



Elstimulering av lammslaktkroppar med avseende på köttkvalitet

Electrical stimulation of lamb carcasses with respect to meat quality

Hanna Thelin

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Agronomprogrammet - Husdjur
Uppsala 2021



Elstimulering av lammslaktkroppar med avseende på köttkvalitet

Electrical stimulation of lamb carcasses with respect to meat quality

Hanna Thelin

Handledare: Elin Stenberg, SLU, HMM
Examinator: Katarina Arvidsson Segerkvist, SLU, HMM

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap
Kurskod: EX0865
Program/utbildning: Agronomprogrammet - Husdjur
Kursansvarig inst.:

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2021
Omslagsbild: Max Åling

Nyckelord: Elstimulering, volt, lamm, slaktkropp, köttkvalitet

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakultet för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Avdelningen för produktionssystem

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Mer information om publicering och arkivering går att hitta här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Syftet med denna litteraturstudie var att ta reda på hur elstimulering (ES) av lammslaktkroppen påverkar köttkvalitetsparametrar och vilka effekter vi kan förväntas se på köttkvalitet, samt om det skulle vara intressant att använda ES vid slakt av lamm i Sverige. Sverige importerar idag cirka 70 % av det lamm- och fårkött som konsumeras vilket väcker frågan om hur det inhemska lammköttet kan göras mer konkurrenskraftigt för att minska importen. Vid sammanställning av litteratur framkommer att lammköttkvaliteten påverkas av faktorer så väl före som efter avlivning och antalet köttkvalitetsparametrar för att beskriva lammköttkvaliteten är många. Fokuset inom forskningen handlar bland annat om att jämföra pH-sänkning, skärmotstånd, färg och sensorisk bedömning av lammkött. Elstimulering visar sig påskynda pH-sänkningen så att lammslaktkroppen kan kylas ned fortare. Även ES oberoende av voltstyrka påskyndar pH-sänkningen och visade på lägre skärmotstånd, ökad sensorisk kvalitet och i några studier även ökad färg. Utifrån de lästa studierna i detta arbete skulle ES kunna användas på svenska slakterier för att öka mörheten på svenskt lammkött.

Nyckelord: Elstimulering, volt, lamm, slaktkropp, köttkvalitet

Abstract

The purpose of this literature review was to find out how electrical stimulation (ES) of the lamb carcass affects meat quality parameters and what effects that can be expected to see on meat quality, and whether it would be interesting to use ES when slaughtering lamb in Sweden. Today Sweden imports about 70 % of the lamb and sheep meat consumed, which raises the question of how the Swedish lamb can be made more competitive to reduce import. A compilation of literature shows that the quality of lamb meat is affected by factors before and after slaughter and the number of meat quality parameters to describe the quality of lamb meat are many. However, the focus in research, among other, is to comparing pH reduction, shear force, color and sensory assessment of lamb meat. Electrical stimulation is found to accelerate the pH lowering so that lamb carcasses can cool down faster. ES, regardless of voltage, accelerates the pH reduction and lowered the shear force, increased sensory quality and in some studies also increased color. Based on the studies read in this work, ES could be used in Swedish abattoir to increase tenderness in Swedish lamb.

Keywords: Electrical stimulation, volt, lamb, carcass, meat quality

Innehållsförteckning

1. Inledning	9
2. Muskel blir till kött	11
2.1. Muskels energiförsörjning	11
2.2. Muskulaturens pH och temperatur.....	11
3. Elstimulering	13
3.1. Köttets kvalitetsegenskaper	13
3.1.1. Olika köttkvalitetsparametrar.....	13
3.1.2. Voltstyrkans påverkan på köttkvaliteten.....	14
4. Diskussion	19
5. Slutsats	22
Referenser	23
Bilaga 1. Effekt av elstimulering på köttkvalitetsparametrar	26

1. Inledning

Förbrukningen av lammkött har fördubblats i Sverige från cirka 0,7 kg/person år 1995 till cirka 1,6 kg/person år 2020. Vilket framför allt har täckts upp av en ökad import (Lannhard Öberg 2020; Jordbruksverket 2021). Enligt Lannhard Öberg (2020) importerar Sverige idag omkring 70 % av det får- och lammkött som konsumeras. För att importen inte skall öka ytterligare bör det svenska lammköttet öka i konkurrenskraft gentemot det importerade för att gynna den inhemska produktionen. Ett sätt att öka konkurrenskraften på är att identifiera faktorer som påverkar köttets kvalitet. För att påverka köttets kvalitetsegenskaper kan olika metoder användas vid såväl uppfödning av djuren som vid slakt. Ett hjälpmedel som används internationellt är elstimulering (ES) av slaktkroppar (Lannhard Öberg 2020).

På 1970-talet introducerades ES kommersiellt på New Zealand för att undvika kylsammmandragningar som uppstod vid snabb nedfrysning av lammslaktkroppar (Carse 1973 se Strydom & Frylinck 2014). Idag används ES på lamm i flera köttproducerande länder så som Australien, New Zealand, Sydafrika, USA och en del länder i Europa (Strydom & Frylinck 2014; Ramanathan *et al.* 2020). I nuläget används inte ES på slaktkroppar av lamm på svenska slakterier (Wallin *et al.* 2016). Gardell¹ och Jönsson² bekräftar dock att ES däremot används på nötslaktkroppar på svenska slakterier idag.

Elstimulering utförs efter avlivning (*post mortem*) av djuret genom att leda elektrisk ström genom slaktkroppen för att påskynda metabolismen i muskulaturen och därigenom påverka köttets kvalitetsegenskaper. Voltstyrkan som används vid ES varierar mellan lågvolts ES (LVES) vilket generellt anses vara lägre än 100 V och högvolts ES (HVES) högre än 100 V (Cetin *et al.* 2012), medan en varierande voltstyrka upp till 300 V förklaras som den nya generationens mediumvolt (MVES) (Shaw *et al.* 2005; Pearce *et al.* 2006; Toohey *et al.* 2008). Vilken typ av ES som används kan påverka olika köttkvalitetsegenskaper så som köttets mörhet, vätskehållande förmåga och färg (Bouton *et al.* 1980; Eikelenboom *et al.* 1985; Cetin *et al.* 2012). En annan aspekt är köttets hållbarhet och livsmedelssäkerhet vilket traditionellt är associerat med mikrobiella patogener som kan leda till

¹Andars Gardell, Teknikchef, GotlandsSlakteri AB, mejl 2020-05-05.

²Josefin Jönsson, Kvalitets och miljöchef, KLS Ugglarps AB, mejl 2020-05-20.

onödiga matavfall och i värsta fall leda till sjukdom hos konsumenter (Lianou *et al.* 2017). I Meat Standards Australia (MSA), rekommendationer från Australien tar de också upp att ES varken ökar eller minskar den mikrobiella tillväxten men att ES möjliggör snabbare nedkylning och därmed en bättre hållbarhet på köttet (MSA 2019). Inom EU måste slaktkroppstemperaturen gå ned till under 7 °C innan slaktkroppen får hanteras vidare för styckning och urbening. Detta för att förhindra eller minska risken för kontamination av köttet enligt Europaparlamentets och rådets förordning ((EG) nr 853/2004). I en enkätstudie om Svenska lammslakterier av Wallin *et al.* (2016) framgår att slakteriföretagen själva vill förbättra bland annat mörning i förädlingsprocessen, samt utöka kylkapaciteten för att få en jämnare nedkylning över antalet slaktkroppar och mer utrymme för att kunna låta dem hänga längre innan vidareförädling.

Syftet med denna litteraturstudie var att ta reda på hur ES av lammslaktkroppen påverkar olika köttkvalitetsparametrar med avseende på köttets ätkvalitet. Alltså vilka effekter på köttkvalitet vi kan förväntas se vid användning av ES och om det därmed skulle vara intressant att använda detta verktyg vid slakt av lamm även i Sverige.

2. Muskel blir till kött

2.1. Muskelns energiförsörjning

När ett djur avlivas upphör blodtillförseln till muskulaturen och därmed tillförseln av syre samt energi i form av glukos och lipider. Direkt efter slakt fortsätter muskelcellerna trots detta att upprätthålla sin funktion under anaeroba förhållanden genom att utvinna energi, i form av adenosintrifosfat (ATP), från glykogen och fosforföreningar. Mängden glykogen som finns lagrad i muskulaturen vid avlivning avgör hur mycket ATP och mjölksyra som kan produceras via glykolysen *post mortem* (Matarneh *et al.* 2017). Mjölksyran som då ansamlas i muskulaturen avgör hur mycket pH sjunker i muskeln *post mortem* (Warriss 2000).

När den anaeroba energiförsörjningen upphör, antingen genom att förrådet av glykogen tagit slut och därmed tillgången av ATP tagit slut eller att pH sjunkit så lågt att enzymatiska processer avtagit, uppstår likstelhet (*rigor mortis*). Ett tillstånd då muskulaturens aktin och myosin filament binds samman vilket skapar en spänning då muskulaturen inte längre kan kontraheras eller sträckas. När i tid som *rigor mortis* infaller i muskeln kan bero på flera faktorer så som djurets art, muskelfibertyp, om djuret utsatts för stress före avlivning (*pre mortem*), om slaktkroppen *post mortem* behandlas med ES eller hur nedkylningsprocessen av slaktkroppen gått till (Matarneh *et al.* 2017). Enligt MSA, rekommendationer ifrån Australien, infaller *rigor mortis* ungefär när muskeln når pH 6,0 (MSA 2019). När slaktkroppen sedan möras, hängande och/eller i vakuumpförpackning, sker nedbrytning av myofilament proteiner (aktin och myosin) i muskulaturen och spänningen i muskeln avtar (Matarneh *et al.* 2017).

2.2. Muskulaturens pH och temperatur

Temperatur och pH i muskeln är två viktiga parametrar som kan mätas i muskeln *post mortem* för att indikera kvalitetsproblem. För att inte påverka köttkvalitetsparametrar så som färg, textur och vattenhållande förmåga negativt är det önskvärt att ett slutligt pH i muskeln ligger vid 5,7, cirka 24 timmar *post mortem*

(MSA 2019). Detta önskvärda intervall för slut-pH är generellt för de flesta arter. Avvikande pH-fall eller slut-pH kan indikera kvalitetsfel. Exempelvis tyder ett högt slut-pH, >6,0, på kvalitetsfelet DFD (Mörkt, hårt, torrt) medan en väldigt snabb pH-sänkning, <5,4 inom en timme *post mortem* på kvalitetsfelet PSE (Blekt, Mjukt, Vattnigt) (Warriss 2000; Matarneh *et al.* 2017).

Temperaturnedgång i slaktkroppen är önskvärd för att begränsa eller förhindra tillväxt av mikroorganismer. Dock kan för hastig nedkylning bidra till kylsammandragning av muskeln. Kylsammandragningar uppkommer när muskeltemperaturen understiger cirka 14 °C innan *rigor mortis* påbörjats, pH 6,0 (Matarneh *et al.* 2017). Den sänkta muskeltemperaturen sänker aktiviteten för enzymatiska reaktioner i muskelcellerna och ökar därmed kalciumkoncentrationen i cytosolen som vid närvaro av ATP framkallar muskelkontraktion. Detta leder till att muskeln blir mer sammandragen i jämförelse med då *rigor mortis* inträffar under optimala förhållanden utan någon sammandragning (Matarneh *et al.* 2017). Thompson *et al.* (2005) rekommenderar en muskeltemperatur på 21 °C då slaktkroppen når pH 6,0 och *rigor mortis* påbörjas, för att uppnå en önskvärd köttkvalitet genom lägre skärnotstånd och högre poäng vid sensorisk mörhet. I rekommendationer från Australien (MSA) anges ett temperaturintervall där pH 6,0 infaller mellan 18 och 35 °C vid ES och mörning i fem dagar för att optimera ätkvaliteten (MSA 2019). Slaktkropparna får alltså inte kylas ned varken för snabbt eller för långsamt för att undvika både värme- och kylsammandragningar (MSA 2019). Enligt Pouliot *et al.* (2012) kan nedkylningssystemen på en del slakterier ha en tendens att vara fel anpassade för lammslaktkroppar vars massa är mindre i förhållande till dess yta i jämförelse med exempelvis nötslaktkroppar. Detta kan vara ett problem eftersom slakterier kan använda samma kylmetod för både nöt och lamm. Detta har visat sig leda till kylsammandragningar då pH inte hinner sjunka tillräckligt snabbt i förhållande till den sjunkande temperaturen i slaktkroppen (Pouliot *et al.* 2012). Elstimulering används därför för att påskynda pH-sänkning och därigenom undvika kylsammandragning när slakteriet använder sig utav en snabb nedkylningsmetod av slaktkropparna (MSA 2019).

3. Elstimulering

Elstimulering av slaktkroppen accelererar utnyttjandet av ATP i muskulaturen genom att frisätta kalcium från det sarkoplasmatiska nätverket och påskynda nedbrytningen av glykogen till mjölksyra vilket ger en snabbare pH-sänkning i muskulaturen *post mortem* (Matarneh *et al.* 2017). Flera studier visar på att ES minskar risken för kylsammandragningar i muskulaturen genom att påskynda infallet av *rigor mortis* vid en muskeltemperatur över 14 °C (Cetin *et al.* 2012; Pouliot *et al.* 2012; Matarneh *et al.* 2017).

3.1. Köttets kvalitetsegenskaper

3.1.1. Olika köttkvalitetsparametrar

Studier som har undersökt hur ES påverkar olika kvalitetsegenskaper hos kött har tittat på olika parametrar, så väl teknologiska som sensoriska (Hopkins *et al.* 2006; Cetin *et al.* 2012; Pouliot *et al.* 2012). Sensoriska analyser bedöms av personer som är otränade eller tränade i att bedöma olika sensoriska parametrar så som färg, lukt, smak, saftighet och mörhet. Sensorik kan därför beskrivas som hur köttet upplevs när man äter det. Sensoriska tester används för att utvärdera produkter ur ett konsumentperspektiv, för att ta reda på hur ätkvaliteten upplevs. Vid den sensoriska bedömningen kan alltid den subjektiva förmågan påverka resultatet medan de teknologiska testerna blir mer objektiva (Miller 2017). Teknologiska tester skapar ett sätt att förutspå en god kött- och ätkvalitet genom att mäta exempelvis skärmotstånd, färg, vattenhållande förmåga eller tillagningsförlust. I denna litteraturstudie begränsas de teknologiska parametrarna till skärmotstånd och färg. Skärmotstånd är ett sätt att mäta hur mört köttet är genom att tillaga en bit kött på ett standardiserat sätt, ofta genom kokning, för att sedan mäta det maximala motståndet som behövs för att skära igenom köttbiten. Detta motstånd mäts i Newton (N) eller kilo per kvadratcentimeter (kg/cm^2) där en ökande mörhet har ett sjunkande värde i skärmotstånd och metoden som ofta används kallas Warner-Bratzler shear force (Holman *et al.* 2016; Hopkins 2017). Shorthose *et al.* (1986) anger att ett skärmotstånd på 49 N anses stå för en acceptabel mörhet hos australiensiska konsumenter. Även Hopkins *et al.* (2006) beskriver att australiensiska konsumenter klassificerar skärmotstånd under 49 N till en god

vardagskvalitet för lammkött. Vid mätning av köttets färg används metoden CIELAB där resultatet beskrivs i ljushet (L^*), rödhet (a^*) och gulhet (b^*) (AMSA 2012).

3.1.2. Voltstyrkans påverkan på köttkvaliteten

Olika voltstyrka för ES

Cetin *et al.* (2012) förklarar att LVES generellt är lägre än 100 V och HVES är högre än 100 V. En annan förklaring är att LVES kan variera mellan 50 V till 120 V medan HVES varierar mellan 300 V till 1000 V (Ramanathan *et al.* 2020). I andra studier beskriver de en varierande voltstyrka upp till cirka 300 V som den nya generationens MVES (Shaw *et al.* 2005; Pearce *et al.* 2006; Toohey *et al.* 2008). En bred variation av voltstyrka gör det intressant att se vilka skillnader på åtkvalitet, om det finns sådana, som kan uppkomma vid användning av LVES jämfört mot MVES och HVES.

LVES

Shaw *et al.* (2005) antyder att slaktkroppen i början av slaktprocessen täkt av skinn och ull kan försvåra en fullständig effekt vid framför allt användande av LVES. Polidori *et al.* (1999) använde sig av 24 lamm som var tio till tolv månader gamla och hade en levandevikt på 54 kg vid slakt. Hälften av slaktkropparna blev elstimulerade inom fem minuter *post mortem* med en voltstyrka på 28 V medan resterande slaktkroppar inte elstimulerades för att användas som kontrollgrupp. Slaktkropparna elstimulerades innan de blev urtagna och avhudade. Cirka 30 minuter *post mortem* fördes alla slaktkroppar in i ett kylrum med en lufttemperatur på $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mätningar gjordes på ryggmuskeln. Resultaten från studien visar på en signifikant ($P<0,05$) snabbare pH-sänkning under de första sex timmarna *post mortem* för de slaktkroppar som blivit elstimulerade. Redan efter tre timmar *post mortem* hade den elstimulerade gruppen nått pH 5,9 då muskeltemperaturen var $15,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ i jämförelse med kontrollgruppen där pH-sänkningen var något långsammare och nådde pH 5,9 först efter sex timmar *post mortem* vid en muskeltemperatur på $4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Polidori *et al.* (1999) menar på att LVES kan användas för att påskynda glykolysen och där igenom minimera risken för kylsamandragningar vid snabb nedkylning av lammslaktkroppar. Detta visades genom att skärmotståndet hade en signifikant ($P<0,01$) skillnad vid mörning i sju dagar med ett lägre skärmotstånd på 54 N för de elstimulerade slaktkropparna i förhållande till kontrollgruppen med ett skärmotstånd på 65 N (Bilaga 1).

I en annan studie, som undersökte LVES slaktades 76 lamm, där hälften elstimulerades med 21 V i 60 sekunder inom tio minuter *post mortem* medan resterande lamm användes som kontrollgrupp och behandlades inte med ES

(Pouliot *et al.* 2012). Lammslaktkropparna elstimulerades innan urtagning och avhudning och hade en slaktkroppsvikt på 23 kg och alla slaktkroppar fördes in i ett kylrum cirka 25 minuter *post mortem* med en lufttemperatur på cirka 0,62 °C. Elstimulerade slaktkroppar hade ett signifikant ($P<0,001$) lägre pH under de första 24 timmarna *post mortem*. Pouliot *et al.* (2012) konstaterade att kontrollgruppen var känslig för kylsammandragningar då de hade ett pH på 6,6 när muskeltemperaturen nådde 10 °C. Den elstimulerade gruppen nådde pH 6,1 vid samma muskeltemperatur. Både elstimulerade och icke elstimulerade slaktkroppar slutade på samma pH, 5,71 efter 48 timmar. Alla köttkvalitetsanalyser gjordes från prover av ryggmuskeln och ett antal slaktkroppar valdes slumpmässigt ut för analys av skärmotstånd efter mörning i en, tre och åtta dagar. Köttets färg kontrollerades 48 timmar efter slakt, vilket visade på att elstimulerat kött var signifikant ljusare ($P=0,004$) och hade en kraftigare ton av rött ($P=0,01$) och gult ($P<0,0001$) i jämförelse med kontrollgruppen (Bilaga 1). Efter att lammslaktkropparna hängmörat i åtta dagar kunde Pouliot *et al.* (2012) visa på att det elstimulerade lammköttet var mörare än det som inte blivit elstimulerat. Detta visade sig genom att det elstimulerade lammköttet efter mörning i åtta dagar hade ett signifikant lägre ($P<0,0001$) skärmotstånd på 27,6 N i jämförelse med kontrollgruppens skärmotstånd på 39,2 N (Bilaga 1). Även den sensoriska bedömningen av fasthet gav signifikant lägre poäng ($P<0,001$) för det elstimulerade lammköttet, 2,97 p, i jämförelse med kontrollgruppens 3,74 p efter mörning i åtta dagar, köttet blev alltså mörare (Bilaga 1). I denna studie gjordes den sensoriska bedömningen utifrån en skala där noll var intetsägande och sju var extremt hög. Pouliot *et al.* (2012) uppger att deras resultat visar på att ES snarare kan användas för att undvika kylsammandragningar än att påskynda mörningen under hängning. Resultaten visar på att kött från lamm som blivit elstimulerat var lika mörre efter tre dagar som de lamm som inte elstimulerats men mörats i åtta dagar. Om slaktkropparna kan hänga i tre istället för åtta dagar innebär det också att lagringsplatsen på slakteriet inte behöver klara av lika stora volymer, vilket är positivt då det generellt är brist på lagringsutrymme vid slakterier (Pouliot *et al.* 2012).

Pouliot *et al.* (2014) använde sig av 128 lamm med en levandevikt mellan 38 och 52 kg. Av dessa lamm var hälften i en kontrollgrupp och blev inte elstimulerade medan den andra hälften elstimulerades med 21 V i 30 sekunder inom fem till tio minuter *post mortem*. Urtagning och avhudning gjordes efter ES. I denna studie testades två olika nedkylningsmetoder där den ena som slakteriet normalt använder kallades normal nedkylning (NK) med en lufttemperatur på cirka 1,1 °C och den andra långsam nedkylning (LK) med en lufttemperatur på cirka 9,6 °C under de första tre timmarna för att sedan kylas i samma temperatur som NK. Både NK och LK påbörjades samtidigt inom 25 minuter *post mortem*. NK utfördes på hälften av den elstimulerade gruppen samt hälften av kontrollgruppen medan resterande slaktkroppar kylades enligt LK. Samtliga prov togs från ryggmuskeln. Författarna

uppmärksammade att 16,7 % av slaktkropparna hade ett slut-pH över 5,8 och tog därför bort dessa från analysen av pH-sänkning. Dessa slaktkroppar ansågs fått kvalitetsfelet DFD vilket Pouliot *et al.* (2014) ansåg berodde på faktorer *pre mortem* snarare än *post mortem*. Under de första 24 timmarna *post mortem* hade de elstimulerade slaktkropparna ett signifikant ($P < 0,001$) lägre pH-värde i jämförelse med kontrollgruppen. Oberoende av nedkylningsmetod understeg alla slaktkroppar i kontrollgruppen, förutom en, muskeltemperaturen 10 °C vid pH 6,0 vilket ansågs göra dem utsatta för kylsmandragningar. Pouliot *et al.* (2014) menar på att LVES kan reducera men inte helt ta bort risken för kylsmandragningar då endast 72 % av de elstimulerade slaktkropparna nådde pH 6,0 vid en muskeltemperatur mellan 10 och 35 °C. De övriga 28 % av de elstimulerade slaktkropparna nådde pH 6,0 antingen vid en muskeltemperatur under 10 °C eller över 35 °C vilket Pouliot *et al.* (2014) menar på kan indikera till kvalitetsfelet PSE eller värmesamandragningar. Elstimulerade slaktkroppar som nådde pH 6,0 över 35 °C var främst från de som genomgick LK. Köttet som elstimulerades hade signifikant ($P \leq 0,037$) högre värden för ljushet (L*), rödhet (a*) och gulhet (b*) i jämförelse med det kött som inte elstimulerades vid tester utförda efter både tre och åtta dagar av mörning (Bilaga 1). Skärnotståndet var signifikant ($P < 0,001$) lägre vid både längre mörning och för kött som elstimulerats i förhållande till kontrollgruppen som inte elstimulerats (Bilaga 1). Elstimulerat kött visade sig ha samma skärnotstånd på omkring 40 N vid mörning i tre dagar som det kött som inte elstimulerats och mörats i åtta dagar. Pouliot *et al.* (2014) beskriver att ES kan användas för att påskynda infallandet av *rigor mortis*. Genom att mörningsprocessen börjar tidigare genom en snabbare nedbrytning av cytoskelett och myofibriller, samt att ES kan förbättra köttets mörhet genom att minska risken för kylsmandragningar (Pouliot *et al.* 2014).

MVES och HVES

I en studie av Toohey *et al.* (2008) slaktades 80 lamm varav 40 lamm elstimulerades cirka 30 sekunder *post mortem* med 300 V (MVES) i 60 sekunder, de övriga 40 lammen användes som kontrollgrupp och blev inte elstimulerade. Lammslaktkropparna i denna studie elstimulerades innan de blev urtagna och avhudade. Slaktkroppsvikt var cirka 21 kg. Slaktkropparna kylades ned vid en lufttemperatur på 4,2 °C. Studien visade att pH-sänkningen var signifikant ($P < 0,05$) snabbare för elstimulerade slaktkroppar i jämförelse med kontrollgruppen som inte elstimulerades. Det var även en signifikant ($P < 0,05$) skillnad i muskeltemperatur när slaktkropparna nådde pH 6,0 där de elstimulerade hade högre muskeltemperatur på 24,8 °C i förhållande till kontrollgruppen som hade en muskeltemperatur på 13,9 °C. Skärnotståndet för ryggmuskeln efter en dags mörning visade på en signifikant ($P < 0,05$) skillnad mellan ES, 36 N, och kontrollgruppen, 44 N. Den andra mätningen efter fem dagars mörning visade dock inte på någon signifikant skillnad mellan ES, 28 N, och kontrollgrupp, 25 N (Bilaga 1). Toohey *et al.* (2008) beskrev

att de kunde se en mindre variation i skärnotstånd mellan de elstimulerade slaktkropparna där standardavvikelsen var 11,5 N i jämförelse med kontrollgruppen som visade en standardavvikelse på 14,6 N. I denna studie kunde de inte se någon skillnad i färgparametrar mellan kött från den elstimulerade gruppen jämfört med kontrollgruppen. Toohey *et al.* (2008) konstaterar att MVES kan användas för att få en snabbare pH-sänkning när ES utförs på slaktkroppar.

Shaw *et al.* (2005) undersökte i en studie om MVES kunde användas direkt efter avblodning, då lammslaktkropparna fortfarande hade skinn och ull, för att uppnå en signifikant förbättring av köttkvaliteten. Det var tre behandlingsgrupper med 18 lamm i varje grupp, varav en kontrollgrupp som inte elstimulerades. En grupp behandlades med MVES med en volt på 450 V under 60 sekunder inom 2 till 5 minuter *post mortem* då skinn och ull fanns kvar. Den sista gruppen behandlades med HVES med en volt på 1100 V under 60 sekunder inom 23 till 37 minuter *post mortem* innan lammslaktkropparna hängdes in i kylrum. Lammslaktkropparna hade en slaktvikt på 24,8 kg. Testerna utfördes på ryggmuskeln. De grupper som behandlats med MVES och HVES hade båda en signifikant ($P < 0,0001$) snabbare pH-sänkning jämfört med kontrollgruppen som inte elstimulerades. Den snabba pH-sänkningen resulterade även i en signifikant ($P < 0,001$) högre muskeltemperatur för båda behandlingsgrupperna MVES och HVES då de nådde pH 6,0 vid 28,4 °C respektive 22,8 °C (Bilaga 1). Muskeltemperaturen för kontrollgruppen vid pH 6,0 var 7,6 °C och muskeln förväntades då ha blivit utsatt för kylsammandragningar (Shaw *et al.* 2005). Köttets färg hade en signifikant ($P < 0,05$) kraftigare ton av rött (a*) och gult (b*) för de grupper som blivit elstimulerade jämfört med kontrollgruppen (Bilaga 1). Den sensoriska bedömningen hade ett signifikant ($P < 0,001$) högre värde för de grupper som behandlats med ES för alla parametrar, mörhet, saftighet, smak och generell upplevelse (Bilaga 1). Skärnotståndet vid två dagars mörning visade på ett signifikant ($P < 0,001$) lägre motstånd för de grupper som blivit elstimulerade med ett motstånd på 35,6 N för MVES och 34,1 N för HVES i jämförelse med 57,1 N för kontrollgruppen (Bilaga 1).

LVES, MVES och HVES

I en studie av Cetin *et al.* (2012) slaktades totalt 18 får som var tre till fem år gamla. Slaktkropparna delades på hälften cirka 30 till 45 minuter *post mortem* och den högra halvan elstimulerades medan den andra användes som kontroll och blev inte elstimulerad. De elstimulerade slaktkropparna var indelade i tre grupper som behandlades med antingen 50 V, 100 V eller 250 V under 90 sekunder. Samtliga slaktkroppar kyldes därefter vid en lufttemperatur på 0 till 4°C. Alla prover togs från ryggmuskeln. I denna studie visade resultatet att pH-sänkningen var signifikant ($P < 0,05$) snabbare för de elstimulerade slaktkropparna i jämförelse med kontrollgruppen. De slaktkroppar som behandlats med en högre voltstyrka hade även en signifikant ($P < 0,05$) snabbare pH-sänkning i jämförelse med de som

behandlats med en lägre voltstyrka. Skärmtståndet efter sju dagars mörning var signifikant ($P < 0,001$) lägre för så väl LVES, MVES och HVES vars skärmtstånd var 92,6, 85,9 respektive 79,5 N i jämförelse med kontrollgruppens 104,3 N (Bilaga 1). Elstimulering gav i färg en ökande ljushet (L^*) och rödhet (a^*) men en lägre gulhet (b^*). Den sensoriska bedömningen i denna studie hade en skala från ett (extremt oacceptabel) till nio (extremt acceptabel) och gjordes på färg, doft, generell acceptans av utseende och mörhet där elstimulerat kött fick signifikant ($P < 0,05$) högre poäng, cirka en poäng högre för samtliga sensoriska parametrar (Bilaga 1).

4. Diskussion

Den fysiologiska förändringen som eftersträvas i slaktkroppen vid användning av ES kan beskrivas genom en snabbare pH-sänkning. Vilket alla artiklar i denna litteraturstudie har visat på (Polidori *et al.* 1999; Shaw *et al.* 2005; Toohey *et al.* 2008; Cetin *et al.* 2012; Pouliot *et al.* 2012; Pouliot *et al.* 2014). Det ska noteras att djuren som slaktades i studien av Cetin *et al.* (2012) var vuxna får, tre till fem år gamla, i jämförelse med de andra studierna som använde sig av lamm. Detta gör att kvalitetsparametrar som analyserats av Cetin *et al.* (2012) och de övriga studierna inte visar helt jämförbara resultat. Cetin *et al.* (2012) visar ändå på att ES av tre olika voltstyrkor, 50, 100 och 250 V, har en signifikant påverkan på köttkvalitetsegenskaper som pH, skärmotstånd, färgparametrar och sensoriska parametrar för får. De studier som tittat på elstimuleringens effekt på lammslaktkroppar hade en slaktkroppsvikt på 18 till 25 kg (Polidori *et al.* 1999; Shaw *et al.* 2005; Toohey *et al.* 2008; Pouliot *et al.* 2012; Pouliot *et al.* 2014). Detta gör studierna som använts i detta arbete jämförbara med de slaktkroppstorlekar som eftersträvas av slakterier i Sverige, 16 till 22,9 kg (HKSCAN 2020) eller 15 till 27,9 kg (KLS Ugglarps 2020).

Trots att studierna har en variation i voltstyrka, där Pouliot *et al.* (2012) och Pouliot *et al.* (2014) använde den lägsta voltstyrkan, 21 V, och Shaw *et al.* (2005) den högsta voltstyrkan, 1100 V, visar ändå alla studier i detta arbete på att ES oberoende av voltstyrka har en positiv effekt på skärmotstånd, vilket betyder att motståndet är mindre vid användning av ES och köttet upplevs då mörare (Polidori *et al.* 1999; Shaw *et al.* 2005; Toohey *et al.* 2008; Cetin *et al.* 2012; Pouliot *et al.* 2012; Pouliot *et al.* 2014). Shaw *et al.* (2005) uttrycker att det kan finnas en risk för ofullständig ES vid användning av LVES tidigt i slaktprocessen när slaktkroppen fortfarande bär skinn och ull. Detta motbevisas dock av Polidori *et al.* (1999), Pouliot *et al.* (2012) och Pouliot *et al.* (2014) som alla använde LVES på slaktkroppar som fortfarande bär skinn och ull, och ändå visar på förbättrade köttkvalitetsparametrar för elstimulerade slaktkroppar. Två av studierna uttrycker tydligt att lammslaktkroppar behandlade med ES hade samma skärmotstånd vid mörning i tre dagar som lammslaktkroppar som inte elstimulerats och mörats i åtta dagar (Pouliot *et al.* 2012; Pouliot *et al.* 2014). Vilket styrker Pouliot *et al.* (2012) resonemang att få fram ett lika mörkt kött fast på kortare tid ger möjlighet för slakterierna att

effektivisera och distribuera lammköttet snabbare eftersom det krävs mindre kylförvaring av slaktkropparna innan de skickas vidare.

Köttets ätkvalitet påverkas positivt av att köttets skärnotstånd blir lägre, vilket flera av studierna har visat som effekt av ES (Shaw *et al.* 2005; Cetin *et al.* 2012; Pouliot *et al.* 2012). De övriga studierna Polidori *et al.* (1999), Toohey *et al.* (2008) och Pouliot *et al.* (2014) undersökte inte lammköttets ätkvalitet, däremot visade studierna på ett signifikant lägre skärnotstånd för elstimulerat lammkött. Shorthose *et al.* (1986) och Hopkins *et al.* (2006) menar på att ett skärnotstånd under 49 N är kopplat till en acceptabel mörhet och god vardagskvalitet för lammkött. Av denna anledning skulle man kunna anta att lammkött som visar på ett skärnotstånd under 49 N också har en bättre ätkvalitet i jämförelse med lammkött som visar på ett skärnotstånd över 49 N.

I samband med att ES påskyndar pH-sänkningen och med tanke på rekommendationerna om att pH 6,0 bör infalla vid 21 °C (Thompson *et al.* 2005) eller mellan 18 och 35 °C (MSA 2019) kan vi också dra slutsatsen om att en ES slaktkropp också kan kylas fortare. En snabbare nedkylning skulle förkorta slaktkroppprocessen på slakteriet då en slaktkropp som under kortare tid kan sjunka i temperatur också kan hanteras vidare för styckning och urbening så fort slaktkroppstemperaturen sjunkit under 7 °C, vilket är gränsen för vidarehantering av slaktkroppar enligt Europaparlamentets och rådets förordning ((EG) nr 853/2004). De svenska slakteriföretagen förklarar att de vill förbättra mörning genom att utöka kylkapaciteten för att kunna få plats med fler slaktkroppar under längre tid (Wallin *et al.* 2016). En investering i utökade lokaler för kylning behöver inte vara enda lösningen för en utökad mörningstid. Ett annat sätt kan vara att använda ES som verktyg för att minska mörningstiden och därmed minska kraven på utökad lagringskapacitet hos slakterierna för att uppnå ett mörare kött innan vidareförädling till konsument.

Elstimuleringens påverkan på köttets färg är viktig ur en ekonomisk aspekt eftersom färgen på köttet påverkar konsumenternas beslut vid val av kött i affären (Jeyamkondan *et al.* 2000). Av de fyra studier som tittade på skillnad i färg hos lammkött (Shaw *et al.* 2005; Toohey *et al.* 2008; Pouliot *et al.* 2012; Pouliot *et al.* 2014), så var det endast Toohey *et al.* (2008) som inte kunde påvisa någon signifikant skillnad i färg mellan lammkött som elstimulerats jämfört mot kontrollgrupp. Enligt Pouliot *et al.* (2012) beror inte skillnaden i färg på någon skillnad i slut-pH vid 48 timmar eftersom grupperna inte skiljde sig åt i slut-pH. Behandlingsgruppen som elstimulerades och den som inte elstimulerades slutade på samma pH. Den påskyndade pH-sänkningen till följd av ES tros däremot ha ökat lammköttets kapacitet att oxidera och därmed gett en ökad färgnyans (Pouliot *et al.* 2012). Effekten av ES på köttets färg finns men dock lite svag och frågan är hur

stor skillnad i färg det är när köttet väl ligger i butik, paketerade eller inte och under vilken typ av belysning. Det kan alltså finnas fler aspekter i vilket kött kunden väljer i butik. Användning av ES verkar ändå inte försämra köttets färg och kan därför användas för att förbättra andra köttkvalitetsparametrar för att skapa ett attraktivt kött för konsument.

5. Slutsats

Litteraturstudien visar att ES oberoende av voltstyrka leder till snabbare pH-sänkning i muskeln vilket minskar risken för kylsmandragningar när muskeln blir till kött. Resultaten ifrån tidigare studier visar också tydligt att ES kan minska skärnotståndet i köttet samt att den också påverkar de sensoriska egenskaperna positivt. Köttets färg, i form av ljushet, rödhet och gulhet kan också påverkas utav ES jämfört mot kontrollgrupp. Sammantaget skulle ES mycket väl kunna vara ett användbart verktyg vid slakt av lamm i Sverige då det skulle sänka behovet av stora lagringsutrymmen genom att få ut köttet till konsument tidigare.

Referenser

- AMSA (2012) (American Meat Science Association). *Meat color measurement guidelines*. [Broschyr]. Champaign: American Meat Science Association. Tillgänglig: <https://meatscience.org/publications-resources/printed-publications/amsa-meat-color-measurement-guidelines>
- Bouton, P.E., Ford, A.L., Harris, P.V. & Shaw, F.D. (1980). Electrical stimulation of beef sides. *Meat Science*, 4 (2), 145–155. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(80\)90038-8](https://doi.org/10.1016/0309-1740(80)90038-8)
- Cetin, O., Bingol, E.B., Colak, H. & Hampikyan, H. (2012). Effects of Electrical Stimulation on Meat Quality of Lamb and Goat Meat. *The Scientific World Journal*. [Research Article]. <https://doi.org/10.1100/2012/574202>
- Eikelenboom, G., Smulders, F.J.M. & Rudérus, H. (1985). The effect of high and low voltage electrical stimulation on beef quality. *Meat Science*, 15 (4), 247–254. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(85\)90080-4](https://doi.org/10.1016/0309-1740(85)90080-4)
- Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 853/2004 av den 29 april 2004 om fastställande av särskilda hygienregler för livsmedel av animaliskt ursprung. (EUT L 139/55 30.4.2004)
- HKSCAN (2020). *HKScan Agri notering nöt och lamm vecka 36*. Tillgänglig: <http://www.hkscanagri.se/notering/> [2020-08-31]
- Holman, B.W.B., Fowler, S.M. & Hopkins, D.L. (2016). Are shear force methods adequately reported? *Meat Science*, 119, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.032>
- Hopkins, D.L. (2017). Chapter 12 - The Eating Quality of Meat: II—Tenderness. I: Toldra´, F. (red.) *Lawrie´s Meat Science (Eighth Edition)*. Woodhead Publishing, 357–381. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00012-1>
- Hopkins, D.L., Hegarty, R.S., Walker, P.J. & Pethick, D.W. (2006). Relationship between animal age, intramuscular fat, cooking loss, pH, shear force and eating quality of aged meat from sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46 (7), 879–884. <https://doi.org/10.1071/EA05311>
- Jeyamkondan, S., Jayas, D.S. & Holley, R.A. (2000). Review of Centralized Packaging Systems for Distribution of Retail-Ready Meat. *Journal of Food Protection*, 63 (6), 796–806. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-63.6.796>
- Jordbruksverket (2021). *Lammkött – marknadsbalans*. Tillgänglig: <https://jordbruksverket.se/download/18.4f9dead71770f4e9ae04a08a/1615880939928/Marknadsbalans-lammkott.xlsx> [2021-05-13]
- KLS Ugglarps (2020). *Kvalitetsnotering*. Tillgänglig: <https://www.klsugglarps.se/media/3397/kvalitetsnotering-noet-lamm-202036.pdf> [2020-08-31]

- Lannhard Öberg, Å., (2020). *Marknadsrapport FÅR & LAMM – utvecklingen till och med 2018*. Jönköping: Jordbruksverket. Tillgänglig: <https://jordbruksverket.se/download/18.430a570b1743edf421c5ddc0/1598881248429/Marknadsrapport-lammkott-2020.pdf> [2021-05-13]
- Lianou, A., Panagou, E.Z. & Nychas, G.-J.E. (2017). Chapter 17 - Meat Safety—I Foodborne Pathogens and Other Biological Issues. I: Toldra', F. (red.) *Lawrie's Meat Science (Eighth Edition)*. Woodhead Publishing, 521–552. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00017-0>
- Matarneh, S.K., England, E.M., Scheffler, T.L. & Gerrard, D.E. (2017). Chapter 5 - The Conversion of Muscle to Meat. I: Toldra', F. (red.) *Lawrie's Meat Science (Eighth Edition)*. Woodhead Publishing, 159–185. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00005-4>
- Miller, R.K. (2017). Chapter 15 - The Eating Quality of Meat: V—Sensory Evaluation of Meat. I: Toldra', F. (red.) *Lawrie's Meat Science (Eighth Edition)*. Woodhead Publishing, 461–499. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00015-7>
- MSA (2019) (Meat Standard Australia). Tips & Tools Meat Standard Australia. *The effect of pH on sheepmeat eating quality*. [Broschyr] Sydney: Meat & Livestock Australia. Tillgänglig: <https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/marketing-beef-and-lamb/documents/meat-standards-australia/msa-sheep-tt-july-2019-lr---the-effect-of-ph-on-sheepmeat-eating-quality.pdf> [2020-05-16]
- Pearce, K.L., Hopkins, D.L., Toohey, E., Pethick, D.W. & Richards, I. (2006). Quantifying the rate of pH and temperature decline in lamb carcasses using medium voltage electrical stimulation in an Australian abattoir. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46 (7), 869. <https://doi.org/10.1071/EA05366>
- Polidori, P., Lee, S., Kauffman, R.G. & Marsh, B.B. (1999). Low voltage electrical stimulation of lamb carcasses: effects on meat quality. *Meat Science*, 53 (3), 179–182. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00044-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00044-3)
- Pouliot, E., Gariépy, C., Riault, M.T., Avezard, C., Fortin, J., Simmons, N.J. & Castonguay, F.W. (2012). Effects of low-voltage electrical stimulation and aging on lamb meat quality. *Canadian Journal of Animal Science*, 92 (1), 59–66. <https://doi.org/10.1139/CJAS2011-076>
- Pouliot, E., Gariépy, C., Thériault, M. & W, C. (2014). Use of electrical stimulation and chilling to enhance meat tenderness of heavy lambs. *Canadian Journal of Animal Science*, <https://doi.org/10.4141/cjas-2014-076>
- Ramanathan, R., Mafi, G.G., Yoder, L., Perry, M., Pfeiffer, M., VanOverbeke, D.L. & Maheswarappa, N.B. (2020). Chapter 5 - Biochemical changes of postmortem meat during the aging process and strategies to improve the meat quality. I: Biswas, A.K. & Mandal, P.K. (red.) *Meat Quality Analysis*. Academic Press, 67–80. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819233-7.00005-7>
- Shaw, F.D., Baud, S.R., Richards, I., Pethick, D.W., Walker, P.J. & Thompson, J.M. (2005). New electrical stimulation technologies for sheep carcasses.

- Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45 (5), 575–583.
<https://doi.org/10.1071/EA03257>
- Shorthose, W.R., Powell, V.H. & Harris, P.V. (1986). Influence of Electrical Stimulation, Cooling Rates and Aging on the Shear Force Values of Chilled Lamb. *Journal of Food Science*, 51 (4), 889–892.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1986.tb11193.x>
- Strydom, P.E. & Frylinck, L. (2014). Minimal electrical stimulation is effective in low stressed and well fed cattle. *Meat Science*, 96 (2, Part A), 790–798.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.09.025>
- Thompson, J.M., Hopkins, D.L., D’Souza, D.N., Walker, P.J., Baud, S.R. & Pethick, D.W. (2005). The impact of processing on sensory and objective measurements of sheep meat eating quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45 (5), 561–573.
<https://doi.org/10.1071/EA03195>
- Toohey, E.S., Hopkins, D.L., Stanley, D.F. & Nielsen, S.G. (2008). The impact of new generation pre-dressing medium-voltage electrical stimulation on tenderness and colour stability in lamb meat. *Meat Science*, 79 (4), 683–691. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.036>
- Wallin, K., Arnesson, A. & Arvidsson Segerkvist, K. (2016). *Lammslakt vid svenska slakterier - en enkätstudie*. (41). Skara.
<https://pub.epsilon.slu.se/13661/> [2020-04-13]
- Warriss, P.D. (2000). *Meat Science: An Introductory Text*. Wallingford, UNITED KINGDOM: CABI. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/slub-ebooks/detail.action?docID=369421> [2020-05-12]

Bilaga 1. Effekt av elstimulering på köttkvalitetsparametrar

Översikt över litteratur om effekt av elstimulering på köttkvalitetsparametrar

Studie	Behandling	Antal dagar av mörningstid (dagar)	Sensorik				Warner-Bratzler shear force	Färg			Temperatur vid pH 6,0
			Färg	Doft	Utseende	Mörhet		L*	a*	b*	
(Cetin <i>et al.</i> 2012)	ES (50 V)	7 d	7,2 *	8,1 *	7,7 *	7,3 *	92,6 N ^C	47,1 *	11,8 *	15,3 *	
	ES (100 V)	7 d	7,0 *	7,8 *	7,3 *	7,2 *	85,9 N ^B	47,4 *	11,9 *	15,0 *	
	ES (250 V)	7 d	6,7 *	7,7 *	7,2 *	6,9 *	79,5 N ^B	49,2 *	12,4 *	14,3 *	
	Kontrollgrupp	7 d	6,3 *	7,0 *	6,8 *	6,3 *	98,1 N ^A	45,1 *	10,7 *	16,7 *	
(Polidori <i>et al.</i> 1999)	ES (28 V)	7 d					53,9 N ^B				15°C *
	Kontrollgrupp	7 d					64,7 N ^A				5°C *
(Pouliot <i>et al.</i> 2012)	ES (21 V)	3 d	Fasthet 3,56	Saftighet 2,87	Smak 3,63		42,8 N				5°C *
		8 d	2,97 ^B	2,77	3,59 ^B		27,6 N ^B	39,47	14,42 ^B	7,83 ^B	
	Kontrollgrupp	3 d	4,71	2,89	3,77		58,8 N				1°C *
		8 d	3,74 ^A	2,63	3,92 ^A		39,2 N ^A	38,24	13,17 ^A	6,70 ^A	
(Pouliot <i>et al.</i> 2014)	ES (21 V)	3 d					39,5 N ^D	39,0 ^B	13,6 ^B	8,4 ^B	13°C *
		8 d					27,2 N ^B	39,1 ^B	13,6 ^B	8,2 ^B	

	Kontrollgrupp	3 d					53,8 N ^C	37,7 ^A	12,2 ^A	7,3 ^A	3°C *
		8 d					34,9 N ^A	38,1 ^A	12,5 ^A	7,4 ^A	
(Shaw <i>et al.</i> 2005)	ES (450 V)	2 d	Mörhet 74,6 ^B	Saftighet 69,0 ^B	Smak 69,0 ^B	Genetellt 72,1 ^B	35,9 N ^B	29,6	14,2 ^B	14,3 ^B	28,4°C ^C
	ES (1100 V)	2 d	76,0 ^B	70,1 ^B	69,8 ^B	72,4 ^B	29,4 N ^B	31,4	13,8 ^B	14,4 ^B	22,8°C ^B
	Kontrollgrupp	2 d	65,2 ^A	66,2 ^A	67,5 ^A	65,6 ^A	49,0 N ^A	28,0	13,1 ^A	13,7 ^A	7,6°C ^A
(Toohey <i>et al.</i> 2008)	ES (300 V)	1 d					36 N ^B	38,3	6,40	9,37	24,8°C ^B
		5 d					28 N ^C				
	Kontrollgrupp	1 d					44 N ^A	39,4	6,11	9,03	13,9°C ^A
		5 d					25 N ^C				

*Data avläst från diagram i artikel, ^{A,B,C} Värden med olika versaler inom samma studie skiljer sig signifikant ($P \leq 0,05$)