

UTICAJ UBRZANOG HLAĐENJA POLUTKI SVINJA I RANIJEG OTKOŠTAVANJA *POST MORTEM* NA KALO HLAĐENJA, SKRAĆENJE VREMENA PROIZVODNJE SVINJSKOG MESA I UŠTEDU ENERGIJE

THE EFFECT OF ACCELERATED CHILLING OF PIG CARCASSES AND EARLIER DEBONING *POST MORTEM* ON CHILLING LOSS, SHORTER PORK PRODUCTION AND ENERGY SAVING

Dr Vladimir TOMOVIĆ, Dr Ljiljana PETROVIĆ, Dr Natalija DŽINIĆ
Tehnološki fakultet, 21000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, e-mail: tomovic@uns.ns.ac.yu

REZIME

U ovom radu je ispitan uticaj ubrzanog vazdušnog hlađenja polutke svinja u prva 2,5 odnosno 3 sata hlađenja na temperaturi od -31°C , a zatim pod konvencionalnim uslovima (do 8 sati i 24 sata post mortem), u poređenju sa konvencionalnim vazdušnim hlađenjem polutke (na 2°C do 24 sata post mortem), kao i uticaj ranijeg otkošćavanja polutke (8 sati post mortem), nakon ubrzanog vazdušnog hlađenja, na calo hlađenja, kao i na mogućnost skraćivanja procesa proizvodnje svinjskog mesa. Tokom i na kraju hlađenja (8 sati i 24 sata post mortem), kod ubrzanog hlađenih polutke utvrđena je visoko značajno ($P < 0.001$) niža temperatura u dubini buta. Kod polutke hlađenih 2,5 sata na -31°C , do 8 sati post mortem, u dubini buta, dostignuta je temperatura od $11,7^{\circ}\text{C}$, dok je kod polutke hlađenih 3 sata na -31°C do 8 sati post mortem, u dubini buta, dostignuta temperatura bila niža od 7°C ($6,2^{\circ}\text{C}$). Tokom ubrzanog hlađenja polutke (8 sati post mortem) utvrđeno je značajno ($P < 0,05$) usporavanjem brzine pada vrednosti pH u Mm. semimembranosus, ali bez negativnog uticaja na kvalitet mesa. Ubrzanim hlađenjem i ranijim otkošćavanjem polutke ostvaren je manji calo hlađenja od 23,9 do 60,0%, što zajedno sa skraćanjem vremena hlađenja od 16 sati (nakon 3 sata ubrzanog hlađenja), odnosno sa smanjenjem utroška električne energije za proces hlađenja, može dovesti do značajne ekonomske koristi za industriju svinjskog mesa u našoj zemlji.

Ključne reči: svinjsko meso, ubrzano hlađenje, ranije otkošćavanje, calo hlađenja, vreme proizvodnje, ušteda energije

SUMMARY

The effect of accelerated air chilling of pig carcasses in the first 2.5 or 3h of chilling at -31°C , and subsequently under the conventional conditions (up to 8 h and 24 h post mortem) was examined, compared to the conventional air chilling of carcasses (at 2°C up to 24 h post mortem), and the effect of earlier deboning of carcasses (8 h post mortem), after the accelerated air chilling, on chilling loss, and on the possibility of shortening the pork production process. During and at the end of chilling (8 h and 24 h post mortem) highly significant ($P < 0.001$) lower temperature was found in deep leg in accelerated chilled carcasses. In carcasses chilled for 2.5 h at -31°C , up to 8 h post mortem, the temperature of 11.7°C was achieved in deep leg, while in carcasses chilled for 3 h at -31°C up to 8 h post mortem, the achieved temperature in deep leg was lower than 7°C (6.2°C). During accelerated chilling of carcasses (8 h post mortem) a significant ($P < 0.05$) deceleration of pH value decline rate in Mm. semimembranosus was found, with no negative effect on meat quality. Accelerated chilling and earlier deboning result in lower chilling loss from 23.9 to 60.0%, and taking this finding in consideration together with the chilling time shorter than 16 h (after 3 h of accelerated chilling). i.e. lower consumption of electric energy for chilling, leads to significant economic benefit for meat industry in our country.

Key words: pork, accelerated chilling, earlier deboning, chilling loss, production time, energy saving

UVOD

Svrha hlađenja je odvođenje toplote iz polutke, odnosno snižavanje temperature sa $38-40^{\circ}\text{C}$ [22], odnosno sa $38-39^{\circ}\text{C}$ [12], do zadate krajnje interne temperature u najdubljim delovima, što se ostvaruje transferom toplote sa polutke u atmosferu ili neki drugi medijum i to sa dva mehanizma prenosa toplote: kondukcijom i konvekcijom [16,22].

Zbog opasnosti od kvarenja, hlađenje mesa je neophodno započeti što je moguće pre nakon iskrvarenja [12]. Sa druge strane, brzina odvođenja toplote, odnosno odnos između brzine pada temperature i vrednosti pH može imati uticaj i na druge (tehnološke) parametre kvaliteta mesa, kao što su calo hlađenja, nežnost, sposobnost vezivanja vode, boja [23].

Danas se u komercijalnoj praksi za hlađenje svinjskog mesa uglavnom koristi konvencionalno, sprej i brzo/ubrzano hlađenje. Kod ubrzanog vazdušnog hlađenja primenjuju se temperature od -20°C do -40°C , često sa brzinom strujanja vazduha od 3 do 5 m/s u trajanju od 1 do 3 sata [16]. Primenom različitih sistema ubrzanog hlađenja, odnosno sistema za brzo snižavanje temperature polutke, utvrđeno je da to može biti jedan od vrlo efikasnih postupaka za smanjenje ili preveniranje pojavljivanja BMV (bledog, mekog i vodnjikavog) mesa [23], zatim za smanjenje nivoa kontaminacije polutke i produženje održivosti mesa [2], ostvarivanje velike ekonomske koristi za industriju svinjskog me-

sa, s obzirom da ubrzano hlađenje uvek rezultira smanjenjem kala hlađenja [2,8,19] i skraćanje vremena hlađenja, odnosno procesa proizvodnje svinjskog mesa [5,8,23], što dovodi do mogućnosti započinjanja prerade mesa ranije *post mortem* [20]. Međutim, u literaturi postoje i podaci koji ukazuju da je uticaj ubrzanog hlađenja na faktore tehnološkog kvaliteta svinjskog mesa limitiran [10,17].

Jedan od problema koji može nastati primenom ubrzanog hlađenja je fenomen poznat kao "cold shortening" (skraćivanje mišića na hladnoći) koji se može razviti kada je pad temperature veoma brz, dok je energetska nivo, odnosno nivo adenozin trifosfata (ATP), u mišiću još uvek visok [18]. Za prevenciju "cold shortening-a" preporučuje se da se svinjsko meso ne hladi ispod 10°C u prvih 5 sati *post mortem* [2,13], odnosno da se ne hladi ispod 5°C dok je vrednost pH mišića veća od 6,0 [14]. Naučna ispitivanja koja su obavljena u laboratorijskim uslovima [6] ukazuju da ubrzano hlađenje može indukovati skraćanje mišićnih vlakana (sarkomere) i rezultirati tvrdoćom mesa, ako je temperatura mišića ispod 10°C već 3 sata posle klanja, a vrednost pH mišića iznad 6,0.

Polazeći od napred navedenog i od činjenice da se krajnja vrednost pH kod svinjskog mesa sa normalnom brzinom glikolize dostigne, a time i većina biohemijskih procesa kompletira (*rigor mortis*), od 6 do 9 sati *post mortem* [15], odnosno od 6 do 12 sati *post mortem* [24] i od direktive EU za sveže svinjsko meso

[4] prema kojoj se svinjsko meso ne sme rasecati pre dostizanja interne temperature u dubini buta od 7°C [5,8,12], cilj ovog rada je bio da se utvrdi uticaj ubrzanog vazdušnog hlađenja i ranijeg otkošavanja *post mortem* na kalo hlađenja, kao i da se utvrdi da li je ranijim otkošavanjem nakon ubrzanog vazdušnog hlađenja moguće značajno skratiti proces hlađenja, a samim tim i proces proizvodnje svinjskog mesa, kako bi se u istom danu obavilo klanje, hlađenje, rasecanje i otkošavanje i započela prerada mesa.

MATERIJAL I METOD

Ispitivanja su obavljena u dva eksperimenta, pri čemu je jedina razlika u eksperimentalnim uslovima bila vreme, odnosno dužina ubrzanog hlađenja. U oba eksperimenta, na kraju linije klanja desne (kontrolne) polutke, od ukupno 40 trupova [vrednost pH_{30min} - *M. semimembranosus* (SM) > 5,8 - meso normalnog kvaliteta; [7,12], sa masom toplih polutke od $73,4 \pm 3,97$ kg (Eksperiment 1), odnosno sa masom toplih polutke od $75,5 \pm 3,93$ kg (Eksperiment 2), usmerene su na konvencionalno vazdušno hlađenje na temperaturi od 2 do 4°C, sa brzinom strujanja vazduha od 2 m/s, do 24 sata *post mortem*, nakon čega je obavljeno rasecanje i otkošavanje polutke. Leve (ogledne) polutke, svih 40 trupova, usmerene su na ubrzano vazdušno hlađenje na -31°C u tunel za smrzavanje, sa brzinom strujanja vazduha od 5 m/s, u trajanju od 2,5 sata (do cca 3,5 sata *post mortem*; Eksperiment 1), odnosno u trajanju od 3 sata (do cca 4 sata *post mortem*; Eksperiment 2), nakon čega je nastavljeno konvencionalno vazdušno hlađenje u komori za uravnoteženje na temperaturi od 2 do 4°C, sa brzinom strujanja vazduha od 0,5 m/s, do 8 sati (prva polovina oglednih polutki), odnosno do 24 sata *post mortem* (druga polovina oglednih polutki), nakon čega je obavljeno rasecanje i otkošavanje polutke.

Na početku, tokom i na kraju hlađenja temperature su merene u dubini buta u obe polutke svih trupova 30 minuta (T_{30min}), 8 (T_{8h}), odnosno 24 (T_{24h}) sata *post mortem*. Temperatura je određena upotrebom portabl digitalnog termometra sa iglom od 12 cm za direktno određivanje temperature u mesu (Consort T651, Turnhout, Belgium).

Vrednost pH je merena u centru oba mišića SM svih trupova 30 minuta (pH_{30min}), 8 (pH_{8h}), odnosno 24 (pH_{24h}) sata *post mortem*. Vrednost pH je određena upotrebom portabl pH metra (Consort C931, Turnhout, Belgium) Kao rezultat je uzeta aritmetička sredina dve vrednosti pH izmerenih u istoj tački [25].

Masa toplih i ohlađenih polutki, odnosno desnih i levih polutki, merena je na odgovarajućoj vagi na visećem koloseku, sa tačnošću od $\pm 0,05$ kg. Kalo hlađenja je izračunat i izražen kao procenat gubitka mase jedne polutke trupa.

U cilju pravilne interpretacije rezultata ispitivanja dobijeni podaci statistički su obrađeni [9], tako što su izračunati: aritmetička sredina ($\bar{X}$), standardna devijacija (σ) i značajnost razlika između aritmetičkih sredina, primenom nezavisnog t-testa, između dve aritmetičke sredine.

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1. prikazani su rezultati ispitivanja uticaja različite brzine hlađenja polutke na brzinu pada temperature u dubini buta i brzinu pada vrednosti pH u mišićima SM. Iz prikazanih rezultata (Tabela 1) vidi se da su na kraju linije klanja, odnosno oko 30 minuta *post mortem*, i u desnim i u levim polutkama, izmerene gotovo identične temperature, u dubini butova, od 41,3 i 41,2°C ($P > 0,05$; Eksperiment 1), odnosno identične temperature od 41,6°C ($P > 0,05$; Eksperiment 2). Daljom analizom rezultata prikazanih u tabeli 1 vidi se da je 8 sati *post mortem* kod konvencionalno hlađenih polutke utvrđena temperatura od 20,1°C (Eksperiment 1), odnosno od 19,1°C (Eksperiment 2), dok je kod ubrzanog hlađenih polutki, u isto vreme *post mortem*, u poređenju sa konvencionalno hlađenim polutkama, utvrđena visoko značajno niža temperatura ($P < 0,001$) i to za 8,4°C (Eksperi-

ment 1), odnosno za 12,9°C (Eksperiment 2). Iz prikazanih rezultata se vidi, da je brzina hlađenja uticala i na konačnu temperaturu, odnosno na kraju hlađenja (24 sata *post mortem*), takođe je utvrđena visoko značajna razlika u temperaturama ($P < 0,001$), izmerenim u dubini buta različito hlađenih polutki, iako se ta razlika smanjila na samo 3,3°C (Eksperiment 1), odnosno 1,3°C (Eksperiment 2).

Tabela 1. Uticaj ubrzanog hlađenja polutke svinja i ranijeg otkošavanja *post mortem* na internu temperaturu u dubini buta i vrednost pH u *M. semimembranosus*

Table 1. The effect of accelerated chilling of pig carcasses and earlier deboning *post mortem* on internal ham temperature and pH value of *M. semimembranosus*

Postupak hlađenja / Chilling method ¹	Eksperiment 1 / Experiment 1		Eksperiment 2 / Experiment 2	
	KH / CC	UH / AC	KH / CC	UH / AC
Polutka trupa / Carcass side	Desna / Right	Leva / Left	Desna / Right	Leva / Left
Vreme otkošavanja <i>post mortem</i> (sati) / Time of deboning <i>post mortem</i> (hours)	24	8/24	24	8/24
Broj polutki (<i>M. semimembranosus</i>) / Number of sides (<i>M. semimembranosus</i>)	40	40/20	40	40/20
Aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija / Mean $\pm$ standard deviation	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$
Temper. / Temperature (°C)				
T_{30min}	41,3 $\pm$ 0,64	41,2 $\pm$ 0,67	41,6 $\pm$ 0,55	41,6 $\pm$ 0,59
T_{8h}	20,1 ^A $\pm$ 1,43	11,7 ^B $\pm$ 1,66	19,1 ^A $\pm$ 0,75	6,2 ^B $\pm$ 1,16
T_{24h}	6,4 ^A $\pm$ 0,33	3,1 ^B $\pm$ 0,39	5,1 ^A $\pm$ 0,36	3,8 ^B $\pm$ 0,53
Vrednost pH / pH value				
pH_{30min}	6,29 $\pm$ 0,22	6,29 $\pm$ 0,21	6,18 $\pm$ 0,18	6,22 $\pm$ 0,27
pH_{8h}	5,82 ^B $\pm$ 0,31	5,98 ^B $\pm$ 0,19	5,88 ^B $\pm$ 0,18	6,02 ^B $\pm$ 0,16
pH_{24h}	5,63 $\pm$ 0,30	5,79 $\pm$ 0,23	5,70 $\pm$ 0,19	5,77 $\pm$ 0,22

¹ KH – konvencionalno hlađenje; BH – ubrzano hlađenje; CC – conventional chilling; AC – accelerated chilling.

^{AB} Razlike između aritmetičkih sredina su značajne sa 99% verovatnoćom; Indicates significant difference at $P < 0,001$.

^{ab} Razlike između aritmetičkih sredina su značajne sa 95% verovatnoćom; Indicates significant difference at $P < 0,05$.

U Eksperimentu 1 (tabela 1), kod polutke koje su ubrzano hlađene 2,5 sata do 8 sati *post mortem* nisu dostignute interne temperature u dubini buta niže od 7°C ($T = 11,7^\circ\text{C}$), dok su u Eksperimentu 2, kod polutke koje su ubrzano hlađene 3 sata, interne temperature u dubini buta niže od 7°C, što predstavlja gornju granicu kada se može započeti otkošavanje [4,5,8,12], dostignute nešto pre 8 sati *post mortem*, odnosno 8 sati *post mortem* u dubini butova ubrzano hlađenih polutke izmerene su temperature od 6,2°C. Temperature niže od 7°C utvrđene su i u butovima konvencionalno hlađenih polutke u oba Eksperimenta, na kraju hlađenja, odnosno 24 sata *post mortem*, ali te temperature nisu bile ispod 4°C, koliko se zahteva u našoj zemlji prema Pravilniku o kvalitetu zaklanih svinja i kategorizaciji svinjskog mesa [21]. Dakle, na osnovu rezultata ovih ispitivanja može se konstatovati da se primenjenim režimima ubrzanog hlađenja može značajno skratiti vreme hlađenja polutke, u poređenju sa vremenom konvencionalnog hlađenja polutke svinja, i to kako je utvrđeno u Eksperiment 2 za gotovo 16 sati, odnosno posmatrano sa mikrobiološkog aspekta (temperatura u dubini buta manja od 7°C) otkošavanje, može započeti već nakon 8 sati *post mortem* (Eksperiment 2).

Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli u kojoj je prikazan pad temperature tokom hlađenja (tabela 1) vidi se da na kraju linije klanja, odnosno 30 minuta *post mortem*, i to u oba Eksperimenta, između inicijalnih vrednosti pH, koje su izmerene u mišićima SM na polutkama koje su potom usmerene na različito hlađenje

(vrednosti $pH_{30min} = 6,29$, Eksperiment 1; vrednosti $pH_{30min} = 6,18$ i $6,22$, Eksperiment 2), nije utvrđena značajna razlika ($P > 0,05$). Međutim, ubrzano hlađenje polutki značajno je uticalo na usporavanje pada vrednosti pH u mišićima SM. Osam sati *post mortem* u mišićima SM na ubrzano hlađenim polutkama utvrđena je vrednost pH od 5,98 (Eksperiment 1) i 6,02 (Eksperiment 2), odnosno utvrđene su za 0,16 (Eksperiment 1) i za 0,14 (Eksperiment 2) jedinica značajno više vrednosti pH ($P < 0,05$), u poređenju sa vrednostima pH koja su utvrđene kod mišića SM na konvencionalno hlađenih polutki.

U momentu rasecanja polovine ubrzano hlađenih polutki, i izdvajanja mišića SM sa tih polutki, utvrđene su vrednosti pH od 6,00 (Eksperiment 1 i Eksperiment 2). U tom trenutku, odnosno 8 sati *post mortem*, vrednost pH mišića SM je još uvek bila visoka, odnosno mišići su tek ušli u *rigor mortis* fazu, s obzirom da prema različitim autorima *rigor mortis* počinje pri različitim vrednostima pH, s tim da su te vrednosti za svinjsko meso uvek manje od 6,1 (vrednost pH = 6,1-5,9 [11]; vrednost pH < 6,0 [6,14]; vrednost pH = 5,9-5,7 [12]; pH < 5,9 [7]). U isto vreme *post mortem*, odnosno 8 sati *post mortem* (tabela 1), kod mišića SM na konvencionalno hlađenim polutkama utvrđene su vrednosti pH od 5,82 (Eksperiment 1) i 5,88 (Eksperiment 2), na osnovu čega se može konstatovati da se ovi mišići nalaze u poodmakloj fazi razvoja *rigor mortis*-a.

U model ispitivanja utvrđeno je da je direktan uticaj temperature na pufer kapacitet mišića najznačajniji faktor koji dovodi do razlike u vrednosti pH između ubrzano i konvencionalno hlađenih mišića (*M. longissimus dorsi*), dok je doprinos temperaturno izazvanog odloženog nastajanja laktata *post mortem* neznatan [1].

Poređenjem odnosa između brzine pada temperature i vrednosti pH utvrđenog u ovom radu sa odnosima brzine pada temperature i vrednosti pH koje su za svinjsko meso, sa stanovišta maksimalne brzine hlađenja, odnosno razvitka "cold shortening-a", definisali različiti autori [2,6,13,14], vidi se da je kod ubrzano hlađenih polutki temperatura u dubini buta 3 sata, odnosno 5 sati *post mortem* bila iznad 10°C . Takođe, u fazi razvoja *rigor mortis*-a u ubrzano hlađenim mišićima SM (vrednosti $pH_{8h} = 5,98$ i $6,02$), temperatura u dubini buta je bila iznad 5°C . Dakle, na osnovu odnosa između brzine pada temperature u dubini buta i vrednosti pH u mišićima SM, koji je utvrđen u ovim ispitivanjima, može se konstatovati da su primenjene brzine hlađenja kod ubrzano hlađenih polutki, odnosno mišića SM, manje od brzine koja dovodi do povećanja tvrdoće mesa nakon kuvanja, odnosno do razvitka "cold shortening-a", te se definisani režimi ubrzanog hlađenja mogu primeniti bez negativnih posledica na kvalitet proizvedenog svinjskog mesa.

Na kraju hlađenja, odnosno 24 sata *post mortem* (tabela 1), sve četiri vrednosti pH mišića SM nalazile su se u intervalu od 5,3 do 5,8, koji je karakterističan za svinjsko meso [12,24]. Numerički, ali ne i značajno ($P > 0,05$), veće vrednosti pH utvrđene su u mišićima SM sa ubrzano hlađenih polutki (vrednosti $pH_{24h} = 5,79$ i $5,77$), u poređenju sa mišićima SM sa konvencionalno hlađenih polutki (vrednosti $pH_{24h} = 5,63$ i $5,70$).

Dalje, veoma je interesantno analizirati rezultate dobijene određivanjem kala hlađenja (tabela 2). Za utvrđeni gubitak mase kod konvencionalno hlađenih polutki (2,1%, Eksperiment 1; 2,0%, Eksperiment 2) koje su otkoštene 24 sata *post mortem* može se konstatovati da je na nivou koji je utvrđen i u drugim ispitivanjima [8,19], u kojima su primenjeni isti ili slični uslovi konvencionalnog hlađenja, a utvrđeni značajno ($P < 0,05$), odnosno visoko značajno ($P < 0,01$) manji gubici mase pri ubrzanom hlađenju, odnosno ubrzanom hlađenju i ranijem otkoštavanju *post mortem*, potvrđuje rezultate drugih autora prema kojima se ubrzanim vazдушnim hlađenjem i ranijim otkoštavanjem *post mortem* smanjuje taj gubitak [8,19]. Značajno ($P < 0,05$), odnosno visoko značajno ($P < 0,01$) smanjenje kala hlađenja kod ubrzano hlađenih polutki koje su otkoštene 24 sata *post mortem*,

odnosno koje su otkoštene 8 sati *post mortem*, u poređenju sa konvencionalno hlađenim polutkama, od 23,8% (Eksperiment 1), odnosno od 30,0% (Eksperiment 2) i od 47,6% (Eksperiment 1), odnosno od 60,0% (Eksperiment 2) prvenstveno se može objasniti smanjenjem brzine isparavanja vode sa površine polutki, kao i ranijim otkoštavanjem, dok se značajno ($P < 0,05$) smanjenje kala hlađenja kod ubrzano hlađenih polutki otkoštenih 8 sati *post mortem*, u poređenju sa kalom hlađenja koji je utvrđen kod ubrzano hlađenih polutki otkoštenih 24 sata *post mortem*, od 31,3% (Eksperiment 1), odnosno od 42,9% (Eksperiment 2), prvenstveno može objasniti ranijim otkoštavanjem.

Tabela 2. Uticaj ubrzanog hlađenja polutki svinja i ranijeg otkoštavanja *post mortem* na kalo hlađenja

Table 2. The effect of accelerated chilling of pig carcasses and earlier deboning *post mortem* on chilling loss

Postupak hlađenja [Chilling method]	Eksperiment 1 [Experiment 1]			Eksperiment 2 [Experiment 2]		
	KH [CC]	UH [AC]	UH [AC]	KH [CC]	UH [AC]	UH [AC]
Polutka trupa [Carcass side]	Desna [Right]	Leva [Left]	Leva [Left]	Desna [Right]	Leva [Left]	Leva [Left]
Vreme otkoštavanja <i>post mortem</i> (sati) [Time of deboning <i>post mortem</i> (hours)]	24	8[24]	8	24	8[24]	8
Broj polutki (<i>M. semimembranosus</i>) [Number of sides (<i>M. semimembranosus</i>)]	40	40[20]	20	40	40[20]	20
Aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija [Mean $\pm$ standard deviation]	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$
Kalo hlađenja [Chilling loss (%)]	2,1 ^{Aa} $\pm 0,68$	1,6 ^{ABb} $\pm 0,60$	1,1 ^{Bc} $\pm 0,48$	2,0 ^{Aa} $\pm 0,56$	1,4 ^{ABb} $\pm 0,54$	0,8 ^{Bc} $\pm 0,44$

KH – konvencionalno hlađenje; BH – ubrzano hlađenje; CC – conventional chilling; AC – accelerated chilling.

^{AB} Razlike između aritmetičkih sredina su značajne sa 99% verovatnoće; Indicates significant difference at $P < 0.01$.

^{ab} Razlike između aritmetičkih sredina su značajne sa 95% verovatnoće; Indicates significant difference at $P < 0.05$.

Na osnovu ekonomske evaluacije koju je za svinjsko meso uradio međunarodni institut za hlađenje [3], prema kojoj, i pored većih investicionih i eksploatacionih troškova koji su neophodni za ubrzano vazдушno hlađenje, u poređenju sa konvencionalnim vazдушnim hlađenjem, manji kalo od 0,7% kao rezultat ubrzanog hlađenja i to do 24 sata *post mortem*, pri kapacitetu klanja od 3000 svinja na dan, na nivou cele godine donosi dobit od oko 500.000 £. Dakle, na osnovu prikazanih rezultata (utvrđen je manji kalo od 0,5%, Eksperiment 1 i od 0,6%, Eksperiment 2), može se konstatovati da bi slična dobit, i to samo na osnovu kala hlađenja, bila ostvarena i u našim proizvodnim uslovima primenom definisanih režima ubrzanog vazдушnog hlađenja (2,5 i 3 sata na -31°C , sa brzinom strujanja vazduha od 5 m/s i zatim na 2 do 4°C , sa brzinom strujanja vazduha od 0,5 m/s do 24 sata *post mortem*). Međutim, takođe treba istaći da u našoj zemlji, trenutno, ne postoje objekti sa kapacitetom klanja od 3000 svinja na dan, te da bi ostvarena dobit, koja bi se ostvarila primenom ubrzanog hlađenja u našim sadašnjim proizvodnim uslovima (kapacitet klanja do 1000 svinja na dan) bila sigurno manja. Sa druge strane, ostvarena dobit bi bila značajno veća ukoliko bi se proizvodnja mesa nakon ubrzanog hlađenja završila 8 sati *post mortem*, s obzirom da je u tom slučaju u ovim ispitivanjima, u poređenju sa konvencionalno hlađenim polutkama, utvrđen manji kalo od 1,0% (Eksperiment 1) i od 1,2% (Eksperiment 2). Pored toga ubrzanim hlađenjem i ranijim otkoštavanjem značajno je skraćeno vreme hlađenja i to u Eksperimentu 2 čak od 16 sati (kada su ostvareni uslovi za početak otkoštavanja), što nesumljivo dovodi još i do značajne uštede električne energije koja

je neophodna za hlađenje, odnosno dovodi do značajne uštede u radu.

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata dobijenih ispitivanjem uticaja ubrzanog hlađenja polutke svinja, kao i uticaja ranijeg otkošavanja *post mortem*, nakon ubrzanog hlađenja, u poređenju sa konvencionalnim hlađenjem polutke na tok biohemijskih promena u mišićima SM, odnosno na kalo hlađenja i na mogućnost skraćivanja vremena proizvodnje svinjskog mesa i uštedu energije u toku procesa hlađenja i diskusije tih rezultata može se zaključiti:

1. Da je tokom (8 sati *post mortem*) i na kraju hlađenja (24 sata *post mortem*) kod ubrzanog hlađenih polutke, utvrđen visoko značajno ($P < 0,001$) brži pad temperature u dubini buta, s tim da je traženi zahtev (temperatura od 7°C) kod polutke hlađenih 3 sata na -31°C dostignut do 8 sati *post mortem*, odnosno gotovo 16 sati ranije. U isto vreme *post mortem* kod polutke hlađenih 2,5 sata na -31°C utvrđena je temperatura od $11,7^{\circ}\text{C}$,
2. Da je 8 sati *post mortem* kod ubrzanog hlađenih mišića SM utvrđen značajno ($P < 0,05$) sporiji pad vrednosti pH, ali bez negativnog uticaja na kvalitet mesa, dok 24 sata *post mortem* nije utvrđen značajan uticaj ($P > 0,05$) različite brzine hlađenja na krajnje vrednosti pH u mišićima SM,
3. Da je ubrzanom hlađenjem polutke i otkošavanjem 24 sata *post mortem*, odnosno otkošavanjem 8 sati *post mortem*, utvrđen značajno ($P < 0,05$) i visoko značajno ($P < 0,01$) manji kalo hlađenja i to za 23,9 i 30,0% (smanjen sa 2,1 na 1,6%, odnosno sa 2,0 na 1,4%) i za 47,6 i 60,0% (smanjen sa 2,1 na 1,1%, odnosno sa 2,0 na 0,8%), odnosno, u poređenju sa ubrzanom hlađenim polutkama, otkoštenih 24 sata *post mortem*, kod ubrzanog hlađenih i ranije *post mortem* otkoštenih polutke (8 sati *post mortem*) utvrđen je značajno manji kalo hlađenja ($P < 0,05$) od 31,3 i 42,9% (smanjen sa 1,6 na 1,1%, odnosno sa 1,4 na 0,8%).

Generalno može se zaključiti da se i u našim proizvodnim uslovima ubrzanom hlađenjem polutke svinja i ranijim otkošavanjem *post mortem* značajno smanjuje kalo hlađenja i značajno skraćuje proces proizvodnje svinjskog mesa (smanjuje se utrošak električne energije), što sve zajedno dovodi do višestruke ekonomske koristi za industriju svinjskog mesa.

NAPOMENA: Ova ispitivanja su finansirana od strane MNTR Republike Srbije, projekat broj 20037TR.

LITERATURA

- [1] Bertram, H.C., Dønstrup, S., Karlsson, A.H., Andersen, H.J., Stødkilde-Jørgensen, H.: *Post mortem* energy metabolism and pH development in porcine *M. longissimus dorsi* as affected by two different cooling regimes, A ^{31}P -NMR spectroscopic study, Magnetic Resonance Imaging, 19(2001)7, p.993-1000.
- [2] Bowater, F.J.: Economies of meat chilling and freezing, In: Proceeding of the institute of refrigeration, London, England, 1997, p.1-11, Available: www.fjb.co.uk
- [3] Bowater, F.J.: Rapid carcass chilling plants compared to conventional system. In: Proceeding of the institute of refrigeration, London, England, p.1-6, Available: www.fjb.co.uk
- [4] Council Directive of 26 June 1964 (64/433[EEC]) on health conditions for the production and marketing of fresh meat. Official Journal of the European Union, L 121, p.1-30.
- [5] Dransfield, E., Ledwith, M.J., Taylor, A.A.: Effect of electrical stimulation, hip suspension and ageing on quality of chilled pig meat, Meat Science, 29(1991)1, p.129-139.
- [6] Dransfield, E., Lockyer, D.K.: Cold-shortening toughness in excised pork *M. longissimus dorsi*, Meat Science, 13(1985)1, p.19-32.
- [7] Feldhusen, F., Kühne, M.: Effects of ultra rapidchilling and ageing on length of sarcomeres and tenderness of pork, Meat Science, 32(1992)2, p.161-171.
- [8] Gígiel, A., Butler, F., Hudson, B.: Alternative methods of pig chilling, Meat Science, 26(1989)1, p.67-83.
- [9] Hadživuković, S.: Statistički metodi, Drugo prošireno izdanje, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1991.
- [10] Hambrecht, E., Eissen, J. J., de Klein, W.J.H., Ducro B.J., Smits C.H.M., Versteegen M.W.A., den Hartog, L.A.: Rapid chilling cannot prevent inferior pork quality caused by high preslaughter stress, Journal of Animal Science, 82(2004)2, p.551-556.
- [11] Hamm, R., Honikel, K.O., Kim, C.J.: Veränderungen im schweine- und Rindermuskel nach dem schlachten; Ein beitrage zum problem des schlachtwarmentbeinens von schweinen, Fleischwirtschaft, 64(1984)9, p.1387.
- [12] Honikel, K.O.: Biohemijske i fizičko-hemijske karakteristike kvaliteta mesa, Tehnologija mesa, 40(1999)3-5, s.105-123.
- [13] Honikel, K.O., Reagan, J.O.: Hot boning of pig carcasses: Influences of chilling conditions on meat quality, In: Accelerated processing of meat, A. Romita, C. Valin and A. Taylor (Eds.), Elsevier Applied Publishers, London, United Kingdom, 1987.
- [14] Honikel, K.O.: Influence of chilling of pork carcasses on physical quality traits, National Pork Producers Council Chilling Workshop, National Pork Producers Council, Des Moines, IA, 1999.
- [15] Honikel, K.O., Kim, C.J.: Über die ursachen der entstehung von PSE-Schweinefleisch, Fleischwirtschaft, 65(1985)9, s.1125-1131.
- [16] Huff-Lonergan, E., Page, J.: The role of carcass chilling in the development of pork quality, Facts, National Pork Producers Council, Pork Quality, American Meat Science Association, 2001. p.1-8. Available: <http://www.meatscience.org/Pubs/factsheets/chilling.pdf>
- [17] Kerth, C.R., Carr, M.A., Ramsey, C.B., Brooks, J.C., Johnson, R.C., Cannon, J.E., Miller, M.F.: Vitamin-mineral supplementation and accelerated chilling effects on quality of pork from pigs that are monomutant or noncarriers of the halothane gene, Journal of Animal Science, 79(2001)9, p.2346-2355.
- [18] Locker, R.H., Hagyard, C.J.: A cold shortening effect in beef muscle, Journal of the Science and Agriculture, 14(1963)2, p.787-793.
- [19] Long, V.P., Tarrant, P.V.: The effect of pre-slaughter showering and post-slaughter rapid chilling on meat quality in intact pork sides, Meat Science, 27(1990)3, p.181-195.
- [20] Okanović, Đ., Petrović, Lj., Rede, R., Popov-Raljić, J., Manojlović, D.: Possibility of cooked ham production from ham deboned early *post mortem*, 2. Properties of finished products, International Fleischwirtschaft, 1[2 (1998), p.20-25.
- [21] Pravilnik o kvalitetu zaklanih svinja i kategorizaciji svinjskog mesa. Službeni list SFRJ, broj 2, 1985; Pravilnik o izmeni i dopuni Pravilnika o kvalitetu zaklanih svinja i kategorizaciji svinjskog mesa. Službeni list SFRJ, broj 12, 1985; Pravilnik o izmeni Pravilnika o kvalitetu zaklanih svinja i kategorizaciji svinjskog mesa. Službeni list SFRJ, broj 24, 1986.
- [22] Rede, R., Petrović, Lj.: Tehnologija mesa i nauka o mesu. Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1997, s.280.
- [23] Savell, J.W., Mueller, S.L., Baird, B.E.: The chilling of carcasses, Meat Science, 70(2005)3, p.449-459.
- [24] Smulders, F.J.M., Toldrá, F., Flores, J., Prieto, M.: New technologies for meat and meat products, Utrecht, The Netherlands: Audet Tijdschriften, 1992.
- [25] SRPS ISO 2917: Meso i proizvodi od mesa, Merenje pH (Referentna metoda), 2004.

Received: 04.07.2009.

Accepted: 05.12.2009.