

Mastergradsoppg. 2010

EFFEKT AV SLAKTEALDER OG RASER PÅ MØRHET (WB)
OG INNHOLD AV INTRAMUSKULÆRT FETT HOS STORFE

EFFECTS OF SLAUGHTER AGE AND BREED ON TENDERNESS (WB) AND
CONTENTS OF INTRAMUSCULAR FAT IN CATTLE

MARI LANGAKER



UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR HUSDYR- OG AKVAKULTURVITENSKAP
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2010



Forord

Da er det ikke lenger til å komme ifra - med masteroppgava i handa innser jeg nå at mine 5 år ved UMB straks går mot veis ende. Som tiden har flydd! Det har vært en flott studietid med mye moro og en høy trivselsfaktor, og det er med blandede følelser jeg reiser fra vennene og livet her på Ås. Minnene er mange, og jeg ser allerede fram til å få skåle med den herlige gjengen i Tro og Tvil under høstens reunion på UKA 2010!

Dette siste halvåret er det arbeidet med masteroppgava som har stått i fokus, noe jeg har funnet som svært interessant, spennende og utfordrende. Jeg er veldig fornøyd med valg av tema, og synes jeg har lært utrolig mye på kort tid.

Takk til mine veiledere Jan Berg og Rune Rødbotten for tips og innspill. Uten dere er nok sjansen stor for at jeg hadde vært på en relativt omfattende bærtur.

Og ikke minst fortjener Eva en ekstra takk for godt samarbeid i stallen i de travle dager. De fire årene under samme tak på Holstad har vært uforglemmelige.

Takk til mine firbeinte venner. Jeg er overbevist om at gampen vil minnes våren 2010 med glede - det var nemlig det året sommerferien kom særs tidlig... Årsak; innlevering av masteroppgave.

Så nå satser jeg på at oppgava ikke blir slaktet, men at saken er biff...☺

Ås, 15. mai 2010

Mari Langaker

Abstract

The purpose of this master study was to review literature, which was discussing ante mortem and post mortem factors influencing meat quality in cattle. This thesis focuses on the effects of breed and age at slaughter time due to the amount of intramuscular fat (IMF), measured by NMR (nuclear magnetic resonance), and to the tenderness, measured by Warner-Bratzler shear force (WB) in *M. longissimus dorsi* (LD), *M. psoas major* (PM) and *M. Semitendinous* (ST) in steers. The three muscles focused on in this study will henceforth be referred to as respectively LD, PM and ST. The thesis consists of two parts, one part which deals with theory and one part with own experiences. The results from tenderness measurements by WB will also be commented even though this practical accomplishment has not been a part of my study.

The experimental animals were 46 steers of 4 breed and crossbreeds; NRF, Angus x NRF, Angus x Jersey, and Jersey. These were separated in 8 groups (two groups for each breed), where half of the animals were slaughtered at 18 months of age, and the other half at 24 months of age. Daily amount of grain feed for animals slaughtered at 18 months of age was 3,5 kg, while for those slaughtered at 24 months of age it was 0,5 kg. All animals had silage ad libitum. The groups had respectively 1 and 2 summers at pasture. After slaughter the carcasses were classified using the EUROP-classification system before the muscles of interest was cut out and placed to tenderize.

The results from the NMR-analysis and WB shear force showed no significant effects of breed and age at slaughter time. Still there was a tendency for effect of breed on tenderness in LD ($p = 0,0530$).

Jersey and Angus x Jersey achieved a higher amount of IMF (mean values respectively for LD 6,28 % and 6,58 %, for PM 8,26 % and 7,24 %, and for ST 2,77 % and 2,85 %) compared to NRF and Angus x NRF (mean for LD 17 % and 5,29 %, for PM 5,94 % and 5,62 %, for ST 2,4 % and 2,33 %) PM and LD had a higher amount of fat than ST with respectively 6,76 %, 5,83 % and 2,58 %.

Jersey and Jersey x Angus seemed to have lower WBSF means (respectively for LD 42,92 N/cm² and 50,38 N/cm², for PM 32 N/cm² and 33,43 N/cm², for ST 50,84 N/cm² and 49,1 N/cm²) than NRF and Angus x NRF (respectively for LD 49,84 N/cm² and 53,18 N/cm², for PM 33,98

N/cm² and 35,63 N/cm², for ST 52,93 N/cm² and 54,3 N/cm². PM got the lowest WB values with mean 33,76 N/cm². LD and ST seemed both less tender (mean 49,1 N/cm² og 51,78 N/cm²).

Sammendrag

Formålet med oppgaven var å studere hvordan kjøttkvalitet hos storfe kan påvirkes av ulike faktorer før og etter slakt. Oppgaven fokuserer på effekter av rase og slaktealder mht innhold av intramuskulært fett (IMF) målt med NMR og mørhet målt ved Warner-Bratzler skjærekraft (WB) i *M. longissimus dorsi* (LD), *M. psoas major* (PM) og *M. Semitendinous* (ST) hos kastrater. De tre forsøksmusklene vil heretter bli referert til som henholdsvis LD, PM og ST (ytrefilèt, indrefilèt og lårtunge). Oppgaven består av en teoridel og en del med egne undersøkelser. Resultater etter mørhetsmåling med WB blir også kommentert, selv om den praktiske gjennomføringen av dette ikke har inngått som en del av mitt forsøk.

Forsøksdyra har vært 46 kastrater av 4 rasekombinasjoner; NRF, Angus x NRF, Angus x Jersey og Jersey. Disse ble inndelt i 8 grupper (to grupper for hver rase), hvor halvparten av dyra ble slaktet ved 18 måneder og den andre halvparten ved 24 måneders alder. Daglig kraftfôrmengde for dyr slaktet ved 18 måneder var 3,5 kg, mens de som ble slaktet 24 måneder gamle fikk 0,5 kg per dag. Samtlige dyr hadde fri tilgang på surfôr. Gruppene fikk henholdsvis 1 og 2 beitesomre. Etter slakt ble slaktene klassifisert etter EUROP-systemet før de aktuelle musklene ble skjært ut og lagt til mörning.

Resultatene etter NMR-analyse og WB mørhetsmåling viste ingen signifikante effekter av verken rase og slaktealder. Det var likevel en tendens til effekt av rase for mørhet i LD ($p = 0,0530$).

Jersey og Angus x Jersey så ut til å oppnå en større mengde IMF (henholdsvis 6,28 % og 6,58 % i LD, 8,26 % og 7,24 % i PM og 2,77 % og 2,85 % i ST i gjennomsnitt) sammenlignet med NRF og Angus x NRF (henholdsvis 5,17 % og 5,29 % i LD, 5,94 % og 5,62 % i PM og 2,4 % og 2,33 % i ST i gjennomsnitt). PM og LD hadde et høyere fettinnhold enn ST med henholdsvis 6,76 % og 5,83 % mot 2,58 % i gjennomsnitt.

Jersey og Angus x Jersey så samtidig ut til å ha lavere WB-verdier (henholdsvis 42,92 N/cm² og 50,38 N/cm² i LD, 32 N/cm² og 33,43 N/cm² i PM og 50,84 N/cm² og 49,1 N/cm² i ST i gjennomsnitt) enn NRF og Angus x NRF (henholdsvis 49,84 N/cm² og 53,18 N/cm² i LD, 33,98 N/cm² og 35,63 N/cm² i PM og 52,93 N/cm² og 54,3 N/cm² i ST i gjennomsnitt). PM fikk de laveste WB-verdiene, og var den møreste muskelen i forsøket med gjennomsnittsverdi 33,76 N/cm². LD og ST viste begge en lavere mørhetsgrad med henholdsvis 49,1 N/cm² og 51,78 N/cm² i gjennomsnitt.

Tabeller

Tabell 3.1: Inndeling av Warner-Bratzler skjærekraft, målt i N og kg, i forskjellige mørhetskategorier.....	10
Tabell 5.1: Gjennomsnittlig mengde IMF (%) i LD hos 9 storferaser.....	26
Tabell 7.1 Effekt av rase og slaktealder på slakte -og kjøttkvalitet.....	36
Tabell 7.2: Gjennomsnittlig innhold med standardavvik av IMF (%) i LD, PM og ST for NRF, Angus x NRF, Angus x Jersey og Jersey ved slaktealder 18 og 24 mnd.....	39
Tabell 7.3: Gjennomsnittsmålinger med standardavvik for WB i LD, PM og ST for NRF, Angus x NRF, Angus x Jersey og Jersey ved slaktealder 18 og 24 mnd.....	42

Figurer

Figur 3.1: Illustrasjon av skjelettmuskelstrukturen.....	4
Figur 3.2: Strukturen til en sarkomer.....	4
Figur 6.1: Retsch Grindomix, GM200.....	33
Figur 6.2: Maran Ultra LF-NMR.....	33
Figur 6.3: NMR-termostat.....	33
Figur 6.4: NMR-termostat (bak), teflonbeholdere med prøvemateriale (foran).....	33
Figur 7.1: Mengde IMF (%) for LD, PM og ST for NRF 18 mnd.....	37

Figur 7.2: Mengde IMF (%) for LD, PM og ST for NRF 24 mnd.....	40
Figur 7.3: Mengde IMF (%) for LD, PM og ST for Angus x NRF 18 mnd.....	40
Figur 7.4: Mengde IMF (%) for LD, PM og ST for Angus x NRF 24 mnd.....	40
Figur 7.5: Mengde IMF (%) for LD, PM og ST for Angus x Jersey 18 mnd.....	40
Figur 7.6: Mengde IMF (%) for LD, PM og ST for Angus x Jersey NRF 24 mnd.....	40
Figur 7.7: Mengde IMF (%) for LD, PM og ST for Jersey 18 mnd.....	40
Figur 7.8: Mengde IMF (%) for LD, PM og ST for Jersey 24 mnd.....	40
Figur 7.9: WB (N/cm ²) for LD, PM og ST for NRF 18 mnd.....	40
Figur 7.10: WB (N/cm ²) for LD, PM og ST for NRF 24 mnd.....	43
Figur 7.11: WB (N/cm ²) for LD, PM og ST for Angus x NRF 18 mnd.....	43
Figur 7.12: WB (N/cm ²) for LD, PM og ST for Angus x NRF 24 mnd.....	43
Figur 7.13: WB (N/cm ²) for LD, PM og ST for Angus x Jersey 18 mnd.....	43
Figur 7.14: WB (N/cm ²) for LD, PM og ST for Angus x Jersey NRF 24 mnd.....	43
Figur 7.15: WB (N/cm ²) for LD, PM og ST for Jersey 18 mnd.....	43
Figur 7.16: WB (N/cm ²) for LD, PM og ST for Jersey 24 mnd.....	43

Vedlegg

Vedlegg 1: Beskrivelse av slaktekategoriene.....	63
Vedlegg 2: EUROP klassebeskrivelse.....	64
Vedlegg 3: Fettgruppebeskrivelse.....	65
Vedlegg 4: NMR fettmåling, LD. Gjentak av parallell.....	66
Vedlegg 5: Gjentak av paralleller for en og samme prøve for LD.....	66

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Abstract	II
Sammendrag	III
Tabeller	IV
Figurer	IV
Vedlegg	V
1.0 Innledning	1
2.0 Slaktekvalitet	2
2.1 EUROP-klassifisering	2
3.0 Kjøttkvalitet	3
3.1 Musklenes oppbygging.....	3
3.2 Fra muskel til kjøtt.....	6
3.3 pH	8
3.5 Mørhetsmålinger.....	9
3.5.1 Sensorisk måling	9
3.5.2 Warner-Bratzler	10
3.5.3 Korrelasjon mellom instrumentell og sensorisk mørhetsmåling	11
4.0 Faktorer som påvirker kjøttkvaliteten	11
4.1 Før slakt (ante mortem)	11
4.1.1 Rase.....	12
4.1.2 Kjønn.....	13
4.1.3 Alder	15
4.1.4 Fôring/tilvekst	17
4.1.5 Håndtering/lasting/transportering/oppstalling på slakteri – stress ante mortem.....	19
4.2 Etter slakt (post mortem);	21
4.2.1 Nedkjøling av slakt	21
4.2.2 Elektrisk stimulering (ES).....	21
4.2.3 Hengemetode for slakt	22
4.2.4 Lagring	24
5.0 Intramuskulært fett (IMF)	24
5.1 Metoder for måling av intramuskulært fett.....	28
5.1.1 Ultralyd	28
5.1.2 Visuell vurdering	28

5.1.3 NIRR (near infrared reflectance spectroscopy) / NIR (near infrared spectroscopy)	29
5.1.4 NMR (nuclear magnetic resonance)	29
5.1.5 Soxhlet	30
6.0 Egne undersøkelser	31
6.1 Forsøksdyr	31
6.2 Fôring.....	31
6.3 Slakt og mørning	31
6.4 Mørhetsmålinger (WB).....	32
6.5 Fettanalyse (NMR)	32
6.6 Statistiske analyser	34
7.0 Resultater	34
7.1 Intramuskulært fett	37
7.2 Warner-Bratzler skjærekraft	41
8.0 Diskusjon.....	44
8.1 Slaktekvalitet	44
8.2 Innhold av IMF – variasjon mellom rase, slaktetidspunkt og muskel.....	44
8.3 Forskjell i mørhet mellom raser, slaktetidspunkt og ulike muskler	47
9.0 Konklusjon	51
11.0 Referanser	52
11.0 Vedlegg	63

1.0 Innledning

I storfekjøttproduksjonen har det tradisjonelt blitt betalt etter kvantitet og ikke kvalitet. Dagens klassifiseringssystem tar utgangspunkt i slaktets muskelfylde (konformitet) og fettgruppe uten å ta hensyn til mørhet, smak eller marmorering som er viktige kvalitetsfaktorer. God kjøttkvalitet verdsettes høyt av forbrukerne som i mange tilfeller vil være villig til å betale mer for kjøtt av garantert god kvalitet (Boleman et al. 1997). Det er vist at kastratproduksjon i mange tilfeller gir kjøtt med bedre kvalitet (Reagan et al. 1997; Purchas et al. 2002), men av storfe som ble slaktet i Norge i 2008 var bare 0,5 % i kategorien kastrat (Animalia 2010). Dersom det hadde vært mulighet for å dele kjøttet inn i kvalitetskategorier og dermed ta ut merpris i markedet, ville dette trolig bidra til økt produksjon på kastrater. Kastrater er godt egnet som beitedyr, og utenfor Norge er produksjon av kastratkjøtt svært vanlig.

Statistiske beregninger fra Statens Landbruksforvaltning (SLF) for perioden 2003-2009 viser at produksjonen av norsk storfekjøtt har ligget relativt stabilt rundt 90 000 tonn årlig. Den største veksten har vært i kylling -og svineproduksjonen. Kjøtt av kylling og lam ligger under nivået av produsert mengde storfekjøtt, mens svinekjøtt ligger høyest med ca 120 000 tonn årlig for denne perioden (Statens Landbruksforvaltning 2010). Tall fra Statistisk Sentralbyrå viser at den samlede produksjonen av kjøtt har økt med 55 % over de siste 25 år (Statistisk Sentralbyrå 2010). Årlig forbruk av storfekjøtt har ligget relativt stabilt rundt 20 kg per innbygger i perioden 1999-2008 (Animalia 2010).

For å imøtekomme de økte kravene fra den stadig mer bevisste forbruker, vil det være viktig å rette fokus mot hvordan kjøttkvaliteten kan rangeres og forbedres. Det er et kvalitetsproblem at det i dag er en stor andel seigt kjøtt på markedet. En av produksjonens hovedutfordringer vil være å minimere variasjonen i slaktenes kvalitet, da svært ujevn kvalitet på kjøttet blir ansett som et av produksjonens aller største problemer. Mørhet er en særlig viktig faktor mht kvalitet, og sortering av kjøtt etter mørhetsgrad kan derfor være en måte å bidra til å redusere de store kvalitetsvariasjonene i det ferdige produktet.

Det finnes lite norsk forskning på hvilke effekter kastrering av storfe vil ha på kjøttkvaliteten. Formålet med denne masteroppgaven vil være å studere kjøttkvalitet hos kastrater, med hensyn til effekt av rase og slaktealder. Både mørhetsmåling med Warner-Bratzler og måling av IMF vil bli brukt som kvalitetsparametre i oppgaven, som forøvrig består både av en teoridel og en del

med egne undersøkelser. Den teoretiske delen vil ta for seg relevant litteratur som omhandler ulike faktorer som har innvirkning på kjøttkvaliteten, både før og etter slakt. Resultater fra mørhetsmåling med Warner-Bratzler vil også bli diskutert, men det må presiseres at dette ikke inngår som en del av de egne undersøkelsene som ble gjort i forbindelse med oppgaven. De egne undersøkelsene ble gjennomført hos NOFIMA mat i Ås, der mengde totalfett i tre utvalgte muskler ble analysert ved bruk av NMR-teknikk.

2.0 Slaktekvalitet

Slaktekvaliteten gir en beskrivelse av slaktets sammensetning med hensyn til andel fett, bein og muskler.

2.1 EUROP-klassifisering

Tidligere har en rekke forskjellige klassifiseringssystemer for slakt vært i bruk i Norge. Men fra 01.01.96 har norske slakterier, etter vedtak fra Norsk Kjøtt, benyttet seg av EUs klassifiseringssystem, EUROP, som ble utviklet på starten av 80-tallet. Dette systemet kan brukes på alle typer slakt, og det har en tredelt inndeling (se vedlegg 1-3);

- *Slaktekategori*; dvs inndeling av slaktet etter alder og kjønn. De ulike kategoriene er kalv, ung okse, okse, kastrat, kvige, ung ku og ku (vedlegg 1)
- *Klasse*; dvs slaktet deles inn etter kroppsform (konformitet) og mengde fett. 5 hovedklasser (EUROP) med 15 underklasser (+/ -) (vedlegg 2)
- *Fettgruppe*; dvs slaktet deles inn etter mengde underhudsfett og isprengt fett. Totalt 5 fettgrupper (1-5) med 15 underklasser (+/ -) (vedlegg 3)

Målet med EUROP-klassifiseringen er å gi best mulig informasjon om slaktets innhold av kjøtt, fett og bein. Produsenter av kjøtt får på denne måten verdifull informasjon om de kvalitetskrav som markedet setter til enhver tid, og klassifiseringen blir dermed et virkemiddel for å produsere de kvaliteter av slakt som markedet etterspør. Klassifiseringssystemet skal i tillegg gi kjøpere av kjøtt grunnlag for å kjøpe inn de kvaliteter av slakt de har behov for. Klassifiseringen danner dessuten grunnlag for prissetting av slaktene. Ved at man i Norge bruker EUROP som klassifiseringssystem, oppnås dessuten fordeler av videreutviklingen som skjer i andre land hvor

det peker i retning av mer objektive klassifiseringsmetoder. EUROP-systemet blir ansett som det sikreste og best dokumenterte (Animalia 2010).

3.0 Kjøttkvalitet

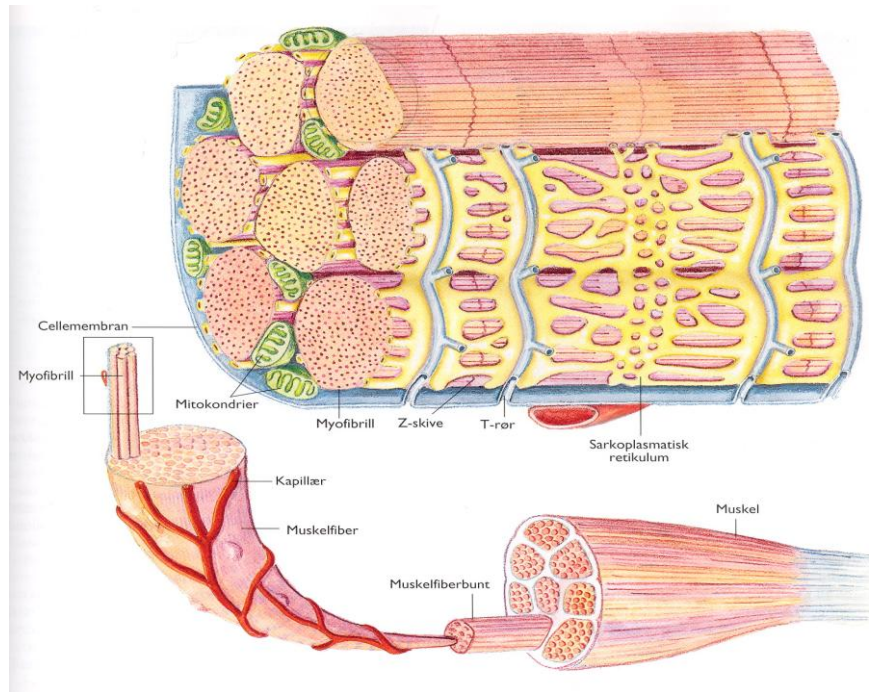
Wood et al. (1999) definerer kjøttkvalitet som en beskrivelse av hvor attraktivt kjøttet er for konsumenten. Kvalitetsbegrepet er derfor vidt og kan omhandle alt fra matvaresikkerhet, ernæringsmessig verdi, lukt, konsistens og vannbindingsevne (WHC) til farge, innhold av fett, fettsyresammensetning, holdbarhet og ensartethet. Bevisste forbrukere stiller stadig mer skjerpede krav til produksjonen, og den nyeste trenden er en større vektlegging av miljø, etikk og dyrevelferd (Andersen et al. 2005).

Flere studier har vist at konsumentene anser mørhet, smak og saftighet for å være de viktigste faktorene som påvirker kjøttets spisekvalitet, hvorav mørhet blir rangert som desidert viktigst (Morgan et al. 1991; Wood et al. 1999). Utilfredsstillende mørhet i form av seigt kjøtt blir oppgitt som hovedårsaken til at konsumenten ikke er fornøyd med produktet. Et forsøk gjort av Boleman et al. (1997) viste at konsumentene var i stand til å skille mellom tre ulike kategorier (grader) av mørhet, og at de samtidig var villig til å betale mer for kjøtt med mørhetsgaranti.

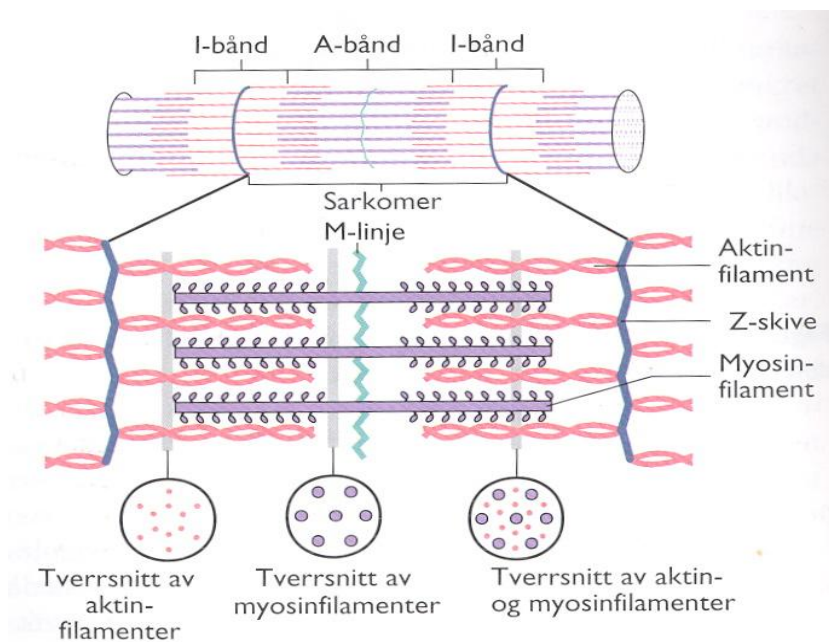
Enkelte land har utviklet egne kvalitetssystemer for rangering av kjøtt, som i Australia hvor MSA (Meat Standards Australia) ble opprettet med til hensikt å kunne forutsi spisekvaliteten av ferdig tilberedt kjøtt (Polkinghorne et al. 2008).

3.1 Musklenes oppbygging

Kjøtt er muskelvev, og den kjemiske sammensetningen av en muskel vil være ca 75 % vann, 20 % proteiner og 1-4 % fett (Berg & Matre, 2001).



Figur 3.1: Illustrasjon av en skjelettmuskel. Utsnittet viser den indre strukturen av en muskefiber (Sand m. fl.)



Figur 3.2: Strukturen til en sarkomer (Sand m. fl.)

Muskler har en kompleks og velorganisert struktur (Maltin et al. 2003). En skjelettmuskel består av flere muskelbunter som igjen er bygget opp av muskelfiber. Muskelfibrene består av bunter av proteintråder, kalt myofibriller. Disse har en diameter på omkring 1 μm og er sammensatt av aktin og myosin, som er henholdsvis tynne og tykke proteinfilamenter. Det er disse som gir muskelen det tverrstripete mønsteret med lyse og mørke bånd (henholdsvis I- og A-bånd). I-båndene deles av Z-linjer, og avstanden fra en Z-linje til neste utgjør en sarkomer. Sarkomeren er den minste kontraktile enheten i en muskel. A-båndene deles av H-linjer. De tykke filamentene midt i sarkomeren (myosin) bindes sammen av M-linjer. De tynne filamentene (aktin) er forankret i Z-linjene og strekker seg parallelt med, og mellom de tykke myosinfilamentene. Hver muskel er omgitt av en bindevevshinne kalt epimysium. Rundt hver muskelbunt ligger det også et bindevevslag, perimysium, mens endomysium er bindevevet som omslutter den enkelte muskelfiber. Bindevev består for det meste av vann og proteinfibre, hvorav de viktigste er kollagen og elastin (Sjaastad et al. 2003). I sarkoplasma, væsken som omslutter myofibrillene, finnes i tillegg til sarkoplasmiske proteiner også glykolytiske og proteolytiske enzymer (Tornberg, 1996).

Muskler består av tre typer proteinfraksjoner; myofibriller, bindevev og sarkoplasmiske proteiner som er løselige i henholdsvis salt, syre og vann. Av disse utgjør myofibrillene (aktin og myosin) hoveddelen av proteinene som finnes i skjelettmuskler (55-60 %) (Tornberg, 1996). Proteinene har ulik innvirkning på mørheten, og i longissimus er det myofibrillene som er av størst betydning, mens bindevevet vil bestemme bakgrunnsseighet. De sarkoplasmiske proteinene utgjør 30-35 % av muskelproteinene (Tornberg, 1996), og fordi de ikke er strukturelle proteiner (fiberproteiner), vil de heller ikke påvirke mørheten direkte (Koohmaraie et al. 2002).

Muskelmassen har to måter å vokse på; enten som en økning i antall muskelfiber (hyperplasia) eller som en økning i muskelfibrenes størrelse (hypertrofi). Hyperplasia finner hovedsakelig sted før fødsel, mens hypertrofi skjer etter fødsel. Hypertrofi skjer ved at ekstra sarkomerer legges til på enden av hver myofibrill, og det vil på den måten ikke bli noen økning i antall fiber. Av den grunn vil dyr som i utgangspunktet er født med et større antall muskelfiber ha et bedre potensiale for muskelvekst. Vekst av muskler etter fødsel avhenger av hvordan muskelproteinene omsettes, dvs differansen mellom syntese og degradering av protein. Dette kalles protein turnover. Så lenge syntesen er større enn nedbrytingen, vil musklene vokse (Koohmaraie et al. 2002).

Muskelfibrene kan deles inn i tre typer, på grunnlag av deres kontraktile og metabolske aktivitet; type IA, type IIA og type IIB. Type IA er oksidative, rød av farge, langsomme og utholdende. Type IIB har motsatte egenskaper; de er glykolytiske, har lys farge, er raske, men lite utholdende. Type IIA er raske og oksidative, og blir derfor betraktet som en mellomform av de andre to fibertypene. Fordelingen av fibertyper samt hvilken størrelse fibrene har, vil variere både mellom muskler og innenfor en og samme muskel. De glykolytiske muskelfibrene (IIB) vil generelt være større enn de oksidative (IA) på grunn av et større behov for O₂ - diffusjon hos de sistnevnte. De oksidative fibrene får derfor større overflate i forhold til masse (Maltin et al. 2003).

Antall muskelfiber og hvordan disse utvikles, er av avgjørende betydning for hvor mye kjøtt det enkelte dyr kan produsere (Andersen et al. 2005). Type muskelfiber kan også være en innvirkende faktor med hensyn til kjøttkvalitet, og det er en utfordring å fastsette den optimale sammensetningen av fibertyper med tanke på kvalitet. Det er gjort studier som viser at oksidative muskelfiber (IA) har en høyere konsentrasjon av lipider og dermed gir mer marmorert kjøtt og bedre mørhet enn de glykolytiske (IIB) (Wood et al. 1999). Maltin et al. (1998) fant videre at mørhet var positivt korrelert med muskelfiber type IA ($r = 0,48$) og negativt korrelert med fibertype IIB ($r = -0,38$).

3.2 Fra muskel til kjøtt

Prosessen med å omdanne muskel til kjøtt innebærer en rekke metabolske og strukturelle endringer. Med det samme dyret er dødt, vil muskelen jobbe for å opprettholde homeostase (likevekt). Når oksygentilførselen stopper opp, tar muskelen i bruk glykogen som energikilde og vil dermed kunne fortsette å trekke seg sammen så lenge det er tilstrekkelig tilgang på ATP og Ca²⁺. Anaerob glykolyse av muskelglykogen gir foruten ATP, samtidig også en opphopning av laktat og derav redusert muskel-pH. Lite ATP i muskelen etter slakt skyldes for liten tilgang på glykogen i kombinasjon med en inaktivering av glykolytiske enzymer som følge av det forhøyede laktatnivået (Ferguson et al. 2001). Når mengde ATP avtar og Ca²⁺ øker intracellulært i muskelfibrene i tiden etter slakt, oppstår rigor mortis som en følge av at det dannes irreversible kryssbindinger mellom aktin og myosin (aktomyosin). Dette gjør at muskelen forblir i kontrahert stilling slik at hele slaktet etter hvert vil stivne. Rigor skjer når den enkelte muskelfiber går tom

for ATP, og vil derfor ikke skje i hele muskelen samtidig. De enkelte fibrene i en muskelbunt vil gå inn i rigor på forskjellig tidspunkt (Jeacocke et al. 1984). Etter hvert som proteolysen setter igang og rigor mortis løses opp, vil mørheten i muskelen øke gjennom aldring (Maltin et al. 2003).

Mørningsprosessen varierer fra dyr til dyr, og det er denne variasjonen som forårsaker en uakseptabel mørhetsgrad for konsumenten. Det er derfor et mål å finne fram til måter å manipulere denne prosessen på slik at man oppnår mest mulig likhet med hensyn til mørhet mellom de ulike slakt. Det vil i hovedsak være tre faktorer som bestemmer mørheten; 1) *bakgrunnsseigheten* som avhenger av mengde bindevev og som ikke vil endre seg i tiden etter slakt, 2) *rigor mortis* (sammentrekningsfase) som inntreffer i løpet av 24 timer etter slakt, hvor sarkomerene trekker seg sammen og kjøttet blir seigt. 3) selve *mørningsprosessen*, her er det stor variasjon både mht hastighet og grad av proteolyse, noe som kan gjenspeiles i lite tilfredsstillende mørhet i det ferdige produktet (Koochmaraie & Geesink, 2006).

Hvilken faktor som er den mest avgjørende, vil variere mellom ulike muskler. For eksempel vil sarkomerlengden størst innvirkning på mørheten i PM, mens proteolyse betyr mest for mørheten i longissimus. Bindevevets mengde, innhold og sammensetning betyr mest i muskler som biceps femoris og semimembranosus (Koochmaraie et al. 2002). At proteasenes aktivitet også kan variere, finnes det eksempel på mellom raser. Storfe av *Bos indicus*-avstamming (tropiske raser) er kjent for å ha seigere kjøtt enn fe av *Bos taurus*-avstamming (engelske og kontinentale raser). En mulig forklaring er at det skyldes økt aktivitet av Ca^{2+} -avhengige proteasehemmere hos dyr av *Bos indicus*-raser (Shackelford et al. 1991).

Mørheten vil ikke påvirkes av endringer i proteinsyntesen, men avhenger i stor grad av de mekanismer som regulerer proteindegraderingen (Koochmaraie et al. 2002). Proteolyse av myofibriller medfører endringer i proteinstrukturen som gjør at musklens struktur svekkes. Det er det proteolytiske systemet som har størst betydning for mørningsprosessen, med μ -calpain som det viktigste proteolytiske enzymet (Koochmaraie, 1996). Calpain-systemet består i tillegg av to andre proteaser; m-calpain og calpain 3, men disse bidrar ikke i noen særlig grad til proteolysen, og da heller ikke til å utvikle mørhet (Geesink et al. 2005). En japansk studie av Ono et al. (2004) foreslår at calpastatin, som har en inhiberende virkning på μ -calpain og m-calpain, antagelig har større innvirkning på mørheten enn proteasene som er direkte involvert i proteolysen. Korrelasjonen mellom calpastatinaktivitet og mørhet er negativ (Doumit &

Koohmaraie, 2004). Calpastatinnivået avtar med økt lagringstid postmortem (Veiseth et al. 2004) og dette skjer fordi μ -calpain da vil degradere calpastatin (Doumit & Koohmaraie, 1999). Dette fører videre til økt proteolyseaktivitet og bedret mørhet.

Mørningsprosessens forløp vil også påvirkes av temperatur og tid. I et forsøk av Dransfield et al. (1981) ble det funnet at musklene LD, PM og ST ble mørere når lagringstemperaturen økte fra 0 til 20 °C, og at de i tillegg ble raskere møre ved høy temperatur. ST mørnet aller raskest, etterfulgt av LD og PM. Etter mørning var dessuten LD dobbelt så seig som ST som var mørest, mens PM var i en mellomform.

3.3 pH

Post mortem vil det som allerede nevnt, bli et pH-fall i muskelen på grunn av opphopning av laktat. Dette fallet i pH og den endelige slutt-pH vil være av betydning for kjøttkvaliteten. I følge Maltin et al. (2003) vil slutt-pH 24 timer etter slakt normalt ligge mellom 5,4 og 5,7. Dersom kjøttet har en slutt-pH > 5,8, får det betegnelsen DFD-kjøtt (Dark, Firm, Dry). Slutt-pH påvirkes av mengde glykogen som finnes i muskelen ved slakt. Er det lite glykogen, vil sjansen for å få utvikling av DFD-kjøtt være større. Dette fordi laktatproduksjonen i slike tilfeller vil være lav, og pH vil ikke synke nevneverdig (Maltin et al. 2003).

Nøyaktig hva en høy slutt-pH vil bety for mørheten, er noe omdiskutert. Wulf & Page (2000) fant at LD med pH \leq 5,45 var mørere enn LD med pH > 5,45. I samsvar med dette fant Wulf et al. (2002) WB-verdier som var 46 % høyere i DFD-kjøtt fra LD, ferdig tilberedt, enn i kjøtt med normal pH. Tilsvarende var WB-verdiene for *semimembranosus* (SM) og *gluteus medius* (GM) henholdsvis 36 og 33 % høyere i DFD-kjøtt. Men for 5 av 8 muskler ga DFD-kjøttet ingen signifikant endring i de gjennomsnittlige WB-verdiene. I det samme forsøket ga målinger foretatt med sensorisk panel derimot en lavere mørhetsgrad for DFD-kjøttet. I et forsøk av Silva et al. (1999) ble det funnet at longissimus som hadde en høyere slutt-pH (5,8-6,7) var signifikant mørere 1, 6 og 13 dager etter slakt i forhold til longissimus med lavere slutt-pH (5,5-5,8). Dette ble begrunnet med økt calpainaktivitet og dermed en raskere proteolyse ved høy pH. Mørhet ble målt med WB skjære/pressemetode. Purchas et al. (1999) fant i en studie med prøver fra til sammen 156 okser og kastrater at kjøtt med en mellomliggende slutt-pH (6,0) var minst mørt. Eksempelvis ble det for *M. longissimus thoracis* (LT) funnet at en økning i slutt-pH fra 5,5

(normal) til 6,0 ga økt grad av seighet i det tilberedte kjøttet, mens en videre pH-økning fra 6,0 til 7,0 ga redusert seighet igjen. Resultatet kan ikke forklares hverken av muskelfibrenes grad av sammentrekning eller proteolyseaktivitet, og det tyder dermed på at det kan være andre faktorer som spiller inn.

Selv om det i litteraturen finnes resultater som viser at DFD-kjøtt kan være mørere enn normalt kjøtt, vil det likevel ikke være ønskelig med DFD-kjøtt på grunn av en høyere forekomst av smaksavvik (Wulf et al. 2002). Dette fordi vannaktiviteten i slikt kjøtt er høy, og det vil være lett å ta opp smak fra omgivelser i tillegg til at det blir en økt risiko for bakterievekst.

3.5 Mørhetsmålinger

Mørhet kan måles både ved bruk av sensoriske og instrumentelle/mekaniske metoder.

3.5.1 Sensorisk måling

Sensorisk måling av mørhet kan gjøres enten som en forbrukertest eller ved bruk av et smakspanel bestående av trenede testpersoner. Begge metoder kan brukes for vurdering av kvalitetsegenskapene mørhet, saftighet og smak (Perry et al. 2001). Forbrukertester vil i stor grad være en subjektiv metode, men en mindre, norsk studie gjort av Sivertsen et al. (2001) på 10 NRF-okser, viste en høy korrelasjon mellom mørhetsmåling med trenet sensorisk panel og forbrukertest ($r = 0,96$). For Warner-Bratzler analysen var korrelasjonen med forbrukernes rangering litt lavere, $-0,87$. Korrelasjonen er negativ fordi høye verdier fra smakspanel betyr at kjøttet er mørt. Signifikansnivået ble imidlertid ikke testet. En liten digresjon; resultatene fra dette forsøket viste samtidig at menn i større grad enn kvinner aksepterte at mindre mørt kjøtt ble servert som biff (Sivertsen et al. 2001).

Mørhetsrangering ved bruk av sensorisk panel har vist seg å være høyest korrelert med mengde bindevev, men korrelasjonen var også god for WB skjære/pressekraft, sarkomerlengde og kollagenkonsentrasjon ($r > 0,60$). Dette var generelt gjeldene for 11 utvalgte muskler (Rhee et al. 2004).

3.5.2 Warner-Bratzler

Warner-Bratzler skjære/pressekraft er en instrumentell/mekanisk og objektiv metode for å måle kjøttets mørhet. Metoden går ut på at kjøttet skjæres over med en giljotinlignende kniv, samtidig som maxkraften dette krever blir målt. Denne kraften kan oppgis enten i Newton (N) eller i kilo. En høy WB-verdi sammenfaller med seigt kjøtt. Destefanis et al. (2008) konkluderte med at WB-verdier $> 52,68$ N indikerte det forbrukere flest vil karakterisere som seigt kjøtt, mens WB-verdier $< 42,77$ indikerer at forbrukerne vil oppfatte kjøttet som mørt. 60 prøver av LT ble analysert av et sensorisk panel bestående av 220 personer, og det ble brukt en 5-trinns skala hvor resultatene ble sammenlignet med resultater fra Warner-Bratzler mørhetsmåling (Destefanis et al. 2008).

Ved Nofima mat i Ås benyttes en metodikk der WB-verdier < 50 N indikerer at kjøttet er mørt, og verdier mellom 50 og 70 N tilsier at kjøttet er merkbart seigt. Er WB-verdien imidlertid > 70 N vil kjøttet oppfattes som svært seigt.

Tabell 3.1: Inndeling av Warner-Bratzler skjærekraft, målt i N og kg, i forskjellige mørhetskategorier (Destefanis et al. 2008; Belew et al. 2003)

Mørhetskategori	Newton (Destefanis et al. 2003)	Kg (Belew et al. 2003)
Meget seigt	$> 62,59$	
Seigt	62,59-52,78	$> 4,6$
Medium	52,68-42,87	4,6-3,9
Mørt	42,77-32,96	3,9-3,2
Meget mørt	$< 32,96$	$< 3,2$

En nasjonal evaluering gjort av Miller et al. (2001) viste at amerikanske konsumenter hadde evne til å skille mellom ulike grader av mørhet, og hvor kjøttet med de laveste WB-verdiene fikk best aksept. WB-verdier $< 3,0$ kg ga 100 % fornøyde konsumenter; 3,4 kg ga 99 %; 4,0 kg ga 94 %; 4,3 kg ga 86 % mens verdier $> 4,9$ kg bare gav 25 % fornøyde. I tillegg svarte hele 78 % av de spurte de at var villig til å betale mer for kjøttet dersom det forelå en mørhetsgaranti (Miller et al. 2001).

Warner-Bratzler skjære/pressekraft vil variere mellom de ulike muskler, men også innenfor en og samme muskel vil det kunne finnes effekt av målested (Belew et al. 2003).

3.5.3 Korrelasjon mellom instrumentell og sensorisk mørhetsmåling

Korrelasjonen mellom mørhet målt med forbrukertest som sensorisk metode og Warner-Bratzler som instrumentell metode er funnet til å være -0,72 (Destefanis et al. 2008). For trenet sensorisk panel og Warner-Bratzler var korrelasjonen -0,77 (Shackelford et al. 1999). Perry et al. (2001) rapporterer også om et godt samsvar mellom instrumentell mørhetsmåling og sensorisk målt mørhet. Warner-Bratzler er den instrumentelle teknikken som vanligvis korrelerer best med sensorisk panel for måling av mørhet (Tornberg, 1996). Den mekaniske målingen gir likevel et mer forenklet bilde, da ingen av de komplekse interaksjoner som skjer mellom smak og saftighet i spiseprosessen, blir tatt med i betraktningen (Thompson, 2004). Forholdet mellom instrumentell mørhetsmåling med skjære/pressekraft og mørhetsscore med sensorisk panel kan også variere avhengig av muskel (Perry et al. 2001). Shackelford et al. (1995b) fant en stor variasjon i korrelasjon, med eksempelvis $r^2 = 0,00$ for *M. gluteus maximus* (GM) og $r^2 = 0,73$ for LD for målinger mellom WBSF og sensorisk panel.

4.0 Faktorer som påvirker kjøttkvaliteten

Kjøttkvaliteten, og da hovedsakelig kjøttets mørhet, påvirkes av et svært komplekst samspill av en rekke indre og ytre faktorer. Disse kan innvirke gjennom dyrets vekst, og i perioden før og etter slakt (både før og etter rigor mortis inntreffer), samt ved tilberedning. Det er antagelig forholdene 24 - 48 timer rett før og etter slakt som har størst betydning for hvilke spiseegenskaper kjøttet til slutt får (Ferguson et al. 2001).

4.1 Før slakt (ante mortem)

Hvor mørt kjøtt et dyr har potensiale til å produsere, er bestemt av gener. Men hva kjøttets sluttmørhet blir, vil være påvirket av samspillet mellom gener og ulike miljøfaktorer før og etter slakt.

4.1.1 Rase

Dikeman et al. (2005) gjorde en studie for å se på variasjon i spisekvalitet både mellom og innen 14 raser og konkluderte med at det finnes viktige genetiske effekter på sensoriske egenskaper i kjøtt.

De største forskjeller i kjøttkvalitet som effekt av rase finnes mellom *Bos indicus* og *Bos taurus*. Det vist at muskler med *Bos indicus* avstamning etter 14 dagers aldring var seigere enn muskler fra *Bos taurus*. Forsøket ble gjort på kastrater, og 10 ulike muskler ble testet (Shackelford et al. 1995a). Crouse et al. (1989) hadde på et tidligere tidspunkt funnet at marmoreringsgraden avtok samtidig som variasjonen i marmorering ble større med økt innkryssing av *Bos indicus*. Marshall (1994) fant i sitt forsøk eksempler på at flere av *Bos indicus* dyrene hadde like god marmoreringsgrad som flere av *Bos taurus* dyrene. Men til tross for dette fikk *Bos indicus* likevel lavere score for mørhet målt ved sensorisk panel enn noen av *Bos taurus* rasene. Med bakgrunn i resultatene til Marshall (1994) ser det ikke ut til at mengde IMF er noen avgjørende faktor for å forklare forskjell i mørhet mellom *Bos indicus* og *Bos taurus*. Årsaken til at Brahman og tilsvarende raser (*Bos indicus*) ofte er mindre møre, kan henge sammen med en lavere mørningshastighet forårsaket av høy calpastatinaktivitet (Berg & Matre, 2001). Stolowski et al. (2006) konkluderer i sitt forsøk med Angus x Brahman at varierende mørhet først og fremst skyldes at ulike muskeltyper har ulike karakteristikk, men at det også kan sees i sammenheng med at ulike raser innehar ulike egenskaper, medfødte og arvelige.

Monsøn et al. (2004) fant at raser som Blonde d'Aquitaine og Limousin, som er spesialisert for kjøttproduksjon, viste lavere WB-verdier og dermed var mørere enn Holstein og Old Brown Swiss, som er mjølkeraser. Dette gjaldt både for rått og varmebehandlet kjøtt ved mindre enn 7 dagers lagringstid. I samme forsøk så det ut til at variasjoner mellom raser og mellom individer innen samme rase avtok med økt lagringstid (Monsøn et al. 2004).

Hos storfe med økt antall muskelfiber (dobbelmusklet storfe, feks Belgisk Blå og Piedmontese) forekommer en høy mutasjonsfrekvens i myostatingenet (Kambadur et al. 1997). Dette fører til at mengde kollagen i bindevevet blir mindre (Uytterhagen et al. 1994), noe som kan settes i sammenheng med mindre bakgrunnsseighet og derav økt mørhet. Resultatene fra forsøket til Uytterhagen et al. (1994) viste imidlertid ikke en bedre mørhet hos dobbelmusklet storfe, og det

ble forklart med at redusert proteolyse og mindre grad av mørning post mortem veier opp for effekten av en mindre mengde kollagen.

Med hensyn til intramuskulært fett (IMF), utmerker rasene Japanese Black (Wagyu) og Amerikansk Wagyu seg ved at de har et genetisk potensiale til å oppnå større mengde IMF enn andre raser (Cameron et al. 1994). Det er også funnet flere forskjeller; Maltin et al. (1998) viste at Angus krysningsokser hadde mer IMF enn okser av Charolais-krysninger ved lik alder. Jersey, som er en mjølkerase, gjør seg likevel bemerket med et høyt innhold av intramuskulært fett (Malau-Aduli et al. 2000; Marshall, 1994), i tillegg til at mørheten også er god (Marshall, 1994).

4.1.2 Kjønn

«Hormoner påvirker vekstrate og effektivitet i fôrutnyttelse i tillegg til å ha betydning for kjøttets kvalitet» (Wierbicki et al. 1955).

Dyrets hormonstatus vil ha betydning for kjøttkvaliteten, ved at hormoner påvirker mørhet og fordelingen av protein og fett. Hormonproduksjonen vil endres ved kastrering. Blant annet vil kastrater ha en lavere konsentrasjon av testosteron enn okser (Fritsche & Steinhart, 1998), noe som kan knyttes til mindre vekstkapasitet og en lavere slakteprosent (Field et al. 1971). Men samtidig vil kastratslakt være feitere og få høyere kvalitetsrangering enn slakt av okser (Morgan et al. 1993). Okser er derimot bedre på fôrutnytting, og vil samtidig vokse raskere. Dessuten skjer fettavleiringen på et senere tidspunkt enn hos kviger og kastrater (Berg & Butterfield, 1968). Et okseslakt vil totalt sett bestå av mer muskler, noe mer bein og en mindre andel fett enn hva slakt av kastrat og kvige gjør (Shahin et al. 1993).

Ockerman et al. (1984) fant at slakt fra Anguskastrater hadde mer marmorering, mer innvollsfett og et tjukkere fettlag over ytrefiletten (longissimus) enn okseslaktene av Angus, noe som resulterte i en bedre slaktekvalitet. Purchas et al. (2002) viste at hos okser og kastrater med samme slaktevekt, har kastrater en større andel fett enn okser. Mengde IMF hos oksene var kun 30 % av kastratenes. Arealet av longissimus var derimot mindre hos kastratene. Oksenes longissimus var dessuten klart seigere og mindre saftig enn kastratenes, men noen klar årsak til dette ble ikke funnet. Det ble ansett som mest sannsynlig at resultatet skyldtes en kombinasjon av lavere proteolytisk aktivitet, noe høyere pH, mindre IMF, større tap ved tilberedning og en

større andel kollagen i bindevevet hos okser. 117 dyr av Angus og Angus-kryssinger inngikk i forsøket.

Prost et al. (1975) fant ingen klar sammenheng mellom kjønn og mørhet. En tidligere studie av Wierbicki et al. (1955) hadde imidlertid indikert at kjøtt fra okser var noe mindre mørt enn kjøtt fra kastrater. Senere fant Hopkinson et al. (1985) at mørheten økte signifikant ved kastrering av okser. Purchas & Aungsupakorn (1993) fant også i sitt forsøk indikasjoner på at oksekjøtt var seigere enn kjøtt fra kastrater. Det samme fant Morgan et al. (1993) ved Warner-Bratzler skjærekraft, mens testing med sensorisk panel ikke ga noe utslag på kjønn.

Reagan et al. (1971) foretok en sammenligning av den sensoriske kvaliteten av kjøtt fra kastrater og ungoxer ved bruk av Warner-Bratzler og et trent sensorisk panel. En gruppe på 20 okser og 23 kastrater av Angus, Hereford og Brown Swiss ble slaktet ved gjennomsnittlig 385 dagers alder. Den andre gruppa var i snitt 484 dager ved slaktetidspunktet og besto av 23 okser og 24 kastrater av Santa Gertrudis og Charolais-kryssinger. For sistnevnte gruppe ble det funnet at kjøtt fra kastrater var mer marmorert, og at det var mørere og hadde bedre kvalitet enn oksekjøttet. Uavhengig av gruppe hadde kjøtt fra kastrater bedre smak. Smakspanelet var mer fornøyd med kastratkjøttet enn oksekjøttet som hadde mer varierende sensorisk kvalitet (Reagan et al. 1971).

Destefanis et al. (2003) gjorde også et forsøk for å sammenligne okser og kastrater, og i forhold til okser ble det funnet lavere innhold av vann og hydroxyprolin, samt høyere innhold av protein og fett i *longissimus thoracis* (LT) fra kastrater. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller på kjøttkvaliteten mellom tidlig kastrering ved 5 mnd alder og sein kastrering ved 13 mnd, bortsett fra for tap under tilberedning. De tidlig kastrerte dyra hadde den beste vannbindingsevnen (WHC). Forsøket ble utført med dyr av rasen Piemontese, og viste at kastrering vil ha en effekt på muskelens kjemiske sammensetning, inkludert en nedgang i vanninnhold og en oppgang i fettinnhold (Destefanis et al. 2003).

Shanin et al. (1993) ønsket å teste ut om effektene av kastrering mht vekst og sammensetning av slaktet er større hos noen raser enn hos andre. I forsøket ble det brukt 119 okser og 91 kastrater av rasene Hereford, kryssing av Charolais x Angus x Galloway, kryssing av Hereford x Angus x Charolais x Galloway og Shorthornkryssing. Hos alle raser ga kastrering redusert muskelvekst, noe som kan forklares med bakgrunn i en mindre mengde androgener. Det ble funnet 8,8 % mer

muskler på okseslaktene, og forholdet mellom muskler og bein var også 6,9 % høyere hos oksene enn hos kastratene. Disse hadde på sin side til gjengjeld 24,4 % mer fett. Fett var også den vevstypen som viste aller størst variasjon mellom slaktene. Den relative muskelveksten var 15-16 % høyere hos oksene enn hos kastratene. Dessuten varierte hastigheten på muskelveksten signifikant mellom de ulike rasene. Hereford og Shorthornkrysningene er tidlig slaktemodne raser som starter fettavleiringen på et tidligere tidspunkt enn seint slaktemodne raser. Muskelveksten vil derfor være raskere hos disse. Ulik sammensetning av slaktet mellom rasene kan ses som et resultat av differensiert vekst av muskler, bein og fett (tidlig/seint slaktemoden). Effekt av kjønn (kastring) var større en effekt av rase, noe som kom best til uttrykk hos de seint slaktemodne rasene (Shanin et al. 1993).

Ockerman et al. (1984) fant ingen signifikant forskjell på fordeling av muskelfibertyper i ytrefiletene når kastrater ble sammenlignet med okser. Likevel hadde kastratene en litt høyere andel hvite muskelfiber. Det var en korrelasjon mellom mørhet og røde muskelfiber på 0,53. Gjennomsnittlig muskelfiberdiameter var større for okser enn kastrater, både for hvite og røde fiber. Ingen signifikant korrelasjon ble funnet mellom fiberdiameter og mørhet, men en positiv korrelasjon var likevel til stede (Ockerman et al. 1984).

Tidspunkt for kastring vil også kunne ha betydning for kjøttets kvalitet. Heaton et al. (2006) fant at LD fra dyr som var blitt kastret tidlig (før avvenning, ved 90 dg/106 kg) var bedre akseptert blant konsumentene enn om kastringen ble foretatt ved avvenning (225 dg/243 kg) og etter avvenning (380 dg/365 kg). Både marmoringsgrad, saftighet og smak var bedre for LD ved tidlig kastring (Heaton et al. 2006).

4.1.3 Alder

Kjøttets mørhet vil avta når dyrets alder øker. En viktig årsak til dette er at bindevevets sammensetning endrer seg, slik at det blir et økt antall kryssbindinger mellom kollagenmolekyler og proteinkjeder. Disse vil da være mindre løselige og bidra til at kjøttet oppleves som seigere (Kögel, 2005).

Prost et al. (1975) fant at kalvekjøtt var mørere enn kjøtt fra voksne dyr. Resultatene fra deres forsøk indikerte at kjøttets mørhetsgrad avtar når dyret blir eldre. Dette gjaldt imidlertid ikke for

alle muskler, og for PM, som var møreste muskel, vist ingen forskjell i mørhet i relasjon til dyrets alder (Prost et al. 1975).

Tuma et al. (1962) fant at mørhet målt i LD, både ved bruk av Warner-Bratzler og smakspanel, avtok signifikant ettersom dyra ble eldre. Forsøksdyra var hunddyr og kastrater av Hereford med slaktealder 18 mnd (1,5 år), 42 mnd (3,5 år) og 90 mnd (7,5 år). Størst forskjell ble funnet mellom 18 og 42 mnd (Tuma et al. 1962).

Schackelford et al. (1995) sammenlignet 1 år gamle kviger og 2 år gamle kyr for å se hvilken betydning slaktealder kan med hensyn til kjøttkvalitet. For LD ble det ikke funnet noen forskjell i Warner-Bratzler skjære/pressekraft som kunne relateres til dyras slaktealder, men for generell mørhet av hele slaktet fikk 2 åringene lavest rangering. Forskjellene var imidlertid små, og det var 10 ganger så stor variasjon innenfor hver aldersgruppe enn mellom de to gruppene (Shackelford et al. 1995b).

Purchas et al. (2002) fant at rask tilvekst (sterkere fôring og lavere slaktealder, 16-18 mnd) gav en mørere longissimus enn det seinere tilvekst gjorde (svak og restriktiv fôring, samt høyere slaktealder, 26 mnd), både hos okser og kastrater målt med sensorisk panel og WB-skjære/pressekraft. Gruppen med rask tilvekst viste en større andel IMF og en mer svekket myofibrillstruktur. Om disse resultatene var en effekt av slaktealder eller fôrnivå, kunne derimot ikke fastslås med sikkerhet. Men det ble antatt at det var slaktealder som hadde størst betydning (Purchas et al. 2002).

Warren et al. (2008) så at mengde IMF i LD økte når slaktealderen økte, særskilt for dyr fôret med grassensilasje i forhold til dyr på høy kraftfôring. Kraftfôret ble gitt restriktivt slik at vekstkurven skulle bli mest mulig lik for alle dyra av samme rase, uavhengig av type fôring. Det var tre grupper som ble sammenlignet, og slaktealderen var på 14, 19 og 24 måneder. Forsøksdyra var 96 kastrater av Anguskrysninger og Holstein-Frieser. Forsøket ble i hovedsak gjort for å se på fettsyresammensetning, og selv om ikke alder ved slakt ble direkte sammenlignet, var det likevel tydelig at høyere alder samsvarte med mer fett (Warren et al. 2008). Maltin et al. (1998) fant også en høyere andel IMF når slaktealderen økte, og samtidig også en redusert mengde løselig kollagen.

4.1.4 Fôring/tilvekst

Mengde kjøtt som produseres av et dyr vil avhenge av antall muskelfiber og hvordan disse vokser. Etter fødsel vil det ikke skje noen økning i antall fiber, og muskelveksten bestemmes da av hvor mye hver enkelt fiber vokser. Dette styres av forholdet mellom protein syntetisert og protein degradert (protein turnover). Musklene vokser når syntesen av protein er større enn degraderingen (Andersen et al. 2005). Protein turnover i musklene kan reguleres gjennom fôring. Rask vekst vil bety større grad av protein turnover og økt proteolyse, noe som er gunstig for mørheten.

Glykogen er et viktig substrat for energimetabolisme i muskelfibrene. Prosessen med å omdanne muskel til kjøtt er energikrevende, og avhenger av mengde glykogen (energi/ATP) som er tilgjengelig i muskelen etter slakt. Den anaerobe metabolismen som da finner sted, resulterer i energi, men også i produksjon av laktat og et medfølgende pH-fall. Hvordan dette forløper, vil ha innvirkning på kjøttets vannbindingsevne, farge og saftighet (Andersen et al. 2005).

Glykogenkonsentrasjonen i musklene ved slakt vil variere avhengig av hvilken muskel, art, dyrets ernæringsmessige tilstand og hvor mye stress det opplever rett før slakt (Immonen et al. 2000a).

Fôrrasjoner med et høyt energiinnhold kan motvirke en potensiell uttømming av glykogen ved feks lave temperaturer. Men bortsett fra dette, viste forsøket til Immonen et al. (2000b) at verken kastrering eller rasjonssammensetning så ut til å ha noen stor innvirkning på glykogenkonsentrasjonen i en hvilende muskel. Til tross for et tradisjonelt syn om at glykogenlagrene i musklene hos drøvtyggere er lite mottagelig for påvirkning gjennom fôring, finnes det likevel resultater som viser at glykogennivå kan respondere på fôring. Vestergaard et al. (2000) gjorde et forsøk med 41 Frieserokser inndelt i to grupper, hvorav den ene med intensiv fôring med kraftfôr, og den andre med ekstensiv fôring på beite. I tillegg var det grupper med og uten slutfôring med kraftfôr. Det ble funnet mindre glykogenlagre i longissimus og ST hos dyra som var ekstensivt fôret i forhold til de intensivt fôrede. Men ekstensivt fôrede okser som ble slutfôret i 10 uker viste en økning i glykogenkonsentrasjonen, og nivåene overgikk til og med det som ble funnet hos oksene på intensiv fôring.

I det samme forsøket av Vestergaard et al. (2000) ble det også funnet et lavere innhold av IMF i LD, ST og *M. supraspinatus* (SU) hos oksene som hadde gått på beite (ekstensiv

produksjonsform) sammenlignet med kraftfôroksene (intensiv produksjonsform). Beiteoksene fikk også lavere score ved testpanel på mørhet, saftighet og smak i tillegg til en større andel merknader for avsmak. En sluttperiode på 10 uker med kraftfôrfôring for beiteoksene bedret imidlertid også disse resultatene (Vestergaard et al. 2000).

En rekke studier understøtter disse resultatene som viser at kraftfôrbasert fôring gir bedre mørhet enn grovfôrbasert. Dette skyldes flere faktorer; en sterkere fôring vil som sagt gi en raskere vekstrate slik at proteinturnover (Koochmaraie et al. 2002) og proteolyse post mortem øker (Aberle et al. 1981; Purchas et al. 2002) i tillegg til at løseligheten av kollagen også vil øke (Aberle et al. 1981). Videre fant Nuernberg et al. (2005) at et kraftfôrbasert fôringsregime gav en signifikant større mengde IMF i longissimus enn grassbasert fôring, og kraftfôrdyra scoret også her best på mørhet. Fettsyresammensetningen ble også påvirket av fôringen. Andelen n-3 økte betraktelig hos oksene på grassfôring, mens mengde metta fett ble ikke påvirket. Forsøket ble foretatt med okser av Simmental og Hostein, og dyrene ble slaktet ved 620 kg levendevækt. Kraftfôroksene hadde størst tilvekst og var derfor yngre ved slaktetidspunktet. Dette kan være en medvirkende årsak til at disse hadde bedre resultater for mørhet, siden de grassfôrede oksene vokste saktere og dermed var 4-6 måneder eldre ved slakt. Det er derfor sannsynlig at disse hadde en større andel kollagen i bindevevet (Nuernberg et al. 2005).

French et al. (2000) fant i likhet med Nuernberg et al. (2005) at økt andel grassbasert fôring ga en bedret fettsyresammensetning. Andelen flerumetta fett (PUFA) økte samtidig som mengde metta fett (SFA) ble mindre. I tillegg ble det rapportert et bedret forhold mellom n-6 og n-3 ved at det ble mer av n-3. Denne økningen i n-3 skyldes at grass inneholder opptil 30 ganger så mye C18:3 som kraftfôr. Beite resulterte i en større mengde CLA (konjugert linolensyre) enn ensilert grass og kraftfôr (French et al. 2000).

Men her finnes det også eksempler på andre resultater. Keane et al. (1998) undersøkte hvilke effekter intensiteten i produksjonssystemet har for sammensetningen av slakt og kjøttkvalitet. 26 krysningsokser av Charolais og Frieser ble delt inn i tre grupper; en intensiv, en konvensjonell og en ekstensiv gruppe med slaktealder på henholdsvis 19 mnd, 24 mnd og 29 mnd. Den intensive og den konvensjonelle gruppa fikk ensilasje og kraftfôr, mens den ekstensive gruppa gikk på beite. Det intensive produksjonsopplegget ga slakt med en høyere slakteprosent og en bedre konformitet enn de andre to systemene. I dette forsøket ble det ikke funnet noen forskjell

mellom produksjonssystemene når det gjaldt WB skjære/pressekraft eller for kvalitetsegenskaper testet med sensorisk panel (Keane et al. 1998).

Kompensasjonsvekst som følge av rask vekst når fôringen økes etter en periode med svak fôring og dårlig vekst, kan være et virkemiddel for å oppnå økt mørhet. I starten av en periode med kompensasjonsvekst vil proteinsyntesen være økt, mens degraderingen forblir lav som følge av den tidligere svake fôringen. Senere vil proteindegraderingen gradvis ta seg opp igjen (Andersen et al. 2005). Utfordringen vil være å finne den optimale lengden på kompensasjonsvekstens periode som ved slaktetidspunkt vil gi de beste forutsetninger for degradering av muskelprotein. For gris er optimal lengde på denne perioden funnet til å være mellom 42 og 70 dager (Therkildsen et al. 2002). For å få et godt utgangspunkt for mørningsprosessen, er det ønskelig med høy turnover av muskelprotein ved slaktetidspunktet (Andersen et al. 2005).

4.1.5 Håndtering/lasting/transportering/oppstalling på slakteri – stress ante mortem

Håndtering og transportering i forbindelse med slakting vil oppleves som en stressituasjon for dyret. Dette kan ha en negativ innvirkning på kjøttkvaliteten, siden stressede dyr generelt vil ha reduserte glykogenlagre i musklene og mindre grad av proteindegradering. Faktorer som ukjent miljø, separering og blanding av dyr, økt kontakt med mennesker, rask klimaforandring og også fravær av mat og vann kan forårsake stressreaksjoner og utmattelse. Hvordan det enkelte dyret responderer, avhenger mellom annet av tidligere erfaringer, alder og kjønn (Ferguson et al. 2001).

Muskelens innhold av glykogen vil som sagt påvirke kjøttets slutt-pH. Hos stressede dyr stiger aktivitetsnivået samtidig som mengde sirkulerende adrenalin også øker. Mer aktivitet betyr høyere kroppstemperatur og raskere metabolisme. Lagrene av muskelglykogen vil derfor raskt tømmes. Dersom dette skjer rett før slakt, vil det medføre en høy slutt-pH i kjøttet (DFD-kjøtt) etter slakt, fordi rigor mortis da vil inntreffe på et tidligere tidspunkt. Fordi okser har et mer temperamentsfullt lynne enn kastrater, vil disse være mer utsatt for å kunne utvikle DFD-kjøtt. Young & Foote (1984) foreslår at type muskelfiber også vil ha betydning for forekomst av DFD-kjøtt. Deres resultater peker mot at muskelfibre med stor oksidativ og liten glykolytisk kapasitet (type IA) er mindre utsatt for høy slutt-pH og derfor utgjør en mindre risiko for utvikling av DFD-kjøtt (Young & Foote, 1984).

En studie av Jeremiah et al. (1988) viste at kjøtt fra storfe som hadde kort transport og kort oppholdstid på slakteri, og dermed hadde blitt utsatt for minimalt stress før slakting, fikk bedre score for mørhet, saftighet og smak ved testpanel enn fra storfe der besetninger ble blandet, transport og oppholdstid på slakteriet var langvarig, slik at disse dermed var mer stresset. Da slutt-pH ikke ble målt, kan en ikke si noe om dette var årsaken til forskjellene som ble avdekket (Jeremiah et al. 1998).

Vanlig konsentrasjon av muskelglykogen i en hvilende muskel hos storfe vil ligge mellom 80-120 mmol/kg (McVeigh & Tarrant, 1982). For lite glykogen vil gi for høy pH, fordi det ikke er nok substrat å omdanne til laktat (Ferguson et al. 2001). Et annet moment er at høy slutt-pH faktisk kan gi god mørhet på grunn av at calpainene vil være svært aktive under slike forhold. Kjøttet får imidlertid dårligere holdbarhet (Berg & Matre, 2001). Immonen et al. (2000c) har rapportert at effekt av rasjons sammensetning kunne finnes igjen i slutt-pH, hvor en høyenergisasjon ga lavere pH enn en lavenergisasjon, samt i glykogenkonsentrasjon. På bakgrunn av disse funn er det foreslått at å gi en høyenergisasjon de siste par uker før slakt kan være en metode for å redusere forekomst av DFD-kjøtt.

Fravær av mat og vann under transporten kan resultere i dehydrering og vekttap. Selv om dyra får tilgang på vann framme på slakteriet, er det mange som likevel ikke vil drikke. En studie foretatt av Jones et al. (1990) viste at kastrater som ikke fikk tilgang på fôr og vann de siste 48 timer før slakt hadde en noe forhøyet pH 6 dager etter slakt. Dermed fikk disse dyrene kjøtt med mørkere farge, mindre saftighet og høyere Warner Bratzler-verdier enn kastrater slaktet rett fra fôrbrettet. Grad av marmorering ble imidlertid ikke påvirket. Warner Bratzler-verdier økte når tiden uten fôr og vann økte, og indikerer at kjøttet blir seigere i slike tilfeller. Det ble konkludert med at storfe som holdes uten fôr og vann i mer enn 24 timer, ikke bare vil miste vekt, men også produsere et seigere kjøtt enn hva dyr uten tilbakeholdt fôring rett før slakt vil gjøre. Slike relativt korte perioder kan vise seg å ha skadelig effekt på slaktet og kvaliteten (Jones et al. 1990).

For å studere effekter av dyras temperament, gjorde Kadel et al. (2006) et studie på kviger og kastrater av de tropiske storferasene Brahman, Belmont Red og Santa Gertrudis. Musklene som ble undersøkt var LT og ST. Resultatene viste at flukttid (lenger flukttid = rolig temperament) er genetisk korrelert med mørhet, slik at lenger flukttid ga økt grad av mørhet, både målt som WB

og sensorisk panel. Korrelasjonene var relativt lave, men viser at seleksjon for et roligere temperament vil kunne medføre bedret mørhet og økt spisekvalitet (Kadel et al. 2006).

4.2 Etter slakt (post mortem);

Det er hovedsakelig faktorene etter slakt som tilslutt vil avgjøre kjøttets mørhet. Kjøttkvaliteten kan forringes mye i perioden etter slakting, og dersom forholdene da ikke er optimale, vil godt forarbeid mth fôring og avl være til liten nytte (Maltin et al. 2003). De vanligste metodene for å øke kjøttets mørhet er å sørge for kontrollert nedkjøling, elektrisk stimulering, samt bruk av tenderstretch og tendercut som hengemetode for slakt (Ferguson et al. 2001; Wood et al. 1999).

4.2.1 Nedkjøling av slakt

Den enkleste måten å ta kontroll over mørningsforløpet på, er å sørge for en kontrollert nedkjøling av slaktet før det går inn i rigor mortis. Nedkjølingstemperaturen vil påvirke sarkomerens sammentrekningsgrad på tidspunktet kjøttet går inn i rigor. Dersom slaktet kjøles for raskt ned, kan resultatet bli kuldeforkorting. Det vil da bli en kraftig økning i den kraft som trengs for å skjære gjennom kjøttet etter tilberedning, fordi musklene vil være sterkt kontrahert. Kjøttet blir dermed seigt. Kuldeforkorting kan oppstå dersom temperaturen i kjøttet er $< 10^{\circ}\text{C}$ før sammentrekningen av sarkomerene er fullstendig (rigor mortis), på samme måte som høy temperatur $> 10^{\circ}\text{C}$ kan medføre varmforkorting. Optimal temperatur for å minimere forkortningen av myofibrillene vil ligge mellom 10 og 20°C mens rigor fullføres. Det vil være individuelle variasjoner i nedkjølingsmønster både mellom slakt, de ulike delene av slaktet og mellom ulike muskler (Ferguson et al. 2001).

4.2.2 Elektrisk stimulering (ES)

Elektrisk stimulering er en metode for å unngå kuldeforkorting. Bruk av ES får musklene til å kontrahere slik at glykogenlagrene raskere vil tømmes. Dette gjør at rigor mortis fremskyndes og dermed setter inn før temperaturen i slaktet har blitt for lav. Samtidig vil det bli et raskere pH-fall enn hva man finner i ustimulerte muskler (Ferguson et al. 2001). ES forhindrer ikke bare

kuldeforkorting. Hopkinson et al. (1985) rapporterte at for elektrisk stimulerte okseslakt ble det 2 dager etter slakt målt tilsvarende WB-verdier for LD som målt for ustimulerte kastratslakt etter 14 dagers lagring. Bruk av ES kan dermed fremskynde mørningsprosessen og forkorte lagringstiden. Perry et al. (2001) oppgir at LT som ble elektrisk stimulert fikk bedre score for mørhet ved analyse med sensorisk panel enn LT som ikke ble stimulert. Andre studier har også vist økt mørhet ved bruk av ES, og forklaringen er økt proteolyse (Ferguson et al. 2000) og økt degradering av muskelproteinenes struktur (Ho et al. 1996). Hos slakt av lam er det dessuten vist en reduksjon i mørhetsvariasjonen (Devine et al. 2005). Elektisk stimulering kan gjøres med lavvoltage (<100 V) eller høyvoltage (opptil 1000 V). Vanligvis er det høyvoltage som benyttes. Effekten av lavvoltage er liten (Hwang et al. 2003; Li et al. 2006).

4.2.3 Hengemetode for slakt

Valg av opphengsmetode vil ha betydning for hvilke muskler som fysisk strekkes og dermed oppnår lengre sarkomerer og bedret mørhet. Muskelfibrene er som tidligere nevnt, bygget opp av sarkomerer som igjen består av aktin og myosin som er sentrale aktører i muskelkontraksjonen. Sarkomerer som er korte og sammentrukket vil gi en muskel som er mindre mør. Sarkomerlengden påvirkes av muskelens posisjon når rigor mortis inntreffer, og utstrekte muskler vil altså ha lenger sarkomerer. I tillegg vil også nedkjølingsforløpet ha betydning, og er temperaturen i muskelen lav før rigor mortis inntreffer, kan resultatet bli korte sarkomerer og seigt kjøtt (kuldeforkorting). Vanligvis vil slaktet bli hengt opp etter hasen (achillessenen) pre rigor. På den måten forblir lår og ryggmuskel slappe, og vil dermed kunne kontrahere ved kuldeforkorting. Ved å benytte «Tenderstretch» eller «Tendercut» kan dette motvirkes, fordi musklene fysisk vil bli forhindret i å trekke seg sammen (Ferguson et al. 2001). Tenderstretchmetoden ble utviklet i USA på begynnelsen av 1970-tallet og betyr at slaktet henger i hoftekulen slik at ryggmuskel og den verdifulle LD blir strukket. På den måten unngås forkorting av sarkomerene ved lav temperatur. Hostetler et al. (1970) gjorde et forsøk for å sammenligne effekten av tenderstretch og vanlig oppheng i hasen, og fant da at SM blir strukket i tenderstretchposisjonen. Resultatene var signifikante og viste at sarkomerene var lengre, WB-verdiene lavere, og score hos sensorisk panel var høyere. ST og LD hadde også signifikant lengre sarkomerer. PM var eneste muskel som viste korte sarkomerer etter bruk av tenderstretch. Studiet viste at endring i sarkomerlengde ga endring i mørhet, men også at lik endring i

sarkomerlengde ikke ga lik endring i mørhet. Det trekkes samtidig fram at forholdet mellom aktomyosin og sarkomerlengde mht mørhet er noe omdiskutert og at kanskje er det heller mengde aktomyosin som har størst betydning og ikke sarkomerenes lengde. Men sarkomerlengden vil som regel reflektere mengden aktomyosin som er dannet (Hostetler et al. 1970).

Lange sarkomerer kan ses i sammenheng med lave WB-verdier (Hertzmann et al. 1993; Lochner et al. 1980) og tilsvarende kan da høye WB-verdier assosieres med korte sarkomerer (Smulders et al. 1990). For LD behandlet på konvensjonell måte er gjennomsnittlig sarkomerlengde funnet å være mellom 1,73 μ m-1,9 μ m (Eikelenboom et al. 1998; Sørheim et al. 2001). Gjennomsnittlig sarkomerlengde som er funnet for ulike raser; Angus 1,85 μ m; Simmental 1,78 μ m; Charolais 1,77 μ m og Limousin 1,76 μ m. Alle dyrene ble føret til 3,5 % IMF i LD (Chambaz et al. 2003).

Silva et al. (1999) fant i sitt forsøk at sarkomerlengde ikke kan relateres til mørhet, bortsett fra dag 6 etter slakt, og da kun målt med Warner-Bratzler skjære/pressemetode.

En studie fra Sverige viste at variasjonen i mørhet hos SM mellom ulike slakt (34 ungoxer av Svensk Rød Boskap) ble betydelig redusert ved anvendelse av tenderstretch sammenlignet med vanlig oppheng i achillessenen. Det ble funnet en reduksjon i variasjonskoeffisient mellom dyr fra 26 % til 12 % for WB-skjære/pressekraft. Variasjonen innen et og samme dyr ble også mindre. Bruk av tenderstretch førte til at hele muskelen ble strukket, og sarkomerenes gjennomsnittslengde økte fra 1,6 til 2,9 μ m, noe som ga økt mørhet. Alle slaktene ble dessuten elektrisk stimulert, og slaktets høyre side var kontrollside med vanlig oppheng i hasen mens tenderstretch ble brukt på venstre siden (Ahnström et al. 2006).

Tendercut er en nyere metode utviklet i USA i starten av nittiårene, og innebærer at det kuttes i skjelettet og slaktet henger i selve musklene slik at disse strekkes. LD blir på den måten maksimalt strukket, og det er også her funnet en signifikant økt mørhet og også en tendens til mindre variasjon (Claus et al. 2006). Signifikant økt mørhet ved bruk av tenderstretch og tendercut som opphengsmetode er kun funnet i situasjoner hvor slaktene utsettes for rask nedkjøing og det vil være fare for kuldeforkorting (Sørheim et al. 2001).

4.2.4 Lagring

Opp til 4 ukers lagring etter slakt viste seg i en studie av Jeremiah & Gibson (2003) å ha en gunstig innvirkning på alle sensoriske kvalitetsparametre, bortsett fra saftighet. Forsøket indikerte at biff kan lagres opp til 4 uker uten at det påvirker kvaliteten for verken smak eller tekstur, uavhengig av behandling etter slakt. Forlengt lagring ga økt mørhet og også økt smak. Den økte mørheten var et resultat av lavere WB-verdier forårsaket av en mindre andel bindevev (Jeremiah & Gibson, 2003).

Perry et al. (2001) viste også en effekt av lagring. LT lagret i 14 dager fikk bedre mørhetsscore ved sensorisk panel enn hva LT fikk etter kun 1 dags lagring.

Tuma et al. (1962) fant at effekten av 14 dagers lagring på mørheten varierte med dyrets alder, marmoreringsgrad og målemetode. For eksempel ble mørheten i LD fra 18 mnd gamle Hereford lite påvirket av lagring, mens LD fra eldre dyr (slaktealder 42 og 90 mnd) oppnådde bedre mørhetsscore etter 14 dagers lagring. Resultatene var signifikante kun for måling foretatt med smakspanel, ikke med Warner-Bratzler. De eldre dyra viste samtidig en signifikant økning i pH (Tuma et al. 1962).

5.0 Intramuskulært fett (IMF)

Sett fra et helsefaglig ståsted, er kjøttets innhold av fett og hvilken type fett av stor betydning. Kjøtt har lenge blitt kritisert for å inneholde for mye fett, og i tillegg fett av feil type. Det er ønskelig å øke forholdet mellom de flerumetta fettsyrene (PUFA) og de metta (SFA), samt å redusere forholdet mellom n-6 og n-3. Flerumetta fett er gunstig med hensyn til å redusere mengde kolesterol i blodet, mens metta fett er negativt med tanke på utvikling av hjerte-kar sykdommer (Wood et al. 1999).

Fettet er med på å gi kjøttet smak, aroma og tekstur (Nuernberg et al. 2005) og vil dermed ha betydning for alle de viktigste kvalitetsfaktorene. Det er en generell oppfattelse av at svært lave nivåer av IMF vil gi kjøtt som er tørt og lite smakfullt (Hocquette et al. 2009). Til forskjell fra enmaga dyr som gris og kylling som har en større mengde umetta fett, er fett fra drøvtyggere i

hovedsak metta fett. Forholdet mellom n-6 og n-3 er imidlertid godt. Dette skyldes at innholdet av C18:3 er høyt i gras og selv om det skjer en omfattende nedbryting til C18:0 i vom, vil likevel betydelige mengder av C18:3 passere videre til tarmen. Hos de enmaga er det derimot en utfordring å øke andel n-3. Men det er et faktum at det generelt er vanskeligere å påvirke fettsyresammensetningen hos drøvtyggere, fordi fôrfettet som sagt i stor grad blir metta i vom gjennom biohydrogenering (Wood et al. 1999). For å unngå dette, er det mulig å fôre med flerumetta fettsyrer som beskyttes enten kjemisk eller naturlig fra å bli metta i vom (Scott et al. 1971).

I dyrekroppen skjer avleiringen av fett aller først i nyrestokk, deretter intermuskulært (mellom muskler), så subkutant (underhudsfett/overflatefett), og helt sist avleires det intramuskulære fett (innen en og sammen muskel) (Berg & Matre, 2001). Intramuskulær akkumulering av fett skjer i perimysium som er bindevevet som omgir muskelfiberbuntene. Dersom denne fettmengden er svært stor, kan det ha betydning for kjøttets mørhet og saftighet. Fiberbundne proteiner vil da bli fortynnet av det myke fett, og muskelstrukturen blir åpnet opp når fettceller ekspanderer. På denne måten vil bindevevets seighet avta. Kraften som trengs for å skjære igjennom blir dermed mindre, og mørheten øker (Wood et al. 2004). I europeiske studier er det ikke funnet noen høy grad av sammenheng mellom mengde IMF og mørhet. Men fettinnholdet i kjøtt fra disse landene er da også lavt sammenlignet med hva man finner for eksempel i USA. Fettavleiringen vil kunne påvirkes av faktorer som kjønn, rase og fôring (Wood et al. 1999).

Når musklene inneholder mer enn 2,5 % IMF, vil fett komme til syne som hvite dråper mellom muskelfiberbuntene, kalt marmorering. Marmoreringen er et uttrykk for andelen og fordelingen av fett i muskelen og henger nært sammen med innholdet av IMF. Marmoreringsgraden vil ha betydning for kjøttkvaliteten. For å oppnå fornøyde forbrukere forutsettes et IMF innhold på ca 3 %, men dette vil variere betraktelig mellom land og verdensdeler. Eksempelvis er Norge landet med de aller magreste slakt i verden (Berg & Matre, 2001). Amerikansk og japansk biff inneholder mye mer IMF enn hva man finner i europeiske land. I USA ligger nivået av IMF på 8-11 % for beste kvalitet, og i Japan opptil 20 %, mens i Frankrike inneholder ikke biffen mer enn 6 % IMF (Hocquette et al. 2009). Selv om europeisk storfe har et lavt innhold av IMF, er det likevel høyere enn hva man finner hos kylling og svin.

IMF består i hovedsak av triglyserider og fosfolipider. Generelt vil muskelens totale innhold av IMF være avhengig av mengde triglyserider, noe som bestemmes av forholdet mellom opptak,

syntese og degradering. Mengde fosfolipider er relativt konstant. Fosfolipidene spiller en viktig rolle som byggestein i cellemembranen, mens triglyseridene er en konsentrert energikilde for dyrekroppen. Det finnes ulikheter mellom raser mht marmoreringsgrad, struktur og hvordan fettdråpene er fordelt innad i muskelen (Albrecht et al. 2006). Innhold av IMF vil dessuten være sterkt avhengig av muskel og genotype (Scollan et al. 2006). For eksempel vil dobbelmusklet storfe ofte ha svært lave mengder IMF; < 1 % (Raes et al. 2001).

Chambaz et al. (2001) studerte kastrater av seks raser; Angus, Simmental, Charolais, Limousin, Blonde d` Aquitaine og Piedmontese. Musklene som ble brukt i forsøket var LD og *M. biceps femoris* (BF). Alle dyra ble fôret opp til de nådde et IMF nivå på 3,5 % og med maksimum alder var 15 måneder. Slaktealderen var derfor svært varierende mellom rasene. IMF ble målt med ultralyd på de levende dyra. To av rasene; Blonde d` Aquitaine og Piedmontese, klarte ikke å komme opp på denne mengden IMF (3,5 %), og disse hadde i tillegg til det laveste innholdet av IMF også de høyeste WB-verdiene. Raseforskjellene mht IMF ble koblet til en variasjon i muskelens innhold av vann og protein. Totalt sett for hele forsøket ble det funnet mindre mengder IMF i BF enn i LD (Chambaz et al. 2001).

Schackelford et al. (1994) fant i sitt forsøk med mer enn 500 kastrater at gjennomsnittlig mengde IMF i LD var 3,9 %, med minste målte verdi på 1,6 % og en maksimumsverdi på 8,8 %. Dette forsøket ble gjort med en rekke ulike raser og kryssninger av disse. I tabellen nedenfor ses en framstilling av noen av rasene med tilhørende gjennomsnittlig mengde IMF målt i LD.

Tabell 5.1: (Schackelford et al. 1994)

Raser	% IMF
Angus	4,49
Hereford	4,09
Red Poll	4,07
Pinzgauer	4,01
Braunvieh	3,67
Simmental	3,34
Charolais	3,12
Gelbvieh	2,88
Limousin	2,66

Japansk storfe skiller seg vesentlig fra de europeiske raser ved at de har spesielt stor evne til fettavleiring. En studie av Gotoh et al. (2009) sammenlignet slaktesammensetning hos storfe fra typisk japansk og typisk europeisk produksjon. I det japanske kjøkken verdsettes en meget høy marmoringsgrad, og den kommersielle produksjonen benytter seg derfor av intensivt framfôrede kastrater for å oppnå dette. Japanese Black (JB) er i tillegg en rase som gjennom sterk seleksjon har evne til stor fettavleiring. Det europeiske storfeet var okser av Belgisk Blå (BB), German Angus (GA) og Holstein-Frieser (HF). Musklene som ble studert var longissimus, ST, *glutobiceps* (GB) og *triceps branchii* (TB). Mengde IMF ble bestemt med Soxhlet-ekstrahering med petroleumeter som løsemiddel. Med hensyn til sammensetning av slaktet hadde JB-kastratene en større andel fettvev og en mindre andel muskler i forhold til de europeiske rasene. Til sammenligning hadde JB ved 24 måneders alder 23,3 % IMF i longissimus, mens de europeiske varierte fra 0,6 % (BB), 4,4 % (GA) til 4,7 % (HF) IMF. Forskjellene var signifikante, og en tilsvarende tendens ble også funnet for ST. Fettinnholdet mellom disse to musklene varierte imidlertid betydelig, og longissimus viste større mengde fett hos alle rasene bortsett fra BB. At japansk storfe viste seg å ha en mye større mengde IMF enn europeisk storfe, spesielt i longissimus, skyldes hovedsakelig muskelens store areal heller enn et økt antall fettdråper. Svakheten med studiet er at fôringsregime og kjønn ikke er standardisert, men det viser likevel tydelige forskjeller mellom kommersiell japansk og europeisk storfekjøttproduksjon (Gotoh et al. 2009).

Fôring er en annen faktor som kan ha innvirkning på mengde IMF. Nürnberg et al. (1998) refererer til et forsøk med 27 Black Pied kastrater fordelt på tre grupper med ulikt fôringsregime. Gruppe I sto på full innefôring, gruppe II gikk på beite men ble slutfôret innendørs og gruppe III gikk på beite gjennom hele forsøksperioden. IMF i % av vekt av longissimus viste for gruppe I, II og III henholdsvis 6,9, 3,8 og 2,5 %. Gruppe II med beite og innendørs slutfôring viste god kjøttkvalitet og en optimal mengde IMF. Slaktevekt og daglig tilvekst var høyest for gruppe I (343kg, 829g/dag), fulgt av gruppe II (325kg, 788g/dag) og gruppe III (298kg, 753g/dag) Resultatene var signifikante (Nürnberg et al. 2008).

Det er en generell enighet om at det er ønskelig med et visst nivå av marmorering. Likevel er det ikke fullstendig klarlagt hva mengde IMF eksakt har å si for kjøttkvaliteten (García et al. 1986). Li et al. (1999) fant at marmoringsgrad kunne forklare 30 % av variasjonen som ble vist i mørhet, og at det dermed peker mot at grad av marmorering kun vil gi et begrenset bilde av mørheten. Grad av marmorering viste i et forsøk av Wulf & Page (2000) å forklare 12 % av

variasjonen som ble funnet i spisekvalitet. Marmoreringsgrad er funnet å være moderat korrelert med mørhet, både målt sensorisk og instrumentelt med skjære/pressekraft, med henholdsvis $r = 0,51$ og $-0,61$ for longissimus av Angus x Hereford kastrater (May et al. 1992). Wheeler et al. (2005) rapporterer også om en moderat korrelasjon mellom IMF og WBSF med $r = -0,46$. Andre studier har vist $-0,57$ (Shackelford et al. 1994) og $-0,69$ (Åby, 2008). Wood et al. (2004) skriver at sammenhengen mellom mengde IMF og mørhet på et generelt grunnlag ikke er så sterk, men at det er funnet resultater som viser at kjøtt med høyt innhold av IMF kan få lave WB-verdier. Dette forklares med at mykt fett vil fortynne muskelproteinene (Wood et al. 2004). Et innhold av IMF $> 8\%$ i Japanese Black har vist god effekt mht forbedring av mørheten (Nishimura et al. 1999).

Marmoreringsgrad er integrert i den amerikanske kvalitetsvurderingen fordi konsumentene er villig til å betale merpris for kjøtt som er garantert kvalitetssikret. Vurdering av marmorering inngår derimot ikke som en del av EUROP-klassifiseringssystemet (Hocquette et al. 2009).

5.1 Metoder for måling av intramuskulært fett

Mengde intramuskulært fett kan måles både i det levende dyret og i slaktet. Det finnes både hurtigmetoder og mer tradisjonelle metoder. I dette forsøket ble det benyttet NMR (nuclear magnetic resonance).

5.1.1 Ultralyd

Ultralyd er en målemetode som kan benyttes for nøyaktig prediksjon av mengde IMF i levende storfe (Hassen et al. 2003) og anvendes jevnlig i USA, Canada og Australia både som ledd i avlsprogram og i kjøttproduksjonen. Metoden baserer seg på matematiske likninger som beskriver sammenhengen mellom pixel-informasjonen i ultralydbildet og muskelens innhold av IMF (Aass et al. 2009).

5.1.2 Visuell vurdering

Etter slakt er visuell vurdering av kjøttstykkers marmoreringsgrad den mest brukte måten for bestemmelse av kvalitet. Metodens svakhet er at det i stor grad er en subjektiv metode. Det er

likevel et samsvar mellom den visuelle vurderingen av marmoreringsgrad og en objektiv måling av IMF, hvor ca 75 % av variasjonen i andel IMF kan avdekkes ved visuell vurdering. Men det er fremdeles et behov for å standardisere en internasjonal, objektiv målemetode for IMF (Ferguson, 2004).

5.1.3 NIRR (*near infrared reflectance spectroscopy*) / NIR (*near infrared spectroscopy*)

NIR-teknikken er i utstrakt bruk for bestemmelse av sammensetningen av fôr og mat. Metoden baseres på at prøvematerialet utsettes for stråling slik at infrarødt lys enten vil bli reflektert eller absorbert. Mengde lys som reflekteres blir målt, og kan relateres direkte til prøvens kjemiske sammensetning. Dette fordi de ulike kjemiske bindinger vil absorbere energi med ulike bølgelengde. En PC vil registrere spekteret av energien som reflekteres og kombinere dette med multiple regresjonslikninger fra en kalibrert prøve. Slik vil den komme fram til den analyserte prøvens innhold av kjemiske komponenter, deriblant fett (McDonald et al. 2002). Bruk av NIR har vist seg å være en god metode for å predikere fett og vanninnhold i kjøtt av storfe, svin og lam (Ferguson, 2004; Andres et al. 2007). Metoden gir en fullstendig informasjon om molekylbindinger og innhold av kjemiske komponenter i den scannede prøven, og er et praktisk verktøy ikke kun med tanke på karakterisering, men også for måling av kvalitet (Andres et al. 2007; Prieto et al. 2008). I forsøket til Prieto et al. (2008) klarte man å skille mellom ulike kvaliteter av storfekjøtt ved bruk av denne metoden, på grunn av forskjeller i prøvenes innhold av IMF og vann. IMF vil variere med alder og kastrering/ikke kastrering og er negativt korrelert med vanninnhold (Warris, 2000). Det ble brukt prøver fra unge kalver < 14 måneder og voksne kastrater > 4 år, og på grunn av signifikante forskjeller i IMF og vanninnhold hos voksne kastrater som vil ha mer fett i forhold til unge kalver med lavt fettinnhold, er NIR en anvendt metode for å skille mellom ulike kvaliteter av kjøtt (Prieto et al. 2008).

5.1.4 NMR (*nuclear magnetic resonance*)

NMR en kompleks teknikk som baseres på at ulike komponenter vil ha ulike mengder H⁺, og dette forårsaker en variasjon i mengde elektromagnetisk stråling som absorberes. Metoden skiller

seg fra NIR ved at den gir mer detaljert og nøyaktig informasjon, men den er til gjengjeld mer kostbar og tidkrevende (McDonald et al. 2002). Teknikken er svært sensitiv, nøyaktig og robust. LN NMR (low field nuclear magnetic resonance) er en rask, trygg og nøyaktig metode for samtidig å kunne bestemme innhold av vann og fett i tillegg til vannbindingsevne i en prøve. Metoden kan anvendes for analyse av fisk, kjøtt og meieriprodukter langs hele produksjonsprosessen fra råmateriale til ferdig produkt. For måling av kjøttkvalitet vil særskilt estimering av mengde og fordeling av fett og bindevev være interessant. LF-NMR baseres på måling av totalfett i prøven ved å relatere protonsignaler til mengde hydrogenatomer som igjen er proporsjonalt med mengde fett. Det antas at fosfolipider som løses opp med syrehydrolyse kan fanges opp med denne metoden dersom prøven varmes opp til 70°C før analysering. Det anvendes ingen kjemikalier, og det lave magnetiske området utgjør ingen fare for analysepersonellet. Opplæring i bruk og kalibrering av instrumentet er ingen kostbar affære, men metoden er likevel relativt dyr pga instrumentet. Prøvene ødelegges ikke ved analysering, og det kan derfor tas flere målinger av en og samme prøve (Sørland et al. 2004). Metoden er fordelaktig ved at den er volumbasert og ikke baserer seg på overflatemålinger (Brøndum et al. 2000). Andre typer fettanalyser, eksempelvis Soxhlet, er langsomme og avhengig av trent analysepersonell. Dessuten innebærer mange av metodene som benyttes på laboratoriene ofte bruk av farlige løsninger. En variant av metoden er HF-NMR (high field NMR), men det er en kostbar og lite brukt metode.

5.1.5 Soxhlet

Soxhlet er en tradisjonell metode for kjemisk fettanalyse. Med Soxhlet fettanalyse får man en kvantitativ bestemmelse av prøvens totale innhold av lipider. Fett ekstraheres fra prøvematerialet ved hjelp av ulike løsemidler (ekstraksjonsmiddel) som etyleter og petroleumeter. Løsemiddelet må etter ekstrahering dampes av slik at vekten av det ekstraherte fettene kan fastsettes (Mellema, 2003). Soxhlet blir ofte brukt i kombinasjon med kromatografi, enten GC (Gas-liquid Chromatography) eller HPLC (High Performance Liquid Chromatography) for spesifisering av fettsyrer. Kromatografi er en relativt langsom analysemetode, og HPLC er derfor utviklet for å få separeringen av fettsyrene til å gå raskere (McDonald et al. 2002).

6.0 Egne undersøkelser

6.1 Forsøksdyr

Dyrene som ble brukt i forsøket var av fire rasekombinasjoner; Norsk Rødt Fe (NRF) og Jersey, samt kryssninger av Angus x NRF og Angus x Jersey. Det ble brukt totalt 46 kastrater. Av disse ble imidlertid ett individ nødslaktet og ett hadde ufullstendig kastrering og viste oksetendenser. Det er imidlertid ikke noe i måleresultatene som tilsier at disse individene må tas ut, og de er derfor inkludert som en del av de videre beregningene.

6.2 Fôring

Dyrene ble inndelt i to grupper; den ene gruppa ble slaktet ved 18 måneders alder og den andre gruppa ved 24 måneders alder. Alle rasekombinasjonene hadde dyr i begge grupper. Hele forsøket besto derfor av $4 \times 2 = 8$ grupper totalt. Dyrene som ble slaktet 18 mnd gamle ble tildelt 3,5 kg kraftfôr per dag, mens de som ble slaktet ved 24 mnds alder fikk 0,5 kg. Samtlige dyr hadde fri tilgang på surfôr gjennom hele forsøksperioden. De tidlig slaktede dyra fikk en beitesommer, mens de som ble slaktet seinere fikk to somre på beite.

6.3 Slakt og mørning

Dyrene ble slaktet på forsommeren og seinsommeren 2009. De 24 første over fire dager; 13-14.mai og 03-04.juni, og de 22 siste ble slaktet 06-07.oktober. Registrering av slaktevekt ble gjort for å kunne beregne daglig tilvekst. Slaktene ble klassifisert etter EUROP-systemet og inndelt etter fettgrupper. Det ble foretatt pH-målinger der alle viste normale verdier, med pH ca 5,5. Det ble ikke brukt elektrisk stimulering på noen av slaktene.

6.4 Mørhetsmålinger (WB)

Det ble foretatt mørhetsmålinger av seks forskjellige muskelgrupper, hvorav tre (LD, PM og ST) er videre benyttet i denne oppgaven. Kjøttprøvenes skjæremotstand ble målt med en Warner-Bratzlerkniv, som er en slags giljotin med sløv kniv. Den praktiske gjennomføringen av mørhetsmålingene inngår ikke som en del av mitt forsøk. Jeg har kun gjennomført fettanalyser, men vil likevel omtale resultatene fra målingene gjort med WB.

6.5 Fettanalyse (NMR)

Analyse av totalfett i LD, PM og ST ble gjennomført hos NOFIMA mat på Ås i perioden 20.01-29.01.10. De nedfryste kjøttprøvene ble satt til tining 1 døgn før homogenisering. Oppmalingen ble gjort ved hjelp av en Retsch Grindomix, GM200, med 5000 rpm og 2x10 sekunder for hver prøve. (Det ble raskt erfart at det er fordelaktig å sette på lokket før oppmalingen starter). Fra det oppmalte kjøttet ble det deretter tatt ut en batch for videre fettanalyse. Disse ble satt i kjøleskap over natten for analyse neste dag. Resten av prøvematerialet ble fylt tilbake i plastbokser og fryst ned igjen. Mengde totalfett ble funnet med NMR-metoden, ved bruk av en Maran Ultra LF-NMR.

Etter at kjøttprøvene var homogenisert, ble det veid ut en mindre prøve fra hver, og denne ble overført til en teflonbeholder. Viktig å få så mye prøve som mulig ned i beholderen, for tilslutt å stryke av på toppen. Brukte spatel til dette arbeidet. Passet også på å tørke av eventuelle rester av prøvemateriale på utsiden av beholderen, dette for at magnetbrønnen i NMR-instrumentet ikke skulle forurennes. Skrudde så sammen beholderens bunn og topp, men ikke altfor hardt. Det skulle ligge en pakning mellom topp og bunn. Alle de 46 teflonbeholderne med prøvemateriale ble satt i kjøleskap over natten og analysert for totalfett ved bruk av NMR neste dag. Kalibrering av NMR-instrumentet er nødvendig før analyseserien kan starte. I tillegg skal det som kontrollprøve brukes en analysert prøve av standard materiale hvor analyseresultatet skal ligge innenfor området 13,8-14,7. Eksempelvis var variasjonen ved kalibrering av standard 1 på første måledag som følger: 14,8; 14,21; 14,15; 14,52; 14,19. Prøvematerialet må varmes opp før analysering, og teflonbeholderne ble derfor satt i termostat ved 40°C i minst 30 minutter. Etter ferdig oppvarming ble én og én teflonbeholder overført til NMR-instrumentets magnetbrønn. Til dette ble det benyttet en teflonstav som ble stukket ned mot prøvebeholderen mens den enda sto i

termostaten. Staven festes til beholderen ved å vri den med klokken og kan så heises opp og settes ned i magnetbrønningen. Ved å vri mot venstre vil teflonstaven løsne fra beholderen og prøven er klar til analysering. En rask screening av fettinnholdet gjøres i løpet av få sekunder, og resultatet vil være relativt nøyaktig. Den ferdig analyserte prøven ble deretter hentet ut fra brønningen og satt tilbake i termostaten, i tilfelle det skulle være nødvendig å foreta en ny måling.



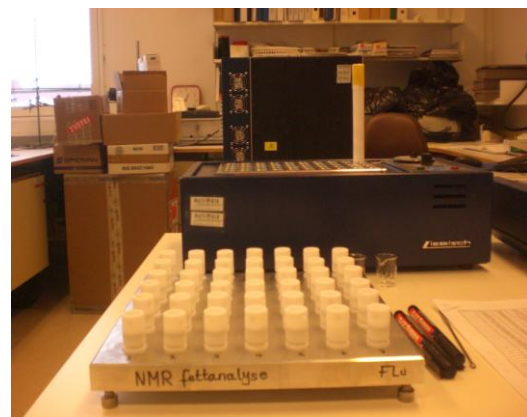
Figur 6.1: Retsch Grindomix, GM200)
(Foto: Mari Langaker)



Figur 6.2: Maran Ultra LF-NMR (Foto: Mari Langaker)



Figur 6.3: NMR-termostat (Foto: Mari Langaker)



Figur 6.4: NMR-termostat (bak) og teflonbeholdere med prøvemateriale (foran) (Foto: Mari Langaker)

6.6 Statistiske analyser

Bearbeidingen av tallmaterialet ble gjort ved bruk av Microsoft Office Excel 2007 og det statistiske databehandlingsprogrammet SAS versjon 9.1. Tabeller og grafer ble sammenstilt i Microsoft Office Excel 2007 og statistiske analyser ble gjort i SAS hvor det ble kjørt en enveis ANOVA variansanalyse (Proc GLM).

7.0 Resultater

Med hensyn til kjøttkvalitet er kvalitetsparametrene i forsøket definert som mengde IMF målt med NMR og som mørhet målt med Warner-Bratzler skjære/pressekraft. Som det fremgår av tabell 7.1 ble det ikke funnet noen signifikante effekter ($P < 0,05$) av verken rase eller slaktealder på de undersøkte kvalitetsparametrene. WB-målingene for LD var imidlertid ganske nær signifikant for rase med p-verdi lik 0,0530.

Det er små forskjeller mht rase og slaktealder både for mørhet og mengde IMF. Alle verdiene i tabell 7.1 er gjennomsnittsverdier, og for mørhet målt med WB varierer disse mellom 27,66 N/cm² og 56,73 N/cm². Jersey viser de laveste gjennomsnittsverdiene for WB, med laveste verdi 30,09 N/cm² i PM og 51,97 N/cm² i ST som høyeste verdi. For Angus x Jersey er minste verdi 27,66 N/cm² i PM og største 56,73 N/cm² i LD. Angus x NRF har 32,41 N/cm² i PM som minste verdi og 56,45 N/cm² i ST som største. Minste målte verdi hos NRF er 32,50 N/cm² i PM mens den høyeste verdien er 53,21 N/cm² målt i ST.

Gjennomsnittsverdiene for mengde IMF varierer mellom 2,02 % og 9,08 %. Jersey har gjennomsnittlig høye procenter for IMF med 2,92 % i ST som laveste og 9,08 % i PM som høyeste verdi. Angus x Jersey har minste gjennomsnittsverdi 2,48 % i ST og 8,36 % i LD som den største. For Angus x NRF er laveste verdi 2,02 % i ST og den høyeste er 6,35 % i PM. Den minste målte verdien hos NRF er 2,13 % i ST mens den høyeste verdien er i PM med 6,64 %.

Standardfeilen (SEM) er større for LD enn for PM og ST både mht mengde IMF og WB-målingene for mørhet.

Mht slaktekvalitet er kvalitetsparametrene definert som slaktevekt, slakteklasse og fettgruppe. Det var signifikante effekter ($P < 0,05$) av både rase og slaktealder på slaktevekt. De

gjennomsnittlige slaktevektene viser stor spredning og varierer fra 193 til 325 kg.

Gjennomsnittlig slaktevekt blant alle forsøksdyra er 273 kg. Jersey har den laveste slaktevekta og NRF den høyeste. De eldre dyra har høyere slaktevekter enn de yngre. De gjennomsnittlige verdiene viser at slaktene er klassifisert som slakteklasse O eller R og innenfor fettgruppe 3 eller 4. Ingen signifikante effekter på slakteklasse og fettgruppe.

Tabell 7.1: Effekt av rase og slaktealder på slakte - og kjøttkvalitet

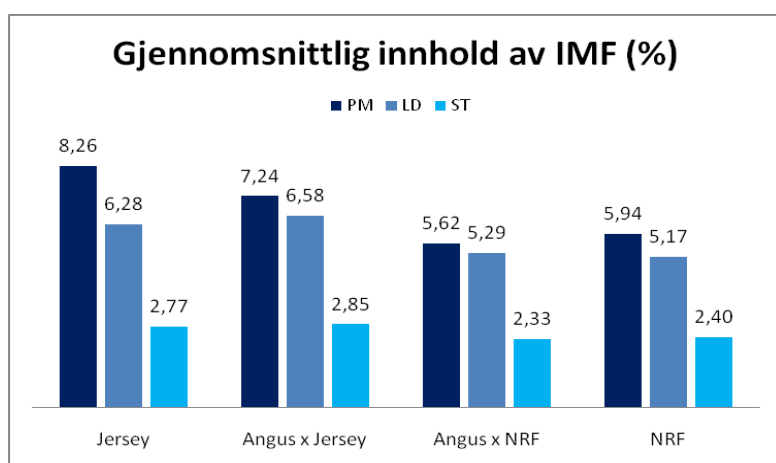
	NRF		Angus x NRF		Angus x Jersey		Jersey		SEM	P > F	P > F
										Effekt av rase	Effekt av slaktealder
<i>Slaktealder (mnd)</i>	18	24	18	24	18	24	18	24			
<i>Antall dyr (n)</i>	6	6	6	5	6	6	6	5			
<i>Slaktevekt</i>	290	325	296	314	266	280	193	216		Sign.	Sign.
<i>Slakteklasse</i>	6 (O+)	6 (O+)	7 (R/R-)	7,2 (R-)	6,5 (R-/O+)	5,8 (O+)	3,8 (O-)	4,2 (O-)	0,62	0,7352	0,3656
<i>Fettgruppe</i>	9,8 4	8,3 3-/3	10,8 4	9 3+/4-	11,5 4-/4	8,5 3-/3	8,5 3	8,4 3	1,04	0,5338	0,7552
IMF (%)											
<i>LD</i>	5,44	4,90	5,96	4,62	8,36	4,80	6,54	6,01	1,10	0,1057	0,5123
<i>PM</i>	6,64	5,23	4,89	6,35	8,07	6,40	9,08	7,43	1,18	0,8481	0,2718
<i>ST</i>	2,68	2,13	2,63	2,02	3,20	2,49	2,92	2,62	0,56	0,7193	0,7214
WB (N/cm²)											
<i>LD</i>	51,98	47,70	53,42	52,94	44,02	56,73	42,65	43,19	5,88	0,0530	0,2914
<i>PM</i>	32,50	35,45	32,41	38,85	27,66	39,20	30,09	33,91	4,00	0,1289	0,9270
<i>ST</i>	52,64	53,21	52,15	56,45	44,88	53,29	49,70	51,97	3,55	0,2917	0,7356

7.1 Intramuskulært fett

I figur 7.1 vises den grafiske framstillingen av gjennomsnittlig mengde IMF i de ulike muskler for alle fire rasekombinasjoner. Effekt av slaktealder kommer ikke til uttrykk i denne figuren. For alle tre muskler er det Jersey og kryssningen mellom Angus og Jersey som har oppnådd de høyeste mengdene IMF. NRF og Angus x NRF viser et lavere fettinnhold, og disse to rasekombinasjonene har også tilnærmet like fettmengder.

For LD er det kryssningen mellom Angus x Jersey som i gjennomsnitt viser størst mengde IMF (6,58 %), etterfulgt av rein Jersey (6,28 %), Angus x NRF (5,20 %) og NRF (5,17 %). I PM er det Jersey som viser størst mengde IMF (8,26 %), etterfulgt av Angus x Jersey (7,24 %), NRF (5,94 %) og Angus x NRF (5,62 %). Samme rangering gjelder for ST, bortsett fra at Jersey og Angus x Jersey nå har byttet plass. Den gjennomsnittlige fettprosenten her er imidlertid lavere enn for LD og PM (henholdsvis 2,85 %, 2,78 %, 2,40 % og 2,33 %).

Selv om ikke resultatene var signifikante, har alle rasekombinasjonene den samme rangeringen av musklene mht innhold av IMF. For forsøket totalt sett er PM den muskelen som inneholder aller mest IMF (snitt 6,77 %). Andre mest fettrike muskel i forsøket er LD (snitt 5,83 %) og den med minst fett er ST (snitt 2,59 %). Forskjellen mellom PM og LD er ikke så stor, mens ST skiller seg fra de andre med en mindre mengde IMF.



Figur 7.1: Gjennomsnittlig innhold av IMF (%) for PM, LD og ST for alle rasekombinasjonene

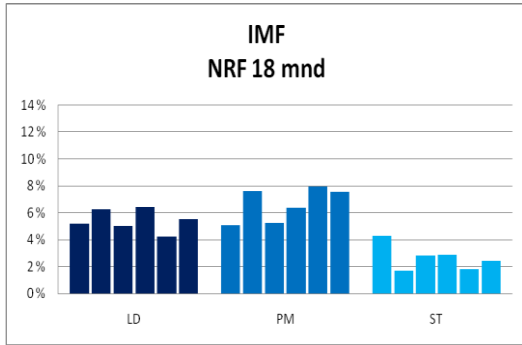
Tabell 7.2 viser gjennomsnittlig innhold med standardavvik av IMF for alle muskler og rasekombinasjoner ved begge slaktealdrer. Fettprosent og standardavvik er beregnet på bakgrunn av kun én parallell fra hver muskel fra hvert individ. Dette fordi gjentak av paralleller ikke viste seg å gi nevneverdige avvik (se vedlegg 4). Det ble i tillegg plukket ut en tilfeldig prøve med høye verdier, samt én med lave og én med middels verdier. Av disse ble det så kjørt 5 paralleller. Også her var det liten variasjon mellom parallellene, og metoden ble derfor betraktet som pålitelig for bestemmelse av fettinnholdet i kjøttprøvene (vedlegg 5). Tabell 7.2 viser at variasjonen i mengde IMF mellom de ulike rasekombinasjonene ikke er veldig stor.

Uten at det er signifikant, har slaktealder 18 mnd gitt høyere gjennomsnittsverdier for IMF enn slaktealder 24 mnd for alle rasekombinasjoner. Dette kan ses for alle tre muskler. Det er imidlertid et unntak for Angus x NRF 24 mnd hvor mengde IMF i PM er større enn for 18 mnd (6,35 % mot 4,89 %).

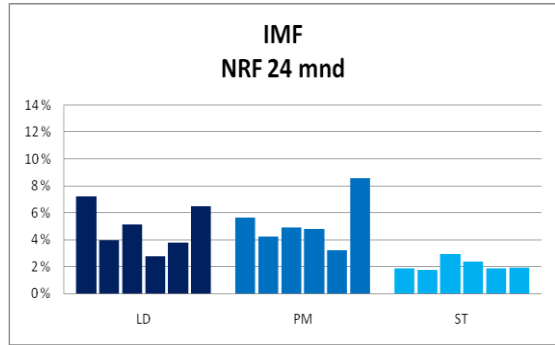
Tabell 7.2: Gjennomsnittlig innhold med standardavvik av IMF (%) i longissimus dorsi (LD), psoas major (PM) og semitendinosus (ST) hos NRF, Angus x NRF, Angus x Jersey og Jersey med slaktealder 18 og 24 mnd.

	Antall (n)	IMF (%)		
		LD	PM	ST
NRF				
18 mnd	6	5,44±0,83	6,64±1,26	2,67±0,94
24 mnd	6	4,90±1,72	5,23±1,82	2,13±0,45
NRF x Angus				
18 mnd	6	5,96±1,69	4,89±1,36	2,63±1,60
24 mnd	5	4,62±2,95	6,35±2,58	2,02±1,54
Jersey x Angus				
18 mnd	6	8,36±2,47	8,07±1,69	3,20±0,46
24 mnd	5	4,80±0,93	6,40±1,52	2,49±0,39
Jersey				
18 mnd	6	6,54±2,20	9,08±2,01	2,92±1,12
24 mnd	6	6,01±1,30	7,43±1,07	2,61±0,53

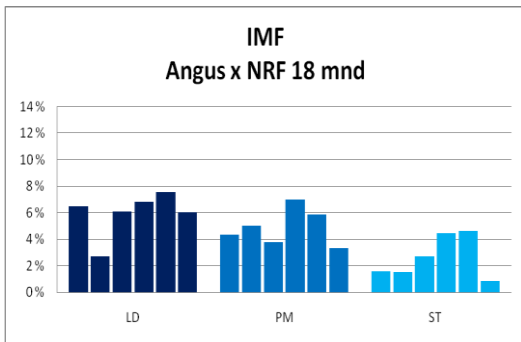
Variasjon i mengde IMF med hensyn til rase og slaktealder er presentert visuelt i figurene 7.2-7.9.. Målingene viser at LD og PM jevnt over har et høyt innhold av IMF, samtidig som de også gir uttrykk for en viss variasjon. Det kan ses at enkelte individer har oppnådd svært høye prosent. Av figurene kan det ses at ST ligger lavere enn de andre to musklene, med rundt 2-3 % IMF. For LD og PM er fettinnholdet ≥ 3 % for de fleste dyra i forsøket



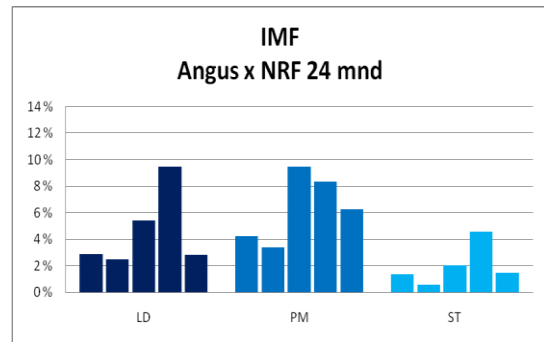
Figur 7.2: Mengde IMF (%) i LD, PM og ST for NRF 18 mnd



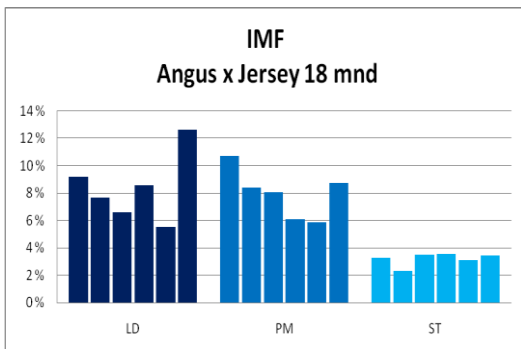
Figur 7.3: Mengde IMF (%) i LD, PM og ST for NRF 24 mnd



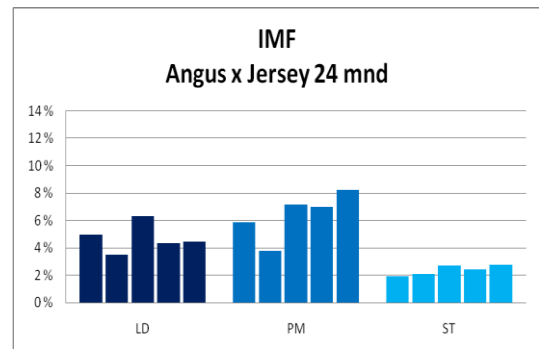
Figur 7.4: Mengde IMF (%) i LD, PM og ST for Angus x NRF 18 mnd



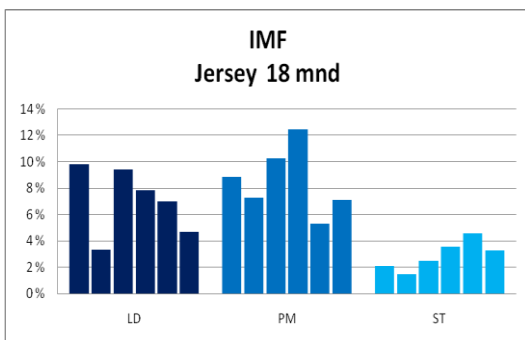
Figur 7.5: Mengde IMF (%) i LD, PM og ST for Angus x NRF 24 mnd



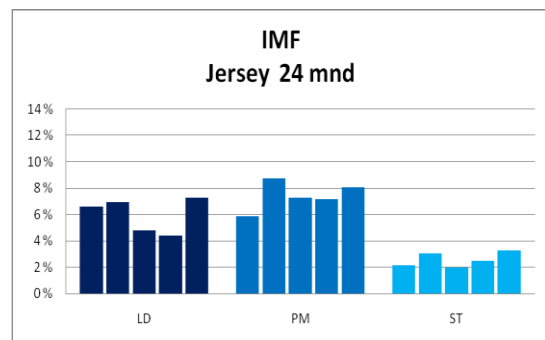
Figur 7.6: Mengde IMF (%) i LD, PM og ST for Angus x Jersey 18 mnd



Figur 7.7: Mengde IMF (%) i LD, PM og ST for Angus x Jersey 24 mnd



Figur 7.8: Mengde IMF (%) i LD, PM og ST for Jersey 18 mnd



Figur 7.9: Mengde IMF (%) i LD, PM og ST for Jersey 24 mnd

7.2 Warner-Bratzler skjærekraft

Tabell 7.2 viser gjennomsnittlig innhold med standardavvik av WB for alle muskler og rasekombinasjoner ved begge slaktealdrer.

PM har de laveste WB-verdiene. LD og ST har høyere verdier, og det er spesielt små forskjeller å finne mellom disse to musklene.

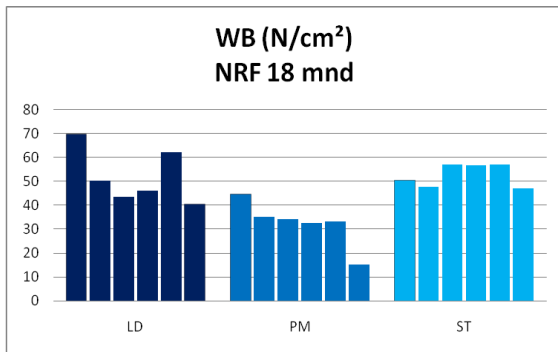
For NRF og Angus x NRF har dyra med slaktealder 24 mnd fått lavere WB-verdier enn dyra med slaktealder 18 mnd i LD, mens for Jersey og Angus x Jersey er det motsatt. Her er det de yngste dyra som har fått de laveste verdiene. For PM og ST viser samtlige rasekombinasjoner best mørhet ved slaktealder 18 mnd.

LD har større standardavvik og viser en større spredning i måleresultater i forhold til PM og ST.

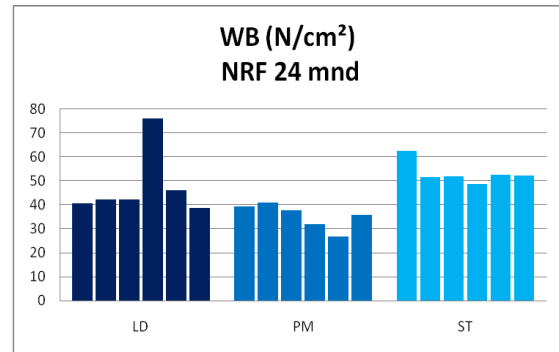
Tabell 7.3: Gjennomsnittlig innhold med standardavvik av WB i longissimus dorsi (LD), psoas major (PM) og semitendinosus (ST) hos NRF, Angus x NRF, Angus x Jersey og Jersey med slaktealder 18 og 24 mnd

	Antall (n)	WB (N/cm ²)		
		LD	PM	ST
NRF				
18 mnd	6	51,98±11,54	32,5±9,51	52,64±4,77
24 mnd	6	47,70±14,12	35,45±5,20	53,21±4,78
NRF x Angus				
18 mnd	6	53,42±9,76	32,41±8,60	52,14±5,55
24 mnd	5	52,94±8,22	38,85±8,17	56,45±10,84
Jersey x Angus				
18 mnd	6	44,02±9,15	27,66±6,92	44,88±3,72
24 mnd	5	56,73±10,17	39,20±8,24	53,29±4,33
Jersey				
18 mnd	6	42,65±9,39	30,09±4,98	49,69±5,07
24 mnd	6	43,19±3,64	33,91±1,65	51,97±7,81

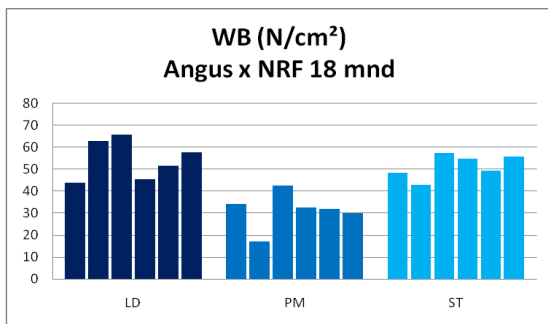
Figurene 7.10-7.18 viser variasjon i WB med hensyn til rase og slaktealder. For samtlige rasekombinasjoner er de laveste WB-verdiene funnet hos PM hvor WB < 50 N for alle individer bortsett fra ett. LD har noen målinger > 50 N, og variasjonen i mørhet ser ut til å være større for denne muskelen. ST har en enda større andel målinger > 50 N, men variasjonen her virker later ikke til å være like stor.



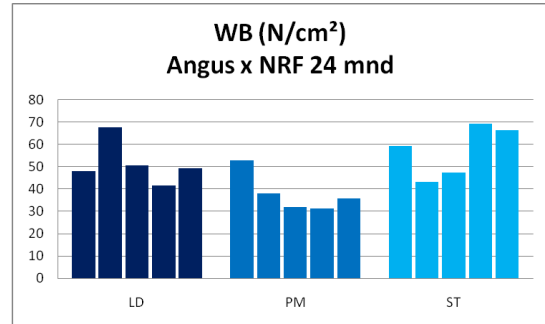
Figur 7.10: Mørhet (WB) i LD, PM og ST hos NRF 18 mnd



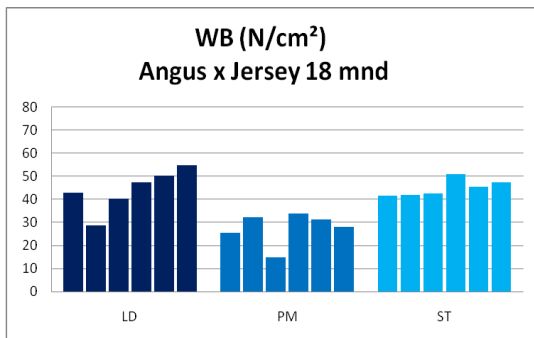
Figur 7.11: Mørhet (WB) i LD, PM og ST hos NRF 24 mnd



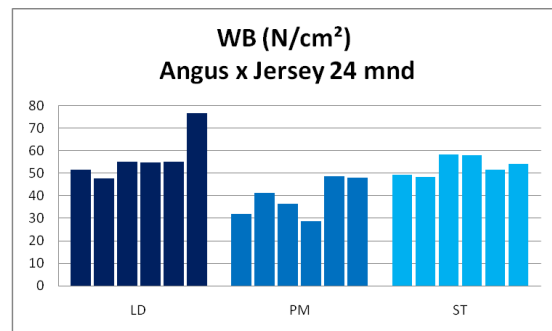
Figur 7.12: Mørhet (WB) i LD, PM og ST hos Angus x NRF 18 mnd



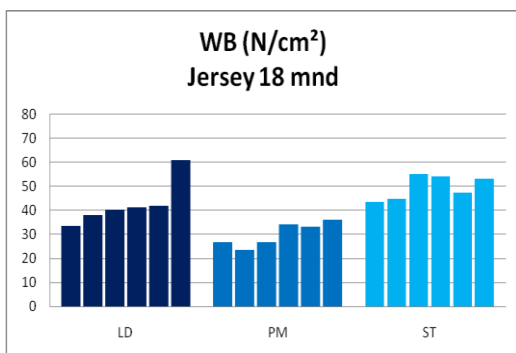
Figur 7.13: Mørhet (WB) i LD, PM og ST hos Angus x NRF 24 mnd



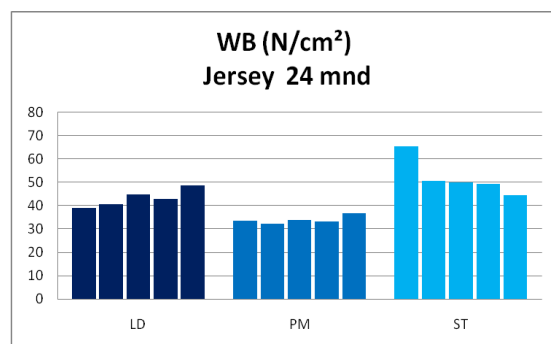
Figur 7.14: Mørhet (WB) i LD, PM og ST hos Angus x Jersey 18 mnd



Figur 7.15: Mørhet (WB) i LD, PM og ST hos Angus x Jersey 24 mnd



Figur 7.16: Mørhet (WB) i LD, PM og ST hos Jersey 18 mnd



Figur 7.17: Mørhet (WB) i LD, PM og ST hos Jersey 24 mnd

8.0 Diskusjon

8.1 Slaktekvalitet

Effektene på slakteklasse og fettgruppe var ikke signifikante, mens det var en signifikant effekt av både alder og rase på slaktevekt. Som det kommer fram av tabell 7.1 vil en innkryssing av Angus øke slaktevekta med 60-70 kg i forhold til rein Jersey, samt at klassifiseringen blir bedret (R-/O+ mot O-). Men samtidig blir disse krysningene feitere, og selv om det allerede i utgangspunktet vil bli fetttrekk på samtlige dyr, vil de yngste dyra her få et enda større fetttrekk. Mellom NRF og Angus x NRF er det ikke noe betydelig forskjell i slaktevektene, så her vil det ikke være noe å hente på en innkryssing med Angus. Slaktekvaliteten har likevel blitt noe forbedret, fordi slaktene av Angus x NRF er klassifisert som R og ikke som O som for NRF. De eldste dyra av Angus x NRF vil dessuten bli feitere.

8.2 Innhold av IMF – variasjon mellom rase, slaktetidspunkt og muskel

Innhold av IMF vil være et resultat av forholdet mellom opptak, syntese og degradering av triglyserider. Mengde fett er samtidig svært varierende mellom raser, mellom individer av samme rase og mellom de ulike muskler. Ofte kan disse variasjonene ses i sammenheng med ulikheter i type muskelfiber og antall fettceller mellom fiberbuntene (Hocquette et al. 2009). Mengde fett kan dessuten også variere innad i en og samme muskel, avhengig av lokalisering. Eksempelvis fikk Chambaz et al. (2003) resultater som tilsier at det er signifikante forskjeller for hvordan det synlige fett fordeler seg i LD. Mengde synlig fett varierte fra gjennomsnittlig 5,1 % øverst i siden, til 9,3 % midt øverst. Samtidig var også WB-verdiene for midtstykket lavere enn for sidestykket (Chambaz et al. 2003).

Det ble i dette forsøket tidvis funnet svært høyt innhold av IMF. Av enkeltobservasjoner ble de aller høyeste verdiene funnet hos Angus x Jersey og Jersey med henholdsvis 12,61 % (LD) og 12,46 % (PM). Alle forsøksdyrene var kastrater, og sammenlignet med okser som er mest vanlig brukt i kjøttproduksjonen her til lands, vil mengde IMF hos kastrater ligge høyere. For eksempel rapporterer Aass et al. (2009) om at en rekke forsøk har vist et lavt nivå av IMF i norske

slakteokser, med et gjennomsnitt på 2 % i LD. Til sammenligning var til og med ST oppe på dette nivået hos kastratene i dette forsøket, mens LD og PM hadde verdier godt over dette.

Selv om resultatene fra forsøket ikke viste signifikans, ble det funnet høyere gjennomsnittsverdier for mengde IMF hos rasekombinasjonene Jersey og Angus x Jersey enn hos NRF og Angus x NRF. Jersey er kjent for sitt høye innhold av IMF (Malau-Aduli et al. 2000; Marshall, 1994), og Angus er en skotsk kjøttferase kjent for stabil kvalitet og høy score for fett og mørhet (Chambaz et al. 2003) For Jersey har ikke innkryssing med Angus gitt nevneverdige utslag i form av mer IMF, og Angus x Jersey har fått en mindre mengde IMF for de fleste muskler og slaktealdre enn hva reinraset Jersey har fått. Unntakene er ved 18 mnd alder i LD og ST, hvor mengde IMF har økt. For NRF har imidlertid innkryssing med Angus gitt mer IMF ved slaktealder 18 mnd for LD, og ved 24 mnd for PM. Ved 24 mnd slaktealder har mengde IMF blitt redusert for LD og ST, men altså økt for PM. Ved 18 mnd slaktealder har innholdet av IMF blitt redusert for PM og ST. Effektene er svært små, og som sagt ikke signifikante.

Som allerede nevnt, forutsettes det ofte et IMF innhold på ca 3 % for å oppnå fornøyde forbrukere, og for LD og PM er fettinnholdet ≥ 3 % for så godt som alle dyra i forsøket. Fordi gjennomsnittstall i stor grad vil skjule individvariasjoner, kan det være interessant å studere de enkelte observasjonene. Resultatene viste at enkelte individer har oppnådd svært høye prosenter, spesielt i LD og PM. Nivået i ST ligger lavere, med rundt 2-3 % IMF.

En studie fra 1986, gjort av García et al., på 28 rene Anguskastrater og 34 krysninger mellom Angus x Nelore for musklene PM, ST og *biceps branchii*, viste at krysningene hadde en større andel subkutant fett og mindre IMF enn reinraset Angus. For Angus var gjennomsnittlig mengde IMF i PM, ST og *biceps branchii* henholdsvis 6,8 %, 2,6 % og 3,5 %. For Angus x Nelore var de tilsvarende verdiene 4,8 %, 1,8 % og 3,0 %. Dyrene ble fôret med like rasjoner og slaktet ved lik mengde totalfett. Til sammenligning ga resultatene fra mitt forsøk høyere prosenter for Angus x Jersey (7,2 %) i PM i forhold til både rein Angus (6,8 %) og Angus x Delore (4,8 %) hos García et al. (1986). Angus x NRF fikk høyere prosenter (5,6 %) enn Angus x Delore i PM og ST (5,6 % og 2,3 % mot 4,8 % og 1,8 %), men ikke for rein Angus. Angus x Jersey fikk samtidig høyere prosenter for IMF i ST enn reinraset Angus (2,9 % mot 2,6 %).

Selv om de konkluderte med at det var små effekter av rase på kjøttkvalitet, fant Aass & Vangen (1998) i sitt forsøk likevel en tendens til at at Anguskrysninger fikk det høyeste innholdet av IMF i LD, Charolaiskrysninger lavest innhold, mens Herefordkrysninger og rein NRF hadde nivåer midt i mellom når slaktevekten var lik. Angus scoret i tillegg best for mørhet (Aass & Vangen, 1998).

Henrickson et al. (1964) fant et gjennomsnittlig fettinnhold i LD og ST på henholdsvis 5,8 % og 3,7 % hos 7 mnd gamle Herefordkviger. LD viste samtidig en signifikant større variasjon i fettinnhold mellom de ulike slakt enn for posisjon innad i muskelen.

I følge Hocquette et al. (2009), vil dyr med stor muskelmasse og høy glykolytisk aktivitet, eksempelvis dobbeltmusket storfe, generelt sett utvikle lite IMF. Dessuten vil en stor muskelmasse fortynne muskelens fettinnhold.

Aass (1996) fant en uønsket genetisk korrelasjon mellom vekstrate og IMF, hvor høy vekstrate ble assosiert med mindre mengde IMF. Dette medfører at småvokste raser vil ha dårligere muskelfylde, men til gjengjeld har de desto mer finfibret kjøtt med fibertype IA og en større andel IMF. Storvokste raser har til sammenligning svært god muskelfylde, en større andel store muskelfiber (IIB), men lite IMF. Seleksjon for tilvekst vil virke negativt på kjøttkvalitetsegenskapene mørhet og IMF.

Calkins et al. (2006) rapporterer om en sterkere sammenheng mellom sammensetning av fibertype og marmorering enn mellom fibertype og mørhetsmåling. Det konkluderes med at muskelens oksidative kapasitet kan relateres til marmorering og mørhet, og at fibertypenes sammensetning kan brukes som en mulig prediksjon på muskelens potensiale for marmorering (Calkins et al. 2006).

Som sagt ble ingenting signifikant funnet, men for samtlige muskler har, med ett unntak, dyra med slaktealder 18 mnd fått en større andel IMF enn dyra med slaktealder 24 mnd. Om dette skyldes alder eller fôring kan heller ikke sies med sikkerhet. De ulike aldergruppene fikk tildelt forskjellige mengder kraftfôr, og mengde IMF vil derfor kunne være påvirket av begge faktorer. I litteraturen finnes det imidlertid resultater som peker i retning mot at mengde IMF vil øke med økende alder hos dyret. Albrecht et al. (2006) fant at økt mengde IMF i longissimus ved økt slaktealder. Okser av German Angus, Galloway, Holstein-Frieser og Belgian Blue ble slaktet ved 2, 4, 6, 12 og 24 mnds alder. Her ble det også funnet forskjeller mellom rasene mht mengde IMF,

hvor Belgian Blue skilte seg ut med de laveste mengdene IMF. Warren et al. (2008) fant i samsvar med dette en økt mengde IMF i LD når slaktealderen økte fra 14 til 24 mnd. Maltin et al. (1998) har også funnet at eldre dyr har vist å ha en høyere andel IMF i musklene, og Aass (1996) fant i et forsøk med NRF-okser at slaktealder hadde signifikant betydning for mengde IMF i LD. Fordi avleiringen av IMF vil skje seint i dyrenes utvikling -og vekststadiet (Wood et al. 1999), faller det naturlig å forestille seg at en høyere slaktealder vil kunne gi større mengder IMF.

Sammenligning av musklene viser at PM er den muskelen som inneholder mest IMF, tett fulgt av LD, mens ST ligger lavere enn de andre to. Men dette var heller ikke signifikant.

8.3 Forskjell i mørhet mellom raser, slaktetidspunkt og ulike muskler

Det er en relativt liten forskjell i mørhetsnivå mellom de ulike rasene i forsøket, og resultatene var heller ikke signifikante. Det bør nevnes at det likevel kan ses en tendens til effekt av rase på mørheten i LD ($P = 0,0530$).

Resultatene viser imidlertid at den generelle mørheten god, med tanke på at WB-verdier < 50 N betraktes som mørt. Målingene for PM viste at WB < 50 N for alle individer bortsett fra ett. LD hadde noen flere målinger > 50 N, og variasjonen i mørhet virker større for denne muskelen. ST har en enda større andel målinger med verdier > 50 N, men det kan se ut som at målingene gjort på denne muskelen viser mindre variasjon.

De som har scoret aller best på mørhet er Jersey og Jersey x Angus, og dette er ikke uventet. For selv om Jersey er en mjølkerase, gir den også kjøtt med god mørhet, samtidig som den utmerker seg med et høyt innhold av IMF (Malau-Aduli et al. 2000; Marshall, 1994). I en studie gjort av Marshall (1994) fikk Jersey best score blant 15 raser på mørhet, målt både med WB og sensorisk panel, og for marmoreringsgrad. NRF er den norske mjølkekrasen, og utgjør omlag 90 % av alt storfe i Norge. Samtidig produserer den også mye kjøtt, og står bak hele 95 % av det norske storfekjøttet. Som kombinasjonsrase er den avlet for både mjølk - og kjøttegenskaper. WB-verdiene for NRF og Angus x NRF ligger stort sett litt over verdiene til Jersey x Angus, og det kan tyde på at disse rasekombinasjonene muligens vil være mindre møre. Angus er kjent for

stabil kvalitet og høy score for fett og mørhet (Chambaz et al. 2003). Det hadde derfor kanskje vært forventet en respons i form av bedret mørhet for NRF ved innkryssing med Angus. Til sammenligning har et norsk forsøk gjort av Aass & Vangen (1998) rapportert om små, signifikante raseforskjeller for kvalitetsegenskapene farge, smak, mørhet og fasthet. Det ble der konkludert med at noen vesentlig forbedring i kjøttkvaliteten ikke kan forventes ved innkryssing med Charolais, Hereford eller A. Angus med NRF i forhold til rein NRF. Dette samsvarer godt med mine resultater, som heller ikke viste noen bedret mørhet for Angus x NRF i forhold til rein NRF. Det kan også tenkes at bruk av tunge kjøttfaser ville kunne skapt en tydeligere raseeffekt i forhold til kjøttkvaliteten, da storvokste raser har en større muskelfylde, men en større andel glykolytiske muskelfiber og mindre IMF, noe som vil være negativt for kjøttkvaliteten. Både Jersey og Angus er tidlig slaktemodne raser med lav voksenvekt og NRF er en mellomrase som er verken spesielt tidlig eller seint slaktemoden.

For Jersey har innkryssing med Angus gitt en lavere mørhet i PM og ST ved slaktealder 24 mnd og ved begge aldre i LD. For slaktealder 18 mnd har mørheten blitt bedre i PM og ST. For NRF ser innkryssing med Angus heller ikke ut til å ha hatt noe innvirkning i form av bedre mørhet. I I forhold til reinrasen NRF har Angus x NRF har fått litt redusert mørhet for alle muskler og aldre, bortsett fra for ST ved 18 mnd der mørheten har blitt knapt forbedret. For PM ved 18 mnd har innkryssing med Angus ikke gitt endring i mørhet noe utslag (32,5 N/cm² mot 32,4 N/cm²). Disse resultatene var ikke signifikante, med det kan ses en tendens til effekt av rase på mørheten i LD (P = 0,0530).

I dette forsøket viser, med noen unntak, dyra med slaktealder 18 mnd en gjennomsnittlig bedre mørhet enn de med slaktealder 24 mnd. Ingenting signifikant ble funnet. Om resultatene er en effekt av alder eller fôring kan heller ikke sies med sikkerhet. De ulike aldergruppene hadde ulike fôringsregimer, og resultatene vil være påvirket av begge faktorer. I litteraturen finnes det likevel flere eksempler på at økende alder har gitt en redusert mørhet. Prost et al. (1975) rapporterer i likhet med Tuma et al. (1962) om redusert mørhet med økende alder, og en mindre andel løselig kollagen blir oppgitt som medvirkende årsak til dette (Maltin et al. 1998). Shorthose et al. (2006) fant i et forsøk med 12 ulike muskler at den gjennomsnittlige mørheten avtok signifikant når dyras slaktealder økte. Det ble brukt 8 aldersgrupper med alder fra 1 til 60 mnd. Hvor raskt mørheten ble redusert i de enkelte musklene var relatert til bindevevets styrke. For eksempel ble mørheten i PM lite påvirket av alder, mens BF, som er en muskel med høyt innhold av bindevev, ble hele tre ganger så seig når alderen økte. Studiet viste i tillegg at LD var

en av de minst representative musklene (Shorthose et al. 2006). Renand et al. (2001) skriver at muskelkarakteristikk og egenskaper som har innvirkning på kjøttkvaliteten er avhengig av alder. Det ble blant annet vist at den gjennomsnittlige muskelfiberstørrelsen og kollageninnholdet økte når dyra ble eldre. Dette er faktorer som er med på å gi et seigere kjøtt. Purchas et al. (2002) fant i sitt forsøk at en lav slaktealder (16-16 mnd) ga en mørere longissimus enn når slaktealder var høyere (26 mnd), men at det ikke kunne fastslås om dette var en effekt av fôring eller alder. Det ble sett som mest sannsynlig at det skyldtes alder.

Prost et al. (1975) fant at PM scoret høyest på mørhet, og BP lavest, målt både ved Warner Bratzler skjære/pressekraft og sensorisk panel. Carmack et al. (1995) fant i likhet med Prost et al. (1975) at PM var den signifikant mørreste muskelen blant et utvalg av 11 muskler. Dette forklares med at PM har et lavt innhold av kollagen og at sarkomerene er lange. LD var dessuten mørere enn ST. Resultatene viste at PM konsekvent ble rangert høyt for mørhet og ST lavt (Carmack et al. 1995). Rhee et al. (2004) fant at PM var den muskel som scoret høyest på mørhet og BF kom også her dårligst ut. Disse målingene ble gjort med sensorisk panel. WB-målinger viste også at PM var mørrest, men BF da rykket opp fra ellefte til fjerde plass (Rhee et al. 2004). Belew et al. (2003) foretok mørhetsmålinger på 40 muskler fra 20 dyr. Det ble brukt fire mørhets kategorier; svært mør WBSF < 3,2 kg, mør 3,2 kg < WBSF > 3,9 kg, medium 3,9 kg < WBSF > 4,6 kg og seig WBSF > 4,6 kg. PM havnet i kategorien svært mør, mens longissimus (lumborum og thoracis, begge stammer fra samme muskel; *M. longissimus dorsi*) ble plassert i mør og ST endte opp i kategorien medium. Denne mørhetsrangeringen stemmer godt overens med resultatene fra mitt forsøk, der PM og LD viste en gjennomgående god mørhet mens ST var seigere (Belew et al. 2003).

Strandine et al. (1949) gjorde en tidlig studie med hensikt å finne ut mer om hva som kan være årsak til en varierende mørhet. Studiet viste at det i hovedsak ikke var pH eller innholdet av fett eller proteiner som var mest avgjørende, men heller ulikheter i muskelfiberstrukturen og mengde bindevev. For eksempel ble ST klassifisert som en muskel med store, atskilte muskelbunter med et relativt tykt lag bindevev rundt (perimysium). LD hadde mellomstore muskelbunter og et tynnere bindevevslag, og muskelbuntene i PM var ikke tydelige og med en svært ensartet struktur. Studiet avdekket at muskler hvor muskelbuntene var atskilte og mengde bindevev samtidig var betydelig, var mindre møre enn muskler med et mer glatt og homogent mønster. ST hadde altså en større mengde bindevev og elastin (flere og større fiber) enn LD og PM. Musklene med lite bindevev og spesielt de med lite elastin, var mørrest. Korrelasjonskoeffisienten mellom

bindevev og mørhet var 0,7, noe som tilsier at mengde bindevev er en signifikant, men ikke den eneste faktor som påvirker mørhet. Det blir også nevnt at muskler har forskjellig type oppgaver i kroppen, og at variasjon i muskelarbeidets varighet og intensitet vil gjenspeile seg i muskelens anatomi og oppbygning (Strandine et al. 1949). Bevegelsesmuskler har en større andel bindevev og kan derfor være mindre møre. Støttemuskulatur vil ofte ha bedre mørhet. (Belew et al. 2003). Det vil også kunne finnes en variasjon innad i muskelen, ofte fra den ene til den andre enden. Rhee et al. (2004) rapporterer om en stor variasjon i mørhet og mørhetsrelaterte faktorer både mellom ulike muskler og innen en og samme muskel. Andel kollagen er mest sannsynlig større i enden av muskelen, noe som gjør at mørheten vil variere avhengig av lokalisering. Det ble funnet signifikante effekter mht lokalisering i muskelen for skjærekraft, sarkomerlengde og kollageninnhold (Rhee et al. 2004). Det er imidlertid sjelden det blir gitt en presis anatomisk beskrivelse av hvor prøven hentes fra.

LD benyttes vanligvis som referansemuskel for mørhetsmålinger, fordi den er lett tilgjengelig for å hente ut prøver fra. I tillegg har den en økonomisk viktig betydning (Immonen et al. 2000c). Men mørhetsmålinger foretatt på kun én muskel er antageligvis ingen god indikator på mørheten i andre muskler (Purchas & Zou, 2008). Resultater fra Shackelford et al. (1995c) viste at Warner Bratzler skjære/pressekraft for LD ikke var spesielt sterkt relatert til Warner Bratzler skjære/pressekraft for 10 andre muskler. Det var altså liten sammenheng mellom mørhet målt i LD og hva som ble målt i andre muskler. Dette understøttes av Hildrum et al. (2009) som også fant at LD ikke nødvendigvis er en god indikator på andre musklers mørhetsgrad. Det ble funnet svært varierende kvaliteter blant 10 utvalgte muskler fra NRF-okser, både ved analysering med sensorisk panel og ved Warner Bratzler skjære/pressekraft. Det frarådes derfor å basere seg på kun én muskeltype som referansepunkt for evaluering av hele slaktets kvalitet (Hildrum et al. 2009). Shackelford et al. (1995c) fant dessuten at mørhetsmålinger med Warner-Bratzler skjære/pressekraft ikke nødvendigvis gjenspeiler forskjeller mellom ulike muskler med hensyn til generell mørhet.

Resultatene fra dette forsøket viser at LD hadde de mest varierte mørhetsmålingene, etterfulgt av PM, og med ST som muskelen med mest jevne målinger. Selv om mørheten i ST altså var lavest, var den mest stabil. I forsøket til Wulf & Page (2000) ble også den største mørhetsvariasjonen funnet i LD, mens PM var den muskel som viste minst variasjon. Men variasjonen var også liten i ST. Mørhetsmålinger ble foretatt både med WB og sensorisk panel på åtte muskler. Av totalt 800 målinger var den aller møyreste en prøve fra LD, og resultatene indikerer at LD kan variere

svært mye i mørhet (Wulf & Page, 2000). Også Rhee et al (2004) fant at LD var den muskelen som viste størst variasjon i mørhet målt med WB (Rhee et al. 2004). Henrickson et al. (1964) studerte variasjon i mørhet mellom LD og ST i fra slakt fra 7 mnd gamle Herefordkviger. Det ble funnet variasjon i mørhet både mellom slakt og mellom muskler fra samme slakt. ST var signifikant mindre mør og viste mindre variasjon i målingene enn LD.

For mørhet og kjøttkvalitet vil det som sagt ofte være stor variasjon mellom muskler og mellom individer. Dette kan i høy grad relateres til musklens metabolske og kontraktile egenskaper som igjen avhenger av fordelingen av muskelfibertyper. Lipidkonsentrasjonen er generelt høyere i røde enn i hvite muskler. PM er eksempel på en muskel med stor andel type IA fiber, og er ofte signifikant mørere enn muskler med stor andel type IIB fiber (feks longissimus) (Wood et al. 1999). Calkins et al. (2006) rapporterer om en negativ korrelasjon mellom hvite muskelfiber (IIB) og marmoreringsgrad og mørhetsrangering. Derimot var røde muskelfiber (IA) positivt korrelert med disse kvalitetsegenskapene (Calkins et al. 2006).

9.0 Konklusjon

Forsøket ga ingen signifikante resultater for effekt av rase og slaktealder på kjøttkvalitetsegenskapene mørhet og IMF. Likevel ble det funnet en tendens til effekt av rase på mørheten i LD ($p = 0,0530$). Antall dyr i forsøket er lavt, og av den grunn vil det være relativt stor usikkerhet forbundet med resultatene. Det bør derfor utvises forsiktighet med å trekke endelige konklusjoner.

11.0 Referanser

- Aass, L. (1996). Variation in carcass and meat quality traits and their realstions to growth in dual purpose cattle. *Livestock Production Science*, 46 (1): 1-12.
- Aass, L. & Vangen, O. (1998). Carcass and meat quality characteristics of young bulls of Norwegian cattle and crossbreds with Angus, Hereford and Charolais. *Anim. Sci.*, 48 (2): 65-75.
- Aass, L., Fristedt, C-G., Gresham, J. D., Sandaker, H. & Roterud, O. K. Bruk av ultralyd for å måle storfekjøttkvalitet. Husdyrforsøksmøtet 2009.
- Aberle, E. D., Reeves, E. S., Judge, M. D., Hunsley, R. E., & Perry, T. W. (1981). Palatability and muscle characteristics of cattle with controlled weight gain: Time on a high energy diet. *J. Anim. Sci.*, 52 (4): 757-763.
- Ahnstrøm, M. L., Enfalt, A-C., Hansson, I. & Lundstrøm, K. (2006a). Pelvic suspension improves quality characteristics in *M. semimembranosus* from Swedish dual purpose young bulls. *Meat Science*, 72 (3): 555-559.
- Albrecht, E., Teuscher, F., Ender, K. & Wegner, J. (2006). Growth and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. *J. Anim. Sci.*, 84 (5): 1067-1075.
- Andersen, H. J., Oksbjerg, N., Young, J. F. & Therkildsen, M. (2005). Feeding and meat quality – a future approach. *Meat Science*, 70 (3): 543-554.
- Andres, S., Murray, I., Navajas, E. A., Fisher, A. V., Lambe, N. R. & Bünger, L. (2007). Prediction of sensory characteristics of lamb meat samples by near infrared reflectance spectroscopy. *Meat Science*, 76 (3): 509-516.
- Belew, J. B., Brooks, J. C., McKenna, D. R. & Savell, J. W. (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64 (4): 507-512.
- Berg, R. T. & Butterfield, R. M. (1968). Growth patterns of bovine muscle, fat and bone. *J. Anim Sci.*, 27 (3): 611-619.
- Berg, J. & Matre, T. (2001). *Produksjon av storfekjøtt*. Oslo, Landbruksforlaget. 198 s. ISBN 82-529-2529-4
- Boleman, S. J., Boleman, S. L., Miller, R. K., Taylor, J. F., Cross, H. R., Wheeler, T. L., Koohmaraie, M., Shackelford, S. D., Miller, M. F., West, R. L., Johnson, D. D. & Savell, J. W. (1997). Consumer evaluation of beef known categories of tenderness. *J. Anim. Sci.*, 27 (6): 1532-1541.
- Brødum, J., Munck, L., Henckel, P., Karlsson, A. Tornberg, E. & Engelsen, S. B. (2000). Prediction of water-holding capacity and composition of porcine meat by comparative spectroscopy. *Meat Science*, 55 (29): 177-185.

- Calkins, C. R., Dutson, T. R., Smith, G. C., Carpenter, Z. L. & Davis, G. W. (2006). Relationship of fiber type composition to marbling and tenderness of bovine muscle. *Journal of Food Science*, 46 (3): 708-710.
- Cameron, P. J., Zembayashi, M., Lunt, D. K., Mitsunashi, T., Mitsumoto, M., Ozawa, S. & Smith, S. B. (1994). Relationship between Japanese beef marbling standard and intramuscular lipid in the *M. longissimus thoracis* of Japanese Black and American Wagyu Cattle. *Meat Science*, 38 (2): 361-364.
- Carmack, C. F., Kastner, C. L., Dikeman, M. E., Schwenke, J. R. & Garcia Zepeda, C. M. (1995). Sensory evaluation of beef-flavor-intensity, tenderness, and juiciness among major muscles. *Meat Science*, 39 (1): 143-147.
- Chambaz, A., Kreuzer, M., Scheeder, M. R. L. & Dufey, P-A. (2001). Characteristics of steers of six beef breeds fattened from eight months of age and slaughtered at a target level of intramuscular fat. *Arch. Tierz.* 44 (5): 473-488.
- Chambaz, A., Scheeder, M. R. L., Kreuzer, M. & Dufey, P-A. (2003). Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Science*, 63 (4): 491-500.
- Claus, J. R., Wang, H. & Marriott, N. G. (2006). Prerigor carcass muscle stretching effects on tenderness of grain-fed beef under commercial conditions. *Journal of Food Science*, 62 (6): 1231-1234.
- Crouse, J. D., Cundiff, L. V., Koch, R. M., Koohmaraie, M. & Seidemann, S. C. (1989). Comparisons of Bos Indicus and Bos Taurus inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. *J. Anim. Sci.*, 67 (10): 2661.
- Destefanis, G., Brugiapaglia, A., Barge, M. T. & Lazzaroni, C. (2003). Effect of castration on meat quality in Piedmontese cattle. *Meat Science*, 64 (2): 215-218.
- Destefanis, G., Brugiapaglia, A., Barge, M. T. & Molin, E. D. (2008). Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. *Meat Science*, 78 (3): 153-156.
- Devine, C. E., Lowe, T. E., Wells, R. W., Edwards, N. J., Hocking Edwards, J. E., Starbucks, T. S. & Speck, P. A. (2006). Pre-slaughter stress arising from on-farm handling and its interactions with electrical stimulation on tenderness of lambs. *Meat Science*, 73 (2): 304-312.
- Dikeman, M. E., Pollak, E. J. Zhang, Z., Moser, D. W., Gill, C. A. & Dressler E. A. (2005). Phenotypic ranges and relationships among carcass and meat palatability traits for fourteen cattle breeds, and heritabilities and expected progeny differences for Warner-Bratzler shear force in three beef cattle breeds. *J. Anim. Sci.*, 83 (10): 2461-2467.
- Dransfield, E., Jones, R. C. D. & MacFie, H. J. H. (1981). Quantifying changes in tenderness during storage of beef. *Meat Science*, 5 (2): 131-137.

- Doumit, M. E. & Koohmaraie, M. (1999). Immunoblot analysis of calpastatin degradation: evidence for cleavage by calpain in postmortem muscle. *J. Anim. Sci.*, 77: 1467-1473.
- Eikelenboom, G., Barnier, V. M. H., Hoving-Bolink, A. H., Smulders, F. J. M. & Culioli, J. (1998). Effect of pelvic suspension and cooking temperature on the tenderness of electrical stimulation and aged beef, assessed with shear force and compression testes. *Meat Science*, 49 (1): 89-99.
- Ferguson, D. M., Jiang, S., Hearnshaw, H., Rymill, S. R. & Thompson, J. M. (2000). Effect of electrical stimulation on protease activity and tenderness of *M. longissimus* from cattle with different proportions of *Bos indicus* content. *Meat Science*, 55 (3): 265-272.
- Ferguson, D. M., Bruce, H. L., Thompson, J. M., Egan, A. F., Perry, D. & Shorthose, W. R. (2001). Factors affecting beef palatability – farmgate to chilled carcass. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41 (7): 879-891.
- Ferguson, D. M. (2004). Objective on-line assesment of marbling: A breif review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44 (7): 681-685.
- Ferguson, D. & Warner, R. D. (2008). Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants?. *Meat Science*, 80 (1): 12-19.
- Field, R. A. (1971). Effect of Castration on Meat Quality and Quantity. *Journal of Animal Science*, 32 (5): 849-858.
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O’Riordan, G. O., Monahan, F. J., Caffrey P. J. & Moloney, A. P. (2000). Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate-based diets. *J. Anim. Sci.*, 78 (11): 2849-2855.
- Fritsche, S. & Steinhart, H. (1998). Differences in natural steroid hormone patterns of beef from bulls and steers. *J. Anim. Sci.*, 76 (6): 1621-1625.
- García, P. T., Casal, J. J. & Parodi, J.J. (1986). Effect of breed-type on the relationships between intramuscular and total body fat in steers. *Meat Science*, 17 (4): 283-291.
- Geesink, G. H., Taylor, R. G. & Koohmaraie, M. (2005). Calpain 3/p94 is not involved in postmortem proteolysis. *J. Anim. Sci.*, 83 (7): 1646-1652.
- Gotoh, T., Albrecht, E., Teuscher, F., Kawabata, K., Sakashita, K., Iwamoto, H. & Wegner, J. (2009). Differences in muscle and fat accretion in Japanese Black and European Cattle. *Meat Science*, 82 (3): 300-308.
- Hassen, A., Wilson, D. E. & Rouse, G. H. (2003). Estimation of genetic parameters for ultrasound-predicted percentage of intramuscular fat in Angus cattle using random regression models. *J. Anim. Sci.*, 81 (1): 35-45.

- Heaton, K., Zobell, D. R. & Cornforth, D. (2006). A succesful collaborative research project: Determining the effect of delayed castration on beef cattle production and carcass traits and consumers acceptability. *Journal of Extension*, 44 (2): Article number 2RIB5.
- Hertzmann, C., Olsson, U. & Tornberg, E. (1993). The influence of high temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor, ageing and tenderness of beef muscles. *Meat Science*, 35 (1): 119-141.
- Henrickson, R. L. & Mjosest, J. H. (1964). Tenderness variation in two bovine muscles. *J. Anim. Sci.*, 23 (2): 325-328.
- Hildrum, K. I., Rødbotten, R., Høy, M., Berg, J., Narum, B. & Wold, J. P. (2009). Classification of different bovine muscles according to sensory characteristics and Warner Bratzler shear force. *Meat Science*, 83 (2): 302-307.
- Ho, C., Stromer, M. H. & Robson, R. M. (1996). Effects of electrical stimulation and postmortem storage on changes in titin, nebulin, desmin; troponin-T and muscle ultrastructure in *Bos indicus* crossbred cattle. *J. Anim. Sci.*, 74 (7): 1563-1575.
- Hocquette, J. F., Gondrer, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C. & Pethick D. W. (2009). Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Cambridge Journals*, 4(2): 303-319.
- Hopkinson, S. F., Ringkob, T. P., and Bailey, C. M. (1985). Cutability and the effect of electrical stimulation and aging on tenderness of beef from young intact males and castrates. *J. Anim. Sci.*, 60 (3): 675-681.
- Hostetler, R. L., Landmann, W. A., Link, B. A. & Fitzhugh,, H. A. (1970). Influence of carcass position during rigor mortis om tenderness of beef muscles: comparison of two treatments. *J. Anim. Sci.*, 31 (1): 47-50.
- Hwang, I. H., Devine, C. E. & Hopkins, D. L. (2003). The biochemical and physical effects of electrical stimulation on beef and sheep meat tenderness. *Meat Science*, 65 (2): 677-691.
- Immonen, K., Ruusunen, M., Hissa, K. & Puolanne, E. (2000a). Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat science*, 55 (1): 25-31.
- Immonen K., Schaefer, D. M., Puolanne, E. & Kauffman, R. G. (2000b). The relative effect of dietary energy density on repleted and resting muscle glycogen concentrations. *Meat Science*, 54 (2): 155-162.
- Immonen, K., Ruusunen, M. & Puolanne, E. (2000c). Some effects of residual glycogen concentration on the physical and sensory quality of normal pH beef. *Meat Science*, 55 (1): 33-38.
- Jeacocke, R. E. (1984). The kinetics of rigor onset in beef muscle fibres. *Meat Science*, 11 (4): 237-251.

- Jeremiah, L. E. & Gibson, L. L. (2003). The effect of postmortem product handling and aging time on beef palatability. *Food Research International*, 36 (9-10): 929-941.
- Jones, S. D. M., Schaefer, A. L., Robertson, W. M. & Vincent, B. C. (1990). The effects of withholding feed and water on carcass shrinkage and meat quality in beef cattle. *Meat Science*, 28 (2): 131-139.
- Kadel, M. J., Johnston, D. J., Burrow, H. M., Graser, H-U. & Ferguson, D. M. (2006). Genetics of flight time and other measures of temperament and their value as selection criteria for improving meat quality traits in tropically adapted breeds of beef cattle. *Australian Journal of Agricultural research*, 57 (9): 1029-1035.
- Kambadur, R., Sharma, M., Smith, T. P. L., & Bass, J. J. (1997). Mutations in myostatin (GDF8) in double-muscled Belgian Blue and Piedmontese cattle. *Genome Res.*, 7: 910-915.
- Keane, M. G. & Allen, P. (1998). Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. *Livestock Production Science*, 56 (3): 203-214.
- Kjøttets tilstand 2009. Status i norsk kjøtt - og eggproduksjon. Animalia. Tilgjengelig fra: http://www.animalia.no/upload/Filer%20til%20nedlasting/KT09/Kj%c3%b8ttets_tilstand_2009.pdf (lest 26.04.10)
- Koohmaraie, M. (1996). Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat. *Meat Science*, 43 (1): 193-201.
- 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 (3): 345-352.
- Koohmaraie, M. & Geesink, G., H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74 (1): 34-43.
- Kögel, J. (2005). Hereditary and environmental effects on the quality of beef. *Animal Science Papers and Reports*, 23 (4): 281-302.
- Li, C. B., Chen, Y. J., Xu, X. L., Huang, M., Hu, T. J. & Zhou, G. H. (2006). Effects of low-voltage electrical stimulation and rapid chilling on meat quality characteristics of Chinese Yellow crossbred bulls. *Meat Science*, 72: 9-17.
- Li, J., Tan, J., Martz, F. A. & Heymann, H. (1999). Image texture features as indicators of beef tenderness. *Meat Science*, 53 (1): 17-22.
- Lochner, J. V., Kauffman, R. G. & Marsh, B. B. (1980). Early postmortem cooling rate and beef tenderness. *Meat Science*, 4 (3): 227-241.
- Malau-Aduli, A. E. O., Edriss, M. A., Siebert, B. D., Bottema, C. D. K. & Pitchford, W. S. (2000). Breed differences and genetic parameters for melting point, marbling score and fatty acid composition of lot-fed cattle. *J. Anim. Physiology and Anim. Nutrition*, 83 (2): 95-105.

- Maltin, C. A., Sinclair, K. D., Warriss, D. D., Grant, C. M., Porter, A. D., Delday, M. I. & Warkup, C. C. (1998). The effects of age at slaughter, genotype and finishing system on the biochemical properties, muscle fibre type characteristics and eating quality of bull beef from suckled calves. *J. Anim. Sci.*, 66 (2): 341-348.
- Maltin, C., Balcerzak, D., Tilley, R. & Delday, M. (2003). Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62 (2): 337-347.
- Marshall, D. M. (1994). Breed differences and genetic parameters for body composition traits in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 72 (10): 2745-2755.
- May, S. G., Dolezal, H. G., Gill, D. R., Ray, F. K. & Buchanan, D. S. (1992). Effects of day fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. *J. Anim. Sci.*, 70: 444-453.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. A. (2002). *Animal Nutrition*. Sixth Edition. Pearson Education. 693 s. ISBN 0-582-41906-9.
- McVeigh, J. M. & Tarrant, P. V. (1982). Glycogen content and repletion rates in beef muscle, effect of feeding and fasting. *Journal of Nutrition*, 112 (7): 1306.
- Mellema M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science & Technology*, 14 (9): 364-373.
- Miller, M. F., Carr, M. A., Ramsey, C. B., Crockett, K. L. & Hoover, L. C. (2001). Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *J. Anim. Sci.*, 79 (12): 3062-3068.
- Monsòn, F., Sanudo, C. & Sierra, I. (2004). Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Science*, 68 (4): 595-602.
- Morgan, J. B., Savell, J. W., Hale, D. S., Miller R. K., Griffin D. B., Cross H. R., Shackelford S. D. (1991). National beef tenderness survey. *J. Anim. Sci.*, 69 (8): 3274-3283.
- Morgan, J. B., Wheeler, T. L., Koohmaraie, M., Savell, J. W. & Crouse, J. D. (1993). Meat tenderness and the calpain proteolytic system in longissimus muscle of young bulls and steers. *J. Anim. Sci.*, 71 (6): 1471-1476.
- Nishimura, T., Hattori, A. & Takahashi, K. (1999). Structural changes in intramuscular connective tissue during the fattening of Japanese Black cattle: effect of marbling on beef tenderization. *J. Anim. Sci.*, 77 (1): 93-104.
- Nürnberg, K., Wegner, J. & Ender K. (1998). Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science*, 56 (2): 145-156.
- Nürnberg, K., Dannenberger, D., Nürnberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan N. D., Wood, J. D., Nute, G. R. & Richardson, R. I. (2005). Effect of a grass-based and a concentrate feed system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*, 94 (1-2): 137-147.

- Ockerman, H. W., Jaworek, D., Vanstavern, B., Parrett, N. & Pierson, C. J. (1984). Castration and sire effects on carcass traits, meat palatability and muscle fiber characteristics in Angus Cattle. *J. Anim. Sci.*, 59 (4): 981.
- Ono, Y., Kakinuma, K., Torii, F., Irie, A., Nakagawa, K., Labeit, S., Abe, K., Suzuki, K. & Sorimachi, H. (2004). Possible regulation of the conventional calpain system by skeletal muscle-specific calpain, p94/calpain 3. *The Journal of Biological Chemistry*, 279 (4): 2761-2771.
- Owens, F. N., Dubeski, P. & Hanson, C. F. (1993). Factors that alter the growth and development of ruminants. *J. Anim. Sci.*, 71 (11): 3138-3150.
- Perry, D., Thompson, J. M., Hwang, I. H., Butchers, A. & Egan, A. F. (2001). Relationship between objective measurements and taste panel assessment of beef quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41: 981-989.
- Polkinghorne, R., Thompson, J. M., Watson, R., Gee, A. & Porter, M. (2008). Evolution of the Meat Standards Australia (MSA) beef grading system. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48 (11): 1351-1359.
- Prieto, N., Andrès, S., Giráldez, F. J., Mantecón, A. R. & Lavin, P. (2008). Discrimination of adult steers (oxen) and young cattle ground meat samples by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Meat Science*, 79 (1): 198-201.
- Prost, E., Pelczynska, E. & Kotula, A. W. (1975). Quality characteristics of bovine meat. II. Beef tenderness in relation to individual muscles, age and sex of animals and carcass quality grade. *J. Anim. Sci.*, 41 (2): 541-547.
- Purchas, R. W. & Aungsupakorn, R. (1993). Further investigation into the relationship between ultimate pH and tenderness for beef samples from bulls and steers. *Meat Science*, 34 (2): 163-178.
- Purchas, R. W., Yan, X. & Hartley, D. G. (1999). The influence of a period of ageing on the relationship between ultimate pH and shear values of beef m. longissimus thoracis. *Meat Science*, 51 (2): 135-141.
- Purchas, R. W., Burnham, D. L. & Morris, S. T. (2002). Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. *J. Anim. Sci.*, 80 (12): 3211-3221.
- Purchas, R.W. & Zou, M. (2008). Composition and quality differences between the longissimus and infraspinatus muscles for several groups of pasture-finished cattle. *Meat Science*, 80 (2): 470-479.
- Raes, K., De Smet, S., Demeyer, D. (2001). Effect of double-muscling in Belgium Blue young bulls on the intramuscular fatty acid composition with emphasis on conjugated linoleic acid and polyunsaturated fatty acids. *Animal Science*, 73: 253-260.
- Reagan, J. O., Carpenter, Z. L., Smith, G. C. & King, G. T. (1971). Comparison of palatability traits of beef produced by young bulls and steers. *J. Anim. Sci.*, 32 (4): 641-646.

Renand, G., picard, B., Touraille, C., Berge, P. & Lepetit J. (2001). Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Science*, 59 (1): 49-60.

Rhee, M. S., Wheeler, T. L., Shackelford, S. D. & Koohmaraie, M. (2004). Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. *J. Anim. Sci.*, 82 (2) : 534-550.

Robert, N., Briand, M., Taylor, R. & Briand, Y. (1999). The effect of proteasome on myofibrillar structures in bovine skeletal muscle. *Meat Science*, 51: 149-153.

Røe, M. Storfe, fettgruppebeskrivelser

http://www.animalia.no/upload/Filer%20til%20nedlasting/Klassifisering/Klassifiseringsh%c3%a5ndboken/204S_Storfe%20fettgruppebeskrivelser.pdf (11.03.2010)

Røe, M. Storfe, kategorier

http://animalia.no/upload/Filer%20til%20nedlasting/Klassifisering/Klassifiseringsh%c3%a5ndboken/202S_Storfe%20kategorier.pdf (05.05.2010)

Røe, M. Storfe, klassebeskrivelser

http://www.animalia.no/upload/Filer%20til%20nedlasting/Klassifisering/Klassifiseringsh%c3%a5ndboken/203S_Storfe%20klassebeskrivelser.pdf (11.03.2010)

Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Haug, E. (2005). *Menneskets fysiologi*. Oslo, Universitetsforlaget. 600 s. ISBN 82-05-28074-6

Scollan, N., Hocquette, J-F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I. & Moloney, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74 (1): 17-33.

Scott, T. W., Cook, L. J. & Mills, S. J. (1971). Protection of dietary polyunsaturated fatty acids against microbial hydrogenation in ruminants. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 48 (7): 358-364.

Shackelford, S. D., Koohmaraie, M., Miller, M. F., Crouse, J. D. & Reagan, J. O. (1991). An evaluation of beef tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. *J. Anim. Sci.*, 69 (1): 171-177.

Shackelford, S. D., Koohmaraie, M., Cundiff, L. V., Gregory, K. E., Rohrer, G. A. & Savell, J. W. (1994). Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. *J. Anim.Sci.*, 72 (4): 857-863.

Shackelford, S. D., Wheeler, T. L. & Koohmaraie, M. (1995a). Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos-indicus* and *Bos-taurus* cattle. *J. Anim. Sci.*, 73 (11): 3333-3340.

- Shackelford, S. D., Koohmaraie, M. & Wheeler, T. L. (1995b). Effects of slaughter age on meat tenderness and USDA carcass maturity scores of beef females. *J. Anim. Sci.*, 73 (11): 3304-3309.
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L. & Koohmaraie, M. (1999c). Evaluation of slice shear force as an objective method of assessing beef longissimus tenderness. *J. Anim. Sci.*, 77 (10): 2693-2699.
- Shanin, K. A., Berg, R. T. & Price, M. A. (1993). The effect of breed-type and castration on tissue growth patterns and carcass composition in cattle. *Livestock Production Science*, 35 (3-4): 251-264.
- Silva, J. A., Patarata, L. & Martins, C. (1999). Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Science*, 52 (4): 453-459.
- Sivertsen, H. K., Kubberød, E. & Hildrum, K. I. (2001). Consumer preferences of beef tenderness and mechanical measurements. *Journal of Sensory Studies*, 17 (4): 365-378.
- Sjaastad, Ø. V., Hove, K. & Sand, O. (2003). *Physiology of Domestic Animals*. Oslo, Scandinavian Veterinary Press. 735 s. ISBN 82-91743-11-8
- Smulders, F. J. M., Marsh, B. B., Swarts, D. R., Russel, R. L. & Hoenecke, M. E. (1990). Beef tenderness and sarcomere length. *Meat Science*, 28: 349-363.
- Stolowski, G. D., Baird, B. E., Miller, R. K., Savell, J. W., Sams, A. R., Taylor, J. F., Sanders, J. O. & Smith, S. B. (2006). Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. *Meat Science*, 73 (3): 475-483.
- Strandine, E. J., Koonz, C. H. & Ramsbottom, J. M. (1949). A study of variations in muscles of beef and chicken. *J. Anim. Sci.*, 8 (4): 483-494.
- Statens Landbruksforvaltning. (2010). Tilgjengelig fra: http://www.slf.dep.no/portal/page?_pageid=53,2532043&_dad=portal&_schema=PORTAL (lest 23.04.2010)
- Statistisk Sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/jordbruk/> (lest 23.04.2010)
- Sørheim, O., Idland, J., Halvorsen, E. C., Frøystein, T., Lea, P. & Hildrum, K. I. (2001). Influence of beef carcass stretching and chilling rate on tenderness of M. longissimus dorsi. *Meat Science*, 57 (1): 79-85.
- Sørland, G. H., Larsen, P. M., Lundby, F., Rudi, A-P. & Guiheneuf T. (2003). Determination of total fat and moisture content in meat using low field NMR. *Meat Science*, 66 (3): 543-550.
- Therkildsen, M., Riis, B., Karlsson, A., Kristensen, L., Ertbjerg, P., Purslow, P. P., Dall Aaslyng, M. & Oksbjerg, N. (2005). Compensatory growth response in pigs, muscle protein turn-over and meat texture: effects of restriction/relimentation period. *Animal Science*, 75: 367-377.
- Thompson, J. M. (2004). The effect of marbling on flavour and juiciness scores of cooked beef, after adjusting to a constant tenderness. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44: 645-652.

- Tornberg, E. (1996). Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*, 43 (1): 175-191.
- Tuma, H. J., Henricksen, R. L., Stephens, D. F. & Moore, R. (1962). Influence of marbling and animal age on factors associated with beef quality. *J. Anim. Sci.*, 21 (4): 848-851.
- Uytterhaegen, L., Clayes, E., Demeyer, D., Marijke Lippens, Fiems, L. D., Boucquè, C. Y., Van de Voorde, G. & Annette Bastiaens. (1994). Effects of double-muscling on carcass quality, beef tenderness and myofibrillar protein degradation in Belgian Blue White bulls. *Meat Science*, 38 (2): 255-267.
- Vestergaard, M., Therkildsen, M., Henckel, P., Jensen, L. R., Andersen, H. R. & Sejrsen, K. (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Science*, 54 (2): 187-195.
- Warren, H. E., Scollan, N. D., Nute, G. R., Hughes, S. I., Wood, J. D. & Richardson, R. I. (2008). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of three ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science*, 78 (3): 256-269.
- Warris, P. D. (1990). The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science*, 28 (1-2): 171-186.
- Warris, P. D. (2000). *Meat Science. An introductory text*. CABI Publishing, UK. 310 s. ISBN 0 85199 424 5
- Wheeler, T. L. & Koohmaraie, M. (1994). Prerigor and postrigor changes in tenderness of ovine longissimus muscle. *J. Anim. Sci.*, 72 (5): 1232-1238.
- Wheeler, T. L., Shackelford, S. D. & Koohmaraie, M. (2000). Relationship of beef longissimus tenderness classes to tenderness of gluteus medius, semimembranosus, and biceps femoris. *J. Anim. Sci.*, 78 (11): 2856-2861.
- Wierbicki, E., Cahill, V. R., Kunkle, L. E., Klosterman, E. V. & Deatherag, F. E. (1955). Effect of castration on biochemistry and quality of beef. *J. Agric. Food Chem.*, 3 (3): 244-249.
- Wood, J. D. & Enser, M. (1997). Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition*, 78 (1): 49-60.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G. R. & Richardson, R. I. (1999). Animal Nutrition and Metabolism Group Symposium on «Improving meat production for future needs»; Manipulating meat quality and composition. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58 (2): 363-370.
- Wulf, D. M. & Page, J. K. (2000). Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. *J. Anim. Sci.*, 78 (10): 2592-2607.

Wulf, D. M., Emmett, R. S., Leheska J. M. & Moeller, S. J. (2002). Relationships among glycolytic potential, dark cutting (dark, firm, dry) beef, and cooked beef palatability. *J. Anim. Sci.*, 80 (7): 1895-1903.

Young, O. A. & Foote, D. M. (1984). Further studies on bovine muscle composition. *Meat Science*, 11 (3): 159-170.

Åby, B. A. (2008). Genetics of beef tenderness in NRF related to online measurements for predicting beef tenderness. Masteroppgave, Institutt for husdyr –og akvakulturvitenskap.

11.0 Vedlegg

Vedlegg 1 Beskrivelse av slaktekategoriene

Kategori	Beskrivelse
Kalv	Slaktet har lys kjøtt -og fettfarge, kalvepreg og fin kjøttstruktur. Slakt med kalvepreg, men for mørk kjøttfarge skal klassifiseres som Ung okse, Kastrat og/el. Kvige. Unntak er Kalv med utviklet DFD
Ung okse	Alder er avgjørende dersom den kan dokumenteres. Max alder 2 år (24 mnd). Dersom informasjon om alder ikke foreligger, er forbeining av torntappene avgjørende kriterium. Bruskspissene på de 4 første torntappene må ikke vise mer enn begynnende forbeining (ca 10%) og bruskspissene på torntapp 5 til 9 må ikke vise vesentlig forbeining (ca 33%).
Okse	Alder er avgjørende dersom den kan dokumenteres. Slaktedyr eldre enn 2 år (24 mnd) skal klassifiseres som okse uansett forbeiningsgrad. Dersom informasjon om alder ikke foreligger, er forbeining av torntappene avgjørende kriterium. Bruskspissene på de 4 første torntappene må vise mer enn begynnende forbeining (ca 10% eller mer) og/eller bruskspissene på torntapp 5 til 9 må vise vesentlig forbeining (ca 33% eller mer).
Kastrat	Kastrerte okser. Lite framtrødende oksepreg. Svakere nakkeparti. Klassifiseres som Kastrat uavhengig av alder
Kvige	Ungt hunndyr som ikke har hatt kalv. Gamle kviger klassifiseres som Ung ku
Ung ku	Slaktedyr som har født kalv (unntak: Gamle kviger skal klassifiseres som Ung ku) Bruskspissene på de 4 første torntappene kan være inntil $\frac{3}{4}$ forbeinet (75%).
Ku	Slaktedyr som har født kalv. Fra $\frac{3}{4}$ (75%) til total forbeining av bruskspissene på de 4 første torntapper

Vedlegg 2 EUROP klassebeskrivelse

Hovedklasse Klasse Beskrivelse

E+ Eksepsjonell (ekstraordinær) muskelutvikling, alle profiler er svært

svulmende, konvekse til superkonvekse

E E Lår: svært avrundet (konveks), flatbiffen brer seg merkbart over

bekkenbeinet og mørbraden er tydelig/markert avrundet

E- Rygg: svært bred og velutviklet helt opp til bogen

Bogen: svært tydelig avrundet

U+ Svært god muskelutvikling, alle profiler er svulmende

Lår: avrundet, flatbiffen brer seg utover bekkenbeinet og mørbraden

U U skal være avrundet

U- Rygg: bred og velutviklet helt opp til bogen

Bog: tydelig avrundet

R+ God muskelutvikling, alle profiler ska overalt være rette

Lår: velutviklet, minimum rette linjer, flatbiffen og mørbraden skal

R R være avrundet

R- Rygg: fortsatt tykk, men kan være mindre tykk fram mot bogen

Bog: avrundet

O+ Middels muskelutvikling, alle profiler skal være rette til svakt

konkave

O O Lår: middels utviklet, mørbraden skal ha en rett profil

O- Rygg: middels utviklet

Bog: middels utviklet

P+ Dårlig muskelutvikling, alle profiler skal være konkave til svært

konkave

P P Lår: dårlig utviklet

P- Rygg: dårlig utviklet

Bog: dårlig utviklet, flat med synlige bein

Vedlegg 3 Fettgruppebeskrivelse

Fettgruppe Beskrivelse

5+ Hele slaktet dekket av et tykt fettlag. Store fettdepoter i brysthulen

5 Utvendig: hele låret er nesten fullstendig dekket av fett så overgangen mellom de enkelte muskler og fettstriper mellom muskelfibrene ikke lenger er synlig

5- Innvendig: musklene mellom ribbeina er infiltrert med fett. Synlige fettdepoter i brysthulen

4+ Overflaten er dekket av fett, men fortsatt skal det være områder med synlig kjøtt på bog og lår. Noen store fettdepoter i brysthulen

4 Utvendig: et tykt lag med fett dekker det meste av slaktet. Tydelige fettstriper.

4- Innvendig: musklene mellom ribbeina kan være infiltrert med fett. Noen store fettdepoter i brysthulen

3+ Kjøtt er med unntak av lår og bog, omtrent overalt dekket med fett. Små depoter av fett i brysthulen

3 Utvendig: et tynt fettlag dekker over det meste av slaktet, med unntak av bog og lår.

3- Innvendig: musklene skal fortsatt være synlig mellom ribbeina

2+ Tynt fettlag, kjøtt skal være synlig omtrent overalt

2 Utvendig: et tynt fettlag dekker over det meste av slaktet, svært lite fett over bog og lår.

2- Innvendig: musklene skal være godt synlig mellom ribbeina

1+ Intet fettvertrekk til svært tynt fettvertrekk

1 Utvendig: intet synlig fett til spor av fett

1- Innvendig: intet synlig fett mellom ribbeina

Vedlegg 4 NMR-fettmåling, LD. Gjentak av parallell.

1.parallell	7,24	6,62	6,94	3,53	4,95	2,52	7,27	5,41	4,48	4,36	2,82
2.parallell	7,01	6,70	7,06	3,99	5,02	2,17	7,30	5,27	4,28	4,54	2,97

1.parallell	4,43	3,98	6,49	2,88	6,30	5,16	9,46	4,81	4,23	5,13	6,51
2.parallell	4,46	4,23	6,30	2,68	6,34	5,23	9,44	4,54	4,01	5,24	6,58

1.parallell	2,75	3,81	6,10	7,00	6,43	6,28	2,71	8,57	6,03	5,53	7,68
2.parallell	2,79	4,03	5,88	6,79	6,57	6,72	2,90	8,48	6,22	5,45	7,78

1.parallell	5,00	12,61	9,20	6,82	5,20	9,40	6,58	5,52	7,58	6,98	3,31	4,69	7,86
2.parallell	5,14	12,34	8,98	6,47	4,62	9,54	6,51	5,74	7,82	7,07	3,42	4,28	7,93

Vedlegg 5 Gjentak av paralleller for en og samme prøve (individnr 247, 224 og 210) for LD

Ind. nr	1.parallell	2.parallell	3.parallell	4.parallell	5.parallell
247	2,52	2,17	2,31	2,39	2,75
210	7,27	7,30	7,28	7,10	7,51
224	12,61	12,34	12,87	12,54	12,50

