

För- och nackdelar med elektrisk- respektive koldioxidbedövning vid slakt av grisar – effekter på köttkvalitet och djurvälstånd



Jessika Berglund

Examensarbete för kandidatexamen, 15 hp

Agronomprogrammet – Husdjur

Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 635

Uppsala 2018

För- och nackdelar med elektrisk respektive koldioxidbedövning vid slakt av grisar – effekter på köttkvalitet och djurvälstånd

Advantages and disadvantages with electrical and carbon dioxide stunning on pigs before slaughter – effects on meat quality and animal welfare

Jessika Berglund

Handledare:	Magdalena Åkerfeldt, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Examinator:	Anna Wallebeck, SLU, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Omfattning:	15 hp
Kurstitel:	Kandidatarbete i husdjursvetenskap
Kurskod:	EX0553
Program:	Agronomprogrammet - Husdjur
Nivå:	Grund, G2E
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2018
Serienamn, delnr:	Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 635
Omslagsbild:	(Jessika Berglund)
Nyckelord:	Gris, bedövning, elektrisk, koldioxid, köttkvalitet, djurvälstånd
Keywords:	Pig, stunning, electrical, carbon dioxide, meat quality, animal welfare

Abstract

In today's society, it is recognized that animals should be well treated and slaughtered in a way that does not cause unnecessary suffering to the animal. In 1937, it was legalized in Sweden that stunning treatment must occur before slaughter. The most effective and most common stunning method on pigs is using carbon dioxide, but it is not unusual with electric stunning. Stunning is used on all animals in Sweden before slaughter to avoid unnecessary discomfort and suffering. It has been found that carbon dioxide stunning can give rise to reluctant behaviour before unconsciousness and that electrical stunning cause more deviations in the meat compared with carbon dioxide stunning. Electrical stunning may occur in several ways, the electrodes can be placed head-back, head-chest or head only. In some studies, the location of the electrodes has not significantly affected the meat quality, but the animal welfare has been positively affected by placement on the head-back or head-chest because the methods are irreversible. Carbon dioxide stunning results in better meat quality than electric stunning, but animal welfare is affected more negatively. Carbon dioxide have been found to stress the pigs more before stunning and after being stunned, a larger proportion of pigs have also been found to regain consciousness and reaction to pain. It is necessary to develop better stunning methods and studies have found that alternative gases such as argon or a combination of carbon dioxide and nitrogen could replace stunning with only carbon dioxide, but more research in the area is required.

Sammanfattning

I dagens samhälle finns en strävan efter att djuren ska må bra och slaktas på ett sätt som inte medför onödigt lidande för djuret. År 1937 blev det i Sverige lagstadgat att bedövning måste ske innan slakt. Den bedövningsmetod som vid slakt av grisar är mest effektiv och vanligast idag är koldioxidbedövning, det är inte heller så ovanligt med elektrisk bedövning. Alla djur bedövas innan slakt i Sverige för att de ska slippa onödigt obehag och lidande. Det har visat sig att koldioxidbedövning kan ge upphov till stress- och flyktbeteenden innan medvetlöshet och att elektrisk bedövning ger mer avvikelser på köttet jämfört med koldioxidbedövning. Elektrisk bedövning kan ske på flera sätt, elektroderna kan placeras på huvud-rygg, huvud-bröst eller enbart huvud. I studierna har inte elektrodernas placering markant påverkat köttkvaliteten men djurväl-färden har påverkats positivt av placering på huvud-rygg eller huvud-bröst eftersom metoderna är irreversibla. Koldioxidbedövning ger bättre köttkvalitet än elektrisk bedövning, men djurväl-färden påverkas mer negativt. Koldioxid stressar grisarna mer före bedövning och efter bedövningen har en större andel grisar setts återfå medvetandet och visat reaktion mot smärta. Det behövs mer utvecklade bedövningsmetoder och studier har kommit fram till att alternativa gaser som argon eller en kombination av koldioxid och kvävgas skulle kunna ersätta bedövning med enbart koldioxid, men det krävs mer forskning inom området.

Inledning

Förr i tiden skedde slakt oftast i mindre slakterier eller direkt på gården, det var inte ovanligt att en slaktare besökte gården och slaktade djuren på plats. Jämfört med andra länder skedde industrialiseringen av slakt sent i Sverige. Det var vid år 1899 som det första svenska andelsslakteriet startade, beläget i Halmstad (Schlyter, 2008). Ett andelsslakteri innebar att bönder gick samman och ägde slakteriet tillsammans där de slaktade sina djur. Enligt Algers *et al.* (2012) ställdes det krav redan på slutet av 1800-talet på att djuren skulle bedövas innan slakt. Innan dess skedde oftast avblodning utan bedövning, i enstaka fall användes slag med yxhammare mot huvudet som bedövning. Bedövningsmetoden som dominerade efter kravet på bedövning var att en bult slogs in i hjärnan med en slagklubba, detta innebar direkt medvetslöshet. Men det var inte förrän år 1937 som det blev lagstadgat att bedövning innan slakt skulle ske (Algers *et al.*, 2012; Atkinson, 2016).

I Sverige slaktades det år 2016 ca 2,5 miljoner grisar (FAOSTAT, 2018). Enligt Jordbruksverkets föreskrifter och allmänna råd (SJVFS 2012:27, saknr L22) om slakt och annan avlivning av djur är de godkända bedövningsmetoderna för gris; koldioxid, elektricitet och mekanisk bedövning med bultpistol, kulvapen eller hagelgevär. Den mest förekommande bedövningsmetoden av grisar på stora slakterier är koldioxid (Algers *et al.*, 2012), men även elektrisk bedövning förekommer. Mekanisk bedövning används inte på slakterier utöver som reservmetod då metoden är ineffektiv och medför större skaderisker för djur och personal (Algers *et al.*, 2012; EFSA, 2004). På senare tid har alternativa bedövningsmetoder med andra gaser än koldioxid blivit ett aktuellt forskningsområde (Dalmau *et al.*, 2010).

Bedövning sker på alla djur i Sverige innan slakt, detta för att de ska slippa onödigt obehag och lidande. Det ska inte finnas någon risk för att djuret ska hinna vakna upp före avblodning. Grisar avblodas snabbt efter bedövning genom ett stick i halsen. Studier har visat att koldioxidbedövning kan ge upphov till stress- och flyktbeteenden (Verhoeven *et al.*, 2016; Dalmau *et al.*, 2010; Llonch *et al.*, 2012; Atkinson *et al.*, 2012) och att elektrisk bedövning ger mer avvikelser på köttet jämfört med koldioxidbedövning (Channon *et al.*, 2003; Channon *et al.*, 2002). Idag anses koldioxid- och elektrisk bedövning vara de mest effektiva alternativen. Syftet med den här litteraturstudien är att undersöka vilka för- och nackdelar det finns med elektrisk och koldioxidbedövning med avseende på köttkvalitet och djurvälstånd. Avgränsningar har gjorts inom djurvälstånd, några djurvälståndaspekter tas med men inte studier om inhysning, individuell hantering och fixering.

Litteraturgenomgång

Koldioxidbedövning

Koldioxidbedövning skiljer sig åt mellan olika system och kan användas på flera olika sätt vad gäller koldioxidhalter och korgsystem för nedhissning av grisarna till koldioxiden (Atkinson, 2016). Medvetslöshetstiden kan vid exponering av koldioxid förlängas till skillnad

från elektrisk bedövning (Algers *et al.*, 2012; EFSA, 2004). Förlängningen innebär att djuret utsätts för bedövningen en längre stund vilket bidrar till att medvetslöshetstiden blir längre, detta ger mer tid innan avblodning måste ske. Högre gaskoncentrationer gör att djuret snabbt blir medvetslös och bedövningen varar längre om exponeringstiden förlängs.

Det är krav på att grisar ska hållas i en grupp om minst två grisar under bedövningen (7 kap 27§ SJVFS 2012:27). Gruppen drivs in i en korg med en öppning på antingen lång- eller kortsidan. Korgen sänks sedan ner i ett schakt där koldioxidhalten succesivt ökar tills att korgen nått ner till botten där är koldioxidhalten är som högst (Atkinson, 2016). Varje slakteriföretag måste ha standardrutiner som anger vilken koldioxidhalt som ska användas, riktlinjer för detta finns i den gamla upplagan av L22 (Jordbruksverkets föreskrifter och allmänna råd, SJVFS 2008:69, om slakt och annan avlivning av djur). I den gamla upplagan är det ett krav att grisarna ska exponeras för en koldioxidhalt på minst 70 % i minst 140 s och en koldioxidhalt på minst 90 % i minst 60 s. Grisarna ska befinna sig i den högre koncentrationen längst ner i schaktet inom 30 s efter inlastning.

Vid utlastning av grisarna görs en kontroll att de är helt medvetslösa. Tecken på medvetslöshet är att djuret inte har en normal andningsrytm och ögonen är öppna med utvidgade pupiller (6 kap 25§ SJVFS 2008:69). I bedövningsfasen, nere i schaktet, är det inte ovanligt med kraftiga ryckningar innan medvetslöshet (Algers *et al.*, 2012).

Elektrisk bedövning

Elektrisk bedövning är en bedövning som främst används på småskaliga slakterier (Berg, 2017). Grisarna behöver inte alltid fixeras vid elektrisk bedövning (Granström, 2009), men fixeringsboxar kan användas (Berg, 2017; EFSA, 2004). Vid fixering separeras grisen från flocken vilket är ett stressmoment (Berg, 2017;). Det finns flera sätt att bedöva med elektricitet. Vid samtliga appliceringsätt används en eltång med elektroder. Eltången kan placeras enbart över huvudet (Channon *et al.*, 2003; Channon *et al.*, 2002; Velarde *et al.*, 2000) eller först på huvud för att sedan placera ytterligare en på ryggen (Channon *et al.*, 2003) eller på bröstet (Channon *et al.*, 2002; Velarde *et al.*, 2000). Enbart huvudmetoden orsakar en elektrisk överaktivitet i hjärnan (Algers *et al.*, 2012). Aktiviteten kan läsas av genom elektroencefalografi (EEG) och liknar människors svåra epileptiska anfall. Bedövningskvaliteten är dock svår att värdera och kontrollera men metoden ger med stor sannolikhet medvetslöshet samt avsaknad av känsel. (Algers *et al.*, 2012). Vid applicering av elektroder på huvud och bröst eller rygg leds elektriciteten ut till hjärtat. Denna metod leder till hjärtstillestånd hos grisen och är därmed irreversibel, d.v.s grisen kan inte återfå medvetandet. Enligt författarna kan detta appliceringsätt vara att föredra ur djurvälståndssynpunkt eftersom djuret inte kan vakna upp trots att ingen avblodning genomförs. Snittet i halsen blir bara en metod för att avbloda och inte en avlivningsmetod som dödar grisen (Velarde *et al.*, 2000).

Vid elektrisk bedövning är det viktigt att placera elektroderna korrekt över tinningarna där strömmen leds genom hjärnan (Algers *et al.*, 2012; EFSA, 2004). Om detta inte görs korrekt

kan strömmen immobilisera djuret, vilket innebär att djuret fortfarande är vid medvetandet men kan inte röra sig (Algers *et al.*, 2012). Det är viktigt att grisen utsätts för tillräckligt hög dos ström för att orsaka överaktiviteten. Strömstyrkan vid elektrisk bedövning genom huvudet på gris måste uppnå minst 1,3A (EG, 2009; EFSA, 2004).

Enligt 7 kap 25§ (SJVFS 2012:27) ska grisen vid korrekt bedövning genast kollapsa, detta följs åt av ett kramptillstånd. Kramptillståndet inleds med en stelningsfas där benmusklerna spänns och djuret stelnar. Detta övergår sedan till en sammandragande fas, där det sker muskelryckningar (Algers *et al.*, 2012). Avblodningen sker under första fasen, stelningsfasen. När eltången används sluts ögonlocken, och efter borttagning av eltången öppnas ögonen och pupillerna är då vidgade (7 kap 25§, SJVFS 2012:27). För att kontrollera medvetlösheten kan pupillsammandragning undersökas, om djuret reagerar har den inte bedövats korrekt (Algers *et al.*, 2012).

Köttkvalitet

För att avgöra köttets kvalitet brukar oftast köttets egenskaper som köttfärg, skärmotstånd, pH, ekkymos och vattenhållande egenskaper mätas. Köttfärgen anger hur mycket ljus som muskeln reflekterar tillbaka. Skärmotstånd mäts oftast med ett instrument som heter Warner-Bratzler shear force (WBSF) som mäter mängden kraft som behövs för att skära igenom 1,27 cm av köttet. Ett lägre värde på skärmotståndet ger ett mörare kött. Ekkymos är ansamling av blod i huden, vilket försämrar köttkvaliteten. Vätskeförlusten anger hur mycket vatten som muskeln avger och förmågan att binda vatten förloras t.ex. vid proteindenaturering. Två mått som används är PSE (pale, soft and exudative pork) och DFD (dark, firm and dry). PSE är en kvalitet på köttet som inte är önskvärd (Atkinson, 2016) och innebär pH lägre än 6,0, köttfärg mer än 50 enheter och en vätskeförlust på mer än 5 % (Channon *et al.*, 2002). DFD är även det en oönskvärd kvalitet (Atkinson, 2016) och innebär pH högre än 6,0, köttfärg mindre än 42 enheter och en vätskeförlust på mindre än 5 % (Channon *et al.*, 2002). Den önskvärda köttkvaliteten är den som kallas normal. Detta innebär ett pH lägre än 6,0, köttfärg mindre än 50 enheter och en vätskeförlust på mindre än 5 % (Channon *et al.*, 2002).

I en studie av Channon *et al.* (2003) jämfördes köttkvaliteten på elektriskbedövning med olika strömstyrkor, bedövningstider och placering av elektroder samt koldioxidbedövning. Elektrodena placerades på enbart huvud och huvud-rygg i de två olika elbedövningsmetoderna. Mätningar av pH, köttfärg, vätskeförlust, skärmotstånd och antal PSE gjordes på bröstkorg och ryggmuskeln och lårets tvåhövdade muskel. pH mättes på tre olika lägen på bröstkorg och ryggmuskeln. Dessutom gjordes kontroll av benfrakturer och ekkymos. Resultaten visade att pH vid 40min, vätskeförlust, skärmotstånd, fall av PSE, ekkymos och benfrakturer skilde sig åt mellan sättet att placera elektrodena, de olika strömstyrkorna och tiden de utsattes för strömstyrkan (Tabell 1 och 2). Lägen på pH vid bröstkorg och ryggmuskeln som inte var signifikanta tas inte med i tabellen. Köttets kvalitet vid koldioxidbedövning skiljde sig inte mellan de två testerna, men det fanns skillnader vid jämförelse av elbedövningarna (Tabell 1 och 2).

Channon *et al.* (2003) fann att ekkymos och benfrakturer oftare förekommer vid elektrisk bedövning och är i stort sett obefintlig vid koldioxidbedövning. Koldioxidbedövningen hade även mindre frekvens av PSE och vätskeförlust. Författarna drog, av resultatet från denna studie, slutsatsen att köttkvaliteten var markant bättre vid koldioxidbedövning än elektrisk bedövning, oavsett elektrodernas placering, bedövningstid eller strömstyrka. De ansåg att det skiftande resultatet vad gäller köttkvalitet vid elektrisk bedövning gör det svårt att ge rekommendationer om hur elektrisk bedövning ska utföras för att uppnå den bästa köttkvaliteten.

Tabell 1. Data insamlad från Channon *et al.* (2003). Effekt på köttkvalitet vid elektrisk bedövning med olika strömstyrkor och tid då elektroder enbart sätts på huvudet samt test 1 vid koldioxidbedövning med en halt på 90 % i 103 sekunder. Värden i samma rad som skiljer sig är signifikant mot varandra (minst 95 % konfidensintervall) är åtföljda av olika bokstäver (a, b)

	CO ₂	0,9A(19s)	1,3A(4s)	1,3A(19s)	2,0A (4s)	2,0A (19s)
Bröstkorg och ryggmuskel						
<i>pH</i> 40min (läge 2)	6,63 ^(a)	6,42 ^(b)	6,37 ^(b)	6,33 ^(b)	6,27 ^(b)	6,32 ^(b)
<i>pH</i> 40min (läge 3)	6,58 ^(a)	6,47 ^(b)	6,31 ^(b)	6,28 ^(b)	6,32 ^(b)	6,40 ^(b)
<i>pH</i> 24h (läge 1)	5,56	5,48	5,52	5,49	5,50	5,50
Köttfärg	50,90	51,29	50,65	53,92	51,96	51,98
Vätskeförlust (%)	4,48 ^(a)	5,10 ^(b)	6,71 ^(a)	9,53 ^(b)	7,06 ^(b)	7,14 ^(b)
Skärmotstånd (WB, kg)	5,47	5,80	5,20	5,24	5,59	5,99
Fall av PSE (%)	42 ^(a)	86 ^(b)	38 ^(a)	100 ^(b)	71 ^(b)	86 ^(b)
Lårets tvåhövdade muskel						
<i>pH</i> 40min	6,60 ^(a)	6,45 ^(b)	6,39 ^(b)	6,31 ^(b)	6,44 ^(b)	6,26 ^(b)
<i>pH</i> 24h	5,60	5,54	5,59	5,6	5,59	5,58
Köttfärg	49,22	49,41	49,41	51,79	50,73	50,57
Vätskeförlust (%)	3,15	3,44	5,48	5,07	4,15	5,10
Skärmotstånd (WB, kg)	7,72	7,77	8,35	7,72	8,28	8,17
Fall av PSE (%)	8 ^(a)	57 ^(b)	0 ^(a)	71 ^(b)	14 ^(b)	43 ^(b)
Ekkymos						
Skuldra (g vävnad/styckningsdel)	0 ^(a)	99 ^(b)	208 ^(b)	137 ^(b)	103 ^(b)	134 ^(b)
Benfrakturer (%)	0 ^(a)	0 ^(a)	25 ^(b)	14 ^(b)	43 ^(b)	0

Tabell 2. Data insamlad från Channon *et al.* (2003). Effekt på köttkvalitet vid elektrisk bedövning när elektroder placeras huvud till rygg, samt ett extra test för enbart huvud (H 1,3A 4s) samt test 2 vid koldioxidbedövning med en halt på 90 % i 103 sekunder. Värden i samma rad som skiljer sig är signifikant mot varandra (minst 95 % konfidensintervall) är åtföljda av olika bokstäver (a, b)

	CO ₂	0,9A(10s)	1,3A(4s)	1,3A(10s)	2,0A (4s)	H 1,3A (4s)
Bröstkorg och ryggmuskel						
<i>pH 40min (läge 2)</i>	6,67 ^(a)	6,51 ^(ab)	6,28 ^(b)	6,50 ^(ab)	6,34 ^(b)	6,59 ^(ab)
<i>pH 24h (läge 1)</i>	5,69	5,61	5,61	5,64	5,56	5,59
<i>Köttfärg</i>	48,34	49,51	50,17	47,83	49,34	50,53
<i>Vätskeförlust (%)</i>	2,39 ^(a)	4,70 ^(b)	4,96 ^(b)	4,53 ^(b)	5,70 ^(b)	4,70 ^(b)
<i>Skärmotstånd (WB, kg)</i>	5,74 ^(a)	6,85 ^(b)	6,34 ^(b)	8,45 ^(b)	8,33 ^(b)	5,94 ^(a)
<i>Fall av PSE (%)</i>	0 ^(a)	57 ^(b)	57 ^(b)	57 ^(b)	57 ^(b)	38 ^(a)
Lårets tvåhövdade muskel						
<i>pH 40min</i>	6,53 ^(a)	6,37 ^(ab)	6,22 ^(b)	6,33 ^(ab)	6,24 ^(b)	6,40 ^(ab)
<i>pH 24h</i>	5,73	5,63	5,57	5,68	5,57	5,63
<i>Köttfärg</i>	46,83	49,68	49,89	48,04	48,40	48,63
<i>Vätskeförlust (%)</i>	1,87	2,82	3,62	2,95	3,04	3,23
<i>Skärmotstånd (WB, kg)</i>	7,13	7,89	8,64	8,25	7,72	8,48
<i>Fall av PSE (%)</i>	0 ^(a)	14 ^(b)	28 ^(b)	28 ^(b)	0 ^(a)	0 ^(a)
Ekkymos						
<i>Skuldra</i> (g vävnad/styckningsdel)	11 ^(a)	346 ^(b)	384 ^(b)	498 ^(b)	409 ^(b)	319 ^(b)
Benfrakturer (%)	0 ^(a)	28 ^(b)	57 ^(b)	28 ^(b)	28 ^(b)	25 ^(b)

Ytterligare en studie om köttkvalitet gjordes av Channon *et al.* (2002). Där jämfördes koldioxidbedövning (90 % koldioxidhalt i 108 s) med elektrisk bedövning i form av elektroder på enbart huvud samt huvud-bröst och en strömstyrka på 1,3A i 4 s. I studien undersöktes hur pH (två lägen), köttfärg, vätskeförlust, skärmotstånd och ekkymos påverkades av de olika metoderna (Tabell 4). Det gjordes även en klassificering av köttet i klasserna PSE, DFD eller normal. Mätningarna gjordes på bröstkorg och ryggmuskeln.

Resultatet av studien visade att det var skillnader i köttfärg och vätskeförlust hos huvud-bröst jämfört med enbart huvud och koldioxid. Skärmotståndet var lägre vid huvud-bröst jämfört med enbart huvud, medan koldioxid låg mittemellan. Det var mindre fall av ekkymos vid koldioxidbedövning. Denna studie fick inte många fall av varken PSE eller DFD, utan var i det stora hela normal. Utifrån resultaten i tabell 3 drog Channon *et al.* (2002) slutsatsen att huvud-bröst medförde en snabbare pH-sänkning i muskeln vilket ledde till ett blekare kött med större vätskeförlust jämfört med grisar som bedövades med koldioxid eller enbart huvudelektroder. Grisar som koldioxidbedövades hade minst fall av ekkymos. Författarna ansåg att koldioxidbedövade grisar därmed hade mindre avvikelser på köttet vilket förbättrar

kundtillfredsställelsen samt reducerar arbetskostnaderna för att ta bort ekkymos i påverkat kött.

Tabell 3. Data insamlad från Channon *et al.* (2002). Effekt på köttkvalitet vid bedövning med koldioxid, enbart huvud (H) och huvud-bröst (HB). Värden i samma rad som skiljer sig är signifikant mot varandra (minst 95 % konfidensintervall) är åtföljda av olika bokstäver (a, b, c)

	HB	H	CO ₂
Bröstkorg och ryggmuskel			
<i>pH 40min (läge 1)</i>	6,22 ^(a)	6,47 ^(b)	6,63 ^(c)
<i>pH 40min (läge 2)</i>	6,23 ^(a)	6,57 ^(b)	6,62 ^(b)
<i>pH 24h (läge 1)</i>	5,60	5,61	5,60
<i>pH 24h (läge 2)</i>	5,56	5,61	5,61
<i>Köttfärg</i>	50,47 (a)	47,29 (b)	49,73 (b)
<i>Vätskeförlust (%)</i>	4,51 ^(a)	2,93 ^(b)	2,78 ^(b)
<i>Skärnotstånd (WB, kg)</i>	6,57 ^(a)	8,12 ^(b)	7,49 ^(ab)
<i>Ekkymos skuldra (g)</i>	109 ^(a)	101 ^(a)	8 ^(b)

Djurvälfärd

Velarde *et al.* (2000) genomförde en studie där de jämförde hur grisars beteende efter bedövning, samt antal felaktigt bedövade grisar skiljde sig åt mellan olika slakterier. Två slakterier (A och B) använde elektrisk bedövning och två (C och D) använde koldioxidbedövning. Elbedövningsmetoden som användes var att två elektroder först placerades på enbart huvudet och efter ungefär en sekund applicerades en tredje elektrod på kroppen vid vänster armbåge, för att orsaka hjärtstillestånd. Resultaten visade att strömstyrkan genom huvud och kropp samt andel felplacerade elektroder på kroppen och reaktioner mot smärta skiljde sig åt mellan de två slakterierna (tabell 4).

Tabell 4. Data insamlad från Velarde *et al.* (2000). Effekt på djurvälfärd vid elektrisk bedövning med huvudbröstmetod på två slakterier (A och B). Värden i samma rad som skiljer sig signifikant mot varandra (95 % konfidensintervall) är åtföljda av olika bokstäver (a, b)

	Slakteri A	Slakteri B
Strömstyrka genom huvud, medelvärde (A)	1,9 ^(a)	2,5 ^(b)
Strömstyrka genom kropp, medelvärde (A)	1,2 ^(a)	1,6 ^(b)
Djur med felplacerade elektroder på huvudet (%)	13,3	14,1
Djur med felplacerade elektroder på kroppen (%)	9,1 ^(a)	9,8 ^(b)
Frånvaro av stelning- och sammandragande fas (%)	1,4	1,1
Förekomst av reaktioner mot smärta (%)	0,9 ^(a)	0,3 ^(b)
Förekomst av rättningsreflex (%)	0	0

Velarde *et al.* (2000) drog slutsatsen att frekvensen av felplacerade elektroder var för hög (9–14 %) på de slakterier som deltog i studien, eftersom en acceptabel nivå ur djurvälståndssynpunkt är en frekvens på högst 2 %. Detta kan enligt författarna bero på striktare regler i den aktuella studien om vad som räknas som felplacerat. De ansåg också att intensiteten av elbedövningen var för hög (1,9A och 2,5A), eftersom man fann en lägre andel djur med smärta och frånvaro av stelnings- och sammandragande fas jämfört med andelen djur med felplacerade elektroder. Denna höga intensitet ansåg författarna dock vara bra ur djurvälståndssynpunkt eftersom detta har visat sig ge en större marginal för felplacerade elektroder (Anil & McKinstry, 1998). Detta beror på att en högre strömstyrka gör att elektroderna kan vara placerade felaktigt men att strömmen trots detta når igenom hjärnan och kan därmed bedöva griserna ändå. Enligt Velarde *et al.* (2000) kan frånvaron av rättningsreflexer bero på två saker; dels att huvudbröstmetoden ger hjärtstillestånd och är irreversibel samt att den korta tiden till avblodning gjorde att grisarna inte hann återfå medvetandet i enbart huvudmetoden. Författarna ansåg att huvudbröstmetoden är att föredra ur djurvälståndssynpunkt.

På slakterierna som använde koldioxid skiljde sig exponeringstiden, tiden från bedövning till avblodning samt förekomsten av rättningsreflex (en viss grad av medvetande där djuret försöker ställa sig upp eller lyfta huvudet) och reaktioner mot smärta åt mellan de två slakterierna (tabell 5).

Tabell 5. Data insamlad från Velarde *et al.* (2000). Effekt på djurvälstånd vid koldioxidbedövning på två slakterier (C och D) med en medelkoncentrationshalt på 83 %. Värden i samma rad som skiljer sig signifikant mot varandra (95 % konfidensintervall) är åtföljda av olika bokstäver (a, b)

	Slakteri C	Slakteri D
Exponeringstid för CO ₂ , medelvärde (s)	103 ^(a)	92 ^(b)
Tid från bedövning till avblodning, medelvärde (s)	43 ^(a)	58 ^(b)
Förekomst av reaktioner mot smärta (%)	3,7 ^(a)	42,8 ^(b)
Förekomst av rättningsreflex (%)	12,8 ^(a)	33,3 ^(b)

Skillnaden vid koldioxidbedövningarna vad gäller smärta och rättningsreflex ansågs av författarna bero på skillnaden i exponeringstid hos de två slakterierna. Grisar behöver exponeras en längre tid än vad som gjordes på slakterierna, även de som utsattes för längst exponeringstid (130 s) visade rättningsreflex vilket tyder på att även avblodningen måste ske snabbare. Författarna föreslår en exponeringstid på över 130 s och tiden till avblodning bör inte överstiga 30 s.

I en annan studie om djurvälstånd som gjordes av Becerril-Herrera *et al.* (2009) jämfördes koldioxidbedövning med elektrisk bedövning där elektroder placerades på enbart huvudet. Utöver de två bedövningarna användes en kontrollgrupp som vilade och inte utsattes för någon bedövningsmetod. Tiden mellan bedövning och avblodning mättes och dessutom togs

blodprover direkt efter avblodningen där hematokritnivå (blodkroppar i blodet), glukos, serumelektrolyter (Na⁺, K⁺, Ca²⁺), blodlaktat och blodets pH mättes (Tabell 6). Enligt Kock *et al.* (1987) är serumelektrolyterna (Na⁺, K⁺, Ca²⁺) ovan relaterade till en stressrespons och detta är parametrar som användes för att avgöra om djuren utsätts för stress eller andra beteenden som indikerar på en försämrad djurvälstånd.

Tabell 6. Data insamlad från Becerril-Herrera *et al.* (2009). Effekt på djurvälstånd vid koldioxidbedövning (CO₂) med en halt på 70 % i 60 s och elektrisk bedövning på enbart huvud (H) med en strömstyrka på 0,25A med 400V, samt data från en kontrollgrupp (K). Endast medelvärden visas i tabellen. Värden i samma rad som skiljer sig är signifikant mot varandra (95 % konfidensintervall) är åtföljda av olika bokstäver (a, b, c)

	K	CO ₂	H
Tid mellan bedövning och avblodning	-	92,62	63,51
Blodets pH	7,43 ^(a)	6,93 ^(c)	7,14 ^(b)
Hematokrit (%)	30,30 ^(c)	51,67 ^(a)	44,35 ^(b)
Glukos (mg/dL)	76,57 ^(c)	201,49 ^(a)	184,98 ^(b)
Na ⁺ (mmol/L)	141,57 ^(b)	140,64 ^(b)	146,13 ^(a)
K ⁺ (mmol/L)	5,40 ^(c)	14,20 ^(a)	9,91 ^(b)
Ca ²⁺ (mmol/L)	1,27 ^(c)	1,45 ^(a)	1,29 ^(b)
Laktat (mg/dL)	33,10 ^(c)	129,49 ^(a)	124,67 ^(b)

Från studien drog författarna slutsatsen att koldioxidbedövning möjligtvis äventyrar djurvälståndet mer än vad elektrisk bedövning gör. Detta grundat på att det var en större ökning av laktat och hematokrit samt en minskning av pH i blodet hos djur som bedövats med koldioxid jämfört med elektrisk bedövning.

En jämförelse av hur olika koldioxidhalter påverkar djurvälståndet gjordes av Verhoeven *et al.* (2016). Där jämfördes två olika koldioxidhalter; 80 % och 95 %, under en exponeringstid på 236 s. Studien fokuserade på hur grisarna reagerade innan medvetslöshet och beteenden som undersöktes var sniffa, reträtt, gäspa, sidohuvudrörelse, hopp och flyktförsök. Dessutom undersöktes muskelkontraktioner. Resultaten från studien finns i Tabell 7.

Resultaten visade att båda koldioxidhalterna framkallade samma beteenden hos grisarna och att tiden från första beteendet till medvetslöshet inte skiljde sig åt. Författarna drog slutsatsen att det inte var någon större skillnad på hur 80 % och 95 % koldioxid påverkar djurvälståndet. Liknande resultat vad gäller uppvisande av stress- och flyktbeteenden vid koldioxidbedövning har visats i studierna Llonch *et al.* (2012) och Atkinson *et al.* (2012).

Tabell 7. Data insamlad från Verhoeven *et al.* (2016). Effekt på djurvälstånd vid koldioxidbedövning med en halt på 80 % och 95 %. Tabellen anger hur stor andel grisar som utför ett beteende totalt och efter hur lång tid i sekunder (medelvärde) som ett beteende gjordes första gången. Medelvärden i samma rad som skiljer sig är signifikant mot varandra (95 % konfidensintervall) är åtföljda av olika bokstäver (a, b)

	80 % CO ₂		95 % CO ₂	
	Andel grisar som visade beteendet (%)	Tid (s)	Andel grisar som visade beteendet (%)	Tid (s)
Sniffa	100	18 ^a	100	7 ^b
Dra sig tillbaka	92	22 ^a	83	10 ^b
Flämta	100	23 ^a	100	9 ^b
Vicka huvudet åt sidan	33	24	50	14
Hoppa	50	34 ^a	46	14 ^b
Muskelkontraktion	88	36 ^a	100	20 ^b
Flyktförsök	0	-	0	-

Alternativ till koldioxidbedövning

Det finns studier på andra gasblandningar som eventuellt skulle kunna ersätta koldioxid. Dalmau *et al.* (2010) testade grisars motvilja att exponeras med argon (90 %) jämfört med olika blandningar av koldioxid och kvävgas (85 % N₂ /15 % CO₂ och 70 % N₂/30 % CO₂). Beteenden som de undersökte var dra sig tillbaka, flämta och flyktförsök och författarna drog slutsatsen att en lägre koldioxidhalt minskar grisars motvilja att exponeras för gasen. Ur djurvälståndssynpunkt anses 90 % argon eller minsta möjliga koldioxidhalten som det bästa alternativet. Argon har dock nackdelen att grisarna inte är medvetslös lika lång tid som med enbart koldioxidbedövning (Brandt & Aaslyng, 2015).

Diskussion

Jämförelse mellan elektrisk och koldioxidbedövning – Köttkvalitet

Köttkvalitet har visat sig påverkas av på vilken bedövningsmetod som används vid slakt av gris (Channon *et al.*, 2003; Channon *et al.*, 2002). PSE, benfrakturer, vätskeförlust och ekkymos förekommer i mindre omfattning vid koldioxidbedövning jämfört med elektrisk bedövning. Dock framgår det inte om förekomsten av PSE kan bero på stressfaktorer vid hanteringen innan bedövning eller huruvida elektriciteten kan ha påverkat köttet. Att applicera elektroderna på huvud-rygg (Channon *et al.*, 2003) eller på huvud-bröst (Channon *et al.*, 2002) verkar inte ha gjort någon större skillnad jämfört med elektricitet på enbart huvudet. En längre bedövningstid har dock visat sig försämra köttkvaliteten vid elektrisk bedövning (Channon *et al.*, 2003; Channon *et al.*, 2002). Koldioxid anses efter dessa studier vara den bedövningsmetod som ger minst avvikelser på köttet och är därmed att föredra ur köttkvalitetssynpunkt.

I studierna av Channon *et al.*, 2003 och Channon *et al.*, 2002 uppfylldes svenska kraven på koldioxidhalt, men inte exponeringstiden (103 s respektive 108 s) där Sveriges krav är minst 140 s. Vad en godkänd exponeringstid skulle kunna ha för inverkan på köttet i studien är svårt att säga, kanske kan det bidra med mindre avvikelser på köttet. En tanke till varför köttkvaliteten skulle bli bättre är att mindre grisar skulle visa rättningsreflex och reaktion mot smärta. Dessa reaktioner innebär att musklerna rör sig vilket kan påverka egenskaper som står för en bra köttkvalitet. Vad gäller den elektriska bedövningen uppfyllde studierna Sveriges krav på strömstyrka förutom försöken med 0,9A. De höga strömstyrkorna som användes i Channon *et al.* (2003) gav mer fall av PSE vid enbart huvud jämfört med huvud-rygg. Detta skulle exempelvis kunna bero på felplaceringar av elektroder eller stress. Höga strömstyrkor har tidigare visat sig ge större marginaler för felplacering (Anil & McKinstry, 1998), vilket är bra ur djurvälståndssynpunkt men frågan är om och hur mycket det påverkar köttkvaliteten. Slutsatsen av författarna var att köttkvaliteten vid koldioxidbedövning var markant bättre och i och med de skiftande resultaten med elektrisk bedövning är det svårt att rekommendera hur metoden ska utföras.

Jämförelse mellan elektrisk och koldioxidbedövning – Djurvälstånd

Becerril-Herrera *et al.* (2009) och Velarde *et al.* (2000) kom båda fram till att elektrisk bedövning är att föredra ur djurvälståndssynpunkt. Både beteenden före bedövning (t.ex. flämta och dra sig tillbaka) och efter bedövning (rättningsreflex och reaktion mot smärta) har visat sig förekomma mindre vid elektrisk bedövning.

Exponeringstiden för koldioxid i studien gjord av Velarde *et al.* (2000) nådde liksom Channon *et al.* (2002, 2003) inte upp till Sveriges krav på 140 s (103 s och 92 s). Detta kan ha haft en inverkan på resultatet av rättningsreflexer och reaktioner mot smärta. En längre exponeringstid skulle kunna ge bättre resultat. Resultaten skulle då kunna konkurrera med den låga andelen av rättningsreflex och reaktioner mot smärta som huvudbröstmetoden visade (Velarde *et al.*, 2000). Verhoeven *et al.* (2016) uppfyllde Sveriges krav vad gäller koldioxidhalt och exponeringstid men det visade sig ändå att grisarna uppvisade beteenden innan medvetlöshet som indikerar på försämrad välfärd. Längre exponeringstid kan vara bättre ur djurvälståndssynpunkt vad gäller rättningsreflex och reaktion mot smärta efter bedövning, men det har ingen påverkan på beteendena grisarna uppvisar innan medvetlöshet. Utifrån det verkar elektrisk bedövning vara den bedövning som är bäst ur djurvälståndssynpunkt.

I studien av Becerril-Herrera *et al.* (2009) framkom det att alla grisar oavsett bedövning är stressade. Detta grundar sig i att båda bedövningarna orsakade hyperglykemi (hög blodsockernivå) och laktacidosis (biprodukt av glukosmetabolismen, ökar när cellerna inte får syre). I och med att serumelektrolyterna också är relaterade till stress (Kock *et al.*, 1987) är det tydligt att båda bedövningarna påverkar grisarna negativt. Becerril-Herrera *et al.* (2009) anser dock att eftersom det är störst skillnad vid koldioxidbedövning så verkar den kompromissa med djurvälstånden mest.

Vid elektriska bedövningen i Velarde *et al.* (2000) användes en strömstyrka på 1,9A och 2,5A vilket är högre än de svenska kraven på 1,3A. Detta skulle kunna ha påverkat den låga andelen grisar som uppvisade rättningsreflex och reaktion mot smärta. Som det har nämnts tidigare medger en hög strömstyrka större marginal för felplacerade elektroder (Anil & McKinstry, 1998). Båda dessa faktorer är positiva ur en djurvälfrädsaspekt, men har en negativ inverkan på köttkvaliteten där bland annat fallen av PSE ökar (Channon *et al.*, 2003). Köttkvalitet är en viktig ekonomisk parameter och för en fungerande livsmedelsproduktion måste även detta beaktas. Detta kan innebära att höga strömstyrkor inte föredras.

Exakt hur mycket varje bedövningsmetod i studierna påverkar grisarnas välfärd är svårt att avgöra. Det är flera faktorer som spelar en avgörande roll vid slakt (Atkinson, 2016). Några faktorer som är viktiga att studera utöver just bedövningsmetod är indrivning, hållning och fixering. Dessa faktorer skulle kunna ha en betydande roll vad gäller djurets beteende vid bedövning. Detta betyder att grisarna i Verhoeven *et al.* (2016) och Becerril-Herrera *et al.* (2009) vars beteende innan medvetlöshet studerades kan ha fått resultat som påverkats av andra faktorer än just självaste bedövningen. En sak som skulle kunna påverka är att grisarna kanske drivits in via kortsidan eller långsidan på korgen vid koldioxidbedövning vilket kan öka stressen. Grisar är flockdjur och vid indrivning via kortsidan får bara en gris i tagen plats, vilket bidrar till en ökad stressnivå hos grisarna (Algers *et al.*, 2012). Indrivning via långsidan skulle därmed vara att föredra ur djurvälfrädsynpunkt. Det är därför viktigt att vid studier ha samma metoder runt omkring, för att med större säkerhet kunna avgöra vad det är som påverkar beteendet. Djuren kan inte berätta vad de känner vilket gör att deras välfärd inte kan mätas direkt utan vi får använda oss om indirekta mätningssätt. Det behövs mer forskning för att utveckla säkrare mätningssätt. Ett alternativ är utveckla användandet av bedövningskvalitetsprotokollet (SQP) som används för att göra standardiserade bedömningar på djurvälfrärd (Atkinson *et al.*, 2012). SQP minskar tvivel om otillräckliga bedövningar genom att identifiera och klassificera olika symtom om att djuret återfår medvetandet.

Vad som är viktigast att ta hänsyn till vid val av bedövningsmetod är svårt att avgöra. Är det konsumentaspekter som köttkvalitet eller är det djurvälfräden som är viktigast? Som det verkar nu är det köttkvaliteten som väger tyngst då det är koldioxid som främst används vid bedövning av grisar. Detta eftersom det ger en bättre köttkvalitet, men koldioxid har i studier visat sig ge sämre djurvälfrärd jämfört med elektrisk bedövning (Verhoeven *et al.*, 2016; Dalmau *et al.*, 2010; Llonch *et al.*, 2012; Atkinson *et al.*, 2012).

Slutsats

Sammanfattningsvis så verkar det finnas för- och nackdelar för båda bedövningsmetoderna vad gäller köttkvalitet och djurvälfrärd. Koldioxidbedövning har fördelen att det blir bättre köttkvalitet jämfört med elektrisk bedövning. Nackdelen är dock att djurvälfräden reduceras mest vid koldioxidbedövning än elektrisk bedövning vad gäller beteenden före och efter bedövning, samt vid mätningarna av blodvärden. Det behövs mer forskning för att utveckla nya bedövningsmetoder. Ett forskningsområde är att ersätta koldioxiden med alternativa gasblandningar för att öka djurvälfräden och samtidigt behålla god köttkvalitet.

Litteraturförteckning

- Algers, A., Berg, L., Hammarberg, K., Larsen, A., Lindsjö, J., Malmsten, A., Malmsten, J., Mustonen, A., Olofsson, L. & Sandström, V. (2012). *Utbildning i djurvälstånd i samband med slakt och annan avlivning*. <http://disa.slu.se/> [2018-03-17]
- Anil, M. H. & McKinstry, J. L. (1998). Variations in electrical stunning tong placement and relative consequences in slaughter pigs. *The Veterinary journal*, 155, pp.85-90.
- Atkinson, S. (2016). *Assessment of Cattle and Pig Welfare at Stunning in Commercial Abattoirs*. Diss. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet
- Atkinson, S., Velarde, A., Llonch, & Algers, B. (2012). Assessing pig welfare at stunning in Swedish commercial abattoirs using CO₂ group-stun methods. *Animal Welfare*, 21, pp.487-495
- Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, M., Lemus-Flores, C., Guerrero-Legarreta, I., Olmos-Hernández, A., Ramírez-Necoechea, R. & Mota-Rojas, D. (2009). CO₂ stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning. *Meat Science*, 81, pp.233-237.
- Berg, L. (2017). *SLU efterlyser mer forskning kring grisbedövning*. Tillgänglig: <https://www.slu.se/ew-nyheter/2017/12/slu-efterlyser-mer-forskning-kring-grisbedovning/> [2018-04-25]
- Brandt, P. & Dall Aaslyng, M. (2015) Welfare measurements of finishing pigs on the day of slaughter: A review. *Meat Science*, 103, pp.13-23.
- Channon, H. A., Payne, A.M. & Warner, R. D. (2002). Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat Science*, 60, pp.63-68.
- Channon, H. A., Payne, A. M., & Warner, R. D. (2003) Effect of stun duration and current level applied during head to back and head only electrical stunning of pigs on pork quality compared with pigs stunned with CO₂. *Meat Science*, 65, pp.1325-1333.
- Dalmau, A., Rodriguez, P., Llonch, P. & Velarde, A. (2010). Stunning pigs with different gas mixtures: aversion in pigs. *Animal Welfare*, 19, pp.325-333.
- EFSA (2004). *Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals*. EFSA: Brussels, Belgium
- EG. 2009, Rådets förordning (EG) 1099/2009, bilaga 1, kap 2 punkt 4
- FAOSTAT, © FAO, (2016), <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL> [2018-03-16].
- Granström, K. (2009). *Hantering vid avlivning av gris*. Tillgänglig: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo09_14.pdf [2018-04-25]
- Kock, M. D., Clark, R. K., Franti, C. E., Jessup, D. A. & Wehausen, J. D. (1987) Effects of capture on biological parameters in free-ranging bighorn sheep (*Ovis canadensis*): Evaluation of normal, stressed and mortality outcomes and documentation of postcapture survival. *Journal of Wildlife Diseases*, 23, pp.652-662.

Llonch, P., Rodriguez, P., Gispert, M., Dalmau, A., Manteca, X. & Velarde, A. (2012). Stunning pigs with nitrogen and carbon dioxide mixtures: effects on animal welfare and meat quality. *Animal Welfare*, 6(4), pp. 668-675

Schlyter, O. (2008). *Scan i Kävlinge*. Kävlinge: Enheten för Kulturmiljövård (Rapport 2008:012) Tillgänglig: <http://docplayer.se/18536671-Scan-i-kavlinge-kulturhistorisk-utredning-fastigheten-exporten-15-i-kavlinge-kommun-skane-lan-underlag-for-planprogram.html> [2018-03-17]

Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om slakt och annan avlivning av djur; SJVFS 2008:69 Saknr L 22

Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om slakt och annan avlivning av djur; SJVFS 2012:27 Saknr L 22

Velarde, A., Gispert, M., Faucitano, L., Manteca, X. & Diestre, A. (2000). Survey of the effectiveness of stunning procedures used in Spanish pig abattoirs. *Veterinary Record*, 146(3), pp.65

Verhoeven, M., Gerritzen, M., Velarde, A., Hellebrekers, L. & Kemp, B. (2016). Time to loss of consciousness and its relation to behavior in slaughter pigs during stunning with 80% or 95% carbon dioxide. *Frontiers in Veterinary Science*, 3. DOI [10.3389/fvets.2016.00038](https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00038)