



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Gasbedövning av gris inför slakt - koldioxid eller alternativa gasmixturer?

Daniella Sebelius



Självständigt arbete i veterinärmedicin, 15 hp

Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen Nr. 2014:39

Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Uppsala 2014



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Gasbedövning av gris inför slakt - koldioxid eller alternativa gasmixturer?

Pre-slaughter gas stunning of pigs - carbon dioxide or alternative gas-mixtures?

Daniella Sebelius

Handledare:

Bo Algers, SLU, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

Examinator:

Eva Tydén, SLU, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Omfattning: 15 hp

Kurstitel: Självständigt arbete i veterinärmedicin

Kurskod: EX0700

Program: Veterinärprogrammet

Nivå: Grund, G2E

Utgivningsort: SLU Uppsala

Utgivningsår: 2014

Omslagsbild: Daniella Sebelius

Serienamn, delnr: Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen Nr. 2014:39
Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap, SLU

On-line publicering: <http://epsilon.slu.se>

Nyckelord: Slakt, bedövning, djurvälstånd, koldioxid, argon, kväve, gasmixturer

Key words: Slaughter, stunning, animal welfare, carbon dioxide, argon, nitrogen, gas-mixtures

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	1
Summary	2
Inledning	3
Alternativa gasmixturer	3
Syfte och frågeställning.....	4
Material och metoder	4
Litteraturöversikt	4
Koldioxid.....	4
Alternativa gaser.....	5
Diskussion	8
Gasbedövning.....	8
För- och nackdelar med koldioxid	8
För- och nackdelar med alternativa gasmixturer	9
Praktiska svårigheter.....	10
Slutsatser.....	11
Litteraturförteckning	13

SAMMANFATTNING

I Sverige är det lagstadgat att djur skall vara bedövade innan de slaktas. Att upprätthålla en god djurvälstånd i slaktsituationen är inte enbart en grundpelare i vår svenska djurskyddslag, utan även en ständigt aktuell fråga som engagerar både livsmedelsproducenter likväl som konsumenter. Bedövning av grisar utförs i stor utsträckning med hjälp av koldioxid. Denna metod är vida omdiskuterad och ofta ifrågasatt ur djurvälståndsperspektiv. Detta då gasen är erkänt aversiv för djurslaget ifråga. Bedövning med koldioxid är dock billigt och tidseffektivt, vilket är en bidragande anledning till att gasen fortfarande används på svenska slakterier. Denna litteraturstudie syftar till att titta närmare på vilka alternativ som finns till dagens användande av koldioxid samt spegla vilka för- och nackdelar som finns med dessa gaser. Gaserna har framförallt bedömts utifrån djurvälståndsperspektiv men hänsyn har även tagits till hur väl de fungerar ur produktionshänseende.

Argon och mixturer av Ar/CO₂ har utmärkt sig som ett djurvänligt alternativ till koldioxid samt visat på god förmåga att upprätthålla en jämn koncentration inne i schaktet. Kväve och N₂/CO₂-mixturer har i studier visat sig vara mindre aversiva än ren CO₂ och grisarna upplever inte heller samma känsla av andnöd vid exponering för kvävemixturer. Negativt med dessa är dock att induktionstiden är längre samt att bedövningskvaliteten är sämre. Nya studier på området bekräftar att grisar uppvisar aversivt beteende i form av flyktförsök och flämtningar vid CO₂-koncentrationer ner till 15 %, vilket omkullkastar tidigare teorier om att endast koncentrationer högre än 30 % ger upphov till aversion hos djuren.

Ett annat alternativ till koldioxid är helium där resultatet från en nyligen publicerad studie indikerar att denna gas är mindre aversiv samt mer djurvänlig i jämförelse med koldioxid. Dessvärre finns det få studier publicerade på området, vilket i dagsläget gör det svårt att dra några konkluderande slutsatser utifrån resultaten. För att underlätta ett framtida användande av lätta gaser samt minimera grisarnas lidande i slaktsituationen skulle en omkonstruktion av slakterierna och ny teknik i bedövningssystemen vara eftersträvänsvärt. Exempelvis har försök med administrering av gaser i en tvåstegsprocedure med argon som första steg och koldioxid som andra steg visat sig fungera väl. Användande av ett sådant system skulle troligen gynna grisarna och bidra till en bättre djurvälstånd i slaktsituationen.

Sammanfattningsvis konstateras att det både finns aspekter som talar för, men även emot ett eventuellt användande av alternativa gaser i framtiden. I dagsläget finns det dock ingen självklar lösning på problematiken kring hur man på bästa sätt bedövar grisar inför slakt.

SUMMARY

According to Swedish law, animals must be stunned prior to slaughter. To uphold a sufficient animal welfare during the process of slaughtering is not only a focal point in the law but also of great importance for food producers and consumers. Stunning of pigs is most commonly performed using carbon dioxide. This method is widely debated and often questioned from an animal welfare point of view, since the gas has shown to be aversive. However, stunning pigs with carbon dioxide is both time – and cost effective, which are the main reasons to why it is still used in Swedish abattoirs. The aim of this literature study is to further evaluate alternative gas mixtures as potential substitutes for carbon dioxide in the stunning procedure. Advantages and disadvantages are discussed for each mixture respectively as well as when compared to carbon dioxide. The gases are primarily evaluated from an animal welfare point of view but considerations has also been taken to whether they are suitable to different production systems and if they could fulfill occupational safety requirements.

Argon has distinguished itself as an animal -friendly alternative to carbon dioxide. Mixtures of Ar/CO₂ have also shown satisfying results. Experimental studies have presented that the advantages of nitrogen and N₂/CO₂-mixtures are few, and the disadvantages are many. Pigs proved higher rate of gasping and retreat- and escape attempts when exposed to N₂/CO₂-mixtures compared to argon. On the other hand, time to loss of consciousness has been proven to be lower when pigs are exposed to N₂/CO₂-mixtures. Making use of gases in a two-step procedure, preferably with argon as a first step and carbon dioxide as a second (to induce deeper unconsciousness) has shown to be a more functional way of administrating gases. The use of such a stunning-system would probably benefit the pigs and improve animal welfare prior to slaughter.

Helium and carbon monoxide may also work as potential substitutes to carbon dioxide. A German study from 2013 indicated that helium seemed to be less aversive than carbon dioxide. Unfortunately only a few studies have been reported regarding this gas, which makes the results difficult to evaluate.

In conclusion; studies regarding alternative gas mixtures indicate that there are both advantages- and disadvantages to take into consideration, and there is no obvious solution to this complicated problem.

INLEDNING

I Sverige slaktas årligen omkring 2,5 miljoner grisar (Jordbruksverket 2014). Dessa grisar skall innan slakt vara adekvat bedövade i enlighet med EU:s direktiv och svensk djurskyddslag, som fastställer att djuret vid slakten skall vara bedövat när blodet tappas av. Inga andra åtgärder i slaktprocessen får vidtas innan djuret är konstaterat avlidet. Vidare är det även lagstadgat att djur som förs till slakt skall skonas från onödigt lidande (EG nr 1099/2009; Djurskyddslag SJVFS 2012:27).

Tillåtna bedövningsmetoder inför slakt av gris i Sverige är bultpistol, kulvapen, elektricitet samt gasbedövning med koldioxid (SJVFS2008:69, Kap 6, § 2). Koldioxidbedövning av kommersiella slaktsvin utförs genom att djuren förflyttas från vänthallarna i slakteriet till en indrivningsbox. Från indrivningsboxen drivs grisarna automatiskt eller manuellt in i en transportkorg. Denna skall vara utformad så att det ryms minst två grisar åt gången. Transportkorgen förflyttar därefter grisarna ner i ett schakt som är fyllt med koldioxid.

Som riktlinjer för gaskoncentrationer och exponeringstider används tidigare lagstiftning (SJVFS 2008:69, Kap 6, § 27) som säger att djuren vid CO₂-bedövning skall exponeras för ”som lägst 70 % CO₂ i minst 140 sekunder, varav lägst 90 % CO₂ under minst 60 sekunder. Djuren skall fraktas från inlastningsnivån till nivån där den högre förskrivna CO₂-koncentrationen uppnås inom högst 30 sekunder”. Idag är det upp till företagen själva att skriva in gaskoncentrationerna i sina standardrutiner (DISA 2014). Det är dock av yttersta vikt att exponera djuren för adekvata CO₂-koncentrationer med tillräckligt långa exponeringstider samt att djuret förlorar medvetandet och förblir medvetslöst till dess att det avlivats. Att bedövningen uppnått önskvärd effekt kontrolleras genom att djuret uppvisar en avsaknad av normal andningsrytmik samt att djurets ögon är öppna med kraftigt utvidgad pupill (SJVFS 2008:69, Kap 6, § 31). Avlivning sker därefter genom öppnande av båda kroppspulsådorna eller det gemensamma blodkärl som dessa utgår ifrån (SJVFS 2008:69, Kap 7, § 3), varvid död inträffar då djuret förblöder.

Exponering för koldioxid är en bedövningsmetod som är vida omdiskuterad i avseende på grisens välfärd, då koldioxid är erkänt aversivt för grisar (Ray & Gregory, 1995; Forslid A, 1987). En fördel med gasbedövning är att djuren kan bedövas tillsammans med artfränder, vilket förefaller sig vara mest naturligt för grisar då de är flockdjur. Vid studier där man tittat på djuret post mortem har bedövning med koldioxid även visats sig ge en bättre köttkvalitet jämfört med elektrisk bedövning. Detta är en bidragande anledning till att bedövning med koldioxid idag används i stor utsträckning (Velarde *et al.*, 2000).

Alternativa gasmixturer

För att förbättra djurvälferden i slaktsituationen är det av intresse att finna en bedövningsgas som är mindre aversiv än koldioxid. En gas som inte upplevs obehaglig att inhalera och som ger upphov till samma bedövningskvalitet som koldioxiden, vore därför idealisk ur djurvälferdsaspekt. En stor mängd forskning har utförts inom området och studierna är framförallt inriktade på att utvärdera effekten av argon, kväve, helium, kolmonoxid samt mixturer av dessa.

Syfte och frågeställning

Johan Wallin (2011) har i sin kandidatuppsats diskuterat och berört ämnet gasbedövning av gris inför slakt samt alternativa bedövningsmetoder. Hans arbete ligger delvis som grund för denna uppsats, som avser att penetrera ämnet *gasbedövning av gris inför slakt* ytterligare. Syftet med denna litteraturstudie är att titta närmare på vilka alternativ som finns till dagens användande av koldioxid.

Specifika frågeställningar för denna litteraturstudie är:

- 1) Vilka är för- och nackdelarna med koldioxid som bedövningsmetod inför slakt av gris?
- 2) Vad finns det för alternativa gasmixturer? Vilka är för – och nackdelarna med dessa?
- 3) Vad har man för praktiska svårigheter att ta ställning till vid gasbedövning av kommersiella slaktsvin?

MATERIAL OCH METODER

Detta arbete utförs som en litteraturstudie och sökning av artiklar/litteratur har gjorts i följande databaser: Pubmed, Web of Science, Scopus samt Google Scholar.

Sökorden som har använts är (Pig* OR Porcine OR Swine) AND (Stun* OR Slaughter) som TOPIC. Sökningen begränsades i efterhand genom att precisera sökningen med något av följande sökord: Gas-mixtures, carbon dioxide, CO₂-anaesthesia, argon, helium, nitrogen, carbon monoxide, aversion.

Veterinärmedicinska engelskspråkiga artiklar som föll inom ämnesområdet valdes ut och kvalitetssäkrades utifrån formulär för kritisk granskning av tidskriftartiklar. Studieupplägget och studiepopulationen har värderats utifrån om det var representativt för syftet i studien. Procedurer, datainsamling, resultat, analyser samt konklusioner har värderats i avseende på trovärdighet och hänsyn har tagits till eventuella bias och/eller confounders i studien.

LITTERATURÖVERSIKT

Koldioxid

Koldioxid är en icke-reaktiv gas som är genomskinlig och doftlös. Vid exponering av koldioxid förlorar djuret medvetandet genom två fysiologiska processer, dels genom en rubbning i syra/bas-homeostasen men även genom hypoxi (syrebrist). Dessa processer sker oberoende av varandra men i kombination bidrar båda till en god bedövningskvalitet. Medvetslöshet inträder till följd av att koldioxiden orsakar en intracellulär pH-sänkning i hjärncellerna, som i sin tur leder till att pH i cerebrospinalvätskan sjunker (Forslid *et al.*, 2003; Ray, 1999). Detta beror på att CO₂ reagerar med H₂O (vatten) och bildar H₂CO₃ (kolsyra) som genererar H⁺ (vätejoner). Detta leder till att djuret drabbas av en respiratorisk acidosis, vilket är en rubbning i kroppens normala syra/bas-balans (Guyton & Hall, 2001; Mathews *et al.*, 2006). Syrebristen som drabbar grisarna uppstår sekundärt till följd av

inhalation av höga CO₂-koncentrationer i kombination med låga syrekoncentrationer (lägre än 2 % O₂) inne i schaktet. Ju högre koncentrationer av CO₂ som djuret utsätts för desto snabbare förlorar det medvetandet (Ray *et al.*, 1997; Dalmau *et al.*, 2010b). Induktionstiden för 90 % CO₂ uppges ligga omkring 30 sekunder (Nowak *et al.*, 2007; Mota-Rojas *et al.*, 2012).

I studier där grisar exponerats för koldioxid har de visat tecken på aversion i form av flykttförsök och forcerad andning med vidöppen mun. Detta indikerar att de upplever en känsla av andnöd innan de förlorar medvetandet (Ray & Gregory, 1996). Vid en studie där grisar lockades in i en gasfylld låda med hjälp av belöning i form av äpplen efter en svältperiod på ett dygn, valde grisarna ändå att undvika lådan med gas (Ray & Gregory, 1995). I en studie utförd av Peppel & Anton (1993) konstaterades att råttor upplever obehag vid exponering för koldioxid, detta på grund av att koldioxiden är vävnadsretande. Särskilt utsatt är mucosan i näsan och lungorna som kommer i kontakt med gasen. Det är möjligt att grisar upplever samma obehag som råttor vid exponering för koldioxid och att detta är en bidragande anledning till att de undviker gasen.

Alternativa gaser

Argon (Ar)

Argon har länge varit känt som ett tänkbart alternativ till koldioxid. Det är en inert gas som inducerar medvetslöshet till följd av syrebrist. Den naturliga förekomsten av argon i atmosfären är låg, vilket gör gasen svår att framställa (Ray & Gregory, 1995; Dalmau *et al.*, 2010a). Argon benämns ofta som ett djurvänligt alternativ till koldioxid, då gasen har visat sig vara mindre obehaglig för djuren att inhalera (Ray & Gregory, 1995). Induktionstiden för argon ligger på ca 180 sekunder (Machold *et al.*, 2003).

Kväve (N₂)

Atmosfären består av 79 % kväve, gasen är därför lätt att få tag på och därmed även billig att framställa (Dalmau *et al.*, 2010a). Precis som vid bedövning med argon förlorar djuren medvetandet till följd av syrebrist vid inhalation. Vid kväveinducerad syrebrist uppvisar djuret inte heller några tecken på andnöd eller obehag (Ray, 1999).

Helium (He)

Helium inducerar medvetslöshet genom att ersätta O₂ och CO₂ i blodet vid inhalation, vilket leder till att djuret drabbas av hypoxi. I studier där grisar bedövats med helium istället för traditionell koldioxid har helium visat sig vara betydligt mindre aversivt för grisarna. Helium skulle därmed kunna vara ett tänkbart alternativ till koldioxid (Machtolf *et al.*, 2013).

Kolmonoxid (CO)

Kolmonoxid är en toxisk gas som påverkar blodcirkulationen genom att orsaka en kraftig vasodilatation (Lambooy & Spanjaard, 1980). Karaktäristiskt symptom på kolmonoxidförgiftning är stark huvudvärk som inträder precis innan djuret faller in i ett stadie av medvetslöshet. Kolmonoxiden stimulerar motorcentrat i hjärnan vilket leder till att djuren drabbas av kraftiga kramper medan de är medvetslösa

I en studie av Lambooy & Spanjaard (1980) studerades hur inhalation av kolmonoxid påverkade kultingar. I studien tillfördes kultingarna CO antingen under 10-15min, under 45min eller en mixtur av kolmonoxid och kväveoxid som administrerades under 15 min. Kultingarna befann sig i en lufttät box när de exponerades för kolmonoxiden. I försöket där kultingarna tillfördes kolmonoxiden snabbt (10-15 min) observerades tydliga tecken på att kultingarna exciterade, vokaliserade och fick kramper innan medvetlöshet hunnit inträda. När CO istället administrerades långsamt under ett längre tidsintervall (45min) var kramperna och excitationen hos kultingarna inte lika påtaglig. Slutligen testades CO/N₂O-mixturen som visade sig ge bäst resultat då kultingarna inte uppvisade några tecken på excitation eller kramper innan de förlora medvetandet.

Argon och kvävemixturer

I en studie av Machold *et al.* (2003) studerades argon, argon/kväve- och argon/koldioxid-mixturer. Gasmixturerna testades först på laboratoriedjur under experimentella betingelser och sedan på kommersiella slaktsvin ute på slakterier. För att utvärdera djurens reaktioner på gaserna användes videospelningar. Även blodgaser och andra relevanta blodvärden mättes.

Resultaten bekräftade det som konstaterats i tidigare studier, vilket är att argon orsakar djuret mindre obehag och därmed är bättre än CO₂ ur djurvälståndssynpunkt. Argon visade sig i denna studie ha en längre induktionstid än koldioxid. För att minska induktionstiden testades en tvåstegsproceduren där djuren först exponerades för argon i 40 sekunder och sedan för koldioxid i 60 sekunder. Genom att göra på detta sätt reducerades induktionstiden med 100 sekunder.

Dalmau *et al.* (2010b) undersökte hur argon samt två olika N₂/CO₂-mixturer påverkade beteendet hos grisarna som ingick i försöket. I studien testades följande koncentrationer: 90 % Argon (90Ar), 70 % N₂ & 30 % CO₂ (70N30C), 85 % N₂ & 15 % CO₂ (85N15C). Djuren exponerades för gaserna upprepade gånger. Det observerades att djuren uppvisade högre frekvens av flyktförsök och flämtningar då de exponerades för gaserna för andra gången, oberoende av vilken gas de exponerades för.

Grisarna i studien uppvisade mindre aversion mot 90Ar jämfört med N₂/CO₂-mixturerna. Däremot var induktionstiden för argon längre. Antalet uppvisade flyktförsök hos grisarna var högre vid exponering för 85N15C jämfört med de andra mixturerna. Muskelryckningar förekom mindre frekvent vid exponering för argon jämfört med kvävemixturerna. Utifrån denna studie kunde det konstateras att 90Ar eller mixturer med lägre CO₂-koncentrationer såsom 70N30C kan utgöra bra alternativ till koldioxid. Denna studie bekräftar även vad som konstaterats i tidigare studier av Ray *et al.* (1997); att ju högre koncentrationer av CO₂ som djuren utsattes för desto snabbare förlorade de medvetandet (induktionstiden minskar med stigande CO₂-koncentrationer). De djur i studien som flämtade och tog djupa andetag förlorade medvetandet tidigare än de djur som inte uppvisade detta beteende i lika stor utsträckning.

I en annan studie av Llonch *et al.* (2012) exponerades grisar för N₂/CO₂-mixturer av tre olika koncentrationer: 70 % N₂ & 30 % CO₂ (70N30C), 80 % N₂ & 20 % CO₂ (80N20C), 85 % N₂

& 15 % CO₂ (85N15C). Avsikten med studien var att studera hur grisarna i försöket reagerade på de olika koncentrationerna av N₂/CO₂. Videoinspelningar användes för att bedöma djurens reaktioner på gaserna. Frekvensen av flyktt försök, flämtningar, vokalisering och muskelexcitationer noterades för respektive gas. I denna studie påvisades inte någon högre frekvens av aversivt beteende vid upprepade exponeringar för gaserna. Det slutgiltiga resultatet av denna studie var att alla ovanstående gasmixturer var mer aversiva för grisarna att inhalera än vanlig luft. Grisarna i studien uppvisade liknande tecken på aversion som brukar ses när grisar exponeras för högre koncentrationer av koldioxid. Däremot visade de inte tecken på andnöd i lika stor utsträckning. Grisarna gick frivilligt in i schaktet med gas, även vid upprepade exponeringar. Detta beror troligen på att erfarenheten från tidigare försök inte påverkat deras inställning till schaktet negativt och att de därmed inte hade någon anledning att undvika det i kommande försök.

Tidigare har det antagits att framförallt CO₂-koncentrationer högre än 30 % orsakar aversion hos grisar (Ray & Gregory, 1995; Velarde *et al.*, 2007), medan denna studie istället pekar på att koldioxid är aversivt redan vid koncentrationer kring 15 % (Llonch *et al.*, 2012).

Rault *et al.* (2013) testade olika mixturer av koldioxid, kväveoxid och syre för att utreda huruvida de orsakade aversion hos kultingar. Studien var uppdelad i tre olika försök. I det första testet fick kultingarna frivilligt välja att gå in i ett schakt som antingen gradvis fylldes på med gas eller redan var fyllt vid försökets början. Följande mixturer användes: CO₂ (90 %) och O₂ (10 %) (90C10O), N₂O (60 %) och CO₂ (30 %) (N2O60C30), Ar (60 %) och CO₂ (30 %) (Ar60C30), N₂ (60 %) och CO₂ (30 %) (N260C30).

Samtliga kultingar i försöket valde att undvika schaktet med gas oavsett om det var fyllt från början eller fylldes på successivt. Resultaten indikerade att alla gasblandningar var mer aversiva än luft för kultingarna i försöket.

I det andra försöket fick kultingarna istället gå in i ett schakt som var fyllt med N₂ (60 %)/CO₂ (30 %) eller N₂O (60 %)/CO₂ (30 %). Kultingarna reagerade mer aversivt vid detta försök jämfört med det föregående. Utifrån detta drogs slutsatsen att fyllnadsgraden i schaktet påverkar grisarnas reaktioner. Om schaktet successivt fylls med gas upplevs det som mindre obehagligt för grisarna att befinna sig i, jämfört med ett schakt som är helt gasfyllt vid försökets början.

I det sista testet i studien exponerades kultingarna för gas i en tvåstegs procedur. Kultingarna placerades först i ett schakt som gradvis fylldes med en av följande fyra gasmixturer: 90 % CO₂, N₂ (60 %) och CO₂ (30 %), N₂O (60 %) och CO₂ (30 %), N₂O (60 %) och O₂ (30 %).

När djuren konstaterats vara medvetslösa fördes de vidare till nästa steg som utgjordes av ett schakt med 90 % CO₂. Alla gasmixturer som innehöll koldioxid dödade kultingarna snabbare än N₂O/O₂-mixturen, koldioxiden kan därmed antas vara mer potent. Däremot var N₂O/O₂ den enda mixturen som bedövade kultingarna utan att de uppvisade några tydliga tecken på obehag. Induktionstiden var 12 minuter längre än den för CO₂-blandningarna. Av denna studie kunde slutsatsen dras att det ur djurvälståndsperspektiv är bäst att bedöva grisarna i en tvåstegs procedur.

I en studie av Llonch *et al.* (2013) utvärderades bedövningsdjupet och durationen för bedövningen vid exponering av olika N₂/CO₂-mixturer jämfört med CO₂. Följande koncentrationer testades: 70 % N₂ & 30 % CO₂ (70N30C), 80 % N₂ & 20 % CO₂ (80N20C), 85 % N₂ & 15 % CO₂ (85N15C), 90 % CO₂ (90C).

Llonch *et al.* (2013) kunde efter försöket dra slutsatsen att medvetslöshet inte inträder momentant vid någon av koncentrationerna. Under induktionstiden visade grisarna tecken på aversion mot samtliga gaser. Dessa beteenden förekom mest frekvent vid exponering för 90 % CO₂. Induktionstiden var dock betydligt kortare vid exponering för CO₂ jämfört med N₂/CO₂-mixturerna. För att säkerställa att grisarna blev adekvat bedövade av N₂/CO₂-mixturerna behövde de exponeras under minst 5 minuter. Det noterades även att djuren vaknade upp från bedövningen tidigare vid exponering för N₂/CO₂ och då framförallt vid exponering för 85N15C. Denna studie bekräftar därmed det som antagits i tidigare studier, att N₂/CO₂-mixturerna orsakar djuren mindre obehag då dessa mixturer inte är lika aversiva som höga koncentrationer av ren CO₂. Däremot är induktionstiden längre och durationen av bedövningen är inte lika lång.

Gasstabilitet

Dalmau *et al.* (2010a) testade i sin studie stabiliteten hos argon, kväve och koldioxid samt olika mixturer av dessa. Dessutom undersöktes hur väl gasen kunde hålla en jämn koncentration inne i schaktet, vilket utvärderades genom att gaskoncentrationen mättes på olika nivåer i schaktet. Vid jämförelse mellan de olika mixturerna visade sig Ar/CO₂-blandningarna i detta försök vara mer stabila än motsvarande N₂/CO₂-blandningar. Argon visade sig ha bäst förmåga att upprätthålla en konstant koncentration inne i schaktet, följt av Ar/CO₂ mixturer, sedan N₂/CO₂ mixturer och sist 90 % CO₂. I denna studie konstaterades även att N₂ behöver blandas med andra gaser såsom CO₂ eller Ar för att kunna vara ett tänkbart alternativ till 90 % CO₂. När schaktet enbart fylldes med N₂ blev O₂-nivåerna aldrig lägre än 6 % vilket i denna studie inte var tillräckligt för att göra djuren medvetslösa.

DISKUSSION

Gasbedövning

Det råder delade meningar om huruvida tillvägagångssättet vid bedövning med gas påverkar djuren negativt eller inte. Velarde *et al.* (2007) hävdar att proceduren där djuren lastas i transportkorgen kan upplevas som obehaglig för grisarna, medan Dalmau *et al.* (2010b) istället menar att processen i sig inte orsakar djuren obehag eller lidande. Detta antagande baseras på försök utförda då schaktet varit fyllt med vanlig luft istället för bedövningsgas, vilka resulterade i att djuren inte uppvisade några tecken på stress eller obehag. En stor fördel med gasbedövning är att djuren kan bedövas i grupp, vilket är att föredra då grisar är flockdjur. En annan fördel är att de inte behöver fixeras, vilket för djuret innebär att det har mer rörelsefrihet än vid exempelvis elbedövning.

För- och nackdelar med koldioxid

De främsta anledningarna till att koldioxid kan ifrågasättas och kritiseras som bedövningsmetod är att den bedövande effekten inte uppnås momentant och att gasens

fysiologiska egenskaper ger upphov till lidande hos djuren innan medvetslöshet inträder. En negativ egenskap hos gasen är att den är vävnadsretande och irriterar de slemhinnor som den kommer i kontakt med. En annan negativ aspekt av gasen är att den stimulerar andning, vilket leder till att djuren flämtar, drar djupa andetag och upplever en känsla av andnöd.

Något som är till koldioxidens fördel är att djur som bedövas under rätta gasbetingelser med tillräckligt långa exponeringstider ofta uppnår en god bedövningskvalitet inför slakt genom att gasen både inducerar en respiratorisk acidosis samt hypoxi hos djuren. Vid haverier i systemet där koldioxid-nivåerna i schaktet kan komma att sjunka samtidigt som syre-nivåerna ökar, skulle djuren ändå förlora medvetandet till följd av en sänkning av intracellulärt pH i hjärncellerna. Detta gör system med koldioxid mer robusta och tåligare för ändringar i gassammansättningen än system där man använder sig av andra gaser som enbart inducerar syrebrist.

Vid exponering för 90 % CO₂ är induktionstiden som tidigare nämnts omkring 30 sekunder och ju mer CO₂-koncentrationen sedan sänks desto längre blir induktionstiden (Nowak *et al.*, 2007; Mota-Rojas *et al.*, 2012). Aversionen hos gasen ökar däremot med stigande koncentrationer. Detta är lite av ett dilemma då induktionstiden bör hållas så kort som möjligt samtidigt som man bör undvika att förorsaka djuren det obehag som höga CO₂-koncentrationer ger upphov till.

För- och nackdelar med alternativa gasmixturer

Argon

Fördelen med argon är framförallt att det inte är lika aversivt som CO₂ för djurslaget ifråga. Negativt är dock att induktionstiden är längre jämfört med induktionstiden vid bedövning med koldioxid. Även vid exponering för höga koncentrationer av argon (90 %) är induktionstiden längre än vid exponering för låga koncentrationer av koldioxid (30 %) (Dalmau *et al.*, 2010b). Värt att nämna är även att kostnaden för att framställa argon är avsevärt högre än kostnaden för koldioxid, vilket tyvärr utgör ett ekonomiskt hinder för användandet av denna vid storskalig slakt av gris (Ray & Gregory, 1995; Dalmau *et al.*, 2010a).

För att potentiellt kunna använda argon vid kommersiell grisslakt krävs en reducering av induktionstiden, då det ställs krav på tidseffektiva metoder ute på slakterierna. Machold *et al.* (2003) har i sin studie påvisat att användning av argon och koldioxid i en tvåstegsprocedure kan sänka induktionstiden med 100 sekunder. Genom att kombinera gaserna på detta sätt skulle de positiva egenskaperna kunna utnyttjas samtidigt som de negativa aspekterna av dem båda skulle reduceras. Detta skulle gynna grisarna och bidra till en bättre djurvälstånd vid bedövning inför slakt.

Ett tänkbart alternativ kan även vara att kombinera argon och koldioxid och på så sätt bilda en gasmixtur med egenskaper lämpade för att bedöva grisar. Vid studier av Dalmau *et al.* (2010a) uppvisade dessa gasblandningar en hög stabilitet och även en god förmåga att upprätthålla en jämn koncentration inne i schaktet, vilket skulle underlätta ett faktiskt användande av dessa i praktiken.

Mixturer av kväve och koldioxid

När djur exponeras för N₂/CO₂-mixturer har det i försök av Llonch *et al.* (2012) konstaterats att aversionen mot koldioxid fortfarande finns kvar även om koncentrationen av denna sänks så långt som ner till 15 %. En stor fördel med att sänka CO₂-koncentrationen är dock att grisarna inte upplever andnöd i lika hög utsträckning som vid exponering för högre koncentrationer. Som tidigare nämnts förlängs dock induktionstiden ju lägre CO₂-koncentrationen blir, vilket kan antas vara negativt ur djurvälståndspåverkan då det höjer stressnivån hos djuren att vara instängda i schaktet under lång tid. När CO₂-koncentrationerna sänks påverkas även bedövningskvaliteten, som då försämras i jämförelse med 90 % CO₂. Forskning indikerar att durationen av bedövningen är kortare vid exponering för kvävemixturer jämfört med CO₂ och då framförallt vid 85N15C (Llonch *et al.*, 2013). I studien av Dalmau *et al.* (2010b) observerades att djuren uppvisade högre grad av flyktförsök och aversivt beteende när de exponerades för gaserna upprepade gånger, detta oberoende av vilken gas de exponerades för. Hänsyn bör därför tas till att djuren troligen påverkas av tidigare erfarenheter, vilket i sin tur kan komma att påverka resultatet i nästkommande försök. Llonch *et al.* (2012) drog inte samma slutsatser i sitt försök utan menar på att djuren frivilligt gick in i schaktet även vid upprepade exponeringar, således opåverkade av tidigare erfarenheter. Vid bedömning av resultaten från dessa studier bör det därför tas i beaktan att det råder delade meningar om huruvida resultaten i studien påverkas av grisarnas tidigare erfarenheter eller inte.

Kolmonoxid

Då resultaten från utförda studier påvisar att kolmonoxid ger upphov till kraftig excitation och kramper innan dess att medvetslöshet inträder är det frågan om användandet av denna gas skulle ge en bättre djurvälstånd jämfört med koldioxid. Rent teoretiskt skulle detta tillstånd kunna undvikas genom att administrera gasen mycket långsamt (under 45 min). Detta är dock svårt att genomföra i praktiken vid storskalig slakt av gris. En annan negativ aspekt vid användandet av kolmonoxid är att den kan tänkas utgöra en arbetsmiljörisk för personalen på slakteriet. Det bör tas i beaktan att det hittills publicerats få studier gällande kolmonoxid och att det i och med detta är svårt att dra några konkluderande slutsatser när det finns få resultat att förlita sig på.

Praktiska svårigheter

Efter att ha konstaterat vilka för- och nackdelar som finns med olika gaser samt mixturer av dessa med utgångspunkt från djurens välfärd måste det även reflekteras över vilka praktiska svårigheter som finns att ta hänsyn till vid användandet av dessa gaser på slakterier. Framförallt bör olika säkerhetsaspekter vägas in. Eftersträvansvärt är då att ha en gas som bedövar grisarna korrekt men som även är säker för personalen som jobbar på slakteriet. Här är den kritiska variabeln gasens densitet som bör vara högre än densiteten för luft, så gasen hålls kvar i schaktet och inte migrerar iväg. Detta är problemet med ett eventuellt användande av kväve, som har lägre densitet än luft. Risken finns att kvävet kommer försvinna ut ur schaktet och vanlig luft istället strömmar in. Detta kan orsaka problem i form av att djuren

inte blir korrekt bedövade. Problemet kan dock lösas genom att man kombinerar höga koncentrationer av N_2 med låga koncentrationer av CO_2 . Gasmixturen uppnår då en högre slutdensitet eftersom CO_2 har högre densitet än luft, detta diskuteras i studien av Dalmau *et al.* (2010a).

En annan viktigt egenskap hos gaserna som bör vägas in är gasens förmåga att upprätthålla en jämn koncentration inne i schaktet. Om gasens koncentration varierar kommer bedövningskvaliteten också att skilja sig mellan olika grupper av djur som exponeras för olika gaskoncentrationer. Detta gör att systemen måste vara utrustade med ordentliga kontrollsystem som varnar om förhållanden inne i schaktet ändras. I studien av Dalmau *et al.* (2010a) visade sig koldioxid ha sämst förmåga att upprätthålla en jämn koncentration i schaktet. Om detta är en korrekt dragens slutsats betyder det att förhållanden i gassammansättningen kan skilja sig åt mellan olika slakterier, vilket i sin tur skulle betyda att även bedövningskvaliteten av djuren skiljer sig åt.

Argon har utmärkt sig som en stabil gas som visar på god förmåga att upprätthålla en jämn koncentration inne i schaktet. Denna har också högre densitet än luft. Negativt med gasen är dock att den enbart inducerar medvetslöshet till följd av hypoxi, vilket även gäller för kväve och helium. Detta leder till att system med dessa gaser är betydligt känsligare för eventuella förändringar i gassammansättningen jämfört med system med koldioxid (Ray & Gregory, 1996).

För att underlätta ett framtida användande av alternativa bedövningsgaser som ger en bättre djurvälstånd skulle en utveckling av tekniken i bedövningssystemen och slakterierna vara nödvändig. Detta för att ta tillvara på gasernas egenskaper på bästa tänkbara sätt. Önskvärt vore om dagens slakterier investerar i ombyggnation av bedövningssystem för att möta de krav som ställs på djurvälstånd i slaktsituationen, då användandet av koldioxid med stor sannolikhet kommer minska i framtiden. Exempel på en sådan omkonstruktion är system som möjliggör bedövning med tvåstegsprocedurer, vilket redan har börjat användas på fjäderfä.

Slutsatser

Flertalet studier har visat att grisar upplever obehag och andnöd när de exponeras för koldioxid. Detta är i mångt och mycket anledningen till att användandet av koldioxid som bedövningsgas kan ifrågasättas ur djurvälståndsaspekt. Bedövning med koldioxid är dock billigt och tidseffektivt. För att ta hänsyn till de höga produktionskrav som ställs på dagens slakterier lämpar sig CO_2 väl ur produktionshänseende, då många djur kan bedövas samtidigt inom ett relativt kort tidsintervall.

Efter att ha tagit del av studier gällande alternativa gasmixturer konstateras att det både finns saker som talar för, men även emot ett eventuellt användande av dessa. Argon har utmärkt sig som ett djurvänligt alternativ till koldioxid och även mixturer av Ar/CO_2 har i studier visat sig fungera väl. Kväve samt N_2/CO_2 -mixturer uppgavs i försöken vara mindre aversiva än höga koncentrationer av ren CO_2 . Grisarna upplevde inte heller andnöd i lika stor utsträckning.

Negativt med kvävemixturer är dock att induktionstiden är längre än den för 90 % CO₂ samt att durationen av bedövningen är kortare.

Om avsikten är att upprätthålla samma produktionstakt som dagens bedövningsmetod och framförallt för att säkerställa både grisarnas och personalens säkerhet på slakterierna skulle en omkonstruktion av slakterierna och bedövningssystemen vara önskvärd. EU skulle behöva avsätta pengar för forskning på alternativa bedövningsmetoder samt för utveckling av ny teknik på slakterierna. Detta för att kunna utnyttja gasernas egenskaper på bästa tänkbara sätt och framförallt för att reducera djurens lidande i slaktsituationen.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Dalmau A, Llonch P., Rodríguez P., Ruíz-de-la-Torre JL., Manteca X. and Velarde A. (2010) "Stunning Pigs with Different Gas Mixtures: Gas Stability". *Animal Welfare*, vol. 19, ss. 315-323
- Dalmau, A., Rodríguez, P., Llonch, P., Velarde, A. (2010) "Stunning Pigs with Different Gas Mixtures: Aversion in Pigs". *Animal Welfare*, vol. 19, ss. 325-333
- DISA (2014), disa.slu.se, <http://disa.slu.se/Pig/Pig12.shtml> (2014-03-31)
- EG (Europeiska Gemenskapen). (2009). Rådets förordning (EG) nr 1099/2009 om skydd av djur vid tidpunkten för avlivning.
- Forslid, A. (1987) "Pre-slaughter CO₂-anaesthesia in Swine, Influence upon Cerebral Electrical Activity, Acid/Base Balance, Blood Oxygen Tension and Stress Hormones". DISS, Uppsala, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Forslid A, H. D., Pedersen, H., Stødkilde-Jørgensen, L., Martoft, P. F. Jørgensen (2003) "CO₂ Induced Acute Respiratory Acidosis and Brain Tissue Intracellular pH: a ³¹P NMR Study in Swine". *Laboratory animals*, vol. 37, ss. 241-248
- Guyton, A.C and J.E Hall, 2001. *Treaty of Medical Physiology*. 10th Edn, McGraw Hill Interamericana, Ontario.
- Jordbruksverket (2014), statistik.sjv.se,
<http://statistik.sjv.se/Dialog/varval.asp?ma=0701StorM&ti=Slakt+av+st%F6rre+husdjur+vid+slakteri%2E+M%E5nad+1995%2D2014&path=../Database/Jordbruksverket/Animalieproduktion/Slakt/&lang=2> (2014-03-01)
- Lambooy E. & Spanjaard W. (1980) "Euthanasia of Young-pigs With Carbon-monoxide". *Veterinary record*, vol. 107, ss. 59-61.
- Llonch P., Dalmau A., Rodríguez P., Manteca X., Velarde A. (2012) "Aversion to Nitrogen and Carbon Dioxide Mixtures for Stunning Pigs". *Animal Welfare*, vol. 21, ss. 33-39
- Llonch P., Rodriguez P., Jospin M., Dalmau A., Manteca X., Velarde A. (2013) "Assessment of Unconsciousness in Pigs during Exposure to Nitrogen and Carbon Dioxide Mixtures". *Animal*, vol. 3, ss. 492-498
- Machtolf M., Moje M., Troeger K., Bulte M. (2013), "Stunning Slaughter Pigs with Helium Compared to Carbon Dioxide". *Fleischwirtschaft*, vol.93, ss. 118-124
- Machhold U., Troeger K., Moje M. (2003), "A Comparison of Carbon Dioxide, Argon, a Nitrogen-Argon-mixture and Argon/Carbon dioxide, (2 steps-system) under Animal Welfare Aspects". *Fleischwirtschaft*, vol. 10, ss. 109-114
- Mathews, C.K, K.E van Holde and K.G. Ahern (2006). *Biochemistry*. 3rd Edn, Pearson Addison Wesley, Madrid, Spain.
- Mota-Rojas D., Bolanos-Lopez D., Concepcion-Mendez M., Ramires-Telles J., Roldan-Santiago P., Flores-Peinade S., Mora-Medina P. (2012), "Stunning Swine with CO₂ Gas: Controversies Related to Animal Welfare", *International journal of pharmacology*, vol: 8, ss: 141-151
- Nowak B., Mueffling T. V. & Hartung J. (2006). "Effect of Different Carbon Dioxide Concentrations and Exposure Times in Stunning of Slaughter Pigs: Impact on Animal Welfare and Meat Quality". *Meat science*, vol. 75, ss. 290-298.

- Peppel P. & Anton F. (1993) "Responses to Rat Medullary Dorsal Horn Neurons following Intranasal Noxious Chemical Stimulation: Effects of Stimulus Intensity, Duration, and Interstimulus Interval". *Journal of neurophysiology*, vol. 70, ss. 2260-2275.
- Ray ABM (1999) "Behavior of Pigs Exposed to Mixtures of Gases and The Time Required to Stun and Kill Them: Welfare Implications". *Veterinary Record*, vol. 144, ss.165-168.
- Raj A. B. M. & Gregory N. G. (1996) "Welfare Implications of the Gas Stunning of Pigs 2. Stress Induction of Anaesthesia". *Animal Welfare*, vol. 5, ss. 71-78.
- Raj A. B. M. & Gregory N. G. (1995) "Welfare Implications of Gas Stunning of Pigs 1. Determination of Aversion to the Initial Inhalation of Carbon Dioxide or Argon". *Animal Welfare*, vol. 4, ss. 273-280.
- Rault J.L., McMunn K.A., Marchant-Forde J.N., Lay D.C. (2013) "Gas Alternatives to Carbon Dioxide for Euthanasia: A Piglet Perspective". *Journal of animal science*, vol. 91, ss.1874-1883
- SJVFS 2012:27. *Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om slakt och annan avlivning av djur*. Jönköping: Jordbruksverket.
- SJVFS 2008:69. *Föreskrifter om ändring i Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd (SJVFS 2007:77) om slakt och annan avlivning av djur*. Jönköping: Jordbruksverket.
- Velarde A., Gispert M., Faucitano L., Alonso P., Manteca X., Diestre A. (2000) "Effect of Stunning Method on the Incidence of PSE meat and Haemorrhagies in Pork Carasses". *Meat Science*, vol. 55, ss. 309-314.