

Slutrapport

Styret el-stimulering - udvikling af profiler

februar 2011
Proj.nr.1378880 - 01884
Version 01
MAHD/HNH

Marchen Hviid og Niels T. Madsen

Baggrund

Formål

Projektet startede i 2004 som et samarbejdsprojekt mellem Køddbranchens Fællesråd, Nortura og Scan AB. Projektet har haft fokus på at:

- udvikle et styrekort til individuel styring og overvågning af stimuleringen (strøm og puls/pause). Individuel el-stimulering af kreaturslagtekroppe vil øge mulighed for at maksimere den enkelte krops mørhedspotentiale
- opsamle data på individniveau
- dokumentere optimale stimuleringsprofiler

Selve stimuleringsarmen blev betragtet som kendt teknologi.

Styrekort

Der blev i 2004-2006 brugt meget energi på at et svensk firma (tidligere Mitab leverandør) fik udviklet et nyt styrekort. Det lykkedes ikke, idet driftstest viste, det var for ustabil fungerende og det var derfor ikke muligt at gennemføre forsøg med dette kort. Derefter blev et nyt kort udviklet af det danske firma MicroTechnic A/S efter kravspecifikation beskrevet i dette projekt (1). DMRI udviklede software til den PC, som forestår dialog med styrekortet og dataopsamling samt kommunikation med slagtelinjen. I 2007 startede de egentlige forsøg med dokumentation af sammenhæng mellem stimuleringsprofil og kvalitet(mørhed) for forskellige kategorier.

Det udviklede styrekort og software blev gjort kommercielt tilgængelig via en aftale med Carometec A/S, som selv har forestået udviklingen af ny mekanik (stimuleringsarm) og produktionsmodnet systemet.

- Udstyret kan reguleres på puls/pause (Hz), på samlet tid og på enten fast spænding eller fast strøm.
- Udstyret måler spændingsforskel i det samlede system (med fast strøm) eller strømniveau til at opretholde en fastlagt spænding.

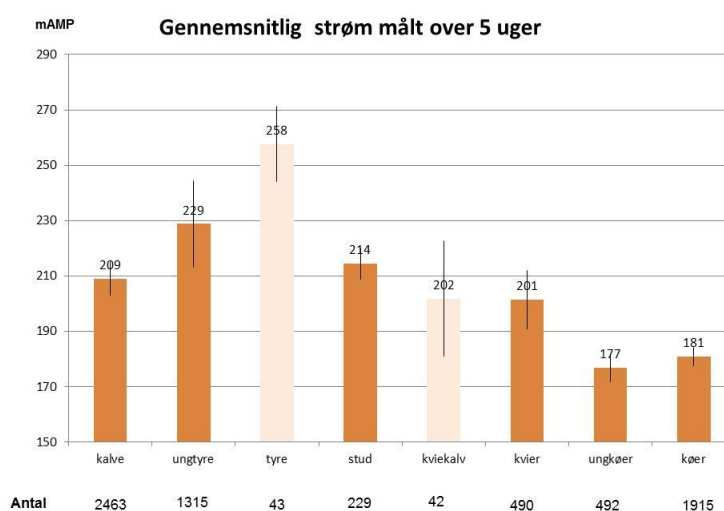
Det betyder, at el-stimuleringssystemet kan tilpasses individuelt til den enkelte slagtekrop og mørhedspotentialet kan herved udnyttes optimalt. Samtidig kan dokumenteres, at stimulering har fundet sted efter de retningslinjer, som er bestemt.

Styrekortet og overvågningen er etableret i et eksisterende dansk anlæg, og det samlede udstyr er installeret i et nybygget norsk slagteri. Der er desuden to forsøgsudstyr til rådighed for test.

Overvågning

Opsamling af data på individniveau

Der blev etableret overvågning af et udstyr på værtslagteriet. I perioder blev slagtedata også kombineret med data fra el-stimuleringsudstyret, så der kunne analyseres for eventuelle forskelle mellem kategorier under drift. I figur 1 er samlet resultater fra 5 uger. Tallene over søjlen angiver gennemsnit, og stregen angiver spredning i kategorien.



Figur 1. Overvågning af variation i målt strøm med fast spænding, forskellige kategorier (blodgang)

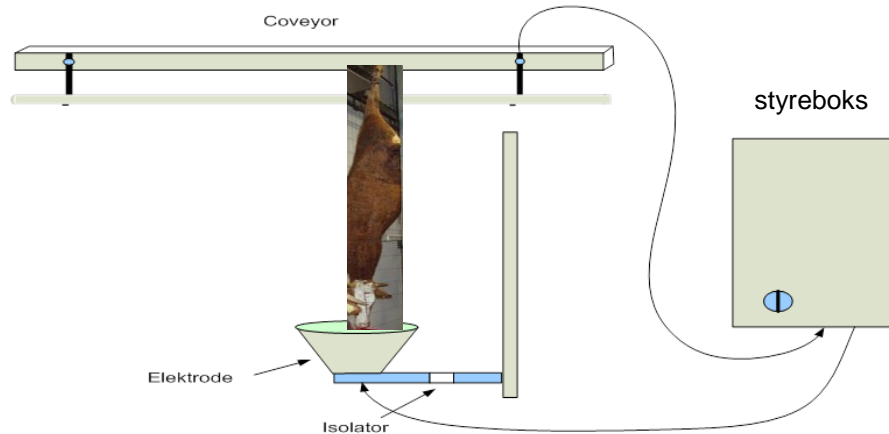
Overvågning af stimulering på værtslagteriet viste, at målt strøm for kategori 1-2 (kalve og ungtyre) er ca. 30-40 mAmp højere end for kategori 7-9 (kvær-kvær) med samme spænding (78 volt).

WEB baseret overvågning

Der er programmeret et WEB baseret driftsovervågningsprogram, som kan installeres fx på slagteriets server. Det er dermed muligt at udtrække rapporter, som dækker over forskellige perioder og rapport over alarmer, så slagtemester eller teknisk- eller kvalitetsafdeling hurtigt kan blive informeret, hvis udstyret ikke fungerer.

Indledende forsøg

Ved el-stimulering vil slagtekroppen komme til at fungere som en modstand i det samlede elektriske kredsløb, se figur 2. Conveyoren vil fungere som den anden elektrode, og de elektroniske komponenter, som styrer el-stimuleringen er monteret i styreboksen.



Figur 2. Princippet i elektrisk stimulering af kreaturslagtekroppe

Med den samme indstilling af udstyret, dvs. stimulering med den samme strømstyrke, vil slagtekroppens varierende modstand kunne aflæses i den spænding, som skal opretholde det elektriske kredsløb.

Den enkelte slagtekrops modstand, ved korrekt kontakt til begge elektroder, forventes primært at være afhængig af længden og kun delvist af tykkelsen.

Gentagne målinger – samme krop

Vi har gennemført gentagne målinger på den samme krop og eftervist, at med de samme systemindstillinger får man samme output, selvom stimulering gentages. Det gælder også, hvis stimuleringen foretages med 5 til 10 minutters mellemrum.

Dvs. kroppen ændrer ikke modstand efter stimulering, men indgår som komponent i systemet. Under forsøg kan derfor foretages flere stimuleringer på den samme krop forskellige steder i slagteprocessen, og aflæsningerne på udstyret kan bruges til at undersøge eventuelle forskelle afhængig af procestrin.

Effekt af procestrin

I april 2010 blev 4 forskellige slagtekroppe stimuleret hele, uden skind og hoved, uden tarm/pluckssæt i et nødslagteri. Samtidig med stimulering blev vægt og længde målt. Resultaterne er vist sammen med nogle tidligere forsøg i tabel 1 og 2.

Tabel 1. Hel slagtekrop før afhudning ca. 10-15 min fra stikning

Dyr	Længde, cm	Vægt, kg	mAmp	Volt
Tyr 9 mdr	320	370	295	76
Tyr 14 mdr, kryds	340	633	295	55
Ko < 5 år	380	599	299	77
Jerseyko 13 år	355	473	299	84
Ko, Aalborg	300	-	280	*40

Er stimuleret med bære og med puls/pause på 5/35, er stimuleret med klemme og med puls/pause på 5/65

*Målt med oscilloskop

Tabel 2. Efter afhudning, uden hoved med indvolde

Dyr	Længde, cm	Vægt, kg	mAmp	Volt
Tyr 9 mdr	230	296	295	58
Tyr 14 mdr, kryds	245	518	295	44
Ko < 5 år	275	503	299	109
Jerseyko 13 år	275	371	299	105
Ko, Aalborg	245	-	280	*36
Tyr, Slangerup 4,5 år	-	-	295	45

Er stimuleret med bære og med puls/pause på 5/35, er stimuleret med klemme og med puls/pause på 5/65

*Målt med oscilloskop

Forsøgene viste at:

- Ungtyre og køer yder forskellig modstand.
- Ungtyre og køer reagerede ikke ens på afhudning, da modstand faldt i ungtyr efter afhudning, men steg for køer.
- Strømstyrke afhænger af kategori, men ikke af vægt/længde.

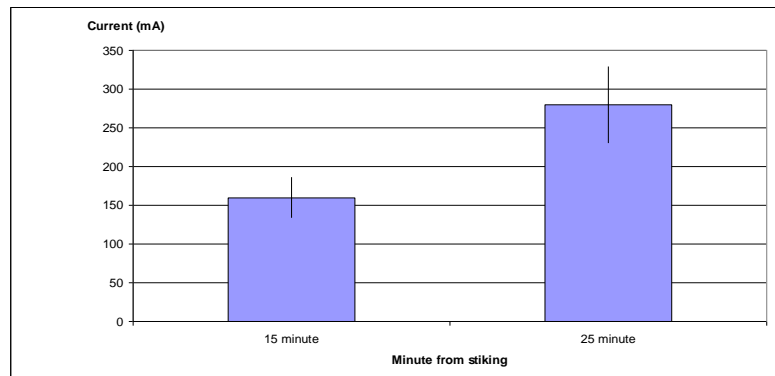
Sammenligning af stimulering i blodgang og på slagtelinjen

I 2007 blev gennemført et forsøg, hvor slagtekroppene enten blev stimuleret i blodgangen, ca. 15 minutter fra stikning eller efter afhudning, ca. 25 minutter fra stikning (2).

Formål

Formålet med forsøgene var dels at undersøge effekt af tid fra stikning, og dels at undersøge betydning af procestrin herunder kontakt til elektroderne for korrekt el-stimulering.

Stimuleringsprofilen var – på begge procestrin – den samme med fast spænding på 78 volt, og der blev registreret faktisk strøm til at gennemføre stimuleringen, se figur 3.



Figur 3. Strømstyrke målt i blodgang og efter afhudning – samme spænding
Målingerne blev gennemført på 131 slagtekroppe, hvoraf der blev udtaget prøver til sensorisk profilering af 22 køer.

Den bedre kontakt, som opnås efter afhudning, mindskede modstanden, og dermed blev der afsat mere energi i slagtekroppen, som gav hurtigere pH-fald. De efterfølgende forsøg med partiel stimulering og optimale profiler blev derfor alle gennemført efter afhudning.

Partiel stimulering

Temperatur og pH-målinger i de første forsøg viste at temperaturfaldet i bagpartens muskler var meget langsomt, og dermed var det ikke nødvendigt at stimulere bagparten for at accelerere pH-faldet.

Stimuleres bagparten på større muskuløse er der risiko for at pH-faldet bliver for hurtigt. Mulighed for at undgå stimulering af muskler i bagparten blev derfor undersøgt.

Gennemførelse

På slagtekæden blev 2x13 kroppe stimuleret efter afhudning og hoved-afslagting. Jordledningen blev tilsluttet en rustfri stålkæde, som blev slået omkring ved hofte/lyske. Der blev målt pH i filet og yderlår før stimulering, efter stimulering og ½ time efter stimulering.

Tabel 3. Aalborg, sammenligning af normal og partiel stimulering

	Slagtevægt, kg	mAmp	Volt
13 Normal stim., afhud/u. hoved	241	296 \pm 2	52 \pm 7
13 Partiel stim. stim. afhud/u. hoved	266	290 \pm 9	26 \pm 9

Partiel stimulering => mindre spænding pga. mindre modstand

De 2x13 dyr repræsenterer flere kategorier, der blev benyttet 5/35 puls/pause i 30 sekunder.

Tabel 4. pH-fald i yderlår og filet ved partiel og normal stimulering

	"Normal"	"Partiel"
Yderlår diff pH* før - efter stim	0,08	0,09
Yderlår diff pH efter - ½ time	0,05	0,09
Yderlår diff pH før - ½ time	0,13	0,18
Filet diff pH før - efter stim	0,55	0,31
Filet diff pH efter - ½ time	-0,16	0,05
Filet diff pH før - ½ time	0,39	0,37

*Diff pH er forskel mellem pH målt i samme krop til forskellig tid.

Der kunne ikke konstateres forskelle i pH-faldet, hverken i yderlår eller filet ved partiel stimulering, og derfor blev der ikke gennemført yderligere forsøg.

Dokumentation af optimale profiler

Forskelle i den individuelle spænding/strøm på en slagtekrop kan skyldes forskel i modstand enten fra kontaktpunktet for elektroderne eller fra afstand mellem elektroderne. Desuden kan individuelle forskelle mellem slagtekroppene også have nogen betydning. F.eks. viste overvågning at køer generelt ydede større modstand end kalve/ungtyre.

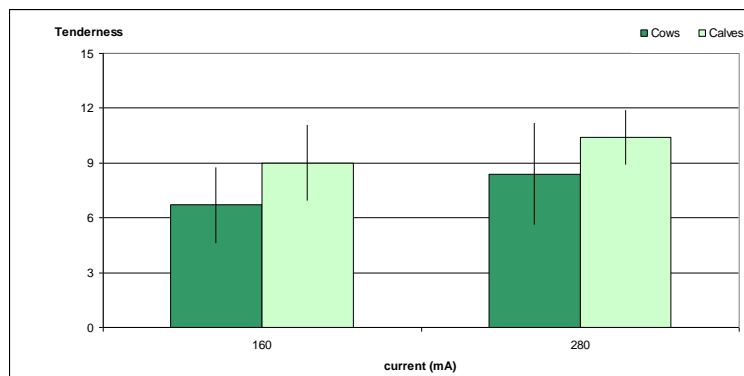
Tidligere forsøg fra Australien (3) har vist, at den optimale mørhed i kødet opnås, hvis pH = 6 samtidig med at temperaturen i muskelen er mellem 15 og 25 °C. I dette projekt er alle forsøgene gennemført på samme slagteri og dermed med den samme nedkølingsprofil.

Til verificering af effekten af el-stimulering blev temperatur og pH målt flere gange de første 24 timer, se figur 4.



Figur 4. Måling og notering af pH og temperatur i forsøgsslagtekroppene.

De første forsøg blev gennemført på køer og kalve i 2007 og er rapporteret som projekt-rapporter (3) og (4), specialeprojekt på KU-LIFE (5) og på ICoMST 2009 (6). Både kalve og køer bliver mere møre af el-stimulering og variationen mellem dyr bliver også mindre, se figur 5. Som udgangspunkt for valg af strømstyrke i forsøgene blev valgt ca. det samme niveau, som tidligere blev observeret mellem blodgang og afhudning.



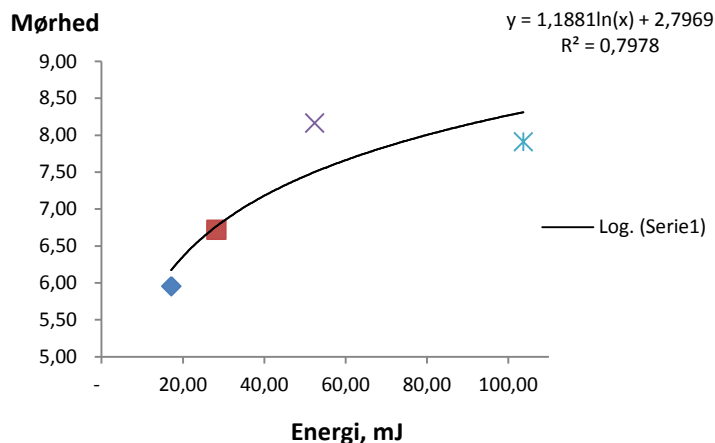
Figur 5. Sensorisk mørhed i filet (15 dyr i hver gruppe)

I forsøget med kalve indgik også en gruppe, som ikke blev stimuleret, og mørheden i denne gruppe var på samme niveau som gruppen med den lave strømstyrke, og med større variation.

I 2010 blev gennemført forsøg med 3 strømniveauer (160, 280 og 400 mA) og 2 pulsforløb (14 og 25 Hz) på ungtyre (8). De tidligere forsøg på kalve og køer viste ikke et eventuelt optimum, og derfor blev den ene stimuleringsprofil indstillet til 400 mA strøm med variabel spænding.

De to puls-forløb blev valgt da det tidligere blev anbefalet at benytte en frekvens på 14 Hertz ved stimulering i blodgang.

Udstyret gjorde det derfor muligt at sammenligne 4 niveauer af tilført energi, stimuleret med forskellige indstillinger og indflydelse på mørhed, se figur 6.



Figur 6. Sammenhæng mellem tilført energi og mørhed

Resultaterne tydede på, at der var et optimum for hvor meget strøm/energi det var nødvendigt at tilføre for at få et optimalt pH-fald og dermed mørt kød. Yderligere energi medførte ikke mere mørt kød, når nedkølingsforløbet var det samme.

Resultaterne tydede desuden på, at det var vanskeligt at overstimulere med et lav-volts udstyr. Selv en stigning fra 280 mA til 400 mA ændrede ikke dryptab eller stegesvind og påvirkede heller ikke smag eller mørhed negativt.

Effekt af el-stimulering Udstyret indgik også i et forsøg sammen med Svensk Landbrugs Universitet (SLU) (8) og (9). Udstyret blev her benyttet til stimulering af den ½ side af 9 slagtekroppe, mens den anden side var ustimuleret kontrol. Forsøgene er rapporteret af Chunbao Li.

Disse forsøg viste også, at el-stimulering accelererede Rigor processerne, pH-faldets hastighed og dermed den enzymatiske mørning, uden negativ indflydelse på dryptab og farvestabilitet.

Konklusion

- Alle kategorier bliver mere møre efter el-stimulering.
- El-stimulering tildeles mest effektivt på slagtelinjen pga. bedre kontakt.
- Der er et optimum på ca. 300 mA for ungtyre stimuleret efter afhudning, (gælder måske for alle kategorier, men er bedst demonstreret for ungtyre). Optimum vil desuden afhænge af nedkølingen.
- Det er akkumuleret energi, som har betydning for pH-faldet – energi kan tilføres enten ved indstilling som fast strøm med variabel spænding og fast puls/pause eller der kan justeres på puls/pause.
- El-stimulering påvirker primært pH-faldets hastighed i filet, hvorimod pH-faldets hastighed i bagpartens muskler primært reguleres af temperaturen i musklen.
- Korrekt gennemført el-stimulering vil sikre mørhed og kan bruges som dokumentation.
- Forsøgsarbejdet har igen belyst vigtigheden af optimal kontakt mellem krop og elektrode, hvilket især ved stimulering i blodgang er vanskeligt at gennemføre ensartet.

Litteratur

- (1) Robert Zachrau (2006). Styring og opsætning af EI-stimuleringsparametre. SF dokumentnr.: 27286.2
- (2) Thompson J.M., Perry D., Daly B., Gardner G.E., Johnston D.J., and Pethick D.W., 2006, Genetic and environmental effects on muscle structure response post-mortem, *Meat Science*, Vol. 74, Page 59-65.
- (3) Hviid, Marchen og Møller, Sandie (2008). Styret el-stimulering. Temperatur, pH samt sensorisk kvalitet med nyt stimuleringsudstyr i blodgang eller efter afhudning. Rapport SF-dok.: 42680.3
- (4) Blom-Hanssen, Jesper, Marchen Hviid og Sandie Møller (2008). Styret el-stimulering og nedkøling. EI-stimulering af 10 måneders tyrekalve. Rapport SF-dok.: 42288.3
- (5) Møller, Sandie Mejer (2007). Effect of Electrical Stimulation on pH Decline and Quality of Bovine Longissimus Dorsi and Semimembranosus. Master Thesis. KU-LIFE.
- (6) Hviid, M., Madsen, N.T., Blom-Hanssen, J., & Møller, S. (2009). Individual electrical stimulation of beef with new equipment: controlled current depending on category, age and body weight. Proceedings of 55th International Congress of Meat Science and Technology (PE.96,). Copenhagen, Denmark.
- (7) Marchen Hviid og Eli Olsen. Styret el-stimulering – stimuleringsprofiler på ungtyre. Rapport – DMRI februar 2011.
- (8) Chunbao Li, Jing Li, Xin Li, Christina Nilsson, Marchen Hviid, Kerstin Lundström, Effect of low-voltage electrical stimulation after dressing on color stability and water holding capacity of bovine longissimus muscle (subm. *Meat Science*, 2011)
- (9) Chunbao Li, Jing Li, Guanghong Zhou, René Lametsch, Per Ertbjerg, Dagmar Brüggemann, Honggang Huang, Anders H. Karlsson, Marchen Hviid, Kerstin Lundström. Electrical stimulation affects metabolic enzyme phosphorylation, protease activation and meat tenderization in beef (subm. *PNAS* 2011)