005): Determination of the lean meat percentage of pig carcasses using magnetic resonance imaging. *Meat Sci.* 70, 563-572.
6. Davies, A. S., Kallweit, E. (1979): The effect of body weight and maturity on the carcass composition of the pig. *Z. Tierzuechtg. Zuechtgsbiol.* 96, 6-17.
7. Doeschl-Wilson, A. B., Green, D. M., Fisher, A. V., Carroll, S. M., Schoefeld, C. P., Whittemore, C. T. (2005): The relationship between body dimensions of living pigs and their carcass composition. *Meat Sci.* 70, 229-240.
8. Fortin, A., Wood, J. D., Whelehan, O. P. (1983): Breed and sex effects on the development and proportion of muscle, fat and bone in pigs. *J. Agric. Sci. Camb.* 108, 39-45.
9. Gu, Y., Schinckel, A. P., Martin, T. G. (1992): Growth, development, and carcass composition in five genotypes of swine. *J. Anim. Sci.* 70, 1719-1729.
10. Hamilton, D. N., Ellis, M., Wolter, B. F., Schinkel, A. P. and Wilson, E. R. (2003): The growth performance of the progeny of two swine lines reared under different space allowances. *J. Anim. Sci.* 81, 1126-1135.
11. Jelen, T. (1998): Research on growth of pigs of different genotypes. M's thesis, University J.J. Strossmayer, Osijek.
12. Kastelic, M., Baulain, U., Kallweit, E. (1995): Early prediction of body composition in living pigs. In: 46th Annual Meeting of European Association for Animal Production, 285, Prague, Czech Republic.
13. Kolstad, K. (2001): Fat deposition and distribution measured by computer tomography in three genetic groups of pigs. *Livestock Prod. Sci.*, 67, 281-292.
14. Kralik, G., Scitovski, R., Sencic, D. (1993): Application of asymmetric S-function for analysis of the growth of boars. *Stocarstvo* 47, 425-433.
15. Kralik, G., Jelen, T., Scitovski, R., Kusec, G. (1999): Analysis of phenotypic expression and growth of gilts using asymmetric S-function. *Feedstuffs* 41, 159-165.
16. Kralik, G., Kušec, G., Kralik, D., Margeta, V. (2007): *Svinjogojstvo – biološki i zootehnički principi*, Sveučilište u Osijeku.
17. Kuhn, G., Otto, E., Feige, K. D. (1985): Charakterisierung des Wachstumsverlaufes von Schlachtwertparametern beim Schwein. *Tag.-Ber., Akad. Landwirtschaft. - Wiss.* 39-46, Berlin, DDR.
18. Kuhn, G., Ender, K., Otto, E., Feige, K. D., Hackl, W. (1987): Die Anwendung von Wachstumsfunktionen zur Ableitung optimaler Schlachtzeitpunkte auf der Grundlage der Mast- und Schlachtleistung von Börgen. *Arch. Tierz.Berlin*, 30, 261-269.
19. Kusec, G. (2001): Growth pattern of hybrid pigs as influenced by MHS-Genotype and feeding regime. Ph.D. Diss., Georg-August-University, Göttingen, Germany.
20. Kusec G., Baulain U., Henning M., Köhler P., Kallweit E. (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
21. López, S., France, J., Gerrits, W. J. J., Dhanoa, M. S., Humphries, D. J., Dijkstra, J. (2000): A generalised Michaelis-Menten equation for the analysis of growth. *J. Anim. Sci.* 78, 1816-1828.
22. 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.
23. Monziols, M., Collewet, G., Bonneau, M., Mariette, F., Davenel, A., Kouba, M. (2006): Quantification of muscle, subcutaneous fat and intermuscular fat in pig carcasses and cuts by magnetic resonance imaging. *Meat Sci.* 72, 146-154.
24. Newcom, D. W., Bass, T. J., Lampe, E. F. (2002): Prediction of intramuscular fat percentage in live swine using real-time ultrasound. *J. Anim. Sci.* 80, 3046-3052.
25. Pfeiffer, H., von Lengerken, G., Gebhardt, G. (1984): *Wachstum und Schachtkörperqualität- Schweine*. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.

26. Ratkowsky, D. A. (1988): Handbook of nonlinear regression models. Marcel Dekker, New York.
27. SAS Institute Inc. (2002): SAS System for windows, Version 9.0., Cary, NC, USA.
28. Shields Jr., D. C., Mahan, D. C., Graham, P. L. (1983): Changes in Swine Body Composition from Birth to 145 kg. J. Anim. Sci. 57, 43-54.
29. StatSoft, Inc. (2005): STATISTICA (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com.
30. Tess, M. W., Dickerson, G. E., Nienaber, J. A., Ferrell, C. L. (1986): Growth, Development and Body Composition in Three Genetic Stocks of Swine. J. Anim. Sci. 62, 986-979.
31. Tholen, E., Baulain, U., Henning, M. D., Schellander, K. (2003): Comparison of different methods to assess the composition of pig bellies in progeny testing. J. Anim. Sci. 81, 1177-1184.
32. Vangen, O., Jopson, N. B. (1996): Research application of non-invasive techniques for body composition. In: 47th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Lillehammer, Norway.
33. 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.

SUMMARY

The research on pig growth characteristics was conducted on 35 barrows, 4-way-crosses with a Pietrain X Hampshire sire and Large White x German White Landrace dam. Pigs were divided into two groups according to the feeding regime: intensive (*ad libitum*) and restrictive. The intensive group fed on diets with energy content of 13.8 MJ ME per kg and 17.5% of crude protein in growth phase and 13.8 MJ ME per kg and 15% of crude protein in the finishing phase, respectively. Pigs from the restrictive group were fed according to German feeding recommendation for barrows. In the first 17 weeks (~70 kg of live weight) the pigs were fed *ad libitum* diets containing 13.0 MJ ME per kg and 17.5% of crude protein. In the finishing phase the pigs were fed restrictively. This diet contained 13.0 MJ ME per kg and 15% of crude protein. The energy intake was restricted to 34.0 MJ ME per day. The pigs were weighed once a week and data on muscle and fatty tissue growth were obtained by means of magnetic resonance imaging (MRI). Statistical analysis of asymmetric S-function parameters showed significant differences between sigmoid growth curves for live weight and fatty tissue volume of pigs from two feeding regimes. However, no significant differences were found for muscle tissue between these groups. Optimal slaughter weight of investigated pigs was calculated by combining information obtained from growth of live weight and muscle tissue modelling: 130 kg for pigs from the intensive group and 114 kg for pigs from the restrictive group. It can be concluded that restrictive feeding regime is more recommendable for BHZP barrows because intensive feeding, which is significantly more expensive, did not improve growth characteristics of investigated pigs in the sense of increased production of muscle tissue.

Key words: pigs, body composition, growth, magnetic resonance tomography