



Elstimulering på slaktkroppar av nötkreatur

Med fokus på olika inställningar vid applicering
samt hur elstimulering påverkar köttets
kvalitetssegenskaper

Sophia Bartholomew

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Agronomprogrammet djur
Uppsala 2026



Elstimulering på slaktkroppar av nötkreatur. Med fokus på olika inställningar vid applicering samt hur elstimulering påverkar köttets kvalitetsegenskaper.

Electrical stimulation on cattle carcasses. With a focus on different application settings and how electrical stimulation affects meat quality characteristics.

Sophia Bartholomew

Handledare: Elin Stenberg, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Examinator: Anders Karlsson, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap
Kurskod: EX0865
Program/utbildning: Agronomprogrammet djur
Kursansvarig inst.: Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2026
Omslagsbild: Viktor Wrangle
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: köttfärg, skärkraft, vattenhållande förmåga, volt

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Sammanfattning

Syftet med detta arbete var att undersöka elstimulering av nötslaktkroppar och hur verktyget påverkar olika köttkvalitetssegenskaper, samt om det potentiellt kan vara en metod att använda på svenska slakterier. Efter en genomgång av tidigare litteratur framgår det att elstimulering påskyndar den postmortala metabolismen och förbättrar olika kvalitetsegenskaper. Metoden tillför elektriska impulser genom slaktkroppen, vilket orsakar kraftiga muskelkontraktioner. Detta leder till en snabbare ATP-förbrukning, accelererad glykolys och en snabbare pH-sänkning i muskeln. Därmed kan *rigor mortis* inträda tidigare och risken för kylsammandragningar minskar, vilket kan bidra till förbättrade kvalitetsegenskaper.

Denna litteraturstudie visar att samtliga elstimuleringsmetoder (hög-, medium- och låg volt) har en positiv inverkan på köttets mörhet och färg. Majoriteten av de inkluderade artiklarna rapporterar ett lägre skärmotståndsvärde, jämfört med ostimulerade kontrollgrupper, vilket betyder att elstimuleringen gav en förbättrad mörhet. Även färganalyser genomfördes där elstimuleringen gav köttet en ljusare, rödare och mer gul färg. Det framkommer från en del av artiklarna att elstimulering inte har en påverkan på köttets vattenhållande förmåga.

Sammanfattningsvis visar studierna använda i detta arbete att elstimulering påverkar nötköttets mörhet och färg positivt oberoende av vilken voltstyrka som appliceras. Det observerades även att metoden är ett potentiellt verktyg att implementera i svensk nötslakt för att förbättra köttkvalitetssegenskaper som köttfärg och mörhet.

Nyckelord: köttfärg, skärkraft, vattenhållande förmåga, volt

Abstract

The purpose of this study was to examine the effects of electrical stimulation on beef carcasses, its impact on various quality characteristics, and whether electrical stimulation could potentially be used as a tool within Swedish abattoirs. After reviewing previous literature, it appears that electrical stimulation enhances postmortem metabolism and improves several quality characteristics. The method applies electrical impulses through the carcass, causing strong muscle contractions. This leads to a faster ATP consumption, accelerated glycolysis and a more rapid decline in pH levels. As a result, *rigor mortis* can occur earlier, and the risk of cold shortening is reduced, which can contribute to improved meat quality characteristics.

This literature study demonstrates that all types of electrical stimulation (high-, medium-, and low-voltage) have a positive effect on meat tenderness and colour. Many of the included articles reported a lower shear force (WBSF) value compared to the unstimulated control groups, indicating that the method improved tenderness. Colour analyses also showed that electrical stimulation resulted in meat with a lighter, redder, and more yellow colour. In some articles, it was observed that electrical stimulation did not significantly affect the water-holding capacity of meat.

In conclusion, the articles included in this study demonstrate that electrical stimulation has a positive effect on meat tenderness and meat colour, regardless of the voltage level used. It was also observed that the method could be a useful tool for implementation in Swedish beef slaughterhouses to improve meat quality, such as meat colour and tenderness.

Keywords: meat colour, shear force, water holding capacity, voltage

Innehållsförteckning

1.	Introduktion.....	5
2.	Material och metod.....	7
3.	Resultat	8
3.1	Från muskel till kött.....	8
3.1.1	Muskelns energiförsörjning	8
3.1.2	Muskelns pH.....	8
3.2	Köttets kvalitetsegenskaper.....	9
3.2.1	Mörhet	9
3.2.2	Färg	10
3.2.3	Vattenhållande förmåga	10
3.3	Elstimulering	11
3.3.1	Metoder och påverkan på kvalitetsegenskaper.....	11
3.3.2	Voltstyrkans påverkan på köttkvaliteten	13
4.	Diskussion	17
5.	Slutsats.....	20
6.	Populärvetenskaplig sammanfattning.....	21
7.	Referenser	22

1. Introduktion

Under 2025 slaktades det i Sverige totalt 382 700 nötkreatur. Den totala slaktvikten var 128 100 ton, vilket är en minskning med 8% jämfört med 2024 (Jordbruksverket, 2026). Det finns dock en ökad efterfrågan på inhemskt producerat nötkött, där statistik från 2023 visar att under de senaste tio åren har produktionen ökat med 5% medan importen har minskat med 14%. Trots att importen har minskat ligger den svenska försörjningsförmågan på 57,6%, vilket innebär att drygt hälften av Sveriges efterfrågan på nötkött tillgodoses av svensk produktion (Lannhard Öberg, u.å.). För att öka konsumtionen av inhemska nötköttprodukter behöver den svenska köttbranschen bland annat erbjuda hållbart och högkvalitativt kött som motsvarar konsumenternas förväntningar. Tidigare forskning visar bland annat att faktorer efter avlivning (postmortalt) kan ha en avgörande roll för köttets olika kvalitetsegenskaper. Dessa faktorer innefattar olika biokemiska processer i musklerna efter slakt, bland annat samspelet mellan pH, temperatur och tid (Gagaoua *et al.*, 2025).

Ett verktyg som används för att påverka köttkvaliteten är elstimulering. Elstimulering introducerades för kommersiellt bruk i Nya Zeeland på 1970-talet för att motverka kvalitetsproblem såsom kylsammandragningar i musklerna vid nedkyllning (Gagaoua *et al.*, 2025). Idag används elstimulering i varierande omfattning, där inställningar vid applicering skiljer både mellan och inom djurslag. Exempel på länder som använder elstimulering i en större utsträckning är Australien, Nya Zeeland, USA och Sydafrika. Syftet med elstimulering var ursprungligen att motverka kylsammandragning i snabbt nedkylda slaktkroppar (Strydom & Frylinck, 2014).

Elstimuleringen sker efter avlivning, där en elektrisk ström appliceras genom slaktkroppen. De elektriska impulserna utlöser kraftiga kontraktioner i muskeln som drastiskt ökar energiförbrukningen. Detta leder till en påskyndad glykolys som påverkar hastigheten på pH-sänkning i muskeln. Resultatet blir då att *rigor mortis*, eller likstelhet, inträffar snabbare och därmed vid högre muskeltemperaturer än utan elstimulering (för att motverka kylsammandragningar) vilket kan förbättra egenskaper inom köttkvalitet som färg och textur (Gagaoua *et al.*, 2025).

Trots metodens potential används den inte inom all slakt av nötkreatur i Sverige. Hur tillämpningen på svenska slakterier ser ut och hur verktyget bör användas för att få bäst effekt på de olika slakterierna är inte fullt utrett. Syftet med detta arbete är därför att undersöka litteratur kring elstimulering av nötslaktkroppar och hur

verkyget kan påverka olika köttkvalitetssegenskaper, med fokus på pH-förändring, mörhet, färg och vattenhållande förmåga samt om elstimulering potentiellt kan vara ett verktyg att använda på svenska slakterier för att minska kvalitetsproblem på köttet.

För att sammanställa detta kommer denna studie att besvara följande frågeställningar:

- Vad är elstimulering och vad används det till?
- Hur kan användningen av elstimulering påverka köttkvalitetssegenskaper?
- Är elstimulering ett potentiellt verktyg att använda inom svensk nötslakt?

2. Material och metod

Detta arbete är en litteraturstudie där inhämtat material tagits fram med hjälp av Google Scholar, Web of Science och främst Sveriges lantbruksuniversitets sökmotor Primo via biblioteket. Även artiklar, data och faktablad från Jordbruksverket och Meat Standards Australia (MSA) har använts. Dessa icke-vetenskapliga artiklar användes för att få en inblick i verkliga rekommendationer och data.

Exempel på sökord som har tillämpats är ”Electrical stimulation AND beef quality” (514 sökresultat på Primo samt 702 på Web of Science), ”Electrical stimulation AND beef quality OR cattle” (37900 resultat på Google Scholar), ”High voltage electrical stimulation AND beef (82 träffar på primo), ”Water holding capacity AND beef quality (2291 resultat på Web of Science), ”Low voltage electrical stimulation AND beef quality (Web of science visade 134 resultat och Primo 82), ”Glycogenolysis AND meat” (94 träffar på Primo) samt ”Warner–Bratzler shear force AND beef” (Primo gav 1542 träffar). De använda sökorden resulterade i ett stort antal artiklar. På grund av den stora mängden artiklar skedde ett urval där relevans, tidpunkt för publicering samt antal tidigare citeringar beaktades. Den första urvalsprocessen bestod i att läsa artiklarnas rubriker och sammanfattningar för att bedöma om källan var av intresse. Sedan skedde ett andra urval genom att läsa introduktion, resultat och diskussion. De artiklar som ansågs vara fortsatt aktuella för arbetet användes som underlag för litteraturinsamlingen.

Artificiell intelligens (AI) i form av Instatext.io har använts som ett stödverktyg för språklig och strukturell förbättring. Arbetet har även bearbetats i olika skrivövningar, där en skrivgrupp bestående av medstudenter har läst igenom och opponerat i syfte att förbättra textens kvalitet.

3. Resultat

3.1 Från muskel till kött

3.1.1 Muskelns energiförsörjning

Det finns tre typer av muskelvävnad: hjärtmuskulatur, glatt muskulatur och skelettmuskulatur. Muskelvävnaden byggs upp av filament av proteinerna myosin och aktin. Dessa filament bildar en sarkomer som gör det möjligt för muskeln att kontrahera och slappna av (Sjaastad *et al.*, 2016). Detta arbete kommer fortsatt att fokusera på skelettmuskulatur eftersom fokus är på slaktkropp och kött. Skelettmuskulatur är en mycket kraftfull och föränderlig vävnad som anpassar sig efter kroppens behov. Muskelns energibehov är lågt i vila, men kan snabbt öka under intensiva perioder. Den främsta energikällan för muskeln är adenosintrifosfat (ATP), som används i cellulära funktioner som muskelkontraktion, jontransport och cellsignalering. Eftersom ATP har en viktig roll i flera funktioner måste ATP-homeostas ständigt upprätthållas i muskelvävnaden (Matarneh *et al.*, 2023).

Under aeroba förhållanden återbildas ATP via kreatinfosfat. Kreatinkinas flyttar då en fosfatgrupp från kreatinfosfat till adenosindifosfat (ADP), vilket bildar nytt ATP. Muskler lagrar glykogen som energikälla, men för att det ska kunna utnyttjas måste glykogenet oxideras (Hocquette *et al.*, 1998). Efter att ett djur har avlivats upphör energitillförseln till musklerna och syret avlägsnas permanent. Glykogenet och kreatinfosfatet som finns i musklerna när djuret dör metaboliseras anaeroft för att producera ATP, men eftersom processen är ineffektiv hinner den anaeroba metabolismen inte producera tillräckligt med ATP jämfört med hur mycket som förbrukas. När ingen energi finns kvar i muskeln binder det tidigare nämnda myosinet i muskeln irreversibelt till aktin, vilket orsakar *rigor mortis* (Matarneh *et al.*, 2023).

Rigor mortis är en av de mest betydande förändringarna i muskeln för köttkvaliteten. När muskeln kontraherar bildas korsbryggor mellan myosin- och aktinfilamenten. Dessa korsbryggor blir starkt bundna vid frisättning av oorganiskt fosfat och ADP. Processen fortsätter tills att ATP binder till myosinet, vilket gör att det frigörs från aktinet. *Rigor mortis* är alltså direkt kopplad till koncentrationen av ATP i muskeln (Bendall, 1973).

3.1.2 Muskelns pH

Muskulaturens pH är en viktig faktor att beakta när det gäller köttkvalitet. Enligt en rapport från Meat Standards Australia (2018) visar forskning att nötkött med ett pH-värde över 5,7, 24 timmar efter slakt, klassas som att vara av sämre

kvalitet. Ett högt pH-värde resulterar ofta i att köttet får en mörkare färg, hårdare textur, högre vattenhållande förmåga och kortare hållbarhet, även kallat ”dark, firm and dry” (DFD). Om pH-värdet sjunker för fort kan det beskrivas som ”pale, soft and exudative” (PSE), vilket betyder att köttet blir blekt, mjukt och har en låg vattenhållande förmåga (Meat Standards Australia, 2018; Warner, 2023). För att köttet ska klassas som god kvalitet ska det enligt MSA ha ett pH mellan 5,3–5,7 (Meat Standards Australia, 2018).

En process som resulterar i att pH sjunker är glykogenolys. Denna process utvinner energi under anaeroba förhållanden (som när ett djur avlivats) genom nedbrytning av lagrat glykogen i musklerna. Glykogenolysen bildar bland annat vätejoner och pyruvat när glykogenet omvandlas till ATP. Då processen är anaerob reduceras det bildade pyruvatet till laktat, vilket är nödvändigt för att glykolysen ska kunna fortsätta. Eftersom ingen cirkulation sker, då respirationen hos djuret upphörde vid avlivning, ansamlas laktatet i muskeln och bidrar till pH-sänkning. Det är dock reaktionen vid konverteringen från pyruvat till laktat där vätejoner frisätts som är den huvudsakliga processen som sänker pH-värdet, men även laktatet bidrar då det har ett lågt pH (Matarneh *et al.*, 2023).

Alla djur har en viss mängd glykogen i musklerna innan slakt och ju mer glykogen som finns, desto mer laktat kan bildas. Koncentrationen av glykogen påverkas av bland annat mängden foder som djuret fått innan slakt. Om djuret får mycket foder kan mer glykogen lagras då djuret får i sig mer energi än vad som förbrukas och ett överskott bildas. Ifall ett djur inte har tillräckligt med glykogen i musklerna för att producera den mängd laktat som krävs för att sänka pH till en önskvärd nivå, vilket enligt MSA är mellan pH 5,3–5,7, kommer kvaliteten försämrats. En annan faktor som påverkar muskelglykogenlagret är stress. Slakt kan innebära olika stressfaktorer såsom transport och exponering för nya miljöer och människor. Vid stress förbrukas muskelns glykogen vilket leder till att mindre laktat kan bildas efter slakt som i sin tur kan leda till ett högre pH-värde, vilket försämrar köttkvaliteten (Meat Standards Australia, 2018).

3.2 Köttets kvalitetsegenskaper

3.2.1 Mörhet

Köttkvaliteten kan värderas utifrån flera olika kvalitetsegenskaper, bland annat mörhet, som i sin tur kan undersökas genom flera olika metoder. Mörhet kan bedömas genom exempelvis instrumentella- eller sensoriska tester. Den mest använda metoden är Warner-Bratzlers shear force (WBSF), som på svenska brukar kallas skärmotstånd. Denna typ av test mäter kraften (N) som krävs för att skära igenom en köttbit av bestämd storlek (Destefanis *et al.*, 2008). Det finns olika uppfattningar kring vilka skärmotstånd nötkött har för att klassificeras som

segt eller mört och därför kan det variera mellan vilka tröskelvärden som ska användas. Enligt Destefanis *et al.* (2008) upplevs kött som segt om det har ett WBSF-värde över 52,68 N, medan om köttet upplevs som mört har det ett WBSF-värde under 42,87 N. Gagaoua *et al.* (2025), Gursansky *et al.* (2010) samt Ji *et al.* (2021) menar att en acceptabel mörhet är under 40,0 N. Oliveira *et al.* (2025) kategoriserar kött som mört om det har ett värde under 42,9 N. Medan Roeber *et al.* (2000) menar att tröskelvärdet varierar beroende på om det ska säljas inom restaurang eller i butik, då författarna skriver att om köttet ska säljas i butik bör det ha ett värde under 44,1 N och för restaurangnivå under 38,3 N.

3.2.2 Färg

Köttets färg är en viktig egenskap för konsumenters uppfattning av köttets kvalitet. En attraktiv röd färg är viktig i beslutet som avgör om huruvida konsumenter väljer att köpa produkten eller inte. Det som ger köttet dess färg är myoglobin, vilket är ett sarkoplasmiskt protein. Direkt efter slakt reduceras myoglobin till deoxymyoglobin, vilket ger köttet en lila nyans. När köttet exponeras för syre kommer deoxymyoglobinet oxideras till oxymyoglobin, vilket resulterar i att köttet får en ljusare och rödare färg. Om köttet exponeras för syre under en längre tid förlorar det sin röda färg och blir i stället brunt eller grått (Ruedt *et al.*, 2023). Vid färgmätning av kött används främst Commission Internationale de L'Eclairage (CIELAB), vilket är en typ av kolorimeter som mäter hur ljus reflekteras från köttet. De olika parametrarna betecknas L^* , a^* samt b^* och står för ljushet/mörkhet (L^*), rödhet/grönhet (a^*) och gulhet/blåhet (b^*). L^* mäts på en skala mellan noll och hundra, ett lägre värde indikerar att färgen är mörk medan ett högre värde indikerar en ljus färg. Om a^* visar ett negativt värde, uppfattas färgen som grön, medan ett positivt värde innebär att färgen uppfattas som röd. Om b^* har ett negativt värde är färgen blå, medan ett positivt värde indikerar färgen gul. Generellt beskrivs köttets färg med ljushet, rödhet och gulhet, exempelvis att ett köttprov är mer eller mindre rött eller mer gult jämfört med ett annat köttprov (Somin *et al.*, 2026).

3.2.3 Vattenhållande förmåga

Köttets saftighet är en kvalitetsegenskap som också påverkar ätkvaliteten. Hur saftigheten upplevs kan påverkas av om det finns mer eller mindre vätska i köttet efter tillagning. Muskler består till tre fjärdedelar av vatten, varav 85% finns i myofibrillerna eller i myosin- och aktinfilamenten. När ett djur slaktas sker strukturella förändringar i myofibrillerna som påverkar deras förmåga att binda vatten. Även övergången till *rigor mortis* gör att vatten inte får plats i muskeln. Hastigheten på pH-sänkningen och den postmortala glykolysen är det som främst avgör köttets vattenhållande förmåga. Detta beror på att när pH-värdet sjunker förändras nettoladdningen hos proteinerna i myofibrillerna. Det finns två kända

fenomen relaterade till köttets vattenhållande förmåga, PSE samt DFD, som beskrivits tidigare i texten. PSE orsakas av en kort men akut stress innan slakt som leder till en för snabb pH-sänkning medan slaktkroppen fortfarande är varm och att myosin denatureras. DFD orsakas av hög och långvarig stress före slakt, vilket leder till minskande glykogenlager och därmed bildas för lite laktat vilket leder till att pH-värdet inte sänks tillräckligt. Den vattenhållande förmågan mäts ofta i hur mycket vätska som köttet släppt under exempelvis upptining, mörning och tillagning, och uttrycks i procent (Warner, 2023).

3.3 Elstimulering

Syftet med elstimulering är att accelerera den postmortala glykolysen, undvika kylsammandragning och kontrollera mörningshastigheten genom olika biokemiska mekanismer. Kylsammandragning initieras av att mitokondrierna läcker ut kalcium i cytosolen och att sarkoplasmatiska retiklet inte binder kalciumet tillräckligt snabbt. Om ett djur har en stor mängd energi och kalcium i musklerna är risken för kylsammandragning stor. Elstimulering intensifierar pH-sänkningen och utnyttjandet av ATP, vilket leder till att *rigor mortis* uppnås snabbare och risken för kylsammandragning minskar (Matarneh *et al.*, 2023).

3.3.1 Metoder och påverkan på kvalitetsegenskaper

Vid slakt av nötkreatur kan elstimulering med olika styrkor användas. De olika nivåerna eller styrkorna som ofta benämns i olika studier och kommersiellt är hög volt, medium volt och låg volt (Gagaoua *et al.*, 2025). I detta arbete varierar applikationen av volt mellan 30 V och 1130 V, likaväl som applikationen av ampere och hertz varierar mellan olika artiklar.

Effekten av elstimulering påverkas av flera olika faktorer, som voltstyrka, ampere och varaktighet. De metoder som använts i störst utsträckning är hög och låg volt. Historiskt sett har hög volt använts mest, och på grund av sin höga användning har metoden testats och utvärderats mer (Gagaoua *et al.*, 2025). Enligt Stiffler *et al.* (1984) kan elstimulering med hög volt appliceras efter längre tid på slaktlinan, när djuret avhudats och delats i två halvor. Appliceringen av låg volt bör däremot ske tidigare i slaktprocessen, efter avblodning, eftersom strömmen följer nervsystemet ut i muskeln och för att få bäst effekt behöver nervbanorna vara intakta (Stiffler *et al.*, 1984). Användningen av lågvoltselstimulering har utvecklats för att minska säkerhetsrisker samt höga kostnader, som ofta associeras med högvoltstimulering (Gagaoua *et al.*, 2025).

I en studie av Stiffler *et al.* (1984) jämfördes låg volt (35 V) och hög volt (550 V) och dess påverkan på köttkvalitetsegenskap som köttets färg och mörhet. I studien ingick en kontrollgrupp som inte elstimulerades. Resultatet visade att det

elstimulerade köttet fick en attraktivare färg då det blev ljusare än det kött som inte elstimulerats. Författarna beskriver även att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan de två voltstyrkorna (35 V och 550 V) i hur de påverkade färg och mörhet. I artikeln beskriver författarna att det finns en risk att köttet blir överstimulerat, alltså att stimuleringen pågår för länge och blir för kraftig, vid en applikation av låg volt. Vid överstimulering påverkas bland annat köttets färg och struktur, genom att bli blekt och mjukt. Trots detta anses låg volt vara minst lika effektiv som hög volt med avseende på färg och mörhet, med antagandet att ingen över- eller understimulering utförs (Stiffler *et al.*, 1984).

Elstimulering kan appliceras med antingen konstant ström (CCES) där spänningen anpassas efter varje enskilt djurs motstånd, eller konstant spänning (CVES) vilket är den metod som framför allt används kommersiellt inom högvoltselstimulering. Leighton *et al.* (2024) genomförde ett försök för att undersöka skillnaden mellan dessa två olika metoder. I behandlingen för CCES tillfördes en frekvens på 50 Hz, 2 A och en spänning som varierade mellan 380 och 554 V. CVES-metoden tillförde 60 Hz, en fixerad spänning på $477 \pm 3,08$ V och en varierande ampere mellan 1,63 och 2,51 A. Resultatet visade att eftersom CCES anpassas efter slaktkroppens motstånd motverkas över- och understimulering. Detta leder till effektivare muskelkontraktioner och snabbare glykolys, vilket är varför denna metod gav ett pH-värde på cirka 5,65 efter tre timmar. Det är ett lägre värde än vad CVES resulterade i då det låg på ungefär pH 5,75 efter samma tid. Efter tre dagar mättes samma djur och muskel men resultatet blev dock omvänt då CCES fick ett pH-värde på cirka 5,6 och CVES 5,5. Detta beror troligen på att köttet som stimulerats med konstant spänning har en mer effektiv nedbrytning av proteiner vilket resulterar i en ökad frisättning av mer aminosyror och peptider som buffrar pH-värdet i muskeln (Leighton *et al.*, 2024).

Kastner *et al.* (1993) genomförde en studie där elstimuleringsmetoder och deras effekter på postmortal pH-sänkning jämfördes. Artikeln beskriver fem olika behandlingar: i behandling ett användes 400 V och 60 Hz konstant i två minuter en timme efter slakt, i behandling två användes 400 V och 60 Hz pulserande (1,6 sekunder/0,8 sekunder i två minuter) 45 minuter efter slakt, i behandling tre användes 420 V och 60 Hz pulserande (0,68 sekunder/0,32 sekunder i två minuter) 45 minuter efter slakt och behandling fyra hade endast 50 V och 60 Hz pulserande (1 sekund/1 sekund i två minuter) redan fem minuter efter slakt. Behandling fem var en kontrollgrupp som inte elstimulerades. Resultaten visade att elstimuleringen accelererade pH-sänkningen markant. I behandling ett uppnåddes pH 6 på 2,53 timmar, i behandling två och tre uppnåddes samma pH (pH 6) efter 1,63 timmar och i den fjärde behandlingen uppnåddes pH 6 på endast 0,56 timmar, medan kontrollgruppen uppnådde samma pH-sänkning (pH 6) på 3,76 timmar. Enligt författarna kan skillnaden i pH-sänkning bero på de olika

voltstyrkorna och de olika applikationstiderna. Det är viktigt att poängtera att en för snabb pH-sänkning kan vara negativ för köttkvaliteten då det kan leda till att muskelproteinerna denatureras, vilket resulterar i att köttet upplevs torrare och mindre mört. Detta påvisas i behandling fyra då den hade snabbast pH-sänkning men även lägre kvalitetspoäng, gällande bland annat mörhet, än vad köttet i försök två hade (Kastner *et al.*, 1993).

3.3.2 Voltstyrkans påverkan på köttkvaliteten

Låg volt (40-80 V)

Bakker *et al.* (2021) genomförde en studie där de jämförde applicering av elstimulering med 40 V eller 80 V 45 minuter efter slakt, mot en kontrollgrupp utan elstimulering. Syftet var att undersöka hur dessa behandlingar påverkade köttets mörhet och färg. Gällande mörheten kom författarna fram till att det kött som elstimulerades hade ett lägre WBSF-värde än den icke-elstimulerade gruppen. Detta påvisas genom att WBSF-värdet för kött behandlat med 40 V var 36,2 N, behandlingen med 80 V var 35,7 N och den icke-elstimulerade kontrollgruppens var 37,7 N. Bakker *et al.* (2021) analyserade även köttets färg, där resultat visade att det elstimulerade köttet blev ljusare, rödare och gulare i färg jämfört med den ostimulerade kontrollgruppen. Kött som fått elstimulering med 40 V hade resultaten; $L^* = 42,3$, $a^* = 26,1$ och $b^* = 11,3$ medan elstimulering med 80 V hade $L^* = 42,8$, $a^* = 26,1$ och $b^* = 11,2$. Resultatet för kontrollgruppen var cirka $L^* = 40,4$, $a^* = 24,9$ och $b^* = 10,1$. Det var därmed inga skillnader i WBSF-värde eller färg mellan de två olika voltstyrkorna (40 V och 80 V) (Bakker *et al.*, 2021).

En studie av Li *et al.* (2011) på svensk röd och vit boskap (SRB) jämförde effekten av elstimulering med 80 V som applicerades cirka 30 minuter efter bedövning mot en kontrollgrupp som inte elstimulerades. Elstimuleringen påverkade köttets färg då resultatet vid 24 timmar efter applicering var cirka 33 för L^* , 13 för a^* och 11 för b^* . Oxymyoglobin-värdet var cirka 5% högre och deoxymyoglobin-värdet var cirka 3% lägre jämfört mot kontrollgruppen som hade $L^* = 30$, $a^* = 11$ och $b^* = 8$. Studiens författare beskriver att elstimulering hjälper till att öka myoglobinet syresättningskapacitet vilket ger köttet en rödare färg. I försöket testades även köttets vattenhållande förmåga på samma prover. Resultatet tyder på att elstimulering inte hade någon påverkan på hur mycket vätska som gick till förlust vid mörning, upptining eller tillagning i detta försök, jämfört med kontrollgruppen (Li *et al.*, 2011).

Medium volt (100-300 V)

I ett försök från 2000 genomfört av Roeber *et al.* applicerades 100 V med två olika varaktigheter, 11 respektive 16 impulscyklar. I försöket delades slaktkropparna upp, så att ena halvan av slaktkroppen elstimulerades medan den andra halvan fungerade som kontrollgrupp och blev då inte elstimulerad. Försöket omfattade alltså fyra behandlingar (två med elstimulering och två icke-elstimulerade kontrollgrupper). I studien undersöktes köttets färg, mörhet och vattenhållande förmåga. Med avseende på köttets färg beskriver författarna att det inte fanns en signifikant skillnad i resultat mellan de olika elstimuleringarna. Båda metoderna gav en ljusare, rödare och gulare färg (11 impulscyklar hade $L^* = 35,63$, $a^* = 11,68$ samt $b^* = 12,03$ och 16 impulscyklar hade $L^* = 35,53$, $a^* = 11,56$ och $b^* = 11,95$) jämfört med de oelstimulerade kontrollgrupperna (för den kortare hade kontrollgruppen $L^* = 34,45$, $a^* = 11,48$ samt $b^* = 11,73$ och den längre hade $L^* = 34,44$, $a^* = 11,12$ samt $b^* = 11,40$). Skillnaden i ljushet var dock knappt en procent för båda elstimuleringsbehandlingarna, och skillnaden mellan det elstimulerade köttet och kontrollgrupperna gällande rödhet och gulhet var inte signifikant. Resultatet för mörhetsmätningarna visade att elstimulering gav ett mörare kött med ett lägre WBSF-värde jämfört mot kontrollgrupperna. Det krävdes 38,75 N för behandlingen med 11 impulscyklar respektive 36,79 N för behandlingen med 16 impulscyklar. För kontrollgrupperna krävdes 42,87 N för behandlingen som hade 11 impulscyklar, och 40,61 N för den som hade 16 impulscyklar för att skära igenom proven. Likt lågvoltselstimuleringen påverkades inte den vattenhållande förmågan av mediumvoltselstimuleringen. Samtliga behandlingar gav en vätskeförlust på cirka 22% efter en sju dagar lång mörningsperiod. Varför studien gav detta resultat presenteras inte av författarna (Roeber *et al.*, 2000).

För att undersöka hur mediumvoltselstimulering påverkar mörheten i kött genomförde Ji *et al.* (2021) ett försök på åtta nötkreatur. Innan nedkylning elstimulerades en sida av slaktkroppen med 300 V, CCES med 0,55 A och 15 Hz 45 minuter postmortalt, detta jämfördes med den andra halvan av slaktkroppen som inte elstimulerades. Under 0,75 till 24 timmar efter behandling hade halvan som elstimulerats ett resultat som tydde på en snabbare och lägre pH-sänkning jämfört med den oelstimulerade sidan. pH mättes vid 0,75, 3, 6, 12 och 24 timmar, för den halva som blev elstimulerad uppmättes ett pH-värde vid varje tillfälle på pH 6,25, 5,75, 5,50, 5,45 och 5,47. Den icke-elstimulerade halvan visade vid samma mätningstillfällen pH 6,45, 6,0, 5,75, 5,60 och 5,51. Författarna beskriver att resultatet för pH mellan behandlingsgrupperna upp till 12 timmar hade en signifikant skillnad, men att båda behandlingar efter 24 timmar inte hade en signifikant skillnad. Eftersom båda halvorna av slaktkroppen hade ungefär samma pH-värde på 5,50 vid 24 timmar, vilket enligt MSA (2018) är av god kvalitet. Direkt efter elstimuleringen hade det elstimulerade köttet ett WBSF-

värde på 78,1 N, efter åtta veckors mörning gick värdet ner under 54,0 N och efter hela perioden på 24 veckor minskade det ytterligare till ett värde på 44,5 N. Författarna skriver att vätskeförlusten vid upptining minskade med 13,2%, vilket är 0,8% mindre jämfört med det icke-stimulerade köttet. Författarna föreslår att detta kan bero på den kalla temperaturen (-2 till -1°C) under mörningsperioden, och att det är det som påverkat vätskeförlusten och kanske inte elstimuleringen i sig. Det fanns ingen skillnad i vätskeförlust vid tillagning mellan grupperna (Ji *et al.*, 2021).

Hög volt (300-1130 V)

Resultaten från Mombeni *et al.* (2013) visar att högvoltselstimulering har en positiv inverkan på flera kvalitetsegenskaper på kött. I försöket delades 50 slaktkroppar från Holstein-tjurar upp i två grupper, en grupp där 800 V och CCES med 2,5 A applicerades i 25 sekunder direkt efter avblodning samt en kontrollgrupp som inte elstimulerades. Det blev en signifikant skillnad i pH-sänkning, då det elstimulerade köttet nådde ett lägre pH på ungefär 5,6 efter 24 timmar, vilket är lägre än pH-sänkningen hos den icke-elstimulerade gruppen (pH 5,8) vid samma tidpunkt. För den elstimulerade gruppen ledde den snabbare pH-sänkningen till att *rigor mortis* inträffade efter cirka fem timmar, vilket för den oelstimulerade gruppen tog 24 timmar. Efter sju dagars mörningstid bedömdes köttets färg av en sensorisk panel, resultatet visar att det elstimulerade köttet uppvisade en rödare färg än kontrollgruppen. Författarna kom fram till att elstimuleringen hade en negativ påverkan på köttets vattenhållande förmåga, då gruppen som elstimulerades hade 0,38% högre vattenförlust än vad kontrollgruppen hade. Författarna beskriver dock inte varför resultatet blev som det blev (Mombeni *et al.*, 2013).

I ett annat försök undersökte Gursansky *et al.* (2010) hur högvoltselstimulering (1130 V) påverkade mörheten av nötkött från *Bos indicus* och *Bos taurus*. Elstimuleringen accelererade den postmortala glykolysen vilket resulterade i att köttets pH-värde sänktes efter 1,5 timme till pH 6. Författarna konstaterade bland annat att denna form av elstimulering sänkte WBSF-värdet mest effektivt. Efter en 14 dagar lång mörningsperiod i 1°C sjönk WBSF-värdet för den elstimulerade gruppen till 30 N, medan den oelstimulerade gruppen hade ett värde på 60 N. Författarna kom även fram till att båda grupperna kom under 40 N i WBSF-värde efter 28 dagars mörningsperiod. Detta förklaras av författarna som att elstimuleringen tillåter *rigor mortis* att inträffa snabbare och att mörningsprocessen påskyndas med hjälp av en aktivering av olika enzymer i köttet. Författarna kunde därför konstatera att det inte är någon skillnad mellan *Bos indicus* och *Bos taurus* i förhållande till mörhet efter elstimulering med 1130 V (Gursansky *et al.*, 2010).

I tidigare nämnd studie av Roeber *et al.* (2000) undersöktes även högvoltselstimulering. På samma sätt som vid undersökningen av mediumvoltselstimulering, delades slaktkropparna upp så att ena halvan elstimulerades och den andra halvan elstimulerades inte. Författarna jämförde en grupp som behandlades med sex impulscyklar av 100 V + fem impulscyklar av 300 V och en grupp med sex impulscyklar av 100 V + tio impulscyklar av 300 V mot kontrollgrupperna. Vid färgmätning hade elstimuleringen med färre impulscyklar resultatet: $L^* = 35,56$, $a^* = 11,73$ och $b^* = 12,03$ och elstimuleringen med fler impulscyklar: $L^* = 36,40$, $a^* = 11,58$ och $b^* = 12,30$. Båda grupperna som fått elstimulering hade högre värden än båda kontrollgrupperna ($L^* = 34,47$, $a^* = 11,22$ och $b^* = 11,48$ för kontrollgruppen för färre pulscyklar respektive $L^* = 34,84$, $a^* = 11,10$ och $b^* = 11,60$ för kontrollgruppen för fler impulscyklar), vilket innebär att köttet blev ljusare, rödare och gulare efter applicering av elstimulering. Även mörheten blev förbättrad av elstimuleringen, vilket visades genom att WBSF-värdet var 37,47 N för elstimuleringen med färre impulscyklar och 37,08 N för elstimuleringen med fler impulscyklar, vilket är lägre än kontrollgruppernas värden som var 43,94 N respektive 41,59 N. Författarna beskriver även att det inte var någon skillnad i vattenhållande förmåga (vid upptining och mörning) mellan grupperna. En förklaring av författarna till varför studien gav de olika resultaten presenteras dock inte (Roeber *et al.*, 2000).

4. Diskussion

Huvudsyftet med elstimulering är att påskynda den postmortal metaboliseringen, genom att accelerera glykolysen och sänka pH-värdet till en nivå som förhindrar bland annat kvalitetsproblemet kylsammandragning. Samtliga studiers resultat i detta arbete indikerar att glykolysen påskyndas och att pH-sänkningen sker snabbare (Kastner *et al.*, 1993; Roeber *et al.*, 2000; Gursansky *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2011; Mombeni *et al.*, 2013; Bakker *et al.*, 2021; Ji *et al.*, 2021; Leighton *et al.*, 2024). Resultatet från två av artiklarna antyder att elstimulering inte har en effekt på köttets vattenhållande förmåga vid jämförelse med kontrollgrupperna som inte elstimulerades (Roeber *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2011). Det är dock värt att notera att i studien av Mombeni *et al.* (2013) framgår det att elstimulering ökade vätskeförlusten med 0,38%, vilket skulle kunna förklaras av att den postmortal metaboliseringen hade en för hög hastighet och sänkte pH för fort. I studien genomförd av Ji *et al.* (2021) hade den elstimulerade gruppen istället en minskning av vätskeförlust på 0,8% jämfört med kontrollgruppen efter mörningsperioden och nedkylningen. I samma studie undersöktes vätskeförlusten innan nedkylning vilket visade, likt de andra studierna, att elstimulering inte hade en påverkan på köttets vattenhållande förmåga (Ji *et al.*, 2021). En möjlig förklaring är att försöket hade en lägre temperatur under mörningsprocessen, med en temperatur under fryspunkten, än resterande studier. Istället påverkades antagligen köttet positivt, genom en minskad vätskeförlust, av den kalla temperaturen snarare än elstimuleringen.

Med avseende på köttets färg fick alla studier liknande resultat. Vid användning av 40 V, vilket i denna litteraturstudie är den lägst använda styrkan vid färganalys, blev köttet ljusare, rödare och gulare än kontrollgruppen (Bakker *et al.*, 2021). Samma resultat konstaterades vid en applicering av 80, 100 samt 300 + 100 V (Roeber *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2011; Bakker *et al.*, 2021). Mombeni *et al.* (2013) undersökte enbart a*, men även där blev köttet rödare av elstimulering. Detta indikerar att elstimulering har en positiv påverkan på köttfärgen, samt att påverkan blir densamma oavsett voltstyrka.

Ett ytterligare antagande som kan dras är att elstimulering förbättrar köttets mörhet. Detta baseras bland annat på Bakker *et al.* (2021) som applicerade 40 V och fick ett lägre WBSF-värde än kontrollgruppen som inte elstimulerades. Liknande resultat observerades av alla författare som undersökte mörhet då appliceringen av 80, 100, 300, 300 + 100 och 1130 V sänkte WBSF-värdet jämfört mot kontrollgrupper utan elstimulering, till liknande värden (cirka 30–44,5 N), för

samtliga köttprover (Roeber *et al.*, 2000; Gursansky *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2011; Bakker *et al.*, 2021; Ji *et al.*, 2021). Dessa resultat indikerar att elstimulering sänker WBSF-värdet oberoende av vilken voltstyrka som appliceras jämfört mot kontrollgrupper utan elstimulering.

I denna litteraturstudie var en av frågeställningarna formulerad för att undersöka ifall elstimulering är ett potentiellt verktyg att använda inom svensk nötslakt. För att besvara frågan analyserades bland annat studien gjord av Li *et al.* (2011). Författarna använde tjurar samt stutar av rasen SRB och utförde studien i Sverige vid Sveriges Lantbruksuniversitet, djuren har därmed fötts upp och slaktats under svenska förhållanden. Som tidigare nämnt visar studiens resultat att elstimulering har en positiv påverkan på köttets färg, men att det inte gav någon skillnad i vattenhållande förmåga. Författarna menar att appliceringen av elstimulering uppnår förbättringar av kvalitetsegenskaper utan att köttet får en negativ påverkan (Li *et al.*, 2011). I studierna genomförda av Leighton *et al.* (2024) och Gursansky *et al.* (2010) användes djur som var korsningar Angus och Simmental respektive Angus och Hereford, vilket är raser som används i den svenska nötköttsuppfödningen. En viktig skillnad mellan studierna av Gursansky *et al.* (2010) samt Leighton *et al.* (2024) jämfört mot studien av Li *et al.* (2011) är att djuren inte är uppfödda, slaktade eller en del av samma population som i Sverige. Resultaten är inte direkt jämförbara, eftersom djurmaterialet och slaktmetoderna som används i studierna av Leighton och Gursansky kan skilja sig från det som använts i Li *et al.* (2011). Ytterligare en observation var att i resultatet från Leighton *et al.* (2024) konstaterades det att metoden CCES anpassar elstimuleringen efter slaktkroppens motstånd och motverkar över- och understimulering. Metoden kan därför vara ett möjligt alternativ att använda inom kommersiellt bruk i Sverige för att undvika över- eller understimulering vid applicering av elstimulering. Utifrån artiklarnas resultat kan elstimulering antas vara ett potentiellt verktyg att implementera i Sverige (om det anpassas efter svenska nötkreatur och svenska slaktsystem) samt att ytterligare forskning på elstimulering inom svenska förhållanden är av intresse.

Elstimulering är ett ämne som ur vissa synvinklar kan tolkas som etiskt komplext eftersom ämnet relaterar till slakt av djur. Samtidigt är det viktigt att förstå att elstimulering alltid utförs när djuret är avlivat vilket betyder att djuret inte upplever elektriciteten. Eftersom metoden används för att förbättra köttkvalitet kan det även ses som positivt ur både ett etiskt- och ett hållbarhetsperspektiv, då det skulle kunna bidra till mindre kasseringar och matsvinn. Vilket betyder att djuret utnyttjas bättre efter det slaktats. Flertalet av artiklarna i denna litteraturstudie lyfter olika etiska dilemman. Leighton *et al.* (2024) och Mombeni *et al.* (2013) lyfter att användningen av låg volt ökar då det minskar

säkerhetsrisker för personal kopplat till arbetsmiljö. Även Roeber *et al.* (2000), Ji *et al.* (2021) och Bakker *et al.* (2021) trycker på att förbättringar i mörhet och köttfärg bidrar till att minska konsumenters missnöje med produkten och därför bidrar till konsumenters vilja att betala mer för kött. Detta skulle i sin tur kunna minska andelen importerat kött från länder där det finns andra djurskyddsregler som kan bidra till en lägre djurvälstånd. Ett möjligt samband är att även producenterna kan få mer betalt för att föda upp kött djur om konsumenter är villiga att betala mer för sina produkter i butik och restaurang, vilket kan ge producenterna en chans att förbättra välfärden för sina djur.

5. Slutsats

Denna litteraturstudie visar att elstimulering skapar muskelkontraktioner som accelererar den postmortala metabolismen, oavsett vilken voltstyrka som används, vilket minskar risken för kylsammandragningar och förbättrar köttkvalitetssegenskaper såsom mörhet och färg. Resultaten från flertalet studier visar att elstimulering har en positiv påverkan på köttets färg, i form av högre värden i färgmätning gällande ljushet, rödhet och gulhet samt skärmotstånd genom lägre WBSF-värden jämfört mot behandling utan elstimulering. Sammanfattningsvis framstår elstimulering som ett potentiellt verktyg att använda inom svensk nötslakt då metoden visats ha positiv påverkan på flera olika typer av slaktkroppar, oavsett ras, kön eller produktionssystem. Litteraturen beskriver även att elstimulering behöver appliceras på rätt sätt, genom en anpassad utrustning efter slakteriets förutsättningar (inställningar och placering), för att få önskad effekt. Därför skulle ytterligare forskning, under svenska förhållanden, vara viktigt för möjligheten att optimera utfallet av applicering av elstimulering på svenska nötslakterier.

6. Populärvetenskaplig sammanfattning

Detta arbete är en sammanställning av litteratur från vetenskapliga artiklar och rapporter. Syftet med arbetet var att undersöka elstimulering med elektrisk ström, även kallat impulsmörning, på slaktkroppar av nötkreatur och hur detta verktyg påverkar olika köttkvalitetssegenskaper, samt om elstimulering är ett verktyg att använda på svenska slakterier. Av litteratursammanställningen framgår det att elstimulering påskyndar pH-fallet i muskeln hos djur efter att de är avlivade, och att det i sin tur kan förbättra olika kvalitetssegenskaper såsom köttets mörhet och färg.

Vid användning av elstimulering skickas elektrisk ström genom slaktkroppen, där dessa impulser skapar kraftiga muskelsammandragningar. Dessa muskelsammandragningar leder till en snabbare energiförbrukning i muskeln efter slakt (utan syre) som gör att muskelns pH-värde sjunker i och med att mjölksyra bildas i energiförbränningen. Därefter inträffar likstelhet i muskeln, då stelnar musklerna och kan därefter inte längre slappna av. Elstimulering kan bidra till minskad risk för kvalitetsproblem såsom torrt och hårt kött genom att kontrollera pH-fallet i muskeln i relation till muskelns temperatur.

Elstimulering kan appliceras med olika inställningar, det innebär att spänningen, styrkan och frekvensen kan variera. De vanligaste inställningarna kallas hög-, medium- och låg volt och då används en hög, medium eller låg volt. Många av artiklarna inkluderade i detta arbete beskriver att elstimulering bidrar till ett lägre skärnotstånd, vilket är den kraft som krävs för att kunna skära igenom en köttbit, jämfört med det kött som inte blivit elstimulerat. Även vid undersökning av köttets färg ger elstimulering en ljusare, rödare och mer gul färg, jämfört mot icke-elstimulerade kontrollgrupper, vilket kan vara mer tilltalande för konsumenter. Litteraturen beskriver även att elstimulering i sig inte har en stor påverkan på köttets saftighet.

Sammanfattningsvis visar studierna använda i detta arbete att elstimulering påverkar nötköttets färg och mörhet positivt, oberoende på vilken typ av inställning som har använts. En observation är att elstimulering kan vara ett verktyg att använda inom svensk slakt av nötkreatur för att förbättra köttkvalitetssegenskaper som köttfärg och mörhet.

7. Referenser

- Bakker, C.M Underwood, K., Grubbs, J.K. & Blair, A. (2021). Low-Voltage Electrical Stimulation of Beef Carcasses Slows Carcass Chilling Rate and Improves Steak Color. *Foods*. 10 (5), 1065. <https://doi.org/10.3390/foods10051065>
- Bendall, J.R. (1973). The biochemistry of rigor mortis and cold-contraction. European meeting of meat research workers. 2-7. https://digicomst.ie/wp-content/uploads/2020/05/1973_01_00.pdf [2026-04-12]
- Destefanis, G., Brugiapaglia, A., Barge, M.T. & Dal Molin, E. (2008). Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner–Bratzler shear force. *Meat Science*. 78 (3), 153-156. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.031>
- Gagaoua, M., Prieto, N., Hopkins, D.L., Baldassini, W., Zhang, Y., López-Campos, O., Albenzio, M. & della Malva, A. (2025). Electrical stimulation to improve meat quality: Factors at interplay, underlying biochemical mechanisms and a second look into the molecular pathways using proteomics. *Meat Science*. 219, 109663. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109663>
- Gursansky, B., O’Halloran, J.M., Egan, A. & Devine, C.E. (2010). Tenderness enhancement of beef from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle following electrical stimulation. *Meat Science*. 86 (3), 635 – 641. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.002>
- Hocquette, J.F., Ortigues, I., Pethick, D., Herpin, P. & Fernandez, X. (1998). Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat-producing animals. *Livestock Production Science*. 56 (2), 115–143. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(98\)00187-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00187-0)
- Ji, X., Lou, X., Zhu, L., Mao, Y., Lu, X., Chen, X., Hopkins, D.L. & Zhang, Y. (2021). Effect of medium voltage electrical stimulation and prior ageing on beef shear force during superchilled storage. *Meat Science*. 172, 108320. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108320>
- Jordbruksverket (2026). *Animalieproduktion, års- och månadsstatistik – 2025:12*. (2026-02-13). Jordbruksverket. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2026-02-13-animalieproduktion-ars--och-manadsstatistik---202512> [2026-03-31]
- Kastner, C.L., Schwenke, J.R., Kenney, P.B., Campbell, R.E., Kendall, J.A. & Milliken, G.A. (1993). Comparisons of the effect of electrical stimulation methods on postmortem pH decline in beef muscle. *Meat Science*. 35 (2), 183–190. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(93\)90048-M](https://doi.org/10.1016/0309-1740(93)90048-M)
- Lannhard Öberg, Å (u.å). Marknadsrapport Animalieprodukter: utvecklingen i Sverige till och med 2023. (1102–3007). Jordbruksverket. <https://jordbruksverket.se/download/18.2a5bd7eb188fa97ada65a69f/1727779283303/Marknadsrapport-animalieprodukter-utvecklingen-tga.pdf> [2026-04-01]

- Leighton, P.L.A., Lópes-Campos, Ó., Chabot, B., Scott, H.R., Schmidt, B., Zawadski, S. & Prieto, N. (2024). Effect of different electrical stimulation systems on beef quality and palatability: Constant current compared to constant voltage. *Meat Science*. 216, 109567. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109567>
- Li, C., Li, J., Li, X., Hviid, M. & Lundström, K. (2011). Effect of low-voltage electrical stimulation after dressing on color stability and water holding capacity of bovine longissimus muscle. *Meat Science*. 88 (3), 559-565. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.012>
- Matarneh, K.S., Scheffler, L.T. & Gerrard, E.D. (2023). The conversion of muscle to meat. I: Toldrá, F (red.) *Lawrie's Meat Science*, 9e upplagan. Woodhead Publishing. 159-194. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85408-5.00010-8>
- Meat Standard Australia (2018). *The effect of pH on beef eating quality*. (MSA08). Meat and Livestock Australia. https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/marketing-beef-and-lamb/documents/meat-standards-australia/msa08-beef-tt_the-effect-of-ph-on-beef-eating-quality-lr.pdf [2026-04-09]
- Mombeni, E.G., Mombeni, M.G., Figueiredo, L.C., Jacintho Siqueira, L.S. & Dias, D.T. (2013). Effects of high voltage electrical stimulation on the rate of pH decline, meat quality and color stability in chilled beef carcasses. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 3 (9), 716-719. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(13\)60144-6](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(13)60144-6)
- Roeber, D.L., Cannell, R.C., Belk, K.E., Tatum, J.D. & Smith, G.C. (2000). Effects of a unique application of electrical stimulation on tenderness, color, and quality attributes of the beef longissimus muscle. *Journal of Animal Science*. 78 (6), 1504-1509. <https://doi.org/10.2527/2000.7861504x>
- Ruedt, C., Gibis, M., Weiss, J. (2023). Meat color and iridescence: Origin, analysis, and approaches to modulation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 22 (4), 3366-3394. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13191>
- Sjaastad, Ø.V., Hove, K. & Sand, O. (2016). *Physiology of domestic animals*. 3e upplagan. Scandinavian Veterinary Press.
- Somin, K., Woo-Ju, K. & Doh, H. (2026). Evaluation of beef quality using machine learning based on the CIELAB color space. *Food Control*. 180, 111642. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111642>
- Stiffler, D.M., Smith, G.C., Savell, J.W., Dutson, T.R., Griffin, C.L. & Orcutt, M.W. (1984). Comparison of the Effects of High and Low Voltage Electrical Stimulation on Quality-Indicating Characteristics of Beef Carcasses. *Journal of Food Science*. 49 (3), 863-866. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb13229.x>
- Strydom, P.E. & Frylinck, L. (2014). Minimal electrical stimulation is effective in low stressed and well fed cattle. *Meat Science*. 96 (2), 790-798. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.09.025>
- Warner, R.D. (2023). The eating quality of meat: IV-Water holding capacity and juiciness. I: Toldrá, F (red.) *Lawrie's Meat Science*, 9e upplagan. Woodhead Publishing. 159-194. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85408-5.00008-X>

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

JA, jag, Sophia Bartholomew har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

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