

Mörhet, smakutveckling och färgstabilitet i nötkött efter olika lagringstider och förpackningsmetoder, slutrapport december 2008

Kerstin Lundström och Gunilla Lindahl

Bakgrund

Köttets färg har en mycket stor betydelse vid inköpstillfället. Förutom marmorering, pris och ursprung, är färgen den kvalitetsegenskap som konsumenten kan bedöma i affären. De flesta konsumenter tar avstånd från kött där färgen blivit brunaktig, eftersom man tror att köttet är dåligt och farligt att förtära när det blivit brunt och missfärgat. Detta är inte fallet, utan beror på en kemisk förändring i köttets pigment, myoglobin, till följd av oxidation. Mot bakgrund av detta är det viktigt att köttet som säljs har en hög färgstabilitet, dvs. en god förmåga att bibehålla den klarröda färgen.

Inom färskvaruhandeln har man noterat ett ökat problem med färgstabiliteten i nötkött. Det gäller både filé och biff från djupkyllt ($-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), vakuumpförpackat, importerat kött och inhemskt kött från främst innanlår och ytterlår. Det importerade djupkylda köttet blir brunt och missfärgat efter en till två dagar i tråg med syrogenomsläpplig plastfolie, till skillnad mot svenskt vakuumpförpackat kött, som håller färgen i upp till en vecka vid samma trågförpackning vid $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. När det gäller inhemskt producerat kött, har man i vissa fall fått reklamationer och klagomål på dålig färgstabilitet på framför allt innanlår från vissa leverantörer/regioner.

Nya hanteringsrutiner införs idag inom handeln med kött. Förutom en ökad andel importerat kött som är vakuumpförpackat och djupkyllagrat, konsumentförpackas en ökad andel kött vid centrala förpackningsanläggningar i stället för i butiker. Detta innebär förmodligen en förändring i köttets ålder vid försäljning till konsument. De nya förpackningarna möjliggör en längre hållbarhetsmärkning ur mikrobiologisk synpunkt, och därmed är köttet äldre vid inköpstillfället. Vi vet idag inte tillräckligt om hur de nya förpackningsmetoderna som används och kommer att användas i framtiden, påverkar kvaliteten. Med modifierad atmosfär med ökad syrehalt vet man att färgstabiliteten ökar, men de övriga kvalitetsegenskaperna, såsom mörhet och smak är inte tillräckligt studerade. Det är därför av stor vikt att klargöra hur dessa lagrings- och förpackningsmetoder påverkar köttets kvalitetsegenskaper, både ur hygienisk synvinkel och för köttets förmåga att bibehålla optimal färg och för de sensoriska egenskaperna hos köttet.

Förpackning i modifierad atmosfär

Andelen kött som konsumentförpackas i modifierad atmosfär med hög syrgashalt och koldioxid (MAP) ökar, beroende på att färgstabiliteten förbättras samtidigt som den hygieniska kvaliteten ökar. En vanlig gasblandning är ca 80% syre och ca 20% koldioxid. Den höga syrehalten gör att köttpigmentet myoglobin förekommer i den önskvärda klarröda formen oxymyoglobin och att färgen är stabil under minst 10 dagar (Jakobsen & Bertelsen, 2000). En nackdel är dock att den höga syrehalten ökar oxidationen hos både proteiner och fett (Jakobsen & Bertelsen, 2000). Ett annat fenomen som uppstår är s.k. ”premature browning” (Hunt et al., 1999), d.v.s. att myoglobinet vid tillagning blir brunt vid lägre temperatur än normalt, så att man felaktigt tror att köttet uppnått tillräckligt hög temperatur ur säkerhetssynpunkt.

Mörhet och mörhetsutveckling

Köttets ätegenskaper bestäms av samspelet mellan mörhet, saftighet och smak. Mörheten i en viss muskel påverkas framför allt av muskelfibrernas kontraktionsgrad och bindvävsinnehållet samt av proteolysen, d.v.s. hur snabbt muskelproteinerna bryts ned efter slakt. Det är framför allt calpainsystemet som anses ha stor betydelse för mörhetsutvecklingen (Koochmariaie, 2002). Normalt är det liten variation i egenskaperna saftighet och smak hos nötkött och en minskning av variationen i mörhet har då en direkt inverkan på variationen i ätkvalitet.

För att undersöka om det är oxidation av de proteolytiska enzymerna och därmed nedsatt proteinnedbrytning, som är orsak till den lägre mörheten hos kött som förpackats i modifierad atmosfär, är det relevant att analysera enzymaktiviteten och nedbrytningsgraden av specifika enzymer. Calpainsystemet (μ - och m-calpain) antas vara de initierande enzymerna i proteinnedbrytningen *post mortem* som resulterar i mörhetsutveckling. Om aktiviteten av calpainerna är nedsatt i kött förpackat i modifierad atmosfär, kan detta resultera i en minskad nedbrytning av till exempel det cytoskeletala proteinet desmin. Genom att jämföra nedbrytningsförloppet för desmin i prover som förvaras under olika betingelser samt aktiviteten av calpain under samma betingelser kommer man att få en indikation på om det är förändringar i de proteolytiska enzymerna, som ger upphov till den sämre mörheten vid mörning i modifierad atmosfär.

Köttets färg och färgstabilitet

Köttets färg beror både på mängden pigment och på muskelstrukturen. Följande fakta om färg är hämtade från bl.a. Lindahl (2003). Köttet får sin röda färg av pigmentet myoglobin och färgen beror både på mängden myoglobin och på dess kemiska form. Myoglobinhalten varierar med djurart, ras, kön, ålder och typ av muskel. Färgnyansen beror på myoglobinets kemiska form. Färgen ändras från mörkt purpurröd till klarröd då deoxymyoglobin (DeoxyMb) upptar syre och övergår till oxymyoglobin (OxyMb), en reversibel reaktion som kallas syreblomning. Vid syreblomningen bildas ett tunt skikt av OxyMb på köttets yta och dess tjocklek beror på yttre faktorer som temperatur och syrets partialtryck och på inre faktorer som muskeltyp och metabolisk aktivitet. Syret som når köttets yta förbrukas dels av enzymer i mitokondriernas respiration och binds dels till myoglobinet. Enzymaktiviteten avtar vid lagring *post mortem* och då ökar OxyMb-skiktets tjocklek. Vid höga syrehalter som i förpackning med modifierad atmosfär ökar också OxyMb-skiktets tjocklek.

Köttets färg förändras vid lagring från rött till brunt genom att myoglobinet oxideras till metmyoglobin (MetMb). Detta är vad som sker på ytan av kött som lagras i vanlig luft eller i tråg med modifierad atmosfär. Inne i köttet eller i vakuumpförpackning finns inget syre och myoglobinet har då en purpurröd färg. Oxidationen till MetMb beror liksom syreblomningen på temperatur, syrets partialtryck och muskeltyp. Den bruna färgen på missfärgat kött uppstår snabbt i ett skede när syretrycket är lågt men inte noll och speciellt snabbt vid höga temperaturer. Vid höga syretryck går oxidationen mycket långsamt, vilket utnyttjas i förpackning med modifierad atmosfär med höga syrehalter. Ackumuleringen av MetMb beror på förhållandet mellan myoglobinets oxidation och enzymatisk MetMb-reduktion. Den reducerande förmågan minskar under köttets lagring och oxidationen dominerar, vilket gör att köttet missfärgas snabbare efter mörningslagring (Jakobsen & Bertelsen, 2000).

Köttets färg kan beskrivas med färgkoordinaterna L^* (ljushet), a^* (rödhet) och b^* (gulhet), men dessa ger ingen information om den bakomliggande orsaken till färgen, d.v.s. förhållandet mellan myoglobinformerna. Genom reflektansmätning med spectrorimeter kan man beräkna det relativa förhållandet mellan myoglobinformerna, eftersom dessa har olika reflektanskurvor.

Köttets förmåga att bibehålla den klarröda färgen påverkas även av olika faktorer under uppfödningen av djuren och hanteringen före slakt. Den viktigaste uppfödningssfaktorn är utfodringen av djuren. De skillnader i färgstabilitet som kan ses mellan olika utfodringar kan många gånger tillskrivas fodrets olika halt av vitamin E. Detta vitamin är en mycket kraftfull antioxidant som har förmåga att fånga fria radikaler som initieras av olika faktorer i köttet såsom ljus, järnjoner m.m. Fria radikaler kan ge upphov till en oxidationskedja och därmed angripa känsliga molekyler, som t.ex. omättade fettsyror och kolesterol. Innehållet av vitamin E spelar även stor roll för färgstabiliteten, där ett högre innehåll ofta medför bättre färgstabilitet. Betande nötkreatur kan ha högre halt vitamin E än kraftfoderuppfödda djur, och även en bättre färgstabilitet (Gatellier et al., 2005).

Målet med denna studie vars att kunna optimera behandlingen av nötkött efter slakt, så att svenskt nötkött framgångsrikt kan konkurrera med importerat nötkött. Smakförändringar orsakade av förpackning av nötköttet i modifierad atmosfär med hög syrgashalt kan naturligtvis inte accepteras. Kvalitetstänkandet är därför viktigt så att smaklighet och funktionalitet inte negligeras i slutprodukten.

Material och metoder

Djurmaterial: Projektet har utförts som två delförsök där djurmaterialet utgjorts av ungtjurar av SLB- resp. SRB-ras. I det första delförsöket använde vi 10 cm långa bitar av biffen för de olika lagringsbehandlingarna, medan vi använde 3 cm tjocka skivor i det andra delförsöket. I det första delförsöket slaktades djuren i Uppsala och i det andra i Linköping, varför antalet dagar efter slakt skiljer sig med en dag.

Ryggbiffen (*M. longissimus dorsi*, LD) från båda sidorna togs ut vid styckning 2 resp. 3 dagar efter slakt, delades i 10 resp. 5 bitar i de olika delförsöken, randomiserades och fördelades på olika behandlingar enligt Tabell 1. För att ytterligare undersöka effekten av MAP på färgstabiliteten, användes även innanlår i det första delförsöket (*M. semimembranosus*, SM) eftersom dålig färgstabilitet utgör ett stort problem i denna muskel. Samma provtagningschema som för LD i den första delstudien användes för denna muskel.

Följande mätningar genomfördes på båda delförsöken:

Temperaturförloppet i ryggmuskeln och inre delen av innanlåret registrerades i ca hälften av slaktkropparna kontinuerligt under hela nedkylnings- och lagringstiden fram till styckning med hjälp av datalogger.

Köttets pH: Förändringen i pH i LD registrerades under det första dygnet efter slakt. Köttets slutliga pH bestämdes i samband med styckning. Endast slaktkroppar med pH under 5,8 i ryggbiffen användes i undersökningen för att undvika inflytande av kvalitetsskillnader p.g.a. för högt pH-värde och DFD. pH-mätningar gjordes även vid varje ompaketering.

Köttfärgen mättes efter avslutad förvaring i vakuumpackning eller MAP-förpackning (se Tabell 1) och L^{*}-, a^{*}- och b^{*}-värdena följdes dessutom under 5 dygn vid 4°C i luft. Reflektanskurvorna registrerades vid varje mättillfälle för beräkning av det relativa förhållandet mellan de olika myoglobinformerna. Mätningarna utfördes med en Minolta CR-2600.

Köttets vätskehållande förmåga: Mängden köttssaft i förpackningarna under lagring samt viktsförändringar under upptining och värmebehandling bestämdes (lagringssvinn, tiningssvinn, kokningssvinn).

Instrumentell mörhet: Warner-Bratzler skärnotstånd mättes på kött från alla behandlingarna efter värmebehandling av köttet till 70°C (instrument TA-HDI texture Analyser; Stable Micro Systems, Surrey, UK). Stavar som var 10 x 10 mm skars ut längs med muskelns fiberriktning och skärnotståndet mättes vinkelrätt mot fiberriktningen på minst 8 stavar från varje bit.

Proteinernas oxidationsgrad mättes genom att bildningen av karbonylföreningar analyserades för de olika behandlingarna (enligt Olivier et al., 1987).

Följande mätningar genomfördes enbart på delförsök I:

Proteolytiska enzymer och nedbrytning av det cytoskeletala proteinet desmin: Aktiviteten av μ - og m-calpain i kött bestämdes med kaseinzymografi, där enzymerna separerades på non-denaturerad PAGE gel innehållande kasein. Gelerna inkuberas i kalciumklorid, varvid calpainerna aktiveras och bryter ned kasein i gelen. Efter färgning kommer gelen att innehålla klara band som representerar aktiviteten av μ - och m-calpain i ett specifikt prov. Nedbrytningsgraden av desmin bestämdes via Western blotting, där mängden av intakt desmin i ett köttprov kan följas olika tidpunkter efter slakt (Kristensen et al., 2004).

Pigmentinnehåll i ryggbiffen (LD) och innanlåret (SM) bestämdes enligt Trout (1991).

Följande mätningar genomfördes enbart på delförsök II:

Minskning av E-vitaminhalten under lagring (Sampels et al., 2004).

Sensorisk mörhet, köttsmak, fettsmak och bismak mättes med hjälp av tränad smakpanel. Smaktesterna gjordes på ryggbiffen (LD).

Tabell 1. Mörningstider i vakuüm- resp. MAP-förpackning för de olika proverna i delförsök I och II samt totala antalet dagar efter slakt

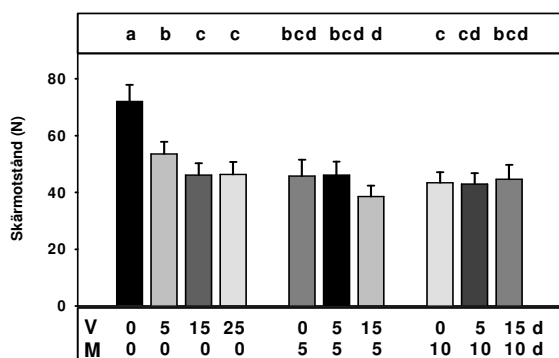
Mörningssystem	Delförsök I			Delförsök II		
	Vakuüm	MAP	Totalt	Vakuüm	MAP	Totalt
V0M0	0	0	2	0	0	3
V5M0	5	0	7	5	0	8
V15M0	15	0	17	15	0	18
V25M0	25	0	27	---	---	---
V0M5	0	5	7	0	5	8
V5M5	5	5	12	---	---	---
V15M5	15	5	22	---	---	---
V0M10	0	10	12	---	---	---
V5M10	5	10	17	5	10	18
V15M10	15	10	27	---	---	---

Resultat

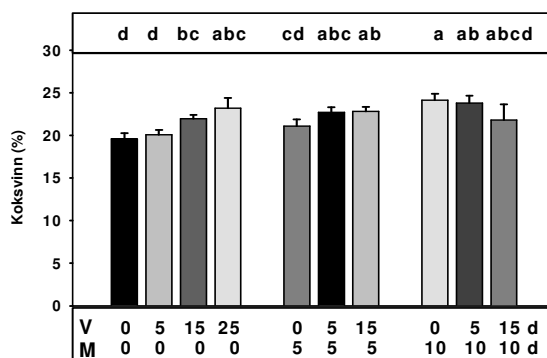
Delförsök I

Eftersom alla prover från biffen skars ut i 10 cm stora bitar, så varierade vikten längs biffen. Trots att vi tog hänsyn till denna viktsvariation i den statistiska analysen, så fick vi en tydlig effekt av plats längs biffen på både skärmotstånd och tillagningsförlust. Bitarna längre bak på biffen uppvisade både högre skärmotstånd och högre tillagningsförlust än bitarna längre fram. Vid mörning enbart i vakuüm, minskade skärmotståndet med ökad tid och nådde sitt minimum efter 15 dagars mörningstid (se Figur 1). Ingen ytterligare minskning i skärmotstånd kunde märkas efter längre mörningstid i vakuüm till 25 dagar. Det fanns ingen skillnad i skärmotstånd efter 5 dagars mörning i vakuüm jämfört med 5 dagar i MAP. Mörning i MAP under 10 dagar gav samma skärmotstånd som mörning i vakuüm under 15 dagar. Lägsta skärmotståndet uppmättes efter 15 dagars mörning i vakuüm följt av 5 dagar i MAP, d.v.s. totalt 20 dagars mörningstid och skärmotståndet var lägre än både 15 eller 25

dagars mörning i vakuum. Resultaten visade att med den använda bitstorleken, så hade mörning i MAP inga negativa effekter på mörhetsutvecklingen.



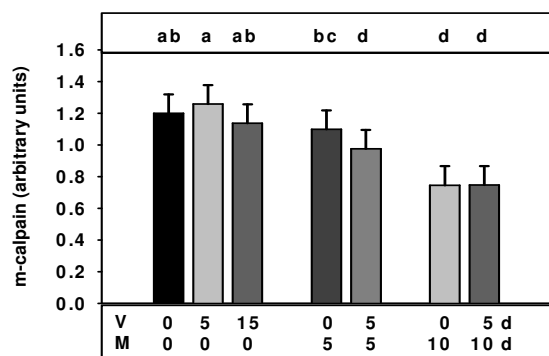
Figur 1. Skärnotstånd i LD efter lagring i vakuum (V) eller MAP (M) vid 4°C.



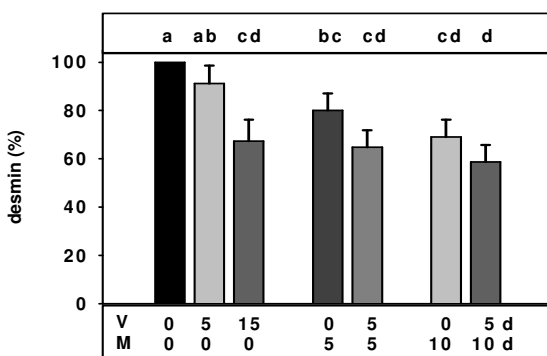
Figur 2. Tillagningsförlust (koksivinn) vid värmebehandling av LD efter lagring i vakuum (V) eller MAP (M) vid 4°C.

Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader, $P < 0,05$.

Tillagningsförlusterna för LD ökade signifikant mellan 5 och 15 dagars mörning i vakuum, medan ingen ytterligare ökning uppstod mellan 15 och 25 dagars mörningstid (se Figur 2). Mörning i MAP under 5 dagar medförde ingen ökning av tillagningsförlusten jämfört med mörning i vakuum under samma tid. Däremot medförde mörning under 10 dagar i MAP en ökning av tillagningsförlusterna till samma nivå som efter 25 dagars mörning i enbart vakuum. Resultaten indikerar att mörning i vakuum som sedan följs av mörning i MAP inte ökar tillagningsförlusterna jämfört med mörning enbart i vakuum under samma tidsperiod.



Figur 3. Aktivitet av m-calpain i LD efter mörning i vakuum (V) eller MAP (M) vid 4°C.



Figur 4. Innehåll av desmin i LD efter mörning i vakuum (V) eller MAP (M) vid 4°C i relation till VOM0 (= 100%).

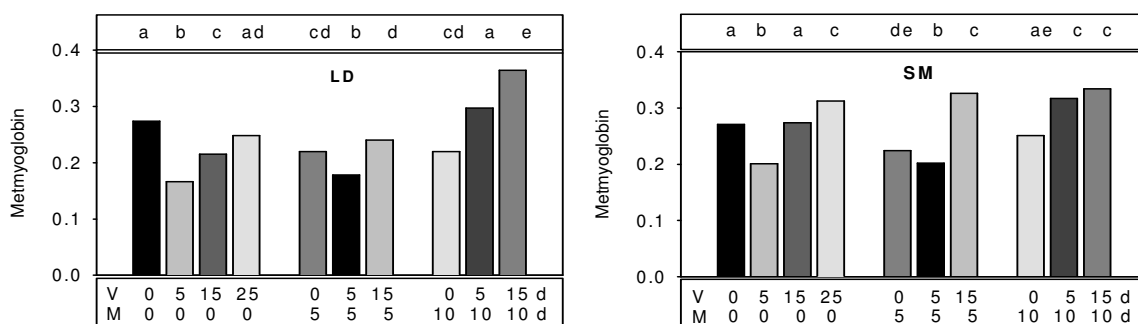
Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader, $P < 0,05$.

Aktiviteten av m-calpain i LD förändrades inte under mörning enbart i vakuum under upp till 15 dagar (se Figur 3). Då bitarna mörades i MAP märktes en minskning i calpainaktiviteten efter 10 dagar, men inte efter endast 5 dagar. All mörning i vakuum följt av mörning i MAP minskade aktiviteten för m-calpain till samma nivå som mörning under 10 dagar i enbart MAP. Resultaten visade en negativ effekt av MAP på aktiviteten av m-calpain jämfört med mörning enbart i vakuum under samma totala mörningstid. Nedbrytningen av desmin påverkades av mörningstiden men däremot inte av förpackningstypen vakuum eller MAP (se

Figur 4). Högre innehåll av karbonylföreningar, som indikerar proteinoxidation, påvisades i LD efter mörning i vakuum under 5 dagar följt av mörning i MAP under 10 dagar, jämfört med alla andra alternativ. Detta tyder på att mörning i vakuum följt av mörning i MAP inducerar högre karbonylinnehåll än vid mörning i enbart vakuum under samma tid (15 dagar).

Musklernas färgstabilitet följdes mycket noggrant under 5 dagar från det att proverna packades upp efter lagring i vakuum- resp. MAP-förpackning. Totalt ingick 10 olika lagringstider från varje muskel och djur. Sedan köttet packats upp från respektive förpackning placerades varje köttskiva på tallrik under luftgenomsläpplig plast och färgförändringarna följdes med hjälp av spectrorimeter. LD- och SM-proverna mättes med spektroskopimeter efter 1 och 3 timmar efter upppackning och därefter under totalt 5 dygn.

Den relativa andelen MetMb (ett mått på missfärgning) i förhållande till de andra myoglobinformerna OxyMb och DeoxyMb ökade vid lagring i luft under 5 dygn efter mörning i vakuum eller MAP. I Figur 5 visas effekten av de olika förpackningssystemen på andelen MetMb i LD och SM efter 5 dygn i luft. Både LD och SM hade bäst färgstabilitet (lägst andel MetMb) efter 5 dygns mörning i enbart vakuum eller 5 dygn i vakuum följt av 5 dygn i MAP. Resultaten visar generellt att missfärgningen ökade med mörningstiden både i vakuum och i MAP, med ett undantag, alldeles färskt kött (2 dygn efter slakt = VOM0) hade hög andel MetMb. Andelen MetMb var högre efter lagring i vakuum följt av MAP jämfört med enbart vakuum under lika lång tid och också högre efter 10 jämfört med 5 dygn i MAP.



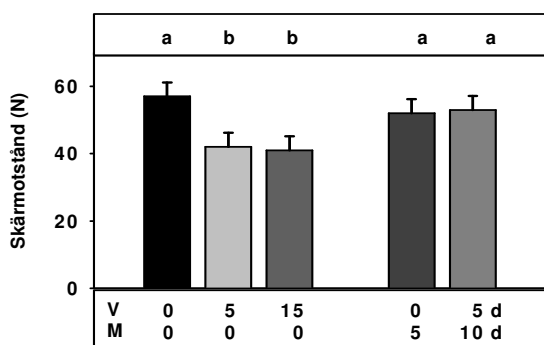
Figur 5. Andelen metmyoglobin i LD och SM efter 5 dygns lagring i luft efter mörning i vakuum (V) eller MAP (M) vid 4°C. Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader, $P < 0,05$.

Vi gjorde även en subjektiv skattning av färgstabiliteten, genom att bedöma när man som konsument skulle reagera negativt på färgen och därför inte köpa köttet på grund av alltför stark brunfärgning (metmyoglobinbildning). Av speciellt intresse var den stora variationen mellan djur, trots att alla djur kom från samma besättning och hade utfodrats på samma sätt. Det var speciellt två djur som hade dålig färgstabilitet i MAP-behandlingarna. Antal dagar innan köttet brunfärgats efter upppackning var kortare vid lagring i MAP jämfört med lagring i vakuum. Ju längre tid köttet hade förvarats i MAP desto snabbare var brunfärgningen, vilket överensstämmer med resultaten från Figur 5. Däremot var det ingen skillnad mellan musklerna SM och LD. Detta stämmer inte med observationer från praktiken, där SM oftare ger problem med dålig färgstabilitet. Den del av SM som ligger närmast benet uppvisade en PSE-liknande gulaktig färg på vissa djur, sannolikt beroende på sämre kylning i denna del av muskeln. Denna del blev snabbt brunaktig, men eftersom alla bitar från SM inte hade denna del, måste vi bortse från detta i utvärderingen.

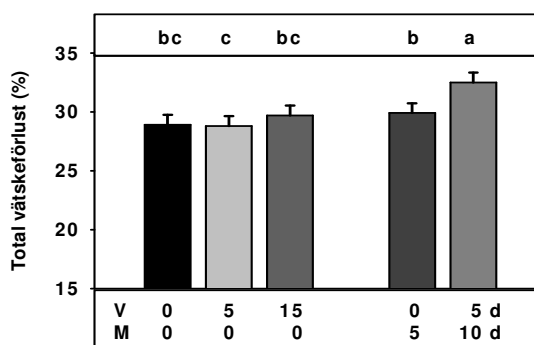
Pigmentinnehållet skilde sig inte heller mellan LD och SM (5,6 resp. 6,1 mg myoglobin/g muskel, $p = 0,24$). Detta var oväntat eftersom SM är en muskel som används mer än LD då djuren rör sig och som därför brukar ha högre pigmenthalt. Detta kan eventuellt bero på att ungtjurarna föddes upp på stall och därför inte rörde sig så mycket.

Delförsök II

Effekt av mörningstid och förpackningstyp på de variabler som mättes i delförsök II redovisas i Figur 6-9. Skärmtotståndet i biffen (se Figur 6) minskade efter 5 dagar i vakuüm (V5M0) jämfört med nollproverna (V0M0). Däremot minskade inte skärmtotståndet ytterligare med ökad mörningstid i vakuüm till 15 dagar (V15M0). Skärmtotståndet för de prover som mörats enbart i MAP (V0M5) eller med en kombination av först vakuüm och sedan MAP (V5M10) skilde sig inte från nollproverna. Även den sensoriska panelen bedömde proverna som förpackats i vakuüm som både mörare och saftigare än de prover som förpackats i MAP vid såväl 5 som 15 dagars total förpackningstid. Av speciellt intresse var att mörheten till och med minskade efter vakuümmörning följt av ompackning i MAP. Köttsmaken var något lägre i de prover som förpackats 5 dagar i vakuüm följt av 10 dagar i MAP och skiljde sig inte från nollproverna, vilket visar att även köttsmaken påverkas negativt av MAP med hög syrgashalt. Det fanns ingen skillnad i bismak mellan behandlingarna.



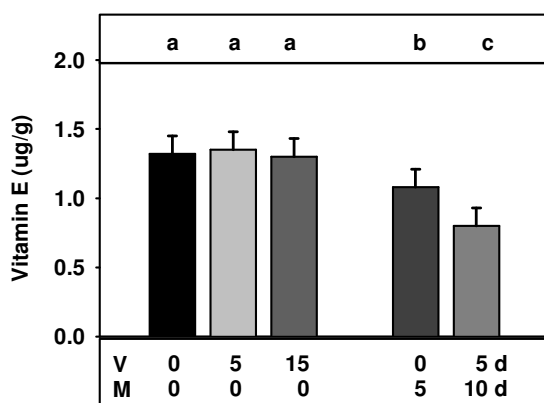
Figur 6. Skärmtotstånd i LD efter mörning i vakuüm (V) eller MAP (M) vid 4°C.



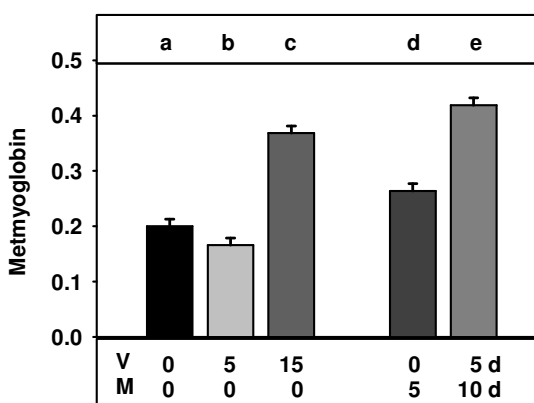
Figur 7. Total vätskeförlust (upptinnings- och koksvinn) i LD efter mörning i vakuüm (V) eller MAP (M) vid 4°C.

Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader, $P < 0,05$.

Den totala vätskeförlusten (se Figur 7) var högre efter förpackning i MAP under 5 dagar jämfört med förpackning i vakuüm under samma tid beroende på ökat tinningsvinn. Vätskeförlusten ökade ännu mer efter ytterligare 10 dagars förpackning i MAP. Däremot var det ingen skillnad i tillagningsförluster mellan de olika behandlingarna.



Figur 8. Innehåll av vitamin E i LD efter mörning i vakuüm (V) eller MAP (M) vid 4°C.



Figur 9. Andelen metmyoglobin i LD efter 5 dygn i luft efter mörning i vakuüm (V) eller MAP (M) vid 4°C.

Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader, $P < 0,05$.

Köttets E-vitaminhalt (se Figur 8) var oförändrad efter lagring i vakuum under 5 eller 10 dagar jämfört med nollprovet. Däremot minskade E-vitaminhalten efter 5 eller 10 dagar i MAP. Det fanns ingen skillnad i proteinoxidation mellan de olika behandlingarna. Generellt ökade andelen MetMb (sämre färgstabilitet) efter 5 dygn i luft (se Figur 9) liksom i delförsök I med mörningstiden såväl i vakuum som i MAP med undantag av alldeles färskt kött (3 dygn efter slakt =VOM0). Färgstabiliteten var också sämre efter mörning i MAP jämfört med vakuum under lika lång tid såväl vid totalt 5 dygn som vid 15 dygn.

Diskussion

Nya forskningsresultat har visat att förpackning av nötkött i modifierad atmosfär med hög syrehalt kan påverka mörhetsutvecklingen negativt (Tørngren, 2003; Clausen, 2004; Sørheim et al., 2004) och att även saftighet och köttsmak blir mindre intensiv, medan närvaro av bismak ökar (Clausen, 2004; Sørheim et al., 2004). Det är ännu inte klarlagt varför detta inträffar, men vår hypotes är att de enzymer som deltar i mörningsprocesserna oxideras och därför fungerar sämre. En ökad proteinoxidation har t.ex. påvisats då kött har bestrålats, vilket ledde till negativa effekter på mörhetsutvecklingen (Rowe et al., 2004). Man tror att det är syret som orsakar reduktionen i mörhet vid förpackning i MAP, eftersom en blandning av 50% koldioxid/50% kväve inte ledde till minskad mörhet (Tørngren, 2003).

Eftersom problem med varierande mörhet är störst bland ungtjurar utförde vi studierna på denna djurkategori. Från de djur som slaktades från de aktuella besättningarna valde vi djur med så liten variation i slaktkroppsvikt och EUROP-klassificering som det var möjligt, för att inte variation i vikten och därmed i kylförloppet skulle påverka resultaten. Däremot varierade fettnihålllet i musklerna till en viss del mellan djuren. Med den planerade uppläggningsen erhöles en mycket effektiv statistisk modell trots det relativt begränsade antalet djur (10 djur i de båda delförsöken). De olika mörningstiderna som valdes för förpackning i vakuum respektive MAP kan betraktas som representativa för svensk köttindustri.

I delförsök I jämfördes 10 cm långa bitar av biffen efter förpackning under olika tider antingen i vakuum eller i MAP med hög syrgashalt. Resultaten visade att mörhetsutvecklingen mätt som skärmotstånd inte skilde sig mellan de olika förpackningstyperna, men var beroende av mörningstid och var på biffen biten togs ut. Det kan förklaras av att syrgasen i den modifierade atmosfären inte påverkar köttet längre in än ca 2 cm och i större bitar som i detta fall påverkas endast köttets yttre del.

I delförsök II, där vi jämförde skivor av kött förpackade i vakuum eller i MAP, kunde vi se en tydlig effekt av MAP med hög syrgashalt. Skivorna var 3 cm tjocka i båda förpackningstyperna och för att syrgasen skulle penetrera köttet från båda sidorna placerades sugrör av plast i botten på tråget. Resultaten visade en högre vätskeförlust efter förpackning i MAP jämfört med vakuum, speciellt efter den längre tiden med 10 dagar i MAP. Det bör dock noteras att köttskivorna packades om efter 5 dagars förvaring i vakuumpförpackning, vilket kan ha bidragit till det ökade svinnet i detta fall.

Köttets mörhetsutveckling är som tidigare nämnts av stor betydelse för att uppnå en god sensorisk kvalitet. Efter MAP-förpackning hade köttet både högre skärmotstånd i den instrumentella testen och lägre mörhet vid test med smakpanel, vilket innebär ett segare kött. Av speciellt intresse är att den högre mörhet som fanns efter mörning i vakuum gick tillbaka vid förvaring i MAP, så att skärmotståndet var detsamma som i nollproverna trots mörning under 5 dagar i vakuum innan skivan placerades i MAP. Även saftighet och köttsmak var lägre efter förvaring i MAP jämfört med vakuum, speciellt efter den längre förvaringstiden. Den oxidativa miljön i MAP visade sig också genom en ökad nedbrytning av E-vitamin, vilket tyder på att den höga syrgashalten gav upphov till fria radikaler. I det första delförsöket

kunde vi också notera en signifikant ökning av proteinoxidationen vid den längsta tiden i MAP.

Förpackning i modifierad atmosfär (MAP) med hög syrehalt ger köttet bra färg med relativt bra färgstabilitet. I vår studie påverkade mörningslagringen färgstabiliteten som var bäst 1 vecka efter slakt och därefter minskade med mörningstiden såväl i vakuum som i MAP. Försämringen var mest markant i MAP, vilket beror på syrets inverkan vid längre tids lagring. Förpackning i MAP med hög syrehalt är emellertid inte förenlig med optimal köttkvalitet avseende mörhet och smak. Det beror på att den höga syrehalten innebär en mycket oxidativ miljö som är negativ för köttets mörhet och smakutveckling. Fett- och protein-oxidationen ökar och E-vitaminhalten minskar under den lagringstid som normalt rekommenderas. Den mörhet och köttsmak som uppnåts efter mörning i vakuum minskade t.o.m. efter lagring i MAP.

Vakuumpförpackning är betydligt bättre både för färgstabiliteten och för en optimal ätkvalitet, men konsumenten föredrar sannolikt den rödare färgen efter förpackning med hög syrehalt. En ökning av andelen kött förpackat i vakuum skulle minska svinnet avsevärt, eftersom hållbarheten är längre i vakuum än i förpackningar med modifierad atmosfär med hög syrehalt. Detta skulle dock innebära att både handel och konsumenter måste uppnå en bättre kunskapsnivå för att ta till sig detta.

Sammanfattningsvis är det viktigt att uppmärksamma den negativa effekten som förpackning i hög syrgashalt har på mörhetsutvecklingen. Även om färgstabiliteten är god i denna förpackningstyp är det synnerligen negativt om mörheten t.o.m. utvecklas i negativ riktning.

Referenser

- Clausen, I. 2004. Sensory evaluation of beef loin steaks stored in different atmospheres. *Proc. 50th International Congress of Meat Science and Technology*, Helsingfors, Finland.
- Gatellier, P., Mercier, Y., Juin, H. & Renner, M. 2005. Effect of finishing mode (pasture- or mixed-diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle. *Meat Science*, 69, 175-186.
- Hunt, M.C., Sørheim, O. & Slinde, E. 1999. Color and heat denaturation of myoglobin forms in ground beef. *J. Food Science*, 64, 847-851.
- Jakobsen, M. & Bertelsen, G. 2000. Colour stability and lipid oxidation of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition. *Meat Science* 54, 49-57.
- Koohmaraie, M., Kent, M.P., Shackelford, S.D., Veiseth, E., Wheeler, T.L. 2002. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? *Meat Science*, 62, 345-352.
- Kristensen, L., Therkildsen, M., Dall Aaslyng, M., Oksbjerg, N. & Ertbjerg, P. 2004. Compensatory growth improves meat tenderness in gilts but not in barrows. *J. Anim. Sci.* 82, 3617-3624.
- Lindahl, G. 2003. Colour characteristics of pork from Hampshire, Landrace and Yorkshire breeds. Licentiatavhandling, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. ISBN 91-576-6291-6.
- Rowe, L.J., Maddock, K.R., Lonergan, S.M. & Huff-Lonergan, E. 2004. Influence of early postmortem protein oxidation on beef quality. *J. Animal Science*, 82, 785-793.
- Sampels, S., Pickova, J., Wiklund, E. 2004. Fatty acids and oxidation in fresh, smoked and dried reindeer muscle. *Meat Science* 67, 523-532.

- Sørheim, O., Wahlgren, M., Narum Nielsen, B. & Lea, P. 2004. Effects of high oxygen packaging on tenderness and quality characteristics of beef *longissimus* muscles. *Proc. 50th International Congress of Meat Science and Technology*, Helsinki, Finland.
- Trout, G.T. 1991. A rapid method for measuring pigment concentration in porcine and other low pigmented muscles. *Proc 37th International Congress of Meat Science and Technology*, Kulmbach, Germany, pp. 1198-1201.
- Tørngren, M.A. 2003. Effect of packing method on colour and eating quality of beef loin steaks. *Proc. 50th International Congress of Meat Science and Technology*, Helsinki, Finland.

Vetenskapliga publikationer från projektet

- Lagerstedt, Å., Edblad, U., Wretström, S., Enfält, A-C., Johansson, L and Lundström, K. (2006). Minced meat packed in high-oxygen modified atmosphere – effects on sensory quality and oxidation products. *Proc. 52nd International Congress of Meat Science and Technology*, August 13-18, Dublin, Ireland.
- Lagerstedt, Å., Lundström, K. and Lindahl, G. (2008). Influence of ageing time on tenderness, colour and sensory quality in steaks of beef *M. longissimus dorsi* after packaging in vacuum or high-oxygen modified atmosphere. In manuscript.
- Lagerstedt, Å., Lindahl, G. and Lundström, K. (2008). Minced meat packed in high oxygen modified atmosphere – effects on sensory quality and oxidation products. In manuscript.
- Lindahl, G., Enfält, A-C., Lagerstedt, Å., & Lundström, K. (2006). Higher colour stability in steaks of beef loin aged in vacuum compared with high oxygen modified atmosphere. *Proc. 52nd International Congress of Meat Science and Technology*, August 13-18, Dublin, Ireland.
- Lindahl, G., Lagerstedt, Å., Ertbjerg, P., Sampels, S., and Lundström, K. (2008). Ageing of bovine *M. longissimus dorsi* in vacuum or high oxygen modified atmosphere – effect on shear force, calpain activity, desmin degradation and protein oxidation. In manuscript.
- Lindahl, G., Lagerstedt, Å. and Lundström, K. (2008). Ageing of intact bovine *M. longissimus dorsi* and *M. semimembranosus* in vacuum or high oxygen modified atmosphere – effect on colour stability of steaks in air. In manuscript.

Populärvetenskapliga publikationer från projektet

- Enfält, L. (2005). Konsumentpackat har effekt på köttets färg. *KöttBranschen*, nr 6, 2005 sid. 26-27.
- Edblad, U. (2006). Köttfärs förpackad i modifierad atmosfär under 0, 6 och 8 dagar- en analys av sensoriska egenskaper samt oxidation av lipider och proteiner. Examensarbete, Inst. för livsmedelsvetenskap, Publikation nr 223, Uppsala.
- Gräsman, K. (2005). Färgstabilitet i nötkött efter olika lagrings- och förpackningsmetoder. Examensarbete, Inst. för livsmedelsvetenskap, Publikation nr 203, Uppsala.
- Karlsson, J. (2005). Utfodringens inverkan på färgstabilitet och mörhet i nötkött. Examensarbete, Inst. för livsmedelsvetenskap, Publikation nr 208, Uppsala.
- Wretström, S. (2006). Köttfärs förpackad i modifierad atmosfär under 0, 6 och 8 dagar- en analys av sensoriska egenskaper och stabiliteten av vitamin E. Examensarbete, Inst. för livsmedelsvetenskap, Publikation nr 224, Uppsala.

Övrig resultatförmedling till näringen

Deltagande i arbetsgrupp bestående av representanter för Kött-&Charkföretagen, ICA-handlarna, Coop och Axfood.