

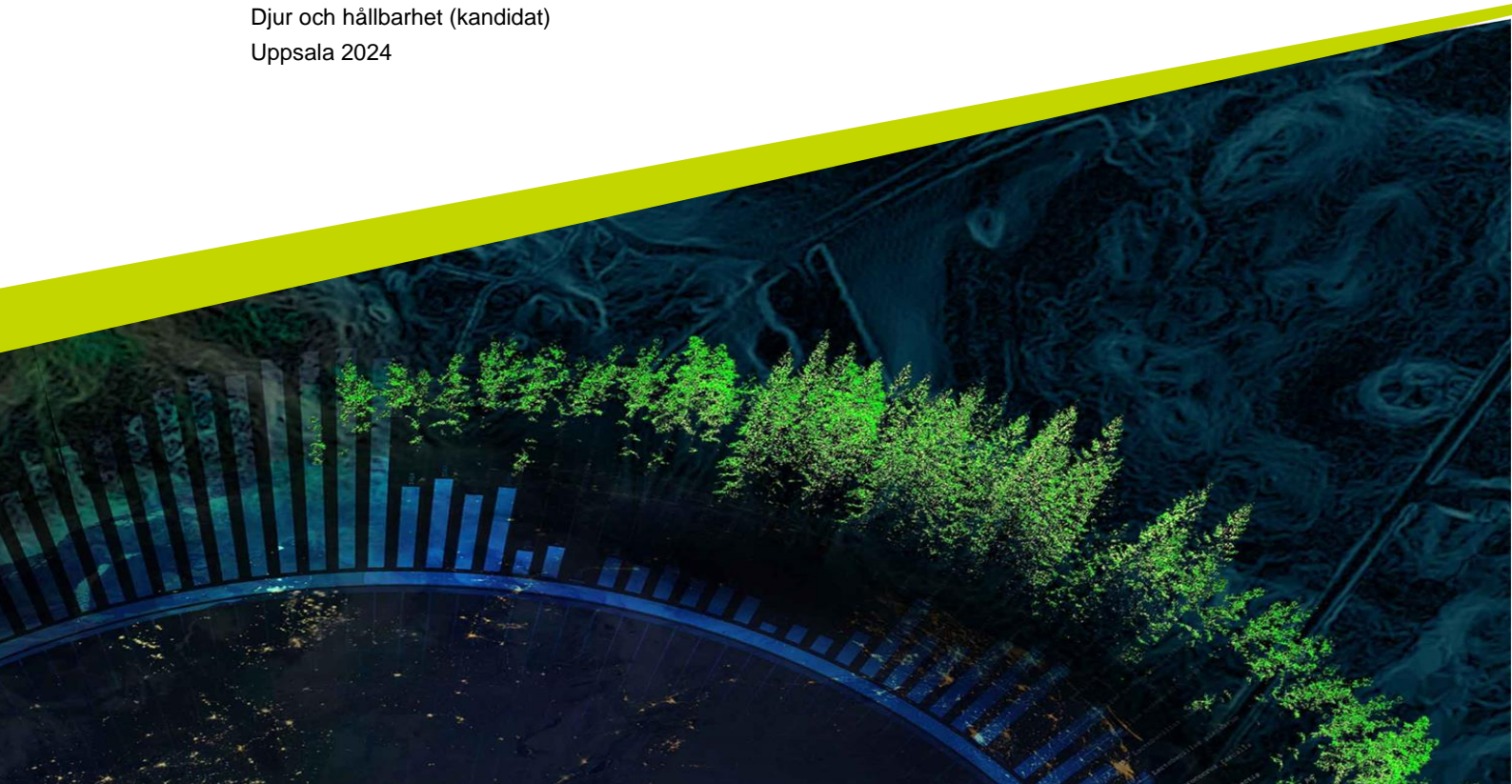


Missfärgning av nötkött

- faktorer som påverkar nötköttets färg

Ida Wennerholm

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Djur och hållbarhet (kandidat)
Uppsala 2024



Missfärgning av nötkött - faktorer som påverkar nötköttets färg

Discoloring of beef - factors affecting the color of beef

Ida Wennerholm

Handledare: Katarina Arvidsson Segerkvist, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Bitr. handledare: Malin Fällström, Skövde Slakteri, Kvalitets- och miljöchef

Examinator: Anders Karlsson, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap

Kurskod: EX0865

Program/utbildning: Djur och hållbarhet (kandidat)

Kursansvarig inst.: Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2024

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: färg, missfärgning, pH, förpackning, hantering, temperatur, *rigor mortis*, elstimulering, färgstabilitet

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Sammanfattning

Denna litteraturstudie syftar till att sammanställa faktorer som kan påverka färgen på nötkött. De ämnen som tas upp är hantering av djuren innan slakt, pH, temperatur, elstimulering och förpackning. Litteraturen tar upp många olika faktorer som påverkar köttets färg, men olika studier har olika resultat när det kommer till bland annat köttets rödhet. Det förekommer även stor naturlig variation, vilket gör det svårt att införa generella riktlinjer för mest önskvärd färg på slutprodukten. Studier visar även att till exempel förpackningar har olika egenskaper som ger köttet olika förutsättningar för önskvärd färg, där kraftigt marmorerat kött har bäst förutsättningar i vakuumpförpackningar medan ett magrare kött har en längre hållbarhet i aeroba förpackningar. Det finns även studier som visar att hanteringen av djuren innan slakten påverkar köttets slutgiltiga färg, där stress är en stor faktor. De bidragande faktorerna till stress som tas upp i denna litteraturstudie är bland annat utrymme i transport och uppställningen på slakteriet, men även fastetiden innan slakt. Elstimulering påverkar inte en slaktkropp från ett stressat djur på samma sätt som ett lugnt djur, vilket gör hanteringen innan slakt till en central del. En annan viktig faktor som diskuteras är temperaturen vid *rigor mortis*, där studier visar för- och nackdelar med en hög temperatur (35 °C), då det kan leda till andra kvalitetsdefekter som värmesammandragning.

Nyckelord: färg, missfärgning, pH, förpackning, hantering, temperatur, *rigor mortis*, elstimulering, färgstabilitet

Abstract

This literature review aims to summarize factors that can affect the color of beef. Subjects such as pH, temperature, electrical stimulation, packaging, and animal handling before slaughter will be addressed. The literature covers factors affecting meat color, but numerous studies yield different results, including those regarding the redness of the meat. There is also significant natural variation, making it difficult to establish general guidelines for the most desirable color of the product. Studies also show that packaging, for example, has different qualities that provide the meat with varying conditions for the desired color. Highly marbled beef, for instance, has the best conditions in vacuum packaging, while leaner meat has a longer shelf life in aerobic packaging. There are also studies showing that the handling of animals before slaughter affects the final color of the meat, with stress being a significant factor. Stress factors discussed in this literature review include space during transportation and housing at the abattoir, as well as fasting time before slaughter. Electrical stimulation does not affect a carcass from a stressed animal in the same way, making pre-slaughter handling a central part. Another crucial factor discussed is the temperature during *rigor mortis*, with studies showing the advantages and disadvantages of a high temperature (35 °C), as it can lead to other quality defects like heat contraction.

Keywords: color, discoloring, pH, packaging, handling, temperature, *rigor mortis*, electrical stimulation, color stability

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	4
Figurförteckning.....	5
1. Introduktion	6
2. Litteraturgenomgång	8
2.1 Köttets färg.....	8
2.2 Hanteringen av djuren innan slakt	10
2.3 Elstimulering.....	11
2.4 <i>Rigor Mortis</i>	12
2.5 Temperatur.....	13
2.6 Förpackningar	16
2.7 Lagringstid.....	17
3. Diskussion	18
3.1 Slutsats	20
Referenser.....	20
Tack 22	

Tabellförteckning

Tabell 1. Sammanställning av temperatur och förpackningar.....	15
Tabell 2. Sammanställning av faktorer som påverkar färgen på nötkött enligt denna litteraturstudie.	19

Figurförteckning

Figur 1. Illustration över myoglobinets förändring och nötköttets färg. Inspirerad av Ribeiro et al. (2019) samt Yang & Wang (2014).....	9
Figur 2. Illustration av optimal pH-sänkning. Inspirerad av Meat & Livestock Australia (2013).....	12

1. Introduktion

Idag har näringen ett stort problem med missfärgning av nötkött. Missfärgning är inte önskvärt varken av konsumenter eller producenter då det ger en stor ekonomisk förlust och matsvinn. Det leder till kött som kasseras, även om det många gånger går att skära bort den berörda delen. Detta är dock väldigt kostsamt och tar mycket tid för slakteriet, både genom extra transporter till leverantörer och arbetstid¹. Ur en etisk synvinkel kan det även vara oacceptabelt att kassera kött som inte hanterats korrekt, då man inte tar vara på hela djuret. För att komma till rätta med problemet krävs ytterligare forskning och studier inom Sverige. Då kan en litteraturstudie vara en bra grund.

Slakterierna jobbar idag olika med bland annat elstimulering, nedkylning, pH-sänkning och förpackning. I stora delar av världen använder de flesta slakterierna elstimulering av slaktkropparna för att få en bättre köttkvalitet. Forskning har visat att hög strömstyrka i slaktkroppar verkar positivt på köttets färg (Mombeni et al. 2013). Utöver elstimulering jobbar slakterierna olika med nedkylningen av slaktkropparna för att uppnå en god kvalitet på slutprodukten, då olika kylningshastighet påverkar produktkvaliteten (Svenskt Kött u.å.a). Ytterligare skiljer det sig mycket mellan olika förpackningar, där miljön för köttet kontrolleras under lagringstiden. De olika förpackningarna har olika egenskaper för att ge köttet en lång hållbarhet och en god ätkvalitet under en längre tid (Yang et al. 2016).

Poveda-Arteaga et al. (2023) tar i sin litteraturstudie upp att exempelvis pH, temperatur, luft och naturlig variation kan påverka köttets färg. Utöver fysiologiska parametrar från djuren, såsom glykogenreserv, kan köttet få en icke önskvärd färg vid felaktig hantering och andra yttre faktorer. Till yttre faktorer räknar författarna bland annat produktionssystem, utfodring, transport, utrymme innan slakt, omgivnings temperatur och tidpunkt för slakt. Hanteringen innan slakt är viktig för att minimera stressen för djuren och då främst när det kommer till lastning, transport, lossning och på slakteriet.

Rigor mortis inträffar olika långt efter avlivning på olika djur och individer då det beror på många faktorer, bland annat temperatur, energireserver vid avlivningen och vilken typ av muskelfiber individen har mycket av (Warris 2000; Lawrie & Ledward 2006). Vanligtvis inträffar *rigor mortis* efter ca 24 timmar hos nötkreatur och pågår ca 24 timmar (Svenskt Kött u.å.b). *Rigor mortis* inträffar runt pH 6. Köttets temperatur under *rigor mortis* är viktig för köttkvaliteten för att minska risken för kvalitetsdefekter som bland annat köld- och värmesammandragning.

¹ Malin Fällström, Kvalitets- och miljöchef, Skövde slakteri, 2024-04-04

Detta gör att slakterierna jobbar väldigt mycket med temperaturen på köttet när det når pH 6, för att undvika vanliga kvalitetsdefekter (Meat & Livestock Australia 2013).

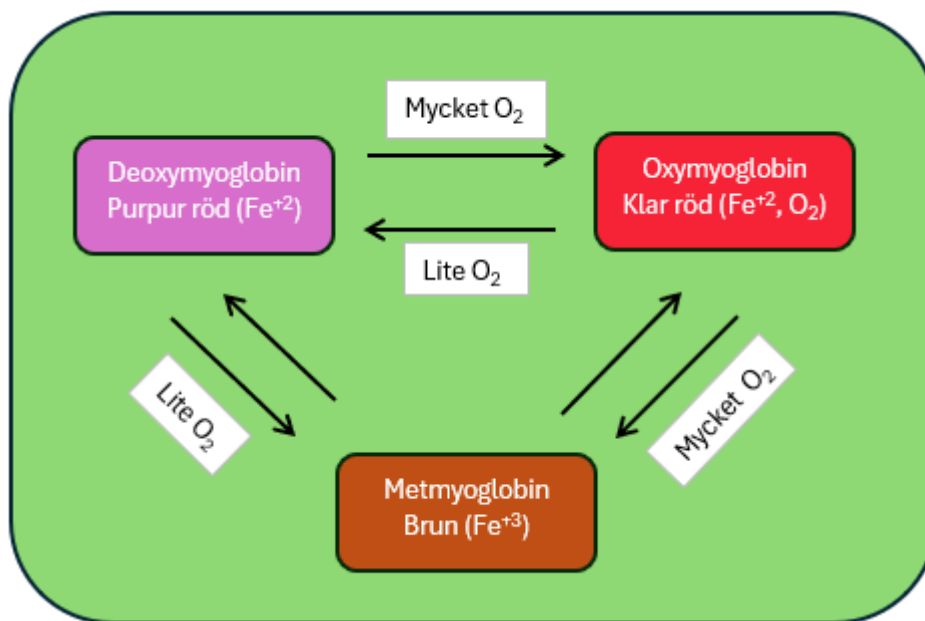
Syftet med denna rapport är att undersöka faktorer som påverkar missfärgning. Detta för att näringen efterfrågar mer forskning angående missfärgningen som slakterier i Sverige jobbar mycket med. Problemet anses vara stort då det är en stor ekonomisk förlust, miljöpåverkan med onödigt matsvinn och extra transport av missfärgat nötkött. Frågeställningarna denna rapport kommer att lägga fokus på är: Vad kan orsaka missfärgning av nötkött? Påverkar hanteringen av djuren innan slakt, köttets temperatur vid pH 6 och lagringstiden den slutgiltiga köttprodukten? I rapporten kommer dessa frågeställningar att besvaras genom att ta upp ämnen som hantering av djuren innan slakt, elstimulering, *rigor mortis*, temperatur, pH, förpackningar och lagringstid.

2. Litteraturgenomgång

2.1 Köttets färg

Köttets röda färg kommer från det syrebindande proteinet myoglobin. Innan köttet kommer i kontakt med syre har det en purpurfärg av myoglobin i form av deoxymyoglobin. När proteinet får kontakt med syre sker en reaktion och ger köttet en rödare färg genom oxymyoglobin. I pigmentet är det järnjoner som binder syre och ger köttet sin färg. Det leder till att när köttet haft kontakt med syre under en längre tid kommer järnjonerna att oxidera och pigmentet blir då metmyoglobin, som i sin tur gör att köttet tappar sin röda färg och blir grå/brunt istället (Ruedt et al. 2023). Detta illustreras även i figur 1. Enligt Renerre & Labas (1987) varierar det hur snabbt detta sker beroende på myoglobinkoncentrationen i muskeln, vilket är kopplat till fibertyperna muskeln innehåller. De skriver även att högre andel vita fibrer kan ge köttet en ljusare färg men även ge en ökad risk för PSE (blek, mjuk och exudativ) efter slakt, vilket på engelska kallas för *pale, soft and exudative*. Detta beror på att vita muskelfibrer har en högre glykolytisk potential i förhållande till röda muskelfibrer.

Glykolytisk potential är kroppens förmåga att genomföra glykolysen, vilket man beräknar med hjälp av muskelns nivå av glykogen, glukos, glukos-6-fosfat och laktat. Pågrund av fördelningen av fibertyperna drabbas inte nötkött, som har hög andel röda muskelfibrer, av PSE i samma utsträckning som kött med hög andel vita muskelfibrer som tex kyckling. (Xie et al. 2023).



Figur 1. Illustration över myoglobinetts förändring och nötköttets färg. Inspirerad av Ribeiro et al. (2019) samt Yang & Wang (2014).

Utöver PSE finns det en annan kvalitetsdefekt, DFD (mörk, fast och torr) som på engelska kallas *dark, firm and dry*. Muskelns glykolytiska potential kan enligt Wulf et al. (2002) vara kopplat till DFD. Detta konstaterade de i sin studie där de undersökte åtta olika muskler från 100 olika djur. I undersökningen analyserades pH, färg och mörhet för att bestämma köttkvaliteten. Resultaten av studien visade att musklerna *longissimus lumborum*, *gluteus medius*, *semimembranosus* och *semitendinosus* var de som oftast drabbades av DFD. Det visades även att kött som drabbats av DFD hade en mer nötaktig, syrlig och besk smak jämfört med icke drabbade muskler. När det gällde mörhet konstaterades det att högre glykolytisk potential var kopplat till ett mjukare kött. Det är dock en stor variation mellan olika individer, vilket gör att de är olika känsliga för stress. Stressen kan orsaka minskning av den glykolytiska potentialen, då stressade djur förbrukar glykogen innan avlivningen. Även Arief et al. (2006) konstaterade att stressade djur var de som drabbades mest av DFD i deras studie.

Ytterligare två defekter hos nötkött är köld- och värmesammandragning. Dessa har med temperaturen vid *rigor mortis* att göra. *Rigor mortis* infaller när slaktkroppen har ett pH omkring 6. Värmesammandragning uppstår när slaktkroppen är för varm (>35 °C) vid pH 6 och köldsammandragning när slaktkroppen är för kall (<15 °C) vid pH 6 (Meat & Livestock Australia 2013). Morley (1974) tar i sin studie upp värmeproduktionen hos nötkött under *rigor mortis*, vilket är starkt kopplat till värmesammandragning. Vid värmesammandragning tappar köttet vätska genom att proteinerna i köttet dras samman och pressar ut vätskan ur köttet. Sammandragningen kan även påverka köttets struktur och orsakar en fastare och

mindre saftig konsistens. Reaktionen vid köldsammandragning blir den samma som värmesammandragning, men kan motverkas genom elstimulering, då elstimuleringen påskyndar pH-sänkningen².

Renerre & Labas (1987) studerade under sin studie hur myoglobinet påverkades av muskeltypen och hur fort det påverkades i olika typer av muskler. Detta gjordes genom att analysera olika hastigheter av metmyoglobinackumuleringen genom faktorer såsom syreförbrukningshastighet. De konstaterade att köttets färgstabilitet var kopplat till syreförbrukningen i muskeln men även andelen cytokrom A, då dessa påverkar köttets oxidationsaktivitet. Med en högre koncentration cytokrom A ökar oxidationshastigheten. Dessa faktorer kan bidra till en snabbare metmyoglobinbildning, vilket ger en mindre önskvärd färgstabilitet. Musklerna med högst oxidationshastighet och oxidationsaktivitet var de med högre andel vita muskelfibrer.

2.2 Hanteringen av djuren innan slakt

I en studie gjord av Clariget et al. (2021) undersöktes effekten av tiden och platsen för fasta innan slakt. Detta gjordes genom att mäta bland annat djurvälstånd, intramuskulärt fett, vikt, levervikt och fysiologiska parametrar som exempelvis hematokritnivå, protein och globin, men även köttkvalitet såsom pH, färg och droppsvinn. Djuren hade fri tillgång till vatten under försöket. Resultatet av denna studie visade att kortare fasteperioder gav tyngre slaktkroppar jämfört med en längre fasteperiod och därmed en chans till ökad ekonomisk vinst. Den kortare fasteperioden varade i 2,5–5 timmar medan den längre fasteperioden varade i 23–29 timmar i detta försök. Utöver det betonades vikten av att minimera stress innan slakt ur välfärdssynpunkt. Slutsatsen av undersökningen blev att en kort fastetid för djuren var mer lönsamt både för slakteriet och för producenten och att det även var bättre för djuren. De tog också upp att det finns förbättringspotential inom detta område då djuren blir utan foder och vatten under bland annat lastning och lossning. Förbättring kan till exempel ske genom ombyggnation av lossningshallar på slakterierna och utlastningen hos producenterna, vilket skulle minimera fastetiden för djuren. Detta genom en effektivare lossning och lastning. Försöket visade dock inga skillnader när det kom till köttets färg, marmorering eller droppsvinn.

Mach et al. (2008) tog i sin studie upp faktorer som kan påverka köttets pH, vilket i sin tur kan påverka färgen på köttet. Studien tog upp faktorer såsom säsong, kön, ras och transport av djuren. Resultatet av försöket visade att kön och subkutant fett var två faktorer som påverkade pH-värdet mycket, där magra kvigor generellt hade

² Katarina Arvidsson Segerkvist, Forskare vid institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU [2024-03-20]

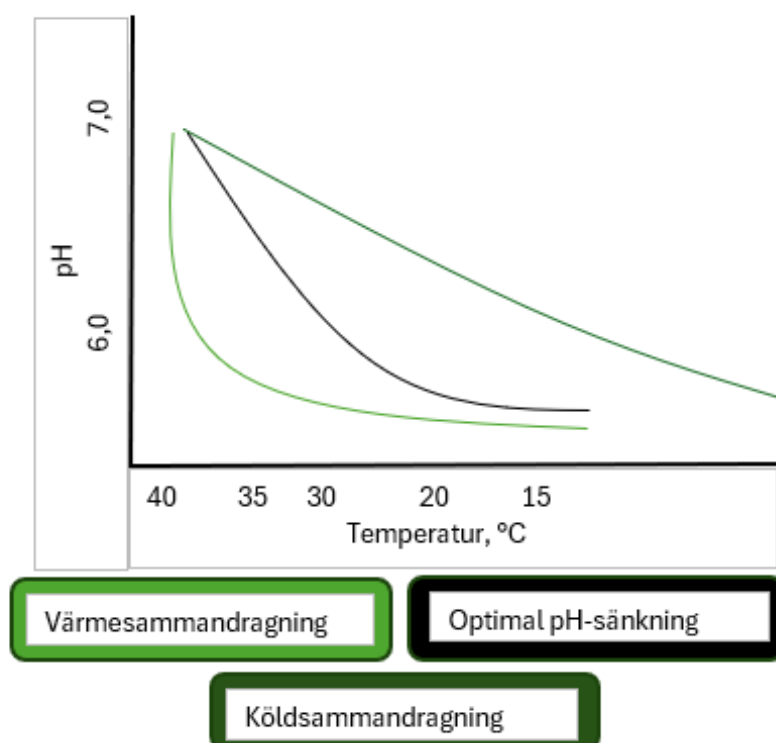
ett högre pH-värde 24 timmar efter slakt. Uppstallningstid på slakteriet och utrymmet i transporten påverkade färgen i detta försök, där en längre väntetid på slakteriet gav ett lägre slutligt pH och en mörkare färg. Mach et al (2008) skriver också att det förekom naturlig variation och varierande hantering med mera som påverkade pH-värdet. Detta gör att det är svårt att sätta generella riktlinjer för optimal köttkvalitet, vilket styrks av ytterligare studier (Mounier et al. 2006).

2.3 Elstimulering

Under en studie gjord av Roeber et al. (2000) jämfördes fyra olika typer av elstimulering på slaktkroppar från nötkreatur. Behandlingarna i försöket var medelspänning (100 volt) och hög spänning (100 och 300 volt) med mellan duration (11 impulser) och lång duration (16 impulser). Där tittade de på mörhet, vätskeförlust, förlust vid putsning och färgen på köttet. Studien resulterade i slutsatsen att musklerna som stimulerats med el fick en ljusare men rödare färg och blev inte lika blå som de musklerna som inte blev elstimulerade. Resultatet visade även att mörheten gynnas av elstimulering men att förlust av vätska inte påverkades. Det fanns dock ingen signifikant skillnad mellan de olika typerna av elstimulering med avseende på köttets färg.

Påverkar elstimulering med högspänning på 800 volt och 2,5 ampere köttkvaliteten? Detta var något Mombeni et al. (2013) undersökte, där färgstabilitet var en viktig parameter. Under försöket konstaterades att elstimuleringen sänkte pH-värdet i köttet och *rigor mortis* inträffade snabbare jämfört med kontrollgruppen. Det gav även köttet en mer önskvärd färg och färgen varade även under lagringen. Alltså har enligt författarna elstimulering med hög spänning en effekt på köttets kvalitet och köttets färg. Studien visade även en ökning i vätskeförluster genom avdunstning jämfört med kontrollgruppen. Detta anses dock inte vara en tillräcklig förlust för att inte använda sig av elstimulering med högspänning på slaktkroppar, då elstimuleringen minskar risken för köldsammmandragningar i musklerna.

Det genomfördes en studie där man stressade djuren före slakt för att se om elstimulering (550 volt) gav effekt på stressade djur, vilken genomfördes av Dutson et al. (1982). Elstimuleringen gav ingen effekt på det slutliga pH-värdet i köttet, muskelfärgen eller köttets konsistens jämfört med kontrollgruppen. Författarna tror att detta kan bero på bristen av glykogen vid slakten och därför en för hastig pH-sänkning, då mjölksyra redan ansamlats i musklerna. De tror därför att det krävs en optimal pH-sänkning (figur 2) för att elstimulering ska ge effekt på köttkvaliteten.



Figur 2. Illustration av optimal pH-sänkning. Inspirerad av Meat & Livestock Australia (2013).

Ytterligare en studie med elstimulering gjord av McKenna et al. (2007) undersökte om elstimulering (500 volt och 0,5 ampere) påverkade nötköttets färg och vattenhållande förmåga. Färgen mättes vid olika tidpunkter efter elstimuleringen för att se hur den förändrades över tid. Under studien kunde man inte se skillnader i färgen och pH mellan de olika mättillfällena. Det sågs dock små skillnader mellan samma muskeltyp på olika individer, vilket kan vara kopplat till naturlig variation enligt författarna.

2.4 Rigor Mortis

Det finns flera faktorer som kan påverka färgen hos nötkött. Några av dessa undersöktes av Hughes et al. (2018), bland annat sträckning av muskeln. Resultatet av studien visade att en ökad sarkomerlängd inte hade någon effekt på nyansen eller styrkan på köttets färg. En högre temperatur (35 °C) vid *rigor mortis* gav dock en ljusare färg och en mer önskvärd ljusspridning jämfört med de lägre temperaturerna i studien (5 och 15 °C), vilket konstaterades med laserskanningsmikroskopi. Proverna förvarades i kylskåp och i inkubatorer under försöket. Denna koppling tros enligt författarna komma från muskelfibrernas minskning i tjocklek under utsträckningen. Även om de muskler som var i högre temperatur fick en mer önskvärd ljusspridning visade de ingen skillnad i rödhet eller gulhet. Utifrån detta

konstaterar författarna att det inte är myoglobinets struktur som styr ljusintensiteten. Författarna är tydliga med att det behövs mer forskning inom detta område för att identifiera alla involverade processer. Detta för att den högre temperaturen kan leda till bland annat proteindenaturering och värmesammandragning, vilket skulle kunna påverka ljusspridningen.

Farouk & Lovatt (2000) undersökte i sin studie hur temperaturen vid *rigor mortis* och muskeltypen påverkade färgen och smaken på nötkött. Detta undersöktes i 0, 10 och 35 °C för att eventuellt se skillnader. Resultatet visade att det finns skillnad i pH-sänkningens hastighet när det kom till 35 °C, men det fanns ingen skillnad mellan köttet som var förvarat i 0 och 10 °C. De kunde även se att pH-värdet skiljde sig mellan olika muskler oberoende av lagringstemperaturen, vilket tros komma från olika sammansättning av fibertyper. De första tre timmarna efter avlivningen kunde man se en interaktion mellan muskeltyp och temperatur. Med en ökad temperatur vid *rigor mortis* sågs en påverkan på sarkomerlängden, men även ljusheten, rödheten, gulheten och färgstabiliteten. Ljusheten och rödheten gynnades av en högre temperatur vid *rigor mortis*, medan gulheten och färgstabiliteten missgynnades.

I en studie gjord av Torres et al. (1988) undersöktes tillsatsen av salt med avseende på köttkvalitet och oxidation innan och efter *rigor mortis*. Saltet tillsattes genom sprayning med saltlösning. Köttkvaliteten skattades genom bland annat pH-värdet. Av studien kunde man konstatera att saltet gav en snabbare initial pH-sänkning innan *rigor mortis* inträffade, men att det slutliga pH-värdet blev högre och därmed hämmade saltet pH-sänkningen. Ytterligare konstaterades att saltet ökade oxidationen av lipider både innan och efter *rigor mortis*. Det kunde dock inte identifieras av konsumenter i ett sensoriskt konsumenttest. Vid saltning innan *rigor mortis* fick köttet ljusröd färg som varade under en längre period jämfört med saltningen efter *rigor mortis*. Författarnas slutsats av detta försök blev att saltet påverkar både färg och oxidation vid saltning innan och/eller efter *rigor mortis*.

2.5 Temperatur

Temperatur, lagringstid och modifierad atmosfär var något som Jakobsen & Bertelsen (2000) undersökte. De kollade även på hur oxidationen av lipider i nötköttet påverkades av dessa parametrar. Den modifierade atmosfären varierade i syrekonzentration tillsammans med koldioxid. Syrekonzentrationen varierade mellan 20–80 %. Utöver syrekonzentrationens variation varierade även lagringstemperaturen mellan 2–8 °C under försökets 10 dagar. De kunde efter försöket se en stor skillnad i lipidoxidation mellan muskler och individer, men den största skillnaden observerades vid 8 °C. Detta tros bero på olika andel vitamin E,

lipidinhåll och fettsyrasammansättning som har en stark koppling till lipidoxidation. Andelen syre i förpackningen gav effekt på både färgstabiliteten och lipidoxidationen, vilket konstaterades genom att en låg syrenivå gav en icke önskvärd färg men en långsammare härskning än de med högre syrehalt. Slutsatsen av denna studie var att en syrehalt över 55 % och en temperatur under 4 °C ger köttet en bra förutsättning för att hålla en önskvärd färg och en låg lipidoxidation under en längre tid (tabell 1).

Lanier et al. (1977) genomförde en studie där de undersökte hur oxidation av myoglobinet påverkades av temperatur, luftfuktighet och lufthastighet. Detta genomfördes för att se hur köttfärgen påverkades. Studien lade fokus på magert kött. De mätte oxidationen genom att kolla på skillnaden i färgen på köttet men även vikten analyserades för att skatta oxidationen. Under studien kom man fram till att oxidationen gick fortare vid högre temperatur och lufthastighet. Att lufthastigheten påverkade pigmentoxidationen förklarade författarna med att det orsakas av uttorkning, vilket de tror kan bero på ökad lipidoxidation vid högre lufthastigheter. Den snabbare lipidoxidationen gav en tidigare härskning och missfärgning. Ytterligare konstaterade man att vikten påverkades av andelen myoglobin vid början av försöket, då myoglobinoxidationen var kopplad till vattenförlusten under försöket. Vid kombinationen av hög luftfuktighet och låg lufthastighet ökade oxidationen, vilket inte var gynnsamt för köttets färg. Slutsatsen av denna studie blev att optimala förhållanden för att gynna köttets färg maximalt bör vara en relativ luftfuktighet på 90 %, lufthastighet på 0,5 mps och en temperatur nära 0 °C, dessa värden är cirka värden enligt författarna.

Tabell 1. Sammanställning av temperatur och förpackningar.

Förutsättningar	Effekt på färgen	Kommentar	Referens
Syre Koldioxid 10 °C	Icke önskvärd	Gav ett högre pH och rödheten minskade under lagringstiden	Olivera et al. (2013)
20 % syre 80 % koldioxid	Icke önskvärd	Långsam härskning	Jakobsen & Bertelsen (2000)
20 % syre 80% koldioxid	Icke önskvärd	Rödheten missgynnades (finns variation mellan muskler)	Mancini et al. (2009)
50 % syre 30 % kolmonoxid 20 % kväve	Önskvärd	Dock endast under de första dagarna av lagringen (kraftig marmorering)	Yang et al. (2016)
>55 % syre Koldioxid, Ca 5 °C	Önskvärd	Långsam lipidoxidation och härskning	Jakobsen & Bertelsen (2000)
80 % syre 20 % koldioxid	Önskvärd	Dock endast under de första dagarna av lagring (kraftig marmorering)	Yang et al. (2016)
80 % syre 20 % koldioxid	Önskvärd	Rödheten gynnas (finns variation mellan muskler)	Mancini et al. (2009)
0,4 % kolmonoxid 30 % koldioxid 69,6 % kväve	Önskvärd	Ger en rödare färg	Mancini et al. (2009), Yang et al. (2016)
Vakuum	Önskvärd	Längre hållbarhet på kraftigt marmorerat nötkött	Yang et al. (2016)
8 °C	Icke önskvärd	Snabb härskning	Jakobsen & Bertelsen (2000)

2.6 Förpackningar

Modifierad atmosfär för att förlänga hållbarheten och kvaliteten på nötkött med hög marmorering var något som Yang et al. (2016) undersökte i sin studie. Detta för att jämföra olika förpackningar och dess olika typer av modifierade atmosfärer. I studien jämfördes fyra olika typer av atmosfärer i förpackningarna. De olika förpackningarna i detta försök var två aeroba förpackningar med 80 % syre och 20 % koldioxid respektive 50 % syre, 30 % koldioxid och 20 % kväve, en anaerob förpackning med 0,4 % kolmonoxid, 30% koldioxid och 69,6 % kväve samt en vakuumpförpackning. Det konstaterades att de förpackningar som hade en aerob miljö gav köttet en rödare och därmed en mer önskvärd färg under de första fyra dagarna men de gav även köttet en kortare hållbarhet jämfört med de anaeroba förpackningarna, där köttet inte oxiderade under försökets 12 dagar. Köttet som var paketerat i aeroba förhållanden blev missfärgat och oxiderade redan efter åtta dagar till skillnad från de med anaeroba förhållanden. Det missfärgade köttet fick då en mer grå/brun nyans. Ytterligare såg författarna att det var förpackningen med kolmonoxid som gav bäst resultat för att få en mer röd färg på köttet i förhållande till de andra typerna av förpackningar. De förpackningar som gav anaeroba förhållanden var enligt artikeln bättre för köttbitar med kraftig marmorering, då de gav en bättre färgstabilitet och långsammare oxidation (tabell 1).

I en studie gjord av Olivera et al. (2013) undersöktes förpackningens och lagringstemperaturens påverkan på köttets pH, färg och konsistens under två veckors lagring. Försöket genomfördes med en vakuumpförpackning och en förpackning med tillgång till syre, samt en lagringstemperatur på 0, 4 och 10 °C för att skapa olika förhållanden för köttet. Under försöket var pH-värdet stabilt i de flesta temperaturerna men det ökade vid 10 °C i aeroba förpackningar. Rödheten påverkades av lagringstiden och minskade över tid och detta visade störst skillnad vid hög temperatur och aeroba förpackningar (tabell 1). De totala färgskillnaderna ökade med lagringstemperaturen medan texturen inte visade någon signifikant skillnad mellan olika förpackningar och lagringstemperaturer.

Olika typer av gasblandningar och koncentrationer av laktat kan ha olika påverkan på köttet under lagringen i förpackningarna. Det konstaterade Mancini et al. (2009) genom deras undersökning där de injicerade laktat i musklerna. Försöket hade fyra olika behandlingar: icke-injicerad, vatteninjicerad och en laktatkoncentration på 1,25 % respektive 2,5 % i muskeln. Det fanns även tre olika typer av förpackningar i försöket, vakuumpförpackning, blandning av syre och koldioxid (80 % syre) samt en förpackning med 0,4 % kolmonoxid, 30% koldioxid och 69,6 % kväve. Huvudresultatet i denna studie var att det kött med högre andel laktat blev mörkare, medan köttet med lägre andel laktat inte gav någon effekt på köttets färg oberoende av förpackning. De kunde inte se någon skillnad mellan olika typer av muskler. Det

visades även ett samband mellan förpackningstypen och tiden för lagring där förpackningar med vakuum gav mörkare kött och förpackningar med höga halter av syre eller koldioxid ökade färgstyrkan. Under lagringen gynnades rödheten i förpackningar med hög koncentration av koldioxid medan den missgynnades i förpackningar med hög koncentration av syre, dock fanns det en variation mellan olika muskler (tabell 1). Rödheten kunde inte kopplas till laktatinjektionen utan påverkades till största del av förpackningstyp, förutom i förpackningar med hög syrekoncentration. Författarna tror att det kan bero på en ökning i enzymaktivitet.

2.7 Lagringstid

Enligt Mancini & Ramanathan (2014) påverkar lagringstiden och lagringstemperaturen färgen på köttet. Detta visade deras studie där de förvarade vakuumförpackat kött i 0 °C respektive 5 °C. Färgintensiteten och rödheten ökade under lagringen och detta sågs tydligast vid lagring i 5 °C. Det konstaterades även att den mitokondriella syreförbrukningen minskade med lagringstiden, då syret i förpackningen minskar. Den mitokondriella syreförbrukningen påskyndade omvandlingen av oxymyoglobin till deoxymyoglobin, vilket missgynnade färgstabiliteten i köttet. Inledande ökade färgintensiteten även med en minskad syreförbrukning men det gav endast lite utslag då färginstabiliteten tar ut fenomenet. Under lagringen tappade mitokondrierna viss förmåga att minska metmyoglobin med lagringstiden då den mitokondriella syreförbrukningen minskade. Mitokondriell aktivitet som beror på lagringstid påverkar alltså färgen på köttet enligt författarna.

Under en studie gjord av Mitacek et al. (2019) undersöktes effekterna av lagringstid på parametrar såsom pH, färgstabilitet, mitokondriell aktivitet, lipidoxidation och metabolitkoncentrationer. Författarna tar även upp att den mitokondriella aktiviteten beror till viss del av andelen NADH (Nikotinamidadenindinukleotid) i muskeln. De kunde inte konstatera någon skillnad med avseende på pH men de kunde bland annat konstatera att lagringstiden påverkade färgstabiliteten och med längre lagringstid minskade rödheten och ljusheten. Ytterligare sågs en påverkan på mitokondriell aktivitet och oxidationsförmåga samt en minskning av mitokondriellt protein vid längre lagringstid. De såg även en indikation på ökad oxidativ stress genom en ökning av lipidoxidation i köttet. Utöver det konstaterades det att aminosyror, kolhydrater och nukleotider var några av de metaboliter som påverkades. Följaktligen visade resultaten att lagringstid påverkar både biokemiska och metaboliska processer, vilket bland annat inkluderar färgstabiliteten, mitokondriefunktionen och oxidativ stressnivå.

3. Diskussion

Hantering av djuren innan slakt verkar enligt denna litteraturstudie vara en parameter som påverkar färgen på den slutgiltiga nötköttsprodukten (tabell 2). Det är viktigt att djuren inte utsätts för stress innan slakt, både när det kommer till fodertillgång, hantering, kontakt med nya individer och utrymme. Utrymmet verkar vara viktigt både i transporten och på slakteriet för att minimera stressen för djuren (Mach et al. 2008). Djuren visar stress vid brist på foder, vilket gör det viktigt att minimera fastetiden innan slakt för att få goda förutsättningar för en god köttkvalitet (Clariget et al. 2021). Stressade djur verkar även vara känsligare för kvalitetsdefekter som DFD (Wulf et al. 2002). Utöver DFD verkar elstimulering inte ge samma positiva effekt på köttkvaliteten hos stressade djur som hos icke stressade djur (Dutson et al. 1982).

Temperaturen när slaktkroppen når pH 6 är väldigt viktig för köttkvaliteten, vilket flera studier visar. Studierna har dock fått olika resultat på färgparametrarna (tabell 2). Bland annat säger Hughes et al. (2018) att rödheten och gulheten hos köttet inte påverkades av en högre temperatur (35 °C) vid pH 6, medan Farouk & Lovatt (2000) visade att rödheten blev kraftigare. De tar även upp att köttet fick en ljusare färg och en mer önskvärd ljusspridning med en högre temperatur vid *rigor mortis*.

Lagringstiden har en stark koppling till köttets färg (tabell 2). Studier visar att det finns förebyggande åtgärder för att förlänga färgens hållbarhet. Det kan man göra genom att salta köttet innan och/eller efter *rigor mortis* för att få en stabilare och rödare färg under en längre lagringstid (Torres et al. 1988). En viktig parameter som styr kvaliteten under lagringen är temperaturen, där en högre temperatur (35 °C) ger en snabbare oxidation som kan ge en snabbare härskning av köttet jämfört med en lagringstemperatur under 15 °C (Lanier et al. 1977; Jakobsen & Bertelsen 2000; Hughes et al. 2018). Med en lagringstemperatur över 10 °C visar även studier att rödheten minskade under lagringen (Olivera et al. 2013). Under lagringen ökade den oxidativa stressen, vilket kan ge en snabbare lipidoxidation och därmed en tidigare härskning (Mitacek et al. 2019). Andra förhållanden i lagringen spelar även stor roll såsom förpackningen och vilken miljö den skapar. Studier visar att en hög andel syre ger en rödare färg och är bättre för köttet till en början, men detta varierar mellan olika muskler. Vid hög marmoringsgrad kan en anaerob förpackning vara till fördel för färgen och hållbarheten under en längre tid (Yang et al. 2016). Vakuumpförpackningar kan även ge en ökad färgintensitet och rödhet under lagringen, men då gärna med något högre lagringstemperatur (ca 5 °C). Dock skriver författarna att färgstabiliteten minskade i dessa förhållanden, genom en minskad mitokondriell syreförbrukning och därmed en påverkan på omvandlingen

av myoglobinet (Mancini & Ramanathan 2014). Oxidationen av myoglobinet påverkades också av lufthastigheten, vilket enligt en studie bör vara runt 0,5 mps för optimala förhållanden. Denna studie undersökte även om enbart luftfuktigheten påverkade färgen men det gav inga signifikanta resultat (Lanier et al. 1977).

Orsakerna till missfärgat nötkött kan vara många och det krävs mer forskning för att säkerställa samtliga faktorer. I denna litteraturstudie syns naturlig variation, biokemiska processer i muskulaturen och yttre faktorer spela roll för den slutgiltiga köttproduktens färg.

Tabell 2. Sammanställning av faktorer som påverkar färgen på nötkött enligt denna litteraturstudie.

	Påverkar färgen	Påverkar inte färgen	Referens
Hantering av djur innan slakt			
Foderbrist	X		Clariget et al. (2021)
Utrymme	X		Mach et al. (2008)
Stress	X		Mach et al. (2008), Wulf et al. (2002)
DFD	X		Wulf et al. (2002)
Elstimulering	X	X ¹	Roeber et al. (2000), Dutson et al. (1982)
Temperatur vid pH 6			
Gulheten		X	Farouk & Lovatt (2000), Hughes et al. (2018)
Rödheten	X	X	Farouk & Lovatt (2000), Hughes et al. (2018)
Ljusspridning	X		Farouk & Lovatt (2000)
Ljusare färg	X		Farouk & Lovatt (2000)
Lagring			
Saltning	X		Torres et al. (1988)
Högre temperatur	X		Lanier et al. (1977), Jakobsen & Bertelsen (2000)
Lagringstiden	X		Mitacek et al. (2019), Mancini & Ramanathan (2014)
Rödheten	X		Olivera et al. (2013)
Förpackningar	X		Mancini et al. (2009), Olivera et al. (2013), Yang et al. (2016)
Lufthastighet	X		Lanier et al. (1977)
Luftfuktighet	X ²	X ³	Lanier et al. (1977)

¹Elstimulering gav ingen effekt på köttets färg när djuren var stressade, ²Luftfuktighet i kombination med lufthastighet påverkar köttets färg, ³Enbart luftfuktigheten påverkade inte köttets färg.

3.1 Slutsats

Slutsatsen av denna litteraturstudie är att det finns många faktorer som både kan påverka färgen på nötköttet och kan orsaka missfärgning. Bland annat kan man tolka studierna som tagits upp att både lagringstiden, köttets temperatur vid pH 6 och hanteringen av djuren innan slakt påverkar den slutgiltiga färgen hos nötkött. Det kan även konstateras att det finns många faktorer som kan orsaka missfärgning av nötköttet. Bland annat val av förpackning till olika typer av kött, stressade djur vid slakt, felaktig pH sänkning och felaktig lagringstemperatur och tid, men även att det finns en stor naturlig variation. För att kunna säkerställa faktiska anledningar till missfärgning av nötkött behövs mer forskning och utveckling inom näringen.

Referenser

- Arief, I.I., Suryati, T. & R.R.A.Maheswari (2006). Sifat Fisik Daging Sapi Dark Firm Dry (DFD) Hasil Fermentasi Bakteri Asam Laktat *Lactobacillus plantarum*. *Media Peternakan*, 29 (2), 76–82
- Clariget, J., Banchemo, G., Luzardo, S., Fernández, E., Pérez, E., La Manna, A., Saravia, A., del Campo, M., Ferrés, A. & Canozzi, M.E.A. (2021). Effect of pre-slaughter fasting duration on physiology, carcass and meat quality in beef cattle finished on pastures or feedlot. *Research in Veterinary Science*, 136, 158–165. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.02.018>
- Dutson, T.R., Savell, J.W. & Smith, G.C. (1982). Electrical stimulation of ante-mortem stressed beef. *Meat Science*, 6 (2), 159–162. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(82\)90025-0](https://doi.org/10.1016/0309-1740(82)90025-0)
- Farouk, M.M. & Lovatt, S.J. (2000). Initial chilling rate of pre-rigor beef muscles as an indicator of colour of thawed meat. *Meat Science*, 56 (2), 139–144. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00031-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00031-0)
- Hughes, J., Clarke, F., Purslow, P. & Warner, R. (2018). A high rigor temperature, not sarcomere length, determines light scattering properties and muscle colour in beef *M. sternomandibularis* meat and muscle fibres. *Meat Science*, 145, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.011>
- Jakobsen, M. & Bertelsen, G. (2000). Colour stability and lipid oxidation of fresh beef. Development of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition. *Meat Science*, 54 (1), 49–57. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00069-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00069-8)
- Lanier, T.C., Carpenter, J.A. & Toledo, R.T. (1977). Effects of Cold Storage Environment on Color of Exposed Lean Beef Surfaces. *Journal of Food Science*, 42 (4), 860–865. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb12624.x>
- Lawrie, R.A. & Ledward, D.A. (2006). *Lawrie Meat Science*. 7. uppl. Woodhead Publishing Limited Ltd.

- Mach, N., Bach, A., Velarde, A. & Devant, M. (2008). Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Science*, 78 (3), 232–238. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.021>
- Mancini, R.A. & Ramanathan, R. (2014). Effects of postmortem storage time on color and mitochondria in beef. *Meat Science*, 98 (1), 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.04.007>
- Mancini, R.A., Suman, S.P., Konda, M.K.R. & Ramanathan, R. (2009). Effect of carbon monoxide packaging and lactate enhancement on the color stability of beef steaks stored at 1 °C for 9 days. *Meat Science*, 81 (1), 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.06.021>
- McKenna, D.R., Maddock, D. & Savell, J.W. (2007). Water-holding and color characteristics of beef from electrically stimulated carcasses. *Journal of Muscle foods*, 14 (1), 33–49
- Meat & Livestock Australia (2013). *Meat Standards Australia beef information kit*. [Broschyr] Meat & Livestock Australia Limited. <https://futurebeef.com.au/wp-content/uploads/Meat-Standards-Australia-beef-information-kit.pdf> [2024-04-15]
- Mitacek, R.M., Ke, Y., Prenni, J.E., Jadeja, R., VanOverbeke, D.L., Mafi, G.G. & Ramanathan, R. (2019). Mitochondrial Degeneration, Depletion of NADH, and Oxidative Stress Decrease Color Stability of Wet-Aged Beef Longissimus Steaks. *Journal of Food Science*, 84 (1), 38–50. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14396>
- Mombeni, E.G., Mombeini, M.G., Figueiredo, L.C., Siqueira, L.S.J. & Dias, D.T. (2013). Effects of high voltage electrical stimulation on the rate of pH decline, meat quality and color stability in chilled beef carcasses. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3 (9), 716–719. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(13\)60144-6](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(13)60144-6)
- Morley, M.J. (1974). Measurement of the heat production in beef muscle during rigor mortis. *International Journal of Food Science & Technology*, 9 (2), 149–156. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1974.tb01758.x>
- Mounier, L., Dubroeuq, H., Andanson, S. & Veissier, I. (2006). Variations in meat pH of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals¹. *Journal of Animal Science*, 84 (6), 1567–1576. <https://doi.org/10.2527/2006.8461567x>
- Olivera, D.F., Bambicha, R., Laporte, G., Cárdenas, F.C. & Mestorino, N. (2013). Kinetics of colour and texture changes of beef during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 50 (4), 821–825. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0885-7>
- Poveda-Arteaga, A., Krell, J., Gibis, M., Heinz, V., Terjung, N. & Tomasevic, I. (2023). Intrinsic and Extrinsic Factors Affecting the Color of Fresh Beef Meat—Comprehensive Review. *Applied Sciences*, 13 (7), 4382. <https://doi.org/10.3390/app13074382>
- Renner, M. & Labas, R. (1987). Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef muscles. *Meat Science*, 19 (2), 151–165. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(87\)90020-9](https://doi.org/10.1016/0309-1740(87)90020-9)
- Ribeiro, J.S., Santos, M.J.M.C., Silva, L.K.R., Pereira, L.C.L., Santos, I.A., da Silva Lannes, S.C. & da Silva, M.V. (2019). Natural antioxidants used in meat products: A brief review. *Meat Science*, 148, 181–188
- Roeber, D.L., Cannell, R.C., Belk, K.E., Tatum, J.D. & Smith, G.C. (2000). Effects of a unique application of electrical stimulation on tenderness, color, and quality attributes of the beef longissimus muscle¹. *Journal of Animal Science*, 78 (6), 1504–1509. <https://doi.org/10.2527/2000.7861504x>
- Ruedt, C., Gibis, M. & Weiss, J. (2023). Meat color and iridescence: Origin, analysis, and approaches to modulation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22 (4), 3366–3394. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13191>
- Svenskt Kött (u.å.a). *Slakt – hur djur blir till mat*. <https://svensktkott.se/om-kott/djuruppfodning/slakt/> [2024-04-04]
- Svenskt Kött (u.å.b). *Mörning*. <https://svensktkott.se/om-kott/kottkvalitet/vad-paverkar-kottets-atkvalitet/> [2024-04-08]

- Torres, E., Pearson, A.M., Gray, J.I., Booren, A.M. & Shimokomaki, M. (1988). Effect of salt on oxidative changes in pre- and post-rigor ground beef. *Meat Science*, 23 (3), 151–163. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(88\)90031-9](https://doi.org/10.1016/0309-1740(88)90031-9)
- Warris, P.D. (2000). *Meat science: an introductory text*. 2 uppl., CABI Publishing.
- Wulf, D.M., Emnett, R.S., Leheska, J.M. & Moeller, S.J. (2002). Relationships among glycolytic potential, dark cutting (dark, firm, and dry) beef, and cooked beef palatability. *Journal of Animal Science*, 80 (7), 1895–1903. <https://doi.org/10.2527/2002.8071895x>
- Xie, X., Huang, C., Huang, Y., Zou, X., Zhou, R., Ai, H., Huang, L., Ma, J. (2023). Genetic architecture for skeletal muscle glycolytic potential in Chinese Erhualian pigs revealed by a genome-wide association study using 1.4M SNP array. *Frontiers in Genetics*. 14. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1141411>
- Yang, X. & Wang, H. (2014). PACKAGING | Controlled Atmosphere. I: Batt, C.A. & Tortorello, M.L. (red.) *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition)*. Academic Press. 1006–1011. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00433-X>
- Yang, X., Zhang, Y., Zhu, L., Han, M., Gao, S. & Luo, X. (2016). Effect of packaging atmospheres on storage quality characteristics of heavily marbled beef longissimus steaks. *Meat Science*, 117, 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.030>

Tack

Jag vill tacka min handledare, Katarina Arvidsson Segerkvist för all hjälp och ett bra samarbete under arbetets gång. Jag vill även tacka Malin Fällström från Skövde slakteri för studiebesök och en inblick i näringen, vilket underlättade arbetet mycket.

Ytterligare vill jag rikta ett stort tack till min fästman, mina vänner och min skrivgrupp som stöttat och hjälpt mig under arbetet.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

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

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

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