



Forord

Denne masteroppgaven er skrevet i forbindelse med avslutning på en utdanning i husdyrvitenskap, med retning husdyrernæring ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap (IHA). Valg av tema ble tatt på grunnlag av en faglig interesse for drøvtyggerernæring, og produktkvalitet. Det har i de senere årene vært fokus på storfekjøttets innhold av fett og fettsyrer i media. Derfor var dette et aktuelt emne for oppgaven. Utarbeiding av denne oppgaven er gjort i samarbeid med hovedveileder førsteamanuensis Jan Berg og biveileder professor Anna Haug ved IHA. Ved korrektur har familie og venner vært behjelpelig. Ønsker å takke alle som ha vært involvert i denne oppgaven.

Ås, 12.05.2014

Ina Bergsli Hassel

Sammendrag

Fôringen er en av de viktigste faktorene for å endre innholdet av fett og fettsyrer i storfekjøtt. Hensikten med denne oppgaven har derfor vært å se på hvordan ulik fôring påvirker mengde og sammensetning av fett. Oppgaven ser nærmere på effekten av andelen grovfôr og kraftfôr i fôrrasjonen, sammensetningen av grovfôret og sammensetningen av kraftfôret. Det er også sett på hvordan ulik mengde fett i storfekjøtt påvirker fettsyresammensetningen.

Fettmetabolismen hos storfe begynner med hydrolyse og biohydrogenering av fôrfett i vom. Denne prosessen fører hovedsakelig til fettsyrer som stearinsyre, konjugert linolsyre (CLA) og transfettsyrer. Noe av fettsyrene kan unngå fettmetabolismen i vom. Videre vil det skje en hydrolyse av fett og absorpsjon av fettsyrer i tynntarmen (jejunum). Deretter skjer det en produksjon av triglyserider inne i tarmcellene, som føres videre i blod i form av lipoproteiner. Lipoproteiner føres til muskel og fettvev. Inne i muskel- og fettvevet skjer lipolyse og lipogenese ved å bruke triglyserider fra lipoproteiner og fettvev. Fôrets sammensetning vil påvirke fettmetabolismen ved å tilføre ulike fettsyrer og substrat, som n-3 fettsyrer og eddiksyre. Fôrmasjonen til storfe består normalt av grovfôr og kraftfôr, med varierende innhold av fett og fettsyrer. Fettet består hovedsakelig av triglyserider, galaktolipider og fosfolipider. Fettsyrene er hovedsakelig stearinsyre, oljesyre og linolsyre.

Flere studier viser en effekt av fôrmasjonens andel av grovfôr og kraftfôr på fettsyresammensetningen i storfekjøtt. Denne effekten er avhengig av blant annet innhold av fettsyrer i grovfôret og kraftfôret. Har fôret et høyt innhold av n-3 og n-6 fettsyrer, vil innholdet av disse fettsyrene øke i kjøttet. Botanisk sammensetning og behandling vil påvirke innholdet av fettsyrer i grovfôret. Innholdet av fettsyrer i kraftfôr vil bli påvirket av fettkilder som anvendes. Ofte gir en høy grovfôrandel i fôrmasjonen et høyere innhold av flerumettede fettsyrer, og kraftfôr et høyere innhold av mettede fettsyrer i kjøttet. Lengden på slutfôringen har også en viktig betydning, da endring i fettsyresammensetning trolig er tidsavhengig. En lengre beiteperiode før slakt fører til en større andel flerumettede fettsyrer i storfekjøtt, i forhold til en kortere periode. Motsatt vil en mer intensiv produksjon med lengre slutfôring på kraftfôr fører til en større andel mettede fettsyrer, og en nedgang i andelen flerumettede fettsyrer (12 til 3 %). Resultatene har sannsynligvis sammenheng med mengden fett i kjøttet. Endring i mengde fett skjer i intramuskulært fett med hovedsakelig mettede fettsyrer, og ikke i cellemembraner hvor den største andelen av flerumettede fettsyrer er. Dyr fôret likt og som har ulikt innhold av intramuskulært fett, kan derfor ha ulik fettsyresammensetning i kjøttet.

Abstract

The feeding is one of the most important factors to change the content of fat and fatty acids in beef. The purpose of this study was therefore to examine how different feeding affects the amount and composition of fat. The thesis examines the effect of the proportion of forage and concentrate in the ration, the composition of the forage and the composition of the concentrate. It is seen also how different amounts of fat in beef affect the fatty acid composition. Fat metabolism in cattle begins with hydrolysis and hydrogenation in the rumen of fat from the feed. This process leads mainly to fatty acids like stearic acid, conjugated linoleic acid (CLA) and trans fatty acids, but some of the fatty acids can avoid ruminal fat metabolism. Furthermore, a hydrolysis of fat and absorption of fatty acids in the small intestine (jejunum) will happen. After the absorption a production of triglycerides in the intestine occurs, which then is carried on in form of lipoproteins in the blood. Lipoproteins is transported to muscle and adipose tissue. In muscle and adipose tissue lipolysis and lipogenesis occurs using triglycerides from lipoproteins and adipose tissue. The composition of feed would affect fat metabolism by supplying various fatty acids and substrates, as n-3 fatty acids and acetate. The feed ration for cattle normally consist of forage and concentrate with varying levels of fat and fatty acids. The fat is composed mainly of triglycerides, galactolipids and phospholipids. The fatty acids are predominantly stearic acid, oleic acid and linoleic acid.

Several studies has shown an effect of the composition of the feed ratio of forage and concentrates on the fatty acid composition of beef. This effect depends on, among other things, the content of fatty acids in forage and concentrate. If feed has a high content of n-3 and n-6 fatty acids, the content of these fatty acids increase in the meat. Botanical composition and treatment will affect the content of fatty acids in forage. The contents of fatty acids in concentrate is affected by the fat sources used. Often, a high proportion of forage in the ration leads to a higher content of polyunsaturated fatty acids (PUFA), and concentrate to a higher content of saturated fatty acids (SFA) in the meat. The length of the finish feeding also has an important significance, since changes in fatty acid composition probably is time dependent. A longer grazing period before slaughter lead to a larger proportion of PUFA in beef, compared to a shorter period. Conversely, a more intensive production with a longer finish feeding with concentrate leads to a larger proportion of SFA, and a decrease in the proportion of PUFA (12 to 3 %). The results are probably related to the amount of fat in the

meat. Changes in the amount of fat occurs in intramuscular fat with mainly SFA, and not in cell membranes where the largest proportion of PUFA is. Animals that are fed equal and have different content of intramuscular fat may therefore have different fatty acid composition in the meat.

Innhold

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	III
1.0 Innledning.....	1
2.0 Fettmetabolismen hos drøvtyggere	4
2.1 Fysiologi og kjemi i vomma.....	4
2.2 Fettmetabolisme av langkjedete fettsyrer i vom og tarm	5
2.3 Faktorer som påvirker fettmetabolismen i vom	8
2.4 Fettmetabolisme i fett- og muskelvev	9
3.0 Fôrets sammensetning	13
4.0 Diskusjon.....	16
4.1 Rasjonssammensetning	16
4.2 Sammensetning av grovfôr.....	20
4.3 Sammensetning av kraftfôr	23
4.4 Lengde på slutfôring med ulik rasjonssammensetning	26
4.5 Mengde fett i muskelen	28
5.0 Konklusjon	32
6.0 Kilder.....	33

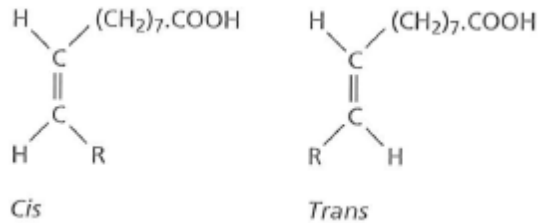
1.0 Innledning

Storfekjøttproduksjonen i Norge er ofte i en kombinasjon med melkeproduksjon, derfor er 75 % av mordyrene melkekyr. Produksjonen består hovedsakelig av ungoxer, som utgjør 45 % av storfeslakt i landet (Kjøttgruppen 2013). Ungoxer slaktes ved en gjennomsnittsvekt på ca. 309 kg, med en gjennomsnittlig alder på 16,6 mnd. (Bjørnholt et al. 2014). Kviger utgjør 7 %, kalv utgjør 6 % og kastrater utgjør bare 1 % av storfeslakt (Kjøttgruppen 2013). Den gjennomsnittlige fettgraden for storfeslakt ligger nært fettgruppe 3-, som betyr en andel fett på omkring 12 % av slaktet (Røe 2009; Røe 2013). Storfeslakt kan ha en stor variasjon i fettinnhold. Sammenlignet med andre kjøttedyr som gris og lam er storfe forholdsvis magre slakt (Røe 2009). Storfekjøtt blir karakterisert som rødt kjøtt, sammen med blant annet lam og gris (Helsedirektoratet 2012).

Fettet er lagret på ulike steder i kroppen som depotfett. Depotfettet lagres som underhudsfett, mellom organene (innvollsfett), intermuskulært fett mellom musklene og som intramuskulært fett inne i muskelen (Warriss 2010). Det meste av dette fett er i form av triglyserider som består av et glyserolmolekyl og tre fettsyrer. Noe fett er også i form av fosfolipider i cellemembranene. Fosfolipider består av glyserol, to fettsyrer og en fosfatgruppe (McDonald et al. 2002b; Wood et al. 2008). Det totale fettinnholdet i muskelen består altså av både triglyserider og fosfolipider. Fettinnholdet i storfekjøtt er viktig for spisekvalitet og næringskvaliteten på kjøttet. Mørhet, saftighet og smakelighet øker ved økt intramuskulært fett. Fettmengde og type fettsyrer er med på å bestemme næringsinnholdet i kjøtt ved å påvirke energiinnhold og fettkvaliteten, det vil si fettsyresammensetningen i fett (Warriss 2010).

Fettsyrene er bygd opp av en karboksylgruppe med en uforgrenet karbonkjede. Karbonkjeden har en karboksylende og en omegaende (ω). Karbonkjeden kan være mettet eller umettet. Dette bestemmer om fettsyrer er umettede eller mettede. Umattede fettsyrer har en eller flere dobbeltbindinger mellom karbonatomene. Er det flere dobbeltbindinger på karbonkjeden er fettsyren flerumettet. Fettsyrene har en *cis*- eller *trans*-form, som vist i figur 1. Når fettsyren er i *cis*- form ligger hydrogenatomene på samme side av dobbeltbindingen. Er fettsyren i *trans*-form ligger hydrogenkarbonene på hver sin side av dobbeltbindingen. De fleste fettsyrer er i *cis*- form (McDonald et al. 2002b). De lange flerumattede fettsyrene linolsyre og α -linolensyre er essensielle fettsyrer for alle dyr og mennesker. Linolsyre er en ω -6 fettsyre (n-6), mens α -linolensyre er en ω -3 fettsyre (n-3). De er essensielle fordi kroppen ikke kan lage

dem selv, og må bli tilført kosten (NNR 2012; Pereira et al. 2003). Transfettsyren konjugert linolsyre (CLA) er ikke essensiell, men kan ha en gunstig effekt for helsen (McDonald et al. 2002a).



Figur 1 Fettsyrer i cis- og transform (McDonald et al. 2002b).

Innholdet av intramuskulært fett varierer mellom de ulike muskeltypene. I ytrefile (longissimus dorsi) er innholdet av intramuskulært fett gjennomsnittlig 2,3 % fett i Norge. Fettet i storfekjøttet har et høyt innhold av mettede og enumettede fettsyrer, hvor mettede fettsyrer utgjør ca. 37 % og enumettede fettsyrer utgjør ca. 31 % av det totale fettinnholdet. Innholdet av flerumettede fettsyrer er lite, og utgjør ca. 3 % av fettet. Trans-umettede fettsyrer utgjør en enda mindre andel, på ca. 1,2 % av det totale fettet (Mattilsynet 2014). Selv om storfekjøtt har et lavt innhold av intramuskulært fett, forbindes storfekjøtt med et ugunstig høyt innhold av fett og mettede fettsyrer (Warriss 2010). Storfekjøtt har et lavt og stabilt forhold mellom n-6 og n-3 fettsyrene, sammenlignet med enmagede dyr som gris (Scollan et al. 2006). Magert rødt kjøtt er en kilde til n-3 fettsyrer og CLA (McAfee et al. 2010). Storfekjøtt er en viktig kilde til vitamin A og alle vitamin B, protein, mineraler som sink, jern og selen (Biesalski 2005; Helsedirektoratet 2012; McAfee et al. 2010).

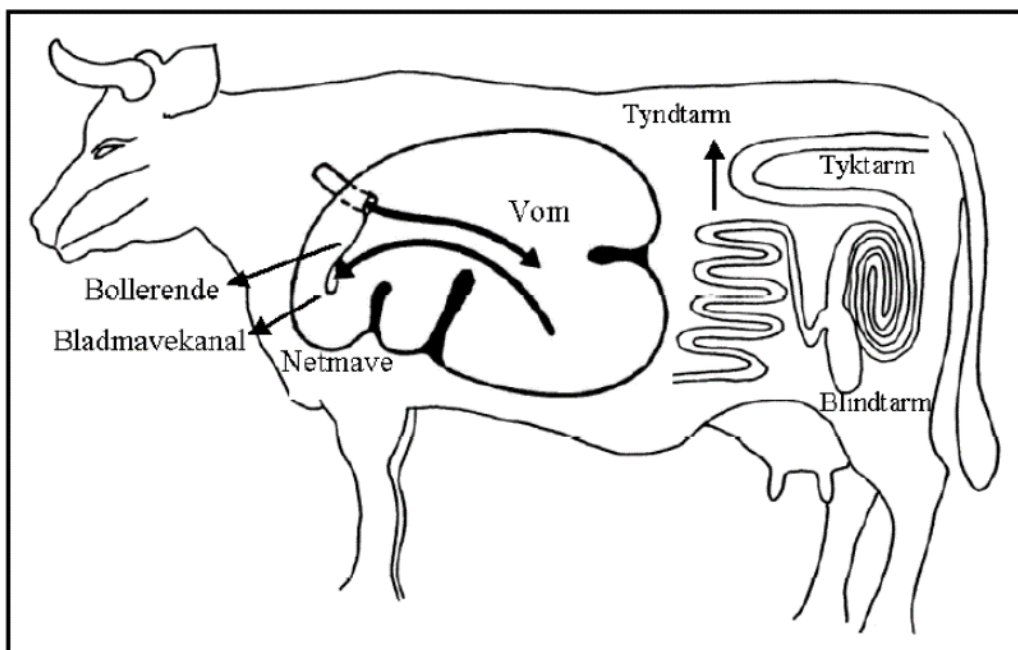
De senere årene har det vært et stort fokus på mengde fett og innhold av fettsyrer i matvarer. Det er anbefalt å kutte ned på totalinntaket av fett og mettede fettsyrer, og å øke inntaket av flerumettede fettsyrer. Årsaken til dette er at mange mener at et høyt inntak av fett og mettede fettsyrer kan føre til blant annet overvekt, hjerte- og karsykdommer (NNR 2012). Rødt kjøtt er assosiert med en høyere risiko for tarmkreft (WCRF 2007). Forskningen på dette viser imidlertid ingen klare effekter på sammenheng mellom inntak av rødt kjøtt og tarmkreft (McAfee et al. 2010). Fokuset på mettede fettsyrer og assosieringen med kreft har ført til at norske anbefalinger sier at inntaket av rødt kjøtt bør begrenses til 500 g per uke (Helsedirektoratet 2012).

Siden storfekjøtt har et lavt innhold av flerumettede fettsyrer, vil en økning av disse fettsyrene øke næringskvaliteten på kjøttet. En av de viktigste faktorene for endring av fettsyresammensetning i storfekjøtt er fôringen (Scollan et al. 2006; Warren et al. 2008). Hensikten med denne oppgaven har derfor vært å se på hvordan ulik fôring påvirker innholdet av fett i storfekjøtt. Oppgaven ser nærmere på effekten av rasjonens andel av grovfôr og kraftfôr. Det er også sett på sammensetningen av grovfôret og sammensetningen av kraftfôret. Mengde fett i storfekjøtt er til slutt diskutert. Det er ikke tatt hensyn til faktorer som alder, vekt ved slakt, rase og kjønn i forsøkene, selv om også dette er faktorer som trolig kan påvirke innholdet av fett (Pavan & Duckett 2013; Warren et al. 2008; Zembayashi et al. 1995).

2.0 Fettmetabolismen hos drøvtyggere

2.1 Fysiologi og kjemi i vomma

Drøvtyggere har en fordøyelseskanaI som består av formagene vom, nettmage og bladmage. Videre kommer løpen som er magesekken, og tarmene som hos enmagede dyr (figur 2.1.1). Vomma har tre blindsekker kaldt dorsal, ventral og carnial (Nørgaard & Hvelplund 2003; Sjaastad et al. 2010). Vomveggen består av en slimhinne og vompapiller. Vomma inneholder vomvæske, ufordøyd fôr, gasser og mikroorganismer (Nørgaard & Hvelplund 2003).



Figur 2.1.1 FordøyelseskanaIen hos storfe (Nørgaard & Hvelplund 2003).

Mikroorganismene i vomma består av bakterier, protozoer og sopp. De ulike mikroorganismene i vomma bryter ned og omsetter næringsstoffer som karbohydrater, proteiner og fett ved å utskille enzymer. Denne prosessen kalles også gjæring, da den foregår uten oksygen (Sjaastad et al. 2010). Generelt vil cellulolytiske bakterier bryte ned fiber, amylolytiske bakterier bryte ned stivelse, proteolytiske bakterier bryte ned protein og lipolytiske bakterier omsette fett (Kristensen et al. 2003). Denne mikrobielle gjæringen er ikke fullstendig og fører til produksjon av biprodukter som ulike flyktige fettsyrer (VFA). Cellulolytiske og amylolytiske bakterier danner eddiksyre (C 2). Amylolytiske bakterier danner også propionsyre (C 3) og smørsyre (C 4). Protolytiske og lipolytiske bakterier danner smørsyre (Kristensen et al. 2003).

De flyktige fettsyrene blir absorbert gjennom vomveggen av vompapillene. Disse korte fettsyrene utgjør omkring 50-80 % av energioptaket, og er derfor den viktigste energikilden for drøvtyggere (Nørgaard & Hvelplund 2003; Sjaastad et al. 2010). Gassene i vomma blir dannet under gjæringen, og består hovedsakelig av metan og CO₂ (Nørgaard & Hvelplund 2003; Sjaastad et al. 2010). Mikrobene sørger også for at det skjer prosesser som hydrolyse og biohydrogenering av fett i vom (Børsting et al. 2003b).

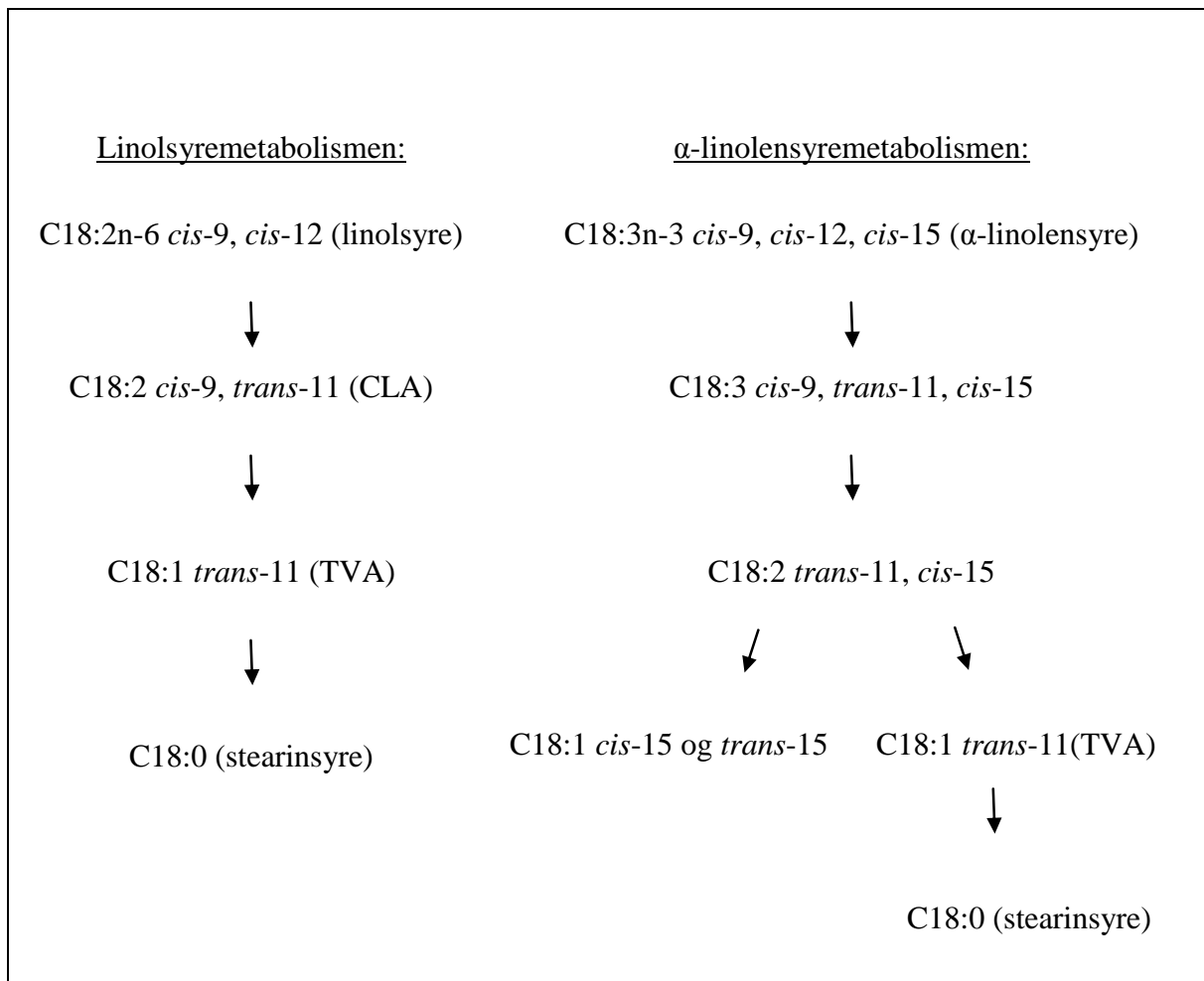
2.2 Fettmetabolisme av langkjedete fettsyrer i vom og tarm

I vomma foregår det en fettmetabolisme av fett fra fôret. Metabolismen starter med en hydrolyse av triglyserider, glukolipider og fosfolipider fra fôret. Hydrolysen skjer ved at mikroorganismene skiller ut egne enzymer som spalter glyseridene til glyserol og frie fettsyrer. Glyserol blir omdannet til VFA som propionsyre (Prins et al. 1975; Sjaastad et al. 2010). Denne prosessen blir kalt lipolyse. Omkring 85 % av fettene blir hydrolysert (Shingfield & Gransworthy 2012) av mikroorganismer som bakterier og protozoer. Blant annet vil bakterien *Butyrivibrio fibrisolvens* hydrolysere galakto- og fosfolipider (Yokoyama & Johnson 1988), og bakterien *Anaerovibrio lipolytica* hydrolyserer triglyserider (Lourenço et al. 2010). Disse har mikrobielle enzymer som lipase, galaktosidase og fosfolipase som spalter fôrfettet (Børsting et al. 2003b). Hydrolyse av fettene må skje før fettmetabolismen i vom kan gå videre, da dette krever en fir karboksylgruppe på fettsyren (Byers & Schelling 1988).

Etter hydrolysen blir lange umettede fettsyrer biohydrogenert av mikroorganismer. Biohydrogeneringen skjer ved at mikroorganismene tar hydrogenatomer fra vommiljøet og binder dem til karbonatomene ved dobbeltbindingene. Dette gjør at fettsyrene blir mettet (Byers & Schelling 1988). Noen av bakterieartene som er involvert er *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Treponema bryanti*, *Eubacterium spp.*, *Fusocillus s.p.p.*, *Micrococcus sp.* og *Ruminococcus albus* (Yokoyama & Johnson 1988).

De langkjedete fettsyrene C18:2n-6 *cis*-9, *cis*-12 (linolsyre) og C18:3n-3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 (α -linolensyre) blir biohydrogenert i vomma som vist i figur 2.2.1. Ved biohydrogenering av linolsyre blir fettsyren først omdannet til C18:2 *cis*-9 *trans*-11 (CLA), og deretter til *trans*-vaccenic syre C18:1 *trans*-11 (TVA). TVA blir så omdannet til C18:0 (stearinsyre) (Harfoot, C. P. & Hazlewood, G. P. 1988). Ved biohydrogenering av α -linolensyre blir fettsyren først omdannet til C18:3n-3 *cis*-9, *trans*-11, *cis*-15. Denne blir så omdannet til C18:2 *trans*-11 *cis*-15, for deretter å omdannes til C18:1 *trans*-15 og *cis*-15 eller CLA. CLA blir til slutt

omdannet til stearinsyre (Harfoot, C. P. & Hazlewood, G. P. 1988). Andre lange fettsyrer som eikosapentaensyre C20:5n-3 (EPA), dokosapentaensyre C22:5n-3 (DPA) og dokosaheksaensyre (DHA) blir i mindre grad biohydrogenert i vom (Ashes et al. 1992).



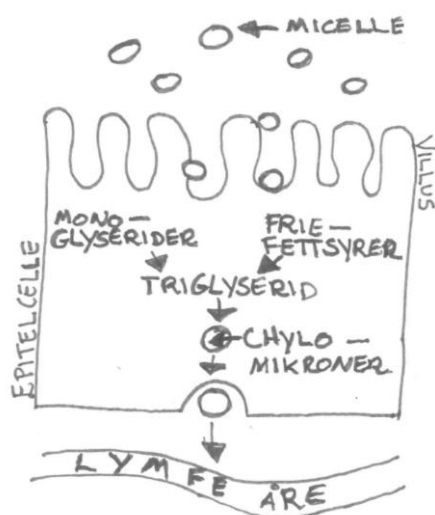
Figur 2.2.1 Metabolismen av linolsyre og α -linolensyre i vom (Harfoot, C. G. & Hazlewood, G. P. 1988).

Biohydrogenering av lange flerumettede fettsyrer med 18 karboner fører til produksjon av den mettede fettsyren stearinsyre, som vist i figur 2.2.1 (Børsting et al. 2003b; Sjaastad et al. 2010). Det er ikke alltid at biohydrogeneringen av lange flerumettede fettsyrer er fullstendig. Dette fører til mellomprodukter som blant annet transfettsyrer som TVA (Weill et al. 2002) og konjugert linolsyre som CLA (Børsting et al. 2003b). Av lange fettsyrer blir ca. 80 % av linolsyre og 92 % av α -linolensyre biohydrogenert (Børsting et al. 2003b).

Stearinsyre, CLA, transfettsyrer og fettsyrer som unngår biohydrogenering blir så ført videre til løpe og tynntarm. I første del av tynntarmen (duodenum) blir fôrfett som ikke er omdannet i vom spaltet fra fôrparklener av galle fra lever (Sjaastad et al. 2010). Deretter skjer det en

hydrolyse av fett i midtre del av tynntarmen (jejunum), utført av lipase-enzymmer fra bukspytt som blir produsert i bukspyttkjertelen (Børsting et al. 2003b; Merchen 1988). Hydrolysen i jejunum fører til frie fettsyrer, som blir absorbert passivt inn i tarmceller ved hjelp av miceller. Miceller må frakte fettsyrene inn i tarmcellene på grunn av at stoffene som skal fraktes over cellemembranen må være vannoppløselige (Byers & Schelling 1988; Børsting et al. 2003b).

I tarmcellene skjer det en syntese av triglyserider (re-estrisifisering), som vist i figur 2.2.2. Her blir de frie fettsyrene anvendt, sammen med glyserol produsert fra glukose. Re-estrisifisering av mettede fettsyrer går langsommere enn for flerumettede fettsyrer (Byers & Schelling 1988; Børsting et al. 2003b). Triglyseridene sammen med fosfolipider, proteiner og kolesterol, blir fraktet av lipoproteiner ut av tarmen og inn i lymfen (Sjaastad et al. 2010). Lipoproteinene er enten chylomicroner eller *very low desity* lipoproteiner (VLDL). VLDL er lipoproteinet som frakter det meste av fettsyrer hos drøvtyggere. Dette skyldes at mettede fettsyrer foretrekker VLDL, mens flerumettede fettsyrer foretrekker chylomicroner (Byers & Schelling 1988). Chylomicroner og VLDL fraktes i blodbanen til muskelvev. Hvor mye av fettsyrene som blir absorbert i tarmen avhenger av mengde fettsyrer, kjedelengde og hvor mettede fettsyrene er. Voksende kjedelengde og mer mettede fettsyrer gir mindre absorpsjon (Børsting et al. 2003b; Merchen 1988).



Figur 2.2.2 Absorpsjon av miceller inn i tarmcelle, re-estrisifisering av triglyserider og danning av chylomicroner (Sjaastad et al. 2003).

2.3 Faktorer som påvirker fettmetabolismen i vom

Ulike faktorer har påvirkning på biohydrogeneringen av fettsyrer i vom. Den viktigste faktoren er fôrets innhold av næringsstoffer. Dette er næringsstoffer som fett, karbohydrater og protein (Dehority & Orpin 1988). Biohydrogeneringen blir påvirket av mengde fett og fettsyresammensetningen i fôret. Sannsynligvis skyldes dette en giftig virkning av flerumettede fettsyrer på mikroorganismene som er aktive i fettmetabolismen i vomma. Dette gjelder særlig de cellulolytiske og lipolytiske bakeriene som for eksempel *Ruminococcus* og *Butyrivibrio*. Ulike fettsyrer har ulik grad av giftig virkning på de forskjellige mikroorganismene. Jo mer umettet fettsyrene er, jo mer hemmende er de på mikroorganismene. For eksempel har EPA, DHA og α -linolensyre større giftig virkning enn linolsyre (Maia et al. 2007). Dette gjør at planteolje som fettkilde blir biohydrogenert mer sammenlignet med fiskeolje, som inneholder mer av α -linolensyre, EPA og DHA (Byers & Schelling 1988; Børsting et al. 2003b; Givens et al. 2000).

Et høyere inntak av flerumettede fettsyrer vil derfor føre til en økende mengde av fettsyrer som er delvis eller ikke er biohydrogenert. En økning i delvis eller ikke biohydrogenerte fettsyrer kan også skyldes mengden på inntaket av fettsyrer. Dette har sammenheng med at mengden fettsyrer overgår kapasiteten mikroorganismene har til å biohydrogenere fettsyrene før fôret forlater vomma (Hawke 1973). Biohydrogeneringen kan dermed bli påvirket av både fettsyresammensetning og mengde av flerumettede fettsyrer i fôret.

Innholdet av karbohydrater og protein i fôr påvirker også biohydrogeneringen. Karbohydrater og protein er næringsstoffer som mikroorganismene bruker til vekst. Dette gjør at et økende innhold av proteiner eller nitrogen og lettfordøyelige karbohydrater som stivelse vil føre til en økende vekst av mikroorganismer i vomma. En økende vekst av mikroorganismer vil føre til økende omsetning av næringsstoffer, som igjen vil føre til en høyere produksjon av flyktige fettsyrer (VFA). En høyere produksjon av VFA vil resultere i en nedgang i pH (Slyter et al. 1971).

En lavere pH vil endre miljøet i vomma slik at mengde og mangfold av bakterier blir forandret. Dette har derfor innvirkning på mikroorganismene som er aktive i biohydrogeneringen av fettsyrer. En lavere pH vil føre til en nedgang i lipolytiske bakterier, for eksempel *Butyrivibrio fibrisolvens* (Slyter et al. 1971). Dette skyldes at *Butyrivibrio fibrisolvens* foretrekker en pH mellom 7.2 og 8.2 (Hughes et al. 1982). Blir pH enda lavere

vil det også gå utover den lipolytiske bakterien *Anaerovibrio lipolytica*, da denne bakterien foretrekker pH på minimum 5,9 (Prins et al. 1975). Absorpsjon av VFA i vom vil øke pH igjen. Muskelkontraksjoner gjør at VFA kommer i kontakt med vompapiller, slik at VFA absorberes og pH øker (Kristensen et al. 2003). Spyttsekresjon vil også kunne påvirke pH, og dermed biohydrogeneringen. Inntak og drøvtygging av fôr vil øke spyttproduksjonen. Økende mengde spytt vil øke tilførsel av bikarbonat til vom. Bikarbonat i spyttet fungerer som en buffer ved å nøytralisere syrene og vil dermed øke pH i vom (Kristensen et al. 2003).

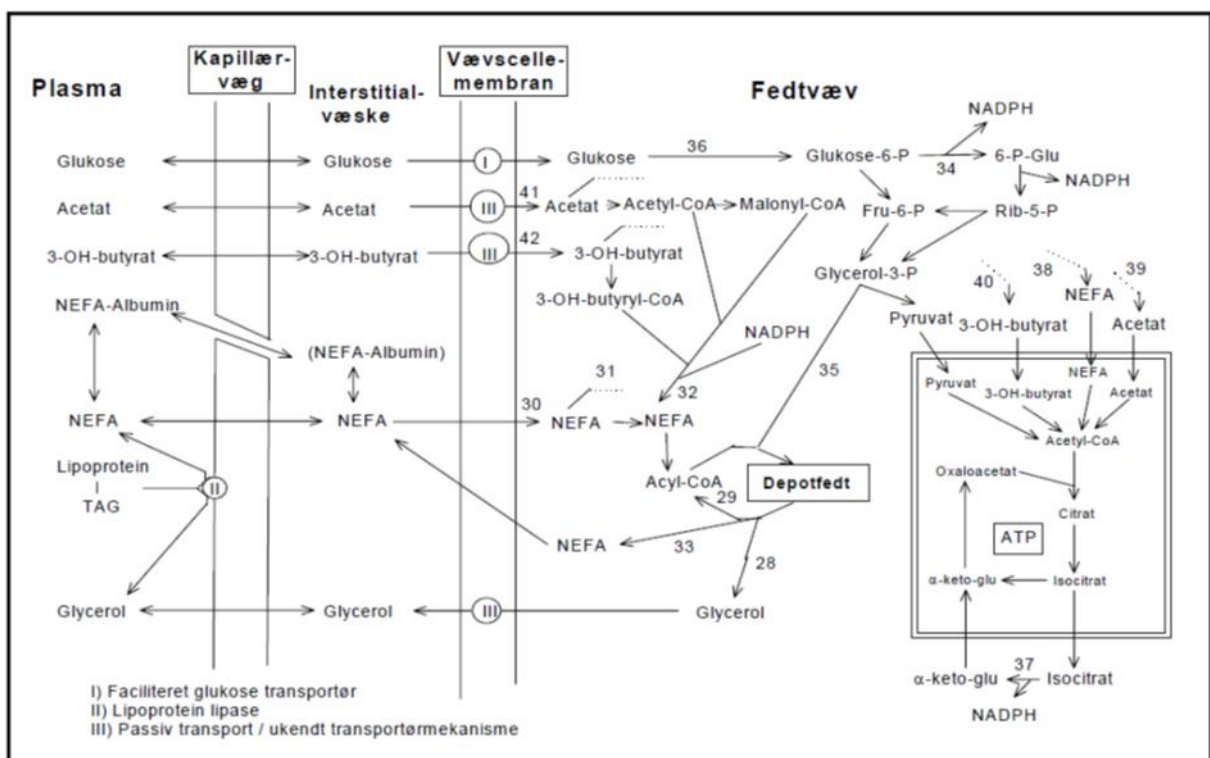
Dette viser at faktorer som endrer mengde og sammensetning av mikroorganismene i vomma påvirker biohydrogeneringen av fettsyrer. I tillegg til pH, vil mikroorganismene også bli påvirket på andre måter av fôrintaket og inntaket av næringsstoffer. Et høyt inntak av grovfôr med grov struktur fører til mer biohydrogenering. Høyere opptak av fiber og fôr med grovere struktur fører til høyere vekst av cellulolytiske bakterier som også er med i biohydrogeneringen. Den økende biohydrogeneringen kan også ha sammenheng med et mindre innhold av fett i grovfôr, sammenlignet med kraftfôr. Det kan derfor også skyldes at fettsyrene er mer fordelt på større partikler, som sannsynligvis minsker den giftige virkningen av flerumettede fettsyrer (Børsting et al. 2003b; NorFor 2013).

2.4 Fettmetabolisme i fett- og muskelvev

I fettvev foregår det en nedbryting og oppbygning av triglyserider. Triglyseridene består hovedsakelig av de mettede fettsyrene fra biohydrogeneringen i vom. Nedbrytingen skjer ved lipolyse av triglyserider fra fettvev og triglyserider i lipoproteiner fra blodet (figur 2.4.1). Ved lipolyse av triglyserider i lipoproteiner hydrolyseres triglyseridene av enzymet lipoprotein lipase til frie fettsyrer og glyserol (Sjaastad et al. 2003). Oppbygningen av triglyserider skjer ved å bruke de frie fettsyrene fra lipolysen, og binde dem til glyserol-3-fosfat med esterbinding (Madsen & Nielsen 2003).

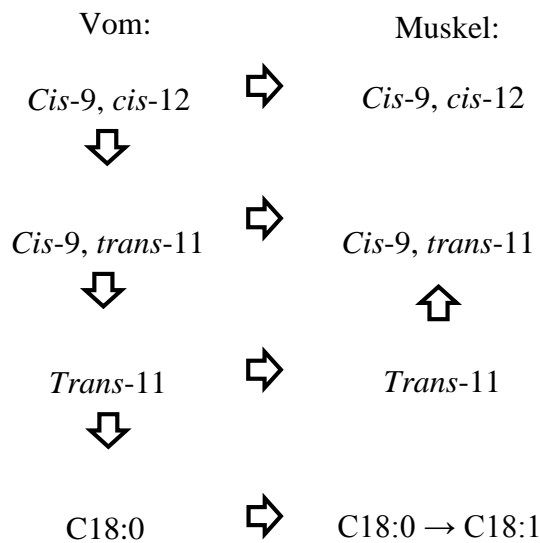
Det foregår også syntetisering av langkjede fettsyrer i muskel- og fettvevet, som kalles lipogenese. Ved lipogenese i fettvev hos drøvtyggere er eddiksyre og melkesyre substrater (Byers & Schelling 1988). Lipogenesen starter ved at eddiksyre absorberes. Eddiksyre blir omformet til den aktive formen acetyl- CoA, som vist i figur 2.4.1. Acetyl-CoA kan videre bli omdannet til malonyl- CoA. Deretter blir acetyl- CoA eller malonyl-CoA satt sammen til lange fettsyrer av multienzymkomplekset fettsyre-synthase. Lipogenesen stopper når C16:0 (palmitinsyre) oppstår. Palmitinsyre blir frigjort fra fettsyre synthase, og forlenget til C18:0

(stearinsyre) av elongase. Deretter blir stearinsyren dehydrogenert mellom karbon 9 og 10 av delta-9 desaturase ($\Delta 9d$) (Rule 2009; Smith et al. 2006). Dehydrogeneringen fører til danning av C18:1 (oljesyre). Dette fører til en akkumulering av oljesyre i cellene i fettvevet hos drøvtyggere (Rule 2009). En økende tilførsel av eddiksyre til fett- og muskelvev vil føre til overskudd av energi, som fører til høyere aktivitet av enzymene. Dette resulterer i mer lipogenese og syntese av triglyserider (Rule 2009). Fettsyntese er derfor et resultat av energiinntak, energibruk, energilagring og energimobilisering. (Nürnberg et al. 1998). Under vekst skjer det en økning i mengde fettvev, som øker innholdet av mettede fettsyrer (Hausman & Poulos 2009; Pavan & Duckett 2013).



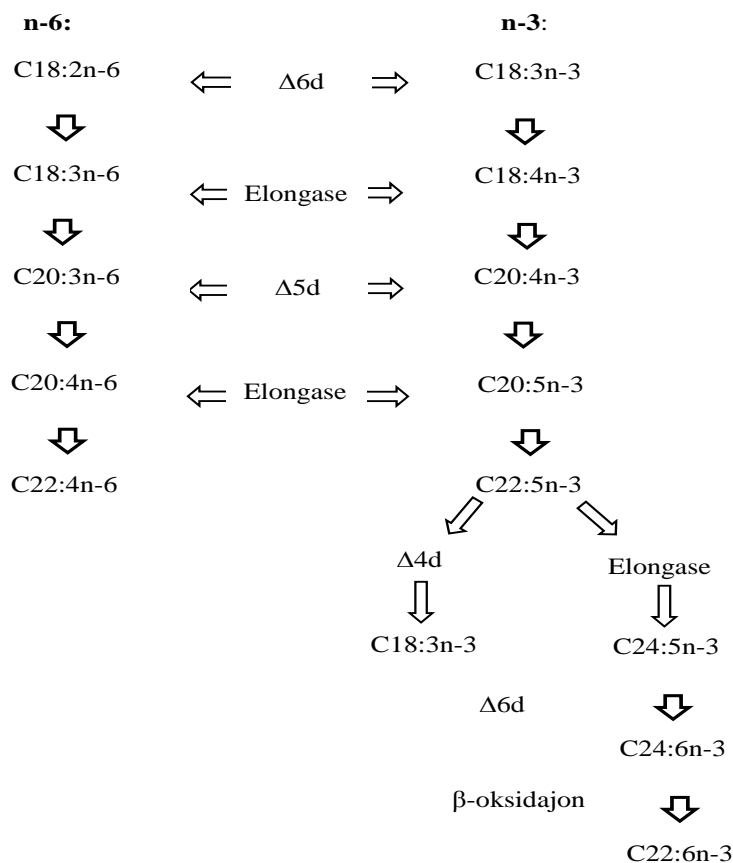
Figur 2.4.1 Opptak av substrater og fettmetabolismen i fettvev. NEFA (frie fettsyrer), eddiksyre (acetat) (Madsen & Nielsen 2003).

Den mest dominerende konjugerte linolsyren (CLA) i fettvev hos storfe er C18:2 *cis*-9, *trans*-11, hvor den utgjør ca. 79 % av det totale innholdet av CLA (Chin et al. 1992). Konjugert linolsyre befinner seg hovedsakelig i triglyserider, og dermed i fettvevet (De La Torre et al. 2006). Fettsyren blir enten syntetisert i fettvev eller kommer fra vom som et mellomprodukt av biohydrogeneringen (figur 2.4.2). Syntesen av CLA i fettvev skjer ved at C18:1 *trans*-11 (TVA) som er laget i vom, omdannes til CLA av SCD ($\Delta 9d$). Dette skjer ved at 9 Δ d dehydrogenere fettsyren (Garcia & Casal 2013; Noci et al. 2005; Rule 2009).



Figur 2.4.2 Syntese av CLA i vom og muskelvev (Griinari & Bauman 1999).

Muskelcellene har cellemembraner som består av fosfolipider. Fosfolipidene inneholder høye mengder n-3 og n-6 fettsyrer. Innholdet av disse fettsyrene er strengt regulert for å sikre funksjonen til cellemembranen (Rule 2009). Hos storfe blir det meste av lange flerumettede fettsyrer lagret i fosfolipidene. Det er derfor høyere mengder flerumettede fettsyrer i muskelen, enn kun i fettvevet (Wood et al. 2008). I muskelvev foregår en forlengelse flerumettede fettsyrer som C18:2n-6 (linolsyre) og C18:3n-3 (α -linolensyre) (figur 2.4.3). Det skjer også en dehydrogenering av linolsyre og α -linolensyre. Delta-5 desaturase (Δ 5d) og delta-6 desaturase (Δ 6d) dehydrogenerer ved karbon 5 og 6 i fettsyren. Elongase-enzym forlenger linolsyre til arakidonsyre C20:4n-6 (AA). α -linolensyre blir forlenget til eikosapentaensyre C20:5n-3 (EPA), dokosapentaensyre 22:5n-3 (DPA) og dokosaheksaensyre C22:6n-3 (DHA), som vist i figur 2.4.3 (Raes et al. 2004).



Figur 2.4.3 Forlenging og dehydrogenering av n-6 og n-3 fettsyrer (Raes et al. 2004).

Flerumettede fettsyrer har en regulerende effekt på enzymene i fettmetabolismen (Ntambi 1999). α -linolensyre har en hemmende virkning på SCD og $\Delta 6d$ ved å redusere genuttrykket av disse. Dette fører til en hemming av enzymene, som igjen fører til en økning av n-3 fettsyrer og en nedgang i n-6 fettsyrer i musklene (Herdmann et al. 2010). Fettmetabolismen i muskel- og fettvev kan derfor påvirkes av α -linolensyre fra fôr som unngår biohydrogeneringen i vomma. En hemming av $\Delta 9d$ vil også føre til en nedgang i forlenging og dehydrogenering av palmitinsyre og CLA i fettvev. Dette fører til et høyere innhold av mettede fettsyrer og TVA i fettvevet (Smith et al. 2006; Smith et al. 2009).

3.0 Fôrets sammensetning

En fôrrasjon til storfe består normalt av grovfôr og kraftfôr. I en konvensjonell drift i Norge er forhold på omkring 60 % grovfôr og 40 % kraftfôr. Grovfôret er hovedsakelig grassurfôr med innslag av kløver (Kjøttgruppen 2013). Kraftfôret er et fôr med høyt energiinnhold. Det består av store mengder korn og kornprodukter som bygg, mais, hvete og noe havre. Kraftfôr inneholder også biprodukter fra matindustri, vitamin-, mineral- og fetttilskudd (Skrede 2000). I USA, Sentral-, Sør- og Vest- Europa land blir grovfôr som maissurfôr mye brukt (Boucque et al. 1992).

Fôrrasjonen har ofte en varierende mengde og sammensetning av fett (Børsting et al. 2003b). Andelen fett i en norsk fôrrasjon er vanligvis 30-70 g per kg tørrstoff (TS). Kraftfôr inneholder normalt 40-60 g fett per kg TS (NorFor 2013) og gress 20-30 g fett pr kg TS (Børsting et al. 2003b). Gjennomsnittlig inneholder en rasjon basert på beite 30-40 g fett per kg (Stor Britannia) (Givens et al. 2000). Innholdet av fett i fôrrasjonen er dermed lavt (Børsting et al. 2003b). Fettet er hovedsakelig i form av triglyserider, galaktolipider og fosfolipider (Børsting et al. 2003b). Disse består for det meste av fettsyrer som C16:0 (palmitinsyre), C18:1 *cis*-9 (oljesyre) og C18:2n-6 (linolsyre) (Sjaastad et al. 2010).

Kraftfôr har en varierende fettmengde og sammensetning på grunn av ulikt innhold av fôringredienser (tabell 3.1.1). Kraftfôr inneholder ulike kornslag som generelt har et høyt innhold av linolsyre (Børsting et al. 2003b; Dhiman et al. 2005a; Dille 2008; Givens et al. 2000). Kraftfôr inneholder også ofte soya og raps som fett- og proteinkilde. Fett fra soya og raps består hovedsakelig av triglyserider (Harfoot, C. G. & Hazlewood, G. P. 1988). Soya og raps har et rikt innhold av oljesyre, linolsyre og C18:3n-3 (α -linolensyre). Raps har det høyeste innholdet av α -linolensyre og oljesyre. Kraftfôr kan også inneholde behandlet palmeolje som et fett-tilskudd. Palmeolje har et høyt innhold av palmitinsyre og oljesyre (Børsting et al. 2003b). Innholdet av fett i korn og oljefrø kan gjøres mer tilgjengelig ved behandling som valsing, maling eller kjemisk behandling (Prestløyken 2000; Rule et al. 1994).

Det blir også i noen tilfeller brukt hele frø for å beskytte fett fra fettmetabolismen i vom (Aldrich et al. 1997). Beskyttet fett kan også være fettsyrer som har fått endret sin struktur. Dette kan være kalsiumsåper (Ca-såpe) eller fettsyreacylgruppe amid. Fettamid er fettsyrer som er kjemisk bundet til en aminkilde. Fettsyrene i Ca-såper og amider kan komme fra

soyaolje, som inneholder linolsyre (Jenkins, T. C. & Bridges, W. C. 2007). Fettet kan også beskyttes ved å innkapsle umettede fettsyrer i mettede fettsyrer (Børsting et al. 2003a; Shingfield & Gransworthy 2012).

Gressets fett er i form av triglyserider, fosfolipider og glukolipider i varierende mengder, der glukolipiden galaktolipid er den dominerende (Hawke 1973). Dette fettet har et høyt innhold av flerumettede fettsyrer, særlig α -linolensyre (Børsting et al. 2003b; Dhiman et al. 2005a; Dille 2008; Givens et al. 2000). Innhold og sammensetning av fett i gress blir påvirket av faktorer som blant annet gressart og vekststadiet ved høsting (Bauchart et al. 1984; Dewhurst et al. 2001). Behandling som nitrogengjødsling, tørking og ensilering kan også påvirke fettinnholdet i gress (Boufaïed et al. 2003; Elgersma et al. 2003; French et al. 2000a). En annen viktig faktor er værforhold som lys og temperatur (Hawke 1973), og værforhold under høsting (Dewhurst & King 1998).

Tabell 3.1.1 viser ulikheter i fettsyresammensetning i ulike fôrmidler, gressarter og vekststadier. Disse verdiene er omtrentlige, da det vil være ulikheter i analysemetoder, årlige variasjoner, gjødsling, behandling, lysforhold, temperatur, og værforhold under høsting.

Tabell 3.1.1 Oversikt over fettsyresammensetningen i beite, surfôr, korn, oljefrø og planteolje (g/100 g fettsyrer).

¹⁾ (Dille 2008) ²⁾ (Steinshamn & Thuen 2008) ³⁾ (Børsting et al. 2003b).

	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1 cis-9	C18:2 n-6	C18:3 n-3
Beite						
Kultarbeite ¹	0,3	12,5	1,1	2,2	12,9	42,5
Gress Timotei 1-2 uker før skyting ¹	0,4	13,2	1	2,6	12,2	37,3
Surfôr						
1. slått timotei, 1-2 uker før skyting ¹	0,3	12,6	1	2,3	13,2	45,5
1. slått timotei, skyting ¹	0,3	11,1	0,9	2	10,8	35,8
Gress-rødkløver ²	-	15,7	1,7	2	15,2	40,6
Gress-hvitkløver ²	-	14,9	1,6	2,2	14	37,5
Korn						
Bygg ¹	0,4	22,3	1,4	13,4	53,9	5,1
Mais ¹	-	12,3	2,3	32,9	49,2	1,3
Hvete ¹	0,1	17,2	1,1	17,1	57,2	4,7
Oljefrø						
Raps ¹	-	4	1,6	58,1	21,2	11,8
Soya- ekstrahert ¹	0,1	12,9	3,6	15	55,9	9,9
Planteolje						
Raps ³	0	4,4	1,4	54,3	19,5	11,4
Soya ¹	0,1	10,7	3,8	22	52,8	9,1
Palme ³	1,4	40,1	5,5	42,7	10,3	0

4.0 Diskusjon

4.1 Rasjonssammensetning

Effekt av fôrrasjonens sammensetning på mengde og sammensetning av fettsyrer i storfekjøtt er vist i flere studier (Eriksson & Pickova 2007; Nuernberg et al. 2005; Razminowicz et al. 2006; Scollan et al. 2006; Warren et al. 2008). Det er funnet små, men signifikante forskjeller på forholdet mellom mettede og flerumettede fettsyrer. Det er også funnet forskjeller i forholdet mellom n-3 og n-6 fettsyrer i storfekjøtt fra dyr fôret med ulik andel grovfôr og kraftfôr (figur 4.11) (French et al. 2000b; Turner et al. 2011; Warren et al. 2008).

Resultatene er imidlertid ikke entydige. French et al. (2000b) sammenlignet effekten av fem rasjoner med ulike andeler av kraftfôr og grovfôr. Fôrrasjonene bestod av fri tilgang på surfôr og 4 kg kraftfôr, 8 kg kraftfôr og 1 kg høy, 6 kg TS beitegress og 5 kg kraftfôr, 12 kg TS beitegress og 2,5 kg kraftfôr eller 22 kg TS beitegress. Det ble funnet en signifikant effekt av rasjonssammensetningen på innhold av mettede og flerumettede fettsyrer i intramuskulært fett. Rasjonen med kun beitegress ga imidlertid bare 5 % mindre mettede fettsyrer i intramuskulært fett hos dyr sammenlignet med dyr fôret med mest kraftfôr (43 vs. 48 g/100 g fettsyrer).

Disse resultatene er det motsatte av resultater funnet i et fôringsforsøk av Warren et al. (2008), som sammenlignet en rasjon med surfôr med en rasjon med 70 % kraftfôr og 30 % halm. Der ble det funnet en høyere andel av mettede fettsyrer og en lavere andel av flerumettede fettsyrer i totalinnholdet av fett i muskelen ved fôring med kun surfôr. Det høye innholdet av flerumettede fettsyrer ved fôring med kraftfôr, har årsak i en høyere andel av n-6 fettsyrer av det totale fettinnholdet. Sannsynligvis skyldes dette det høye innholdet av n-6 fettsyrer i kraftfôret på 24,7 g/kg TS, sammenlignet med surfôret som hadde et innhold av n-6 fettsyrer på 3,3 g/kg TS. Det ble dermed en signifikant effekt av fôringen på andelen av n-6 fettsyrer av totalt fettinnhold ved 14, 19 og 24 mnd. alder. Det ble funnet ca. 12 % n-6 fettsyrer i fettvevet ved fôring med kraftfôr ved 14 mnd., og bare 4 % ved rasjon med kun surfôr.

Resultatet samsvarer med studier av Razminowicz et al. (2006) og Turner et al. (2011) hvor en høyere kraftfôrandel ga høyere innhold av n-6 fettsyrer i intramuskulært fett. En høy kraftfôrandel i fôrrasjonen vil også kunne gi et høyere innhold av oljesyre (C18:1 *cis*-9) i fettvevet (Duckett et al. 1993; French et al. 2003). Dette skyldes trolig en høyere

biohydrogenering av linolsyre i vom, som fører til mer stearinsyre, som igjen omdannes til oljesyre i fettvev ved å forlenges og dehydrogeneres.

Det ble ikke funnet en signifikant forskjell på innhold av n-6 fettsyrer i intramuskulært fett mellom rasjonene i studiet av French et al. (2000b). Dette kan trolig skyldes liten forskjell i innhold av disse fettsyrene i grovfôret og kraftfôret som ble anvendt i dette forsøket (14 vs. 14,5 g/100 g fettsyrer). På grunn av liten forskjell i innhold av n-6 fettsyrer og en økning i innhold av n-3 fettsyrene ved fôrrasjon med surfôr, ble det en nedgang i n-6/n-3 forholdet. Fôrrasjonene med beitegress ga en høyere andel av n-3 fettsyrer i intramuskulært fett, som trolig har årsak i høyere innhold av n-3 fettsyrer i beitegress sammenlignet med surfôr og kraftfôr. Rasjonen med mest kraftfôr ga 0,8 % n-3 fettsyrer, mens fôring med kun beitegress ga 1,4 % n-3 fettsyrer i fettvevet.

Dette var også tilfelle for resultatene til Warren et al. (2008), hvor rasjonen med kraftfôr ga mindre andel av n-3 fettsyrer i det totale fettinnholdet, sammenlignet med rasjonen med surfôr. I et fôringsforsøk av Eriksson og Pickova (2007) ble tre rasjoner sammenlignet. Rasjonen bestod enten av beite, fri tilgang på surfôr eller fri tilgang på surfôr med 25 % TS korntilskudd. Et signifikant høyere innhold av flerumettede fettsyrer ble funnet i det totale fettinnholdet i muskelen hos dyr ved rasjonen med beite. En større andel av n-3 og n-6 fettsyrer i totalfettet i muskelen ble funnet hos dyr på beite og surfôr sammenlignet med dyr fôret med korntilskudd.

Tabell 3.4.1 viser gjennomsnittet av resultater fra to ulike fôringsforsøk (Turner et al. 2011; Warren et al. 2008). Resultatene viser en liten forskjell i andel av mettede fettsyrer av totale fettsyrer mellom en grovfôrbasert og kraftfôrbasert rasjon. Andelen av enumettede fettsyrer av totale fettsyrer er noe høyere og andel flerumettede er lavere ved en grovfôrbasert rasjon, sammenlignet med en kraftfôrbasert rasjon. Den høyere andelen flerumettede fettsyrer av totale fettsyrer ved kraftfôrbasert rasjon skyldes en høyere andelen av n-6 fettsyrer. Andelen n-3 fettsyrer av totale fettsyrer er høyere ved en grovfôrbasert rasjon. Dette viser at grovfôret bidrar til en økning i n-3 fettsyrer i fett hos storfe uten å øke andelen n-6 fettsyrer, noe som vil gi et mer gunstig forhold mellom disse fettsyrene.

Tabell 3.4.1 Gjennomsnittlig fettsyresammensetning (% av totale fettsyrer) i longissimus muskelen av dyr på grovfôrbasert rasjon (fri tilgang på surfôr eller beite) og kraftfôrbasert rasjon (55-70 % kraftfôr) (Turner et al. 2011; Warren et al. 2008).

Rasjon	Grovfôrbasert rasjon	Kraftfôrbasert rasjon
Mettede fettsyrer	43	44
Enumettede fettsyrer	45	40
Flerumettede fettsyrer	6	11
n-6 fettsyrer	4	9
n-3 fettsyrer	3	2

En høyere grovfôrandel vil også gi en større grad av forlenging og dehydrogenering av linolsyre og α -linolensyre. I et forsøk av Dannenberger et al. (2004) ble det sammenlignet fettsyresammensetning i totalfettet i muskelen hos dyr på to ulike rasjoner. En rasjon bestod av beite med slutfôring på surfôr, høy og kraftfôr med et høyt innhold av n-3 fettsyrer. Den andre rasjonen bestod av nesten fri tilgang på kraftfôr, maissurfôr, høy og halm. Det ble funnet større andel av forlengede n-3 fettsyrer i fosfolipidene i cellemembranen ved rasjon med grovfôr og n-3 beriket kraftfôr. Andelen av n-3 fettsyrer i fosfolipidene hadde et signifikant større andel av eikosapentaensyre C20:5n-3 (EPA), dokosapentaensyre C22:5n-3 (DPA) og dokosaheksaensyre C22:6n-3 (DHA). Resultatene skyldes sannsynligvis mer tilførsel av n-3 fettsyrer til muskelen, da det skjer en forlengelse og dehydrogenering av n-3 fettsyrer i muskelvev (Raes et al. 2004).

Noe av de samme resultatene ble funnet i studien av Warren et al. (2008) hos dyr på surfôr. Det var signifikant økning av arakidonsyre C20:4n-6 (AA), DPA og DHA i fosfolipidene, sammenlignet med rasjon med høykraftfôrandel. Resultater fra studier på storfekjøtt solgt i dagligvarehandel viser de samme resultatene som storfekjøtt fra dyr i fôringsforsøkene. I et forsøk av Razminowicz et al. (2006) ble storfekjøtt solgt i dagligvarehandel merket som

gressfôret sammenlignet med konvensjonell storfekjøtt. Kjøtt merket som gressfôret hadde høyere innhold av EPA og DHA sammenlignet med konvensjonell produsert storfekjøtt.

En annen viktig fettsyre i storfekjøtt er C18:1 *trans*-11 *cis*-9 (CLA), som også vil bli påvirket av rasjonssammensetning. En høyere grovfôrandel kan føre til høyere innhold av CLA (French et al. 2000b; Noci et al. 2005; Scollan et al. 2006; Turner et al. 2011). Turner et al. (2011) sammenlignet tre ulike rasjoner. En rasjon bestod av 45 % surfôr og 55 % kraftfôr, en annen rasjon bestod av fri tilgang på surfôr. En tredje rasjon bestod av begrenset tilgang på surfôr og fri tilgang på beite. Resultater fra fôringsforsøket viste en signifikant effekt av fôrrasjonen på CLA andelen av det totale fettinnholdet. Andelen av CLA økte fra 0,3 % ved rasjon med kraftfôr og surfôr, til 0,6 % ved rasjon med beite og restriktiv surfôrtilgang. Noci et al. (2005) fant lignende resultater. Andelen CLA var 0,5 % av totale fettsyrer ved ingen beiting, mot 0,8 % ved beiting.

Det ble funnet et enda høyere innhold av CLA i forsøket til French et al. (2000b). CLA innholdet i intramuskulært fett økte fra 0,4 % ved rasjon med 8 kg kraftfôr og 1 kg høy, til 1,0 % ved rasjonen med 22 kg beitegress. I dette studiet var innholdet av linolsyre i fôret likt. Den høye forskjellen i innhold av CLA i dette studie kan derfor skyldes et høyere innhold av lettfordøyelige karbohydrater i den store mengden beitegresset, sammenlignet med rasjonen med kraftfôr. Dette har årsak i at lettfordøyelige karbohydrater påvirker pH i vom, og dermed biohydrogenerende mikroorganismer i vomma (Prins et al. 1975; Slyter et al. 1971). Det er ikke oppgitt innhold av karbohydrater i forsøksrasjonene, derfor blir dette bare spekulasjoner.

Årsaken til et høyere CLA innhold ved en høy grovfôrandel kan mer sannsynlig skyldes et høyere antall av fibernedbrytende vommikrober som *butyrivibrio fibrisolovens*, som omdanner linolsyre til CLA (Daley et al. 2010; French et al. 2000b). Et høyere antall av fibernedbrytende bakterier vil føre til en økning i andel CLA produsert i vom. Dette skyldes at biohydrogeneringen ikke er fullstendig, omtrent 80 % av linolsyren blir biohydrogenert (Børsting et al. 2003b). I fôringsforsøket til Warren et al. (2008) ble det funnet signifikant høyere andel av CLA av totale fettsyrer ved en kraftfôrbasert rasjon sammenlignet med en surfôrrasjon ved 14, 19 og 24 mnd. alder. Årsaken er trolig det høye innholdet av linolsyre i kraftfôret i dette forsøket.

Det er imidlertid ikke alle studier som viser en effekt av ulike fôrrasjoner på CLA innhold i fett hos storfe. I en studie av Nuernberg et al. (2002) ble en rasjon med 68 % kraftfôr, 22 % halm og 10 % surfôr sammenlignet med en rasjon hvor dyrene beitet om sommeren. Dyrene på beite ble vinterfôret med surfôr og 4 % kraftfôr. Det ble ikke funnet en signifikant forskjell av disse rasjonene på andelen av CLA i intramuskulært fett hos dyrene. Dette skyldes trolig en noe lik produksjon av TVA fra vom, som ga likt innhold av TVA i fettvev hos dyrene. Dette ga ingen ulikheter i $\Delta 9d$ enzymets aktivitet i fettvev, som ga lik andel TVA omformet til CLA (Nuernberg et al. 2002). Grunnen til likt innhold av TVA er uklart, da kraftfôrrasjonen inneholdt mer n-6 fettsyrer enn grovfôrrasjonen.

4.2 Sammensetning av grovfôr

Andel grovfôr og kraftfôr, men også sammensetningen av grovfôret vil påvirke fettsyresammensetningen (Warren et al. 2008). Grovfôr kan ha ulik mengde og sammensetning av fettsyrer, som skyldes ulike faktorer. Faktorer som behandling og botanisk sammensetning av gresset gjør at fettsyresammensetningen påvirkes (Boufaïed et al. 2003; Dewhurst et al. 2001), og vil derfor påvirke fettsyresammensetningen i kjøtt i forskjellig grad. Generelt vil beiting gi et magert kjøtt med et høyt innhold av flerumettede fettsyrer og et ønsket n-3/n-6 forhold (Eriksson & Pickova 2007; Noci et al. 2005; Steinshamn et al. 2010).

Dette er vist i flere studier, som i en studie fra Norge av Steinshamn et al. (2010) med to eksperimenter med dyr på fjellbeite og kulturbeite. Eksperiment 1 bestod av dyr på kulturbeite og fjellbeite. Eksperiment 2 bestod av to ulike lengder på beiten i tillegg, 68 dager og 95 dager. Begge eksperimentene viste et høyt forhold mellom mettede og flerumettede fettsyrer, med et lavt forhold mellom n-6 og n-3 fettsyrer hos dyr på begge beitetypene (Steinshamn et al. 2010). Resultatene viser en lite forskjell mellom innhold av de ulike fettsyrene i intramuskulært fett hos dyr på kulturbeite og fjellbeite i eksperiment 1. I eksperiment 2 viste resultatene en større andel mettede fettsyrer og lavere andel flerumettede fettsyrer i intramuskulært fett ved kulturbeite (figur 4.2.1). En signifikant forskjell i andelen av linolsyre og α -linolensyre ble funnet i eksperiment 2. Dyr på kulturbeite hadde 2,4 % linolsyre, og dyr på fjellbeite hadde 6,1 % linolsyre av intramuskulært fett. Hos dyr på kulturbeite var andelen α -linolensyre på 0,9 %, mens dyr på fjellbeite hadde en andel på 1,6 % av intramuskulært fett.

Tabell 4.2.1 Fettsyresammensetningen i intramuskulært fett (g/100 g) i longissimus dorsi muskelen av patte kalver fra kulturbeite og fjellbeite i 95 dager. Fra eksperiment 2 (Steinshamn et al. 2010).

Fettsyrer	Kulturbeite	Fjellbeite
Mettede fettsyrer	48	43
Enumettede fettsyrer	46	45
Flerumettede fettsyrer	4	10
n-6/n-3 forholdet	2	3

Dette viser at grovfôr eller beite med en allsidig botanisk sammensetning vil føre til en høyere andel flerumettede fettsyrer i kjøtt hos drøvtyggere (Fraser et al. 2009; Lourenço et al. 2007). Dette kan trolig skyldes noen planters egen sekundære metabolisme med enzymer, særlig hos kløver, som har en hemmende virkning på biohydrogeneringen. Denne teorien er noe usikker da enzymene fra planten trenger oksygen for å være aktive, noe det er lite av i vomma (Lee et al. 2009). I et fôringsforsøk av Lee et al. (2006) ble fem ulike surfôr testet. Et surfôr med høyt sukkerinnhold, et kontroll surfôr, et surfôr av rødkløver, surfôret med høyt sukkerinnhold blandet med rødkløver og kontrollsurfôret blandet med rødkløver ble sammenlignet. Resultatene fra dette fôringsforsøket viste en reduksjon i biohydrogenering av n-3 fettsyrer ved tilskudd av kløver i surfôret. Dette resulterte i en høyere andel av n-3 fettsyrer ut fra vom. Trolig vil dette igjen føre til en høyere tilførsel av denne fettsyren i muskelvev.

En høyere tilførsel av flerumettede fettsyrer som n-3 fettsyrer i fettvev vil føre til at lipogene enzymer i fettvev som $\Delta 6\text{d}$ og SCD blir hemmet. Hemmingen vil igjen føre til mer n-3 fettsyrer og en nedgang i n-6 fettsyrer (Herdmann et al. 2010). Mer tilførsel av n-3 fettsyrer vil også stimulere forlenging og dehydrogenering av disse fettsyrene. Dette vil føre til et høyere innhold av lange n-3 fettsyrer i storfekjøtt fra dyr på grovfôr med allsidig botanisk sammensetning (Fraser et al. 2009; Lourenço et al. 2007). Resultatene kan i tillegg til plantens egen sekundære metabolisme, også sannsynligvis skyldes et ulikt innhold av fettsyrer i de

ulike gressarter som ble anvendt i forsøket. Dette vil føre til ulikt opptak av fettsyrer (Boufaïed et al. 2003; Lourenço et al. 2007).

En noe høyere mengde av linolsyre er funnet i dyr fôret på allsidig botanisk grovfôr i forhold til et mer ensartet grovfôr (Fraser et al. 2009; Lourenço et al. 2007). Fraser et al. (2009) sammenlignet to ulike beitetyper. Et innmarksbeite med 50-60 % raigras og 5-10 % hvitkløver (ensartet botanisk sammensetning) ble sammenlignet med et kulturbeite med allsidig sammensetning. Det ble funnet et høyere innhold av flerumettede fettsyrer og et lavere innhold av enumettede fettsyrer i intramuskulært fett hos dyr på botanisk allsidig beite sammenlignet med et mer ensartet beite. Resultatene viste ca. 12 % flerumettede fettsyrer av det totale fettinnholdet i muskelen ved beite med allsidig botanisk sammensetning, mot ca. 9 % ved ensartet beite. Dette resultatet kan være en refleksjon av et høyere innhold av linolsyre i et botanisk allsidige grovfôr i forhold til et mer ensartet grovfôr. Det er usikkert om resultatene har sammenheng med ulikt innhold av fettsyrer, siden innholdet ikke er oppgitt i fôringsforsøket.

Når det gjelder mettede fettsyrer ble det funnet en lavere andel av stearinsyre av det totale fettinnholdet i muskelen. Det ble også funnet en lavere andel av enumettede fettsyrer som trans-vaccenic syre C18:1 *trans*-11 *cis*-9 (TVA) og oljesyre fra dyr på botanisk allsidig beite (Fraser et al. 2009). Resultatene samsvarer med en teoretisk studie av Scollan et al. (2006). Studien viser at fôring med rødkløver og belgvekster fører til en større andel flerumettede fettsyrer i storfekjøtt, i forhold til å fôre med ensartet gress.

Det er funnet en høyere andel av C18:1 *trans*-11 *cis*-9 (CLA) i intramuskulært fett ved bruk av et allsidig botanisk grovfôr (Lourenço et al. 2007). I en studie Lourenço et al. (2007) ble effekten av fem ulike grovfôr sammenlignet på lam. Et botanisk allsidig surfôr, surfôr av hvitkløver, surfôr av rødkløver, surfôr av raigras og surfôr av mais med knuste linfrø ble sammenlignet. En tendens en høyere andel av CLA ble funnet i vominnholdet fra dyr på botanisk allsidig beite, sammenlignet med dyr på surfôr av raigras (1,3 vs. 0,3 %). Dette var trolig årsaken til noe høyere CLA innhold i intramuskulært fett ved botanisk allsidig beite, sammenlignet med surfôr av raigras spesielt (0,6 vs. 0,3 %). Årsaken kan trolig være at dyr på botanisk allsidig beite hadde et høyere inntak av n-6 fettsyrer sammenlignet med dyr på surfôr av raigras (28 vs. 18 %). Dette ses også ved at et lavere inntak av n-6 fettsyrer ga et lavere CLA innhold i intramuskulært fett. I tillegg til ulik inntak av n-6 fettsyrer, kan resultatene skyldes en hemming i biohydrogeneringen av plantens egne enzymer (Lourenço et al. 2007).

Det er også studier som ikke viser økende mengde flerumettede fettsyrer ved ulik sammensetning av grovfôr. I studie av Dierking et al. (2010) ble effekt av tre ulike beiter sammenlignet. Beitene bestod av svingel, svingel og rødkløver, eller svingel og alfalfa. Resulterte viste ingen signifikant effekt av ulike beiter på mengde fett og ulike fettsyrer, til tross for at det var ulikt innhold av fettsyrer i de ulike beiten. Forskjellene i innhold av fettsyrer var trolig ikke store nokk til å få en ulik fettsyresammensetning i intramuskulært fett. Lengden på forsøksperioden kan også være en mulig årsak her.

4.3 Sammensetning av kraftfôr

I tillegg til ulik sammensetning av grovfôr, vil forskjell i sammensetning av kraftfôr påvirke fettsyresammensetningen i storfekjøtt. Flere studier har vist at å bruke kraftfôr rik på flerumettede fettsyrer som n-6 og n-3 fettsyrer vil kunne øke mengden av disse fettsyrene i storfekjøtt. For eksempel vil et tilskudd av olje eller oljefrø med rikt innhold av flerumettede fettsyrer i kraftfôr øke innholdet av flerumettede fettsyrer i storfekjøtt i varierende grad (Garcia & Casal 2013; McNiven et al. 2011). Bruk av raps og soya som frø, oljer og mel vil øke innholdet av n-3 og n-6 fettsyrer (Aldrich et al. 1997; Choi et al. 2013; Rule et al. 1994), sammenlignet med bruk av palmeolje (Choi et al. 2013).

I et forsøk av Choi et al. (2013) ble en sluttrasjon med tilskudd av 3 % palmeolje testet mot 3 % soyaolje. Denne studien viste en økende aktivitet på mikroorganismer som deltar i biohydrogeneringen ved tilskudd av palmeolje. Økningen skyldes trolig et høyere innhold av mettede fettsyrer i palmeolje, som er mindre giftig for mikroorganismene i vomma (Maia et al. 2007). Det ble ikke funnet en signifikant større andel palmitinsyre i intramuskulært fett fra dyr som fikk tilskudd av palmeolje, selv om innholdet av denne fettsyren er høyt i palmeolje (Børsting et al. 2003b). I denne studien inneholdt forsøksrasjonen med palmeolje ca. 20 g palmitinsyre per kg, mens forsøksrasjonene med soyaoljen inneholdt ca. 10 g palmitinsyre per kg. Sannsynligvis skyldes resultatene fettmetabolismen i muskel- og fettvevet, som sørger for forlengelse av palmitinsyre til stearinsyre, for deretter dehydrogenering til oljesyre av $\Delta 9d$ (Rule 2009; Smith et al. 2006). Intramuskulært fett fra dyr som fikk tilskudd av soyaolje hadde en signifikant større andel av linolsyre (3,7 %) sammenlignet med dyr som fikk tilskudd av palmeolje (2,9 %). Tilskudd av soyaolje ga en større andel α -linolensyre (0,2 %), sammenlignet med tilskudd av palmeolje (0,07 %) i intramuskulært fett (Choi et al. 2013).

I en studie av McNiven et al. (2011) ble et tilskudd av behandlet linfrø, rapsfrø og soyabønner sammenlignet. Resultatene viste en større andel av n-3 fettsyrer av det totale fettinnholdet i muskelen ved tilskudd av linfrø. Tilskudd av linfrø ga 1,4 % n-3 fettsyrer, mens tilskudd av raps ga 0,9 % og tilskudd av soyabønner ga 0,8 %. Bruk av soya ga i likhet med studien til Choi et al. (2013), en større andel av linolsyre av det totale fettinnholdet i muskelen. Resultatene viste 2,0 % linolsyre ved tilskudd av soyabønner, mens tilskudd av rapsfrø ga 1,9 % og tilskudd av linfrø ga 1,8 % linolsyre. Disse resultatene skyldes sannsynligvis ulikt innhold av fettsyrer i linfrø, rapsfrø og soyabønner (Dille 2008; McNiven et al. 2011). Studien viste derfor et positiv forhold mellom fôrets innhold og kjøttets innhold av linolsyre og α -linolensyre. Dette studiet viste også et positiv forhold mellom flerumettede fettsyrer i fôret og CLA innholdet i kjøttet.

Behandling av fôringrediensene i kraftfôret vil kunne påvirke forholdet mellom fôrets innhold og kjøttets innhold av fettsyrer. I en studie av Rule et al. (1994) ble ulike behandlinger av soya og raps testet, som vist i tabell 4.2.2. Resultatet viste en større andel av linolsyre i det totale fettinnholdet i muskel fra okser fôret med soyabønnemel og knust raps, sammenlignet med okser fôret med ekstrudert soya, rapsmel og ekstrudert raps. Det ble også funnet en større andel α -linolensyre i muskelfett fra dyr fôret på ekstrudert eller knust raps, sammenlignet rapsmel, soyabønnemel og ekstrudert soya (Rule et al. 1994).

Tabell 4.2.2 Vektprosent av linolsyre og α -linolensyre i det totale fettinnholdet i muskel fra dyr fôret på behandlet soya eller raps (Rule et al. 1994).

	Soyamel	Ekstrudert soya	Rapsmel	Ekstrudert raps	Knust raps
C18:2n-6	9,0	6,9	5,7	5,2	8,3
C18:3n-3	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7

Ved bruk av høyere mengder mais i fôrrasjonen, vil mais med høyt oljeinnhold være et alternativ for øke mengden flerumettede fettsyrer. I en studie av Andrae et al. (2001) ble tre ulike kraftfôr sammenlignet. En rasjon med 82 % kraftfôr bestående av kontroll mais ble sammenlignet med 82 % eller 74 % kraftfôr bestående av mais med høyt oljeinnhold. Fôring med mais som hadde et høyt oljeinnhold ga en signifikant større andel av flerumettede fettsyrer, sammenlignet med kontrollmais (5,9 vs. 4,7 %). Dette har sammenheng med en større andel av linolsyre i det intramuskulære fett ved fôring med mais med høyt oljeinnhold.

Sannsynligvis skyldes ikke den høye andelen linolsyre i intramuskulært fett innholdet av linolsyre i maisen. Dette er sannsynlig da kontrollmais hadde et høyere innhold av linolsyre (53 %), sammenlignet med mais med et høyt oljeinnhold (49 %). Resultatet kan derfor skyldes redusert biohydrogenering ved høyere oljeinnhold, sannsynligvis på grunn av et høyt innhold av umettede fettsyrer. Disse resultatene er ikke i samsvar med resultater fra studiet utført av Price et al. (2011). I dette studiet ble det ikke funnet forskjell i fettsyresammensetningen i intramuskulært fett ved sammenligning av mais og mais med høyt oljeinnhold. Det er usikkert hvordan mengden fett og fettsyresammensetningen var i mais brukt i dette forsøket.

Skal det brukes tilskudd av fett i kraftfôr er det viktig å huske virkningen flerumettede fettsyrer har på vommiljøet, spesielt fibernedbrytende bakterier (Maia et al. 2007). For å tilsette høyere innhold av flerumettede fettsyrer uten å påvirke vommiljøet i for stor grad kan beskyttet fett benyttes. Den mest naturlige måten å beskytte fett på er å bruke hele frø. I en studie av Aldrich et al. (1997) ble biohydrogeneringen av C18 fettsyrer i hele rapsfrø, kjemisk behandlet rapsfrø med basisk hydrogenperoksid og knuste rapsfrø sammenlignet. Biohydrogeneringen av C18 fettsyrer i hele rapsfrø viste seg å være minst (28 %), sammenlignet med kjemisk (39 %) og knuste rapsfrø (72 %). Kjemisk behandlede rapsfrø hadde imidlertid en høyere fordøyelighet i tynntarmen enn knuste frø (47 vs. 28 %). Derfor er de kjemiske behandlede rapsfrøene mest egnet til å minske biohydrogeneringen av flerumettede fettsyrer i vom.

Det er også en mulighet å bruke kalsiumsalt (Ca-salt) eller amid av fett, for å øke tilførselen av umettede fettsyrer til muskel og fettvev. Dette er mulig ved at Ca-salt er resistente mot mikrobielle enzymer, og er derfor lite påvirkelig i vom (Jenkins, T.C. & Bridges, W.C. 2007). I en studie av Lundy et al. (2004) ble tilskudd av soyaolje sammenlignet med tilskudd av Ca-salt og amid av soyaolje. Resultatene i dette studiet viste at amider og Ca-salt av soyaolje økte utskillelsen av n-6 fettsyrer fra vom (2,8 og 3,7 g/kg TS), sammenlignet med soyaolje (1,9 g/kg TS). Dette viser en nedgang i biohydrogeneringen av n-6 fettsyrer. Det ble også funnet en lavere biohydrogenering av oljesyre ved bruk av amid (61 %) sammenlignet med soyaolje (81 %) og Ca-salt (78 %).

Imidlertid er det ikke alltid foringsforsøk med tilskudd av planteoljer viser effekt på fettsyresammensetningen i intramuskulært fett eller det totale fettinnholdet i muskelen. Årsaken til disse resultatene kan være mengde og innholdet av fettsyrer i kontrollfôret som forsøksfôret ble sammenlignet med, som i studiet til Dhiman et al. (2005b). Dhiman et al. (2005b) sammenlignet et maisbasert kraftfôr, og maisbasert kraftfôr tilsatt 20 eller 40 g soyaolje per kg TS. Noe av kornet i det maisbaserte kraftfôret ble byttet med soyaoljen. Resultatene viste en liten forskjell i fettsyresammensetningen i intramuskulært fett og muskel. Årsak til resultatene kan sannsynligvis være fôrets sammensetning, der forsøksfôret inneholdt mindre linolsyre og mer α -linolensyre enn kontrollfôret.

4.4 Lengde på slutfôring med ulik rasjonssammensetning

Rasjonssammensetning, sammensetning av grovfôret og sammensetning av kraftfôr vil sammen med lengden på slutfôringen ha innvirkning på sammensetningen av fettsyrer i storfekjøtt. Noci et al. (2005) undersøkte effekten av ulik lengde på slutfôring med beite. En 0, 40, 90 og 158 dagers slutfôring på beite ble sammenlignet. Gruppen av dyr som ikke ble slutfôret på beite fikk en fôrrasjon med fri surfôrtilgang og 3 kg kraftfôr. En økende beiteperiode fra 0-158 dager før slakt resulterte til en øking av flerumettede fettsyrer og en nedgang av mettede fettsyrer i det totale innholdet av fett i muskelen. Resultatene viser ca. 2 % nedgang i mettede fettsyrer og ca. 1 % økning i flerumettede fettsyrer. Dette er en liten, men signifikant forskjell.

Andelen av n-3 fettsyrer i det totale fettinnholdet i muskelen økte fra 1,6 % ved ingen beiting til 2,4 % ved 158 dager beiting. Det ble ikke funnet en signifikant effekt av beitelengde på andelen av n-6 fettsyrer. Det var et lavere innhold av linolsyre i beitegress (11 %)

sammenlignet med kraftfôr (48 %) og surfôr (16 %). Andelen av linolsyre ved lang slutfôring med beite kan ha ført til en liten forskjell i inntak av n-6 fettsyrer. En annen sannsynlig årsak til liten forskjell er at en høyere andel grovfôr fører til en høyere delvis biohydrogenering av n-6 fettsyrer. Dette fører til mer konjugert linolsyre C18:1 *trans*-11 *cis*-9 (CLA) og trans-vaccenic syre C18:1 *trans*-11 (TVA). Resultatene viser en økende andel CLA (0,5 til 0,7 %) og TVA (1,3 til 3 %) i det totale fettinnholdet ved beiting. Det ble ikke funnet forskjell i $\Delta 9d$ aktivitet i fettvev hos dyr med ulik lengde på beite, som derfor ikke kan ha ført til forskjeller i om danning av TVA til CLA i fettvevet. Forskjell i biohydrogenering av linolsyre i vomma er derfor sannsynligvis årsak til et høyere CLA og TVA ved 158 dagers beiting før slakt.

Nedgang i mettede fettsyrer og øking i innhold av n-3 fettsyrer reduserte forholdet mellom mettede og umettede fettsyre, og n-6/n-3 forholdet. Resultatene kan skyldes høyere inntak av flerumettede fettsyrer og et lavere inntak av mettede fettsyrer ved slutfôring på beite, sammenlignet med slutfôring med surfôr og kraftfôr. Et høyere inntak av flerumettede fettsyrer kan føre til at større mengder flerumettede fettsyrer passerer vom (Hawke 1973) og som igjen vil føre til større tilførsel av n-6 og n-3 fettsyrer til muskel og fettvev i en lengre periode. Dette viser en tidsavhengig endring i sammensetning av fettsyrer i det totale fettinnholdet bytte av rasjonssammensetning ved slutfôring (Noci et al. 2005).

Ulik lengde på slutfôringen med en høy kraftfôrmengde har innvirkning på fettsyresammensetningen i kjøtt, som ved en høy kraftfôrrasjon. I et forsøk av Duckett et al. (1993) ble ulik lengde på slutfôring med 87 % kraftfôr sammenlignet med fôring med gress. Innholdet av fettsyrer i det totale fettinnholdet i muskelen ble analysert hver fjerde uke fram til dag 196. Resultatene viste en signifikant nedgang i andelen flerumettede fettsyrer ved en økende lengde på slutfôring med kraftfôr. Det ble funnet en nedgang på 12 % i andelen flerumettede fettsyrer av det totale fettinnholdet i muskelen ved ingen slutfôring på kraftfôr til 3 % ved 196 dager slutfôring på kraftfôr. Dette skyldes trolig en signifikant nedgang av n-3 og n-6 fettsyrer i fett.

Innhold av ulike fettsyrer i forsøksrasjonene er ikke oppgitt, og dermed er det vanskelig å vite inntak av ulike fettsyrer. Det kan antas ut fra resultatene at inntaket av flerumettede fettsyrer var lavere ved 196 dager slutfôring med kraftfôr, sammenlignet med slutfôring uten kraftfôr. Resultatene viste ingen signifikant økning i mettede fettsyrer i det totale fettinnholdet i muskelen mellom dag 0 og dag 196 på slutfôring med kraftfôr. Det ble funnet en signifikant økning i andelen av enumettede fettsyrer av totale fettinnholdet i muskelen fra ca. 40 til 49 %.

Økningen skyldes en høyere andel av oljesyre fra ca. 35 % ved slutfôring uten kraftfôr til ca. 42 % ved 196 dager slutfôring med kraftfôr.

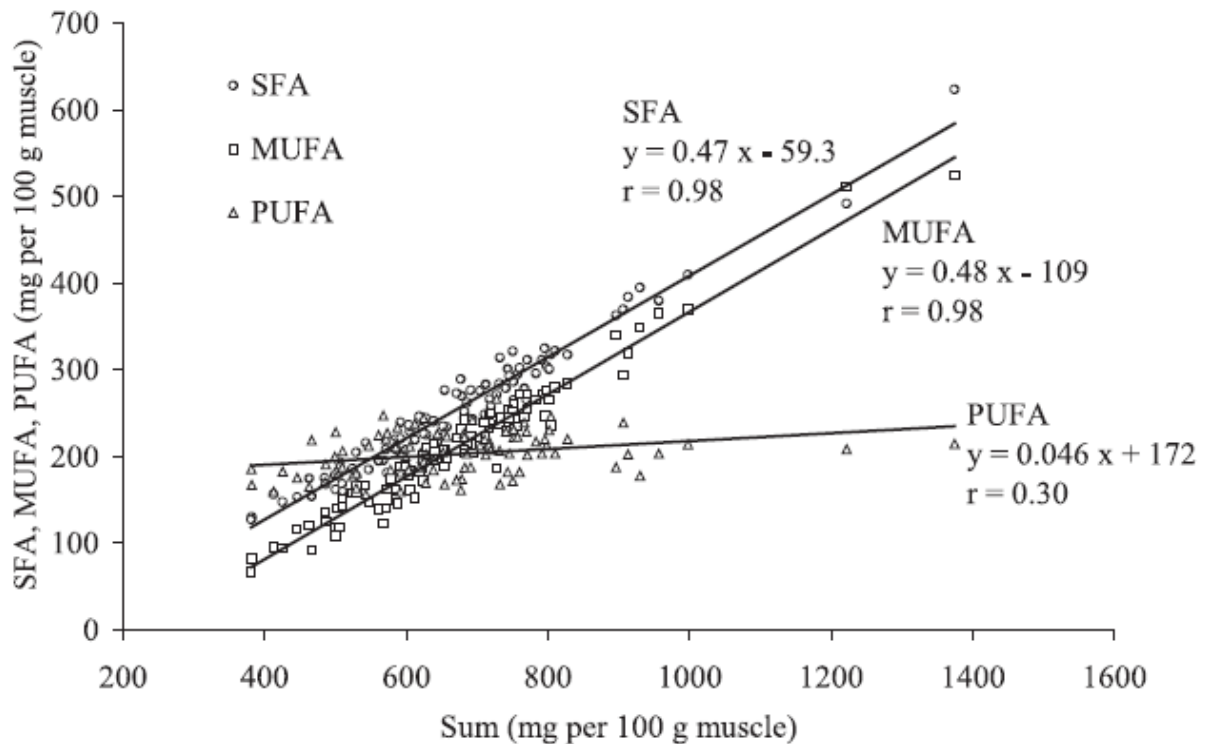
Resultatene fra studiet til Duckett et al. (1993) samsvarer med studie av Camfield et al. (1997). Camfield et al. (1997) sammenlignet en slutfôring på 0, 30, 60 og 90 dager med 85 % kraftfôr. Resultatene viste et høyere innhold av mettede fettsyrer og et lavere innhold av flerumettede fettsyrer i totalt fettinnhold i muskelen ved 90 dagers slutfôring, sammenlignet med dyr 0 dagers slutfôring med kraftfôr. Andelen av n-6 fettsyrer i totalt fettinnholdet i muskel sank signifikant fra 1,4 % ved 0 dager til 0,5 % ved 90 dager slutfôring med kraftfôr. Det var også noe nedgang av n-3 fettsyrer i totalt fettinnhold i muskel, fra 0,5 % ved 0 dager til 0,3 % ved 90 dager.

I et nyere fôringsforsøk av Aldai et al. (2011) ble 0, 30 eller 60 dager slutfôring med kraftfôr testet mot beite med raigras og kløver. En økende lengde på slutfôring fra 30 dager til 60 dager med kraftfôr økte signifikant innholdet av mettede fettsyrer i det totale fettinnholdet i muskelen, fra 197 mg/100 g til 448 mg/100 g. Enumettede fettsyrer økte fra 126 mg/100 g ved 0 dager slutfôring til 310 mg/100 g ved 60 dager slutfôring med kraftfôr. Her ble det også funnet et signifikant økende innhold av TVA, fra 14 mg/100 g ved 0 dagers slutfôring til 21 mg/100g ved 60 dager slutfôring. En ekstensiv gressbasert slutfôring eller moderat slutfôring med kraftfôr ga derfor et lavere n-6/n-3 forhold.

4.5 Mengde fett i muskelen

Sammen med effekten av fôringen på fettsyresammensetningen, kan fôringen påvirke fettinnholdet i storfekjøtt. Dette vil igjen kunne påvirke forholdet mellom mettede og umettede fettsyrer. Det meste av flerumettede fettsyrer befinner seg som fosfolipider i cellemembranen. Enumettede og mettede fettsyrer finnes som triglyserider i fettvev, og dermed i intramuskulært fett (De Smet et al. 2004; Wood et al. 2008). Innhold av flerumettede fettsyrer i cellemembranen er stabilt for å opprettholde funksjonen til cellemembranene, og blir ikke like påvirket av fôringen (Rule 2009). Et lavere fettinnhold vil derfor føre til at flerumettede fettsyrer i fosfolipider utgjør en større andel av totalfettet i forhold til andel enumettede og mettede fettsyrer som triglyserider i intramuskulært fett (De Smet et al. 2004; Wood et al. 2008). Dyr som har blitt fôret likt og som har ulikt innhold av intramuskulært fett kan derfor ha ulik fettsyresammensetning i kjøttet. Andelen enumettede og mettede fettsyrer

vil øke eller minske raskere, enn den mer stabile andelen av flerumettede fettsyrer (figur 4.5.1) (De Smet et al. 2004).



Figur 4.5.1 Innhold av mettede fettsyrer (SFA), enumettede fettsyrer (MUFA) og flerumettede fettsyrer (PUFA) ved økende innhold av intramuskulært fett (mg/100 g muskel) (De Smet et al. 2004).

Tabell 4.51 viser gjennomsnittet av resultatene fra to ulike forsøk (Dannenberger et al. 2004; Warren et al. 2008). Resultatene viser en stor forskjell i innhold av ulike fettsyrer i triglyserider og fosfolipider. Triglyserider inneholder større andeler av de mettede fettsyrene C14:0 (myristinsyre), C16 (palmitinsyre) og C18:0 (stearinsyre), sammenlignet med fosfolipider. Triglyseridene har også en større andel av den enumettede fettsyren C18:1n-9 (oljesyre) og konjuger linolsyre (CLA). Fosfolipidene har en større andel av de flerumettede fettsyrene C18:2n-6 (linolsyre) og α -linolensyre. En økning i intramuskulært fett vil derfor øke innholdet av mettede og enumettede fettsyrer, samt CLA.

Tabell 4.5.1 Gjennomsnittlig sammensetning av fettsyrer i triglyserider og fosfolipider (% av 100 g muskel) hos dyr på en kraftfôrbasert rasjon (Dannenberger et al. 2004; Warren et al. 2008).

Fettsyrer	Triglyserider	Fosfolipider
C 14:0	2,8	0,3
C16:0	27,8	15,7
C18:0	15,6	11,7
C18:1n-9	37,5	21,0
C18:2n-6	2,0	21,2
C18:3n-3	0,3	0,9
CLA	0,5	0,2

Ser man på effekt av fôring vil en intensiv produksjon med større kraftfôrandel gi et høyere innhold av intramuskulært fett. I en studie av Sami et al. (2004) ble produksjonsintensitet testet. Det ble sammenlignet en ekstensiv fôring med restriktiv tilgang på maissurfôr og 0,87 kg TS kraftfôr mot en intensiv fôring med fri surfôrtilgang og 3,73 kg TS kraftfôr ved 100 eller 138 dagers fôring. Det ble funnet at en intensiv produksjon med lengre slutfôring ga et høyere innhold av totalfett sammenlignet med en ekstensiv produksjon. Resultatene viste et fettinnhold på 1,6 % i longissimus muskelen ved ekstensiv fôring og 2,8 % ved intensiv fôring på 138 dager.

Duckett et al. (1993) fant i sin studie på slutfôring med ulik lengde at en lengre periode med høy kraftfôrandel ga en økende mengde intramuskulært fett. Resultatene viser at andelen av intramuskulært økte fra 2 % ved dag 0 til 12 % ved dag 196 på slutfôring med kraftfôr. Dette hadde årsak i en økende mengde triglyserider i kjøttet som ga høyere andel mettede fettsyrer. Det høye innholdet av mettede fettsyrer i triglyserider gjorde at andelen av flerumettede fettsyrer fra fosfolipider i cellemembraner utgjorde en mindre del av fettinnholdet.

Resultatene samsvarer med en studie av Nuernberg et al. (2005). Nuernberg et al. (2005) sammenlignet en innendørs kraftfôrbasert fôrrasjon mot en gressbasert fôrrasjon, som bestod av sommerbeite, og vinterfôring med surfôr og kraftfôr. Det ble funnet en signifikant effekt av fôringen på mengde intramuskulært fett i longissimus muskelen. Resultatene viste en større andel intramuskulært fett hos dyr på kraftfôrbasert fôrrasjon (2,6 %) sammenlignet med dyr på den gressbaserte fôrrasjonen (1,5 %). Det er også studier som viser at ulik botanisk sammensetning av grovfôr fører til ulikheter i mengde intramuskulært fett.

Steinshamn et al. (2010) fant i sitt studie en signifikant effekt av beitetype i eksperiment 2 på andelen fett i longissimus muskelen. Det ble funnet en høyere innhold av intramuskulært fett hos dyr på kulturbeite (2,3 %), sammenlignet med dyr på fjellbeite (1,7 %). Studiene viser et samspill mellom effekt av fôring og fettmengde på forholde mellom mettede og flerumettede fettsyrer i storfekjøtt. Dette vil si at det kan være mulig å styre andel mettede og flerumettede fettsyre ved å endre fettmengden i kjøtt.

Det er også trolig at alder på dyrene i fôringsforsøkene har hatt en effekt på fettmengde, og dermed andel mettede og flerumettede fettsyrer (Warren et al. 2008). Når dyret vokser blir det flere cellemembraner som fører til høyere innhold av flerumettede fettsyrer, og mer fettvev fører til økning i innhold av mettede fettsyrer. Dermed vil yngre dyr ha magrere kjøtt med høyere andel flerumettede fettsyrer (Pavan & Duckett 2013). Noen fôringsforsøk viser ikke forskjell i fettmengde ved ulik rasjonssammensetning. French et al. (2000a) sammenlignet fem rasjoner med ulike mengder kraftfôr og grovfôr. Rasjonene bestod av fri tilgang på surfôr og 4 kg kraftfôr, 1 kg høy og 8 kg kraftfôr, 6 kg gress (TS) og 2,5 kg kraftfôr, eller 22 kg gress. Resultatene viste ingen signifikant effekt av rasjon på fettmengde i longissimus muskelen.

5.0 Konklusjon

Ulik fôring vil påvirke mengde fett og fettsyresammensetningen i storfekjøtt. Påvirkningen vil være i varierende grad, blant annet ut fra hva fôrrasjonen består av og fôrets innhold av fettsyrer. Fôringens påvirkning på mengde fett i kjøttet er en viktig årsak til ulik andel av mettede og flerumettede fettsyrer, og dermed ulik fettsyresammensetning i storfekjøtt.

6.0 Kilder

- Aldai, N., Dugan, M. E. R., Kramer, J. K. G., Martínez, A., López-Campos, O., Mantecón, A. R. & Osoro, K. (2011). Length of concentrate finishing affects the fatty acid composition of grass-fed and genetically lean beef: an emphasis on *trans*-18:1 and conjugated linoleic acid profiles. *Animal*, 5 (10): 1643-1652.
- Aldrich, C. G., Merchen, N. R., Darckley, J. K., Gonzalez, S. S., Fahey, G. C., Jr & Berger, L. L. (1997). The effects of chemical treatment of whole canola seed on lipid and protein digestion by steers. *Journal of Animal Science*, 75.
- Andrae, J. G., Duckett, S. K., Hunt, C. W., Pritchard, G. T. & Owens, F. N. (2001). Effects of feeding high-oil corn to beef steers on carcass characteristics and meat quality. *Journal of Animal Science*, 79: 582-588.
- Ashes, J. R., Siebert, B. D., Gulati, S. K., Cuthbertson, A. Z. & Scott, T. W. (1992). Incorporation of n-3 Fatty Acids of Fish Oil into Tissue and Serum Lipids of Ruminants. *Lipids*, 27 (8): 629-631.
- Bauchart, D., Verite, R. & Remond, B. (1984). Long-Chain Fatty Acid Digestion in lactating cows fed fresh grass from spring to Autumn. *Canadian Journal of animal science*, 64: 330-331.
- Biesalski, H. K. (2005). Meat as a component of a healthy diet - are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science*, 70: 509-524.
- Bjørnholt, S., Ringdal, G. & Lystad, M. L. (2014). Storfekjøttkontrollen- Årsmelding 2013. Oslo: Animalia. 3-35 s.
- Boucque, C. V., Gray, Y. & Fiems, L. O. (1992). Bull Beef Production in Western Europe. I: Jarrige, R. & Bèranger, C. (red.) b. C5-Beef cattle production *World Animal Science*. Frankriket: Elsevier.
- Boufaïed, H., Chouinard, P. Y., Tremblay, G. F., Petit, H. V., Michaud, R. & Bèlanger, G. (2003). Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Canadian Journal of animal science*: 501-511.
- Byers, F. M. & Schelling, G. T. (1988). Lipids in ruminant nutrition. I: Church, D. C. (red.) *The Ruminant Animal- Digestive Physiology and Nutrition*, s. 298-341. New Jersey: Prentice Hall.
- Børsting, C. F., Hermansen, J. E. & Weisbjerg, M. R. (2003a). Fedtforsyningens betydning for mælkeproduktionen. I: Strudsholm, F. & Sjrsen, K. (red.) b. Bind 2 - Fodring og produktion *DJF Rapport- Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 134-149. Foulum: Danmarks JordbrugsForskning.
- Børsting, C. F., Weisbjerg, M. R. & Hermansen, J. E. (2003b). Fedtomsætningen i mave-tarmkanalen. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) b. Bind 1- Næringsstofomsætning og fodervurdering *DJF rapport-Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 313-328. Foulum: Danmarks JordbrugsForskning.

- Camfield, P. K., Brown, A. H., Lewis, P. K., Rakes, L. Y. & Johnson, Z. B. (1997). Effects of frame size and time-on-feed on carcass characteristics, sensory attributes, and fatty acid profiles of steers. *Journal of Animal Science*, 75: 1837-1844.
- Chin, S. F., Liu, W., Storkson, J. M., Ha, Y. L. & Pariza, M. W. (1992). Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5 (3): 185-197.
- Choi, S. H., Gang, G. O., Sawyer, J. E., Johnson, B. J., Kim, K. H., Choi, C. W. & Smith, S. B. (2013). Fatty acid biosynthesis and lipogenic enzyme activities in subcutaneous adipose tissue of feedlot steers fed supplementary palm oil or soybean oil. *Journal of Animal Science*, 91: 2091-2098.
- Daley, C. A., Abbott, A., Doyle, P. S., Nader, G. A. & Larson, S. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9: 1-12.
- Dannenberger, D., Nuernberg, G., Scollan, N., Schabbel, W., Steinhart, H., Ender, K. & Nurenberg, K. (2004). Effect of diet on the deposition of n-3 fatty acids, conjugated linoleic and C18:1*trans* fatty acid isomers in muscle lipids of German Holstein bulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 6607-6615.
- De La Torre, A., Gruffat, D., Durand, D., Micol, D., Peyron, A., Scislowski, V. & Bauchart, D. (2006). Factors influencing proportion and composition of CLA in beef. *Meat Science*, 73: 258-268.
- De Smet, S., Raes, K. & Demeyer, D. (2004). Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*, 53 (2): 81-98.
- Dehority, B. A. & Orpin, C. G. (1988). Development of, and Natural Fluctuations in, Rumen Microbial Population. I: Hobson, P. N. (red.) *The Rumen Microbial Ecosystem*, s. 151-183. Essex: Elsevier Applied Science
- Dewhurst, R. J. & King, P. J. (1998). Effects of extended wilting, shading and chemical additives on the fatty acids in laboratory grass silages. *Grass and Forage Science*, 53: 219-224.
- Dewhurst, R. J., Scollan, N. D., Youell, S. J., Tweed, J. K. S. & Humphreys, M. O. (2001). Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grasses. *Grass and Forage Science*, 56 (1): 68-74.
- Dhiman, T. R., Nam, S. H. & Ure, A. L. (2005a). Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46 (6): 463-482.
- Dhiman, T. R., Zaman, S., Olson, K., Bingham, H. R., Ure, A. L. & Pariza, M. W. (2005b). Influence of feeding soybean oil on conjugated linoleic acid content in beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (3): 684-689.
- Dierking, R. M., Kallenbach, R. L. & Grün, I. U. (2010). Effect of forage species on fatty acid content and performance of pasture-finished steers. *Meat Science*, 85 (4): 597-605.

- Dille, L. L. (2008). *Fôrtabellen*. NMBU. Tilgjengelig fra: <http://statisk.umb.no/iha/fortabell/index.php> (lest 22.01.2014).
- Duckett, S. K., Wagner, D. G., Yates, L., D., Dolezal, H. G. & May, S. G. (1993). Effects of time on feed on beef nutrient composition. *Journal of Animal Science*, 71: 2079-2088.
- Elgersma, A., Ellen, G., van der Horst, H., Muuse, B. G., Boer, H. & Tamminga, S. (2003). Comparison of the fatty acid composition of fresh and ensiled perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), affected by cultivar and regrowth interval. *Animal Feed Science and Technology*, 108 (1-4): 191-205.
- Eriksson, S. F. & Pickova, J. (2007). Fatty acids and tocopherol levels in *M. Longissimus dorsi* of beef cattle in Sweden – A comparison between seasonal diets. *Meat Science*, 76 (4): 746-754.
- Fraser, M. D., Davies, D. A., Vale, J. E., Nute, G. R., Hallett, K. G., Richardson, R. I. & Wright, I. A. (2009). Performance and meat quality of native and continental cross steers grazing improved upland pasture or semi-natural rough grazing. *Livestock Science*, 123 (1): 70-82.
- French, P., O’Riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., Vidal, M., Mooney, M. T., Troy, D. J. & Moloney, A. P. (2000a). Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Science*, 56 (2): 173-180.
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O’Riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J. & Moloney, A. P. (2000b). Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*, 78 (11): 2849-2855.
- French, P., O’Riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J. & Moloney, A. P. (2003). Fatty acid composition of intra-muscular triacylglycerols of steers fed autumn grass and concentrates. *Livestock Production Science*, 81 (2-3): 307-317.
- Garcia, P. T. & Casal, J. J. (2013). Effect of dietary plant lipids on conjugated linoleic acid (CLA) concentrations in beef and lamb meat. I: El-Shemy, H. A. (red.) *"Soybean- Bio-Active Compounds"*, s. 135-159. <http://www.intechopen.com/books/soybean-bio-active-compounds/effect-of-dietary-plant-lipids-on-conjugated-linoleic-acid-cla-concentrations-in-beef-and-lamb-meats>: Agricultural and Biological Sciences.
- Givens, D. I., Cottrill, B. R., Davies, M., Lee, P. A., Mansbridge, R. J. & Moss, A. R. (2000). Sources of N-3 polyunsaturated fatty acids additional to fish oil for livestock diets- A review. *Nutrition Abstracts and Reviews-Series B: Livestock Feeds and Feeding*, 70 (1): 1-100.
- Griinari, J. M. & Bauman, D. E. (1999). Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. I: Yurawecz, M. P., Mossoba, M. M., Kramer, J. K. G., Pariza, M. W. & Nelson, G. J. (red.) b. 1 *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, s. 180-200. Champaign: AOCS Press.
- Harfoot, C. G. & Hazlewood, G. P. (1988). Lipid Metabolism in the Rumen. I: Hobson, P. N. (red.) *The Rumen Microbial Ecosystem*, s. 285-322. England: Elsevier Applied Science

- Harfoot, C. P. & Hazlewood, G. P. (1988). Lipid Metabolism in the Rumen. I: Hobson, P. N. (red.) *The Rumen Microbial Ecosystem*, s. 285-322. Essex: Elsevier Applied Science.
- Hausman, G. J. & Poulos, S. P. (2009). Adipose tissue development in extramuscular and intramuscular depots in meat animals. I: Du, M. & McCormick, R. J. (red.) *Applied muscle biology and meat science*, s. 67-80. USA: CRC Press.
- Hawke, J. C. (1973). Lipids. I: G.W., B. & Bailey, R. W. (red.) b. 1 *Chemistry and Biochemistry of Herbage*, s. 213-263. London: Academic Press INC.
- Helsedirektoratet. (2012). *Kostråd: Velg magert kjøtt*. www.helsenorge.no: Helsedirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://helsenorge.no/Helseogsunnhet/Sider/Velg-magert-kjott.aspx> (lest 01.04).
- Herdmann, A., Nuernberg, K., Martin, J., Nuernberg, G. & Doran, O. (2010). Effect of dietary fatty acids on expression of lipogenic enzymes and fatty acid profile in tissues of bulls. *Animal Feed Science and Technology*, 4: 755-762.
- Hughes, P. E., Hunter, W. J. & Tove, S. B. (1982). Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. Purification and properties of cis-9, trans-11-octadecadienoate reductase. *The Journal of Biological Chemistry*, 257: 3643-3649.
- Jenkins, T. C. & Bridges, W. C. (2007). Protection of fatty acids against ruminal biohydrogenation in cattle. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109 (8): 778-789.
- Jenkins, T. C. & Bridges, W. C. (2007). Protection of fatty acids against ruminal biohydrogenation in cattle. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109 (8): 778-789.
- Kjøttgruppen, R. (2013). *Økt storfekjøttproduksjon i Norge- Rapport fra ekspertgruppen*. Tilgjengelig fra: http://www.regjeringen.no/upload/LMD/Vedlegg/Brosjyrer_veiledere_rapporter/Kjoettgruppens_rapport_feb_2013.p (lest 31.01.2014).
- Kristensen, N. B., Hvelplund, T., Weisbjerg, M. R. & Nørgaard, P. (2003). Mikrobiel omsætnig i formaverne. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) b. Bind 1- Næringsstofomsætning og fodervurdering *DJF Rapport- Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 211-235. Foulum: Danmarks JordbrugsForskning.
- Lee, M. R. F., Connelly, P. L., Tweed, J. K. S., Dewhurst, R. J., Merry, R. J. & Scollan, N. D. (2006). Effects of high-sugar ryegrass silage and mixtures with red clover silage on ruminant digestion. 2. Lipids. *Journal of Animal Science*, 84: 3061-3070.
- Lee, M. R. F., Tweed, J. K. S., Minchin, F. R. & Winters, A. L. (2009). Red clover polyphenol oxidase: Activation, activity and efficacy under grazing. *Animal Feed Science and Technology*, 149 (3-4): 250-264.

- Lourenço, M., De Smet, S., Raes, K. & Fievez, V. (2007). Effect of botanical composition of silages on rumen fatty acid metabolism and fatty acid composition in longissimus muscle and subcutaneous fat of lambs. *Animal*, 1: 911-921.
- Lourenço, M., Ramos-Morales, E. & Wallace, R. J. (2010). The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. *Animal*, 4 (7): 1008-1023.
- Lundy, I. F. P., Block, E., Bridges Jr, W. C., Bertrand, J. A. & Jenkins, T. C. (2004). Ruminant biohydrogenation in Holstein cows fed soybean fatty acids as amides or calcium salts. *Journal of Dairy Science*, 87 (4): 1038-1046.
- Madsen, T. G. & Nielsen, M. O. (2003). Næringsstofomsætning i ekstrahepatiske væv. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) b. Bind 1- Næringsstofomsætning og fodervurdering *DJF rapport-Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 419-462. Foulum: Danmarks JordbrugsForskning.
- Maia, R. G. M., Chaudhary, L. C., Figueres, L. & Wallace, R. J. (2007). Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen. *Antonie van Leeuwenhoek*, 91: 303-314.
- McAfee, A. J., McSorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M. W., Bonham, M. P. & Fearon, A. M. (2010). Red meat consumption: An overview of the risks and benefits *Meat Science*, 84: 1-13.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. A. (2002a). Animal nutrition and the consumers of animal products. I: *Animal Nutrition*, s. 481-494. Essex: Pearson Prentice Hall.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. A. (2002b). Lipids. I: *Animal Nutrition* s. 32-72. Essex: Pearson Prentice Hall.
- McNiven, M. A., Duynisveld, J. L., Turner, T. & Mitchell, A. W. (2011). Ratio of n-6/n-3 in the diets of beef cattle: Effect of growth, fatty acid composition, and taste of beef. *Animal Feed Science and Technology*, 170: 171-181.
- Merchen, N. R. (1988). Digestion, absorption and excretion in ruminants. I: Church, D. C. (red.) *The Ruminant Animal- Digestive Physiology and Nutrition*, s. 172-201. New Jersey: Prentice Hall.
- NNR. (2012). Nordic Nutrition Recommendations 2012. Part 1- Summary, principles and use. I: ministers, N. c. o. (red.). København: Nordic council of ministers. 1-85 s.
- Noci, F., Monahan, F. J., French, P. & Moloney, A. P. (2005). The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of pasture-fed beef heifers: Influence of the duration of grazing. *Journal of Animal Science*, 83: 1167-1178.
- NorFor. (2013). *NorFor fôrtabell*. Tilgjengelig fra: <http://feedstuffs.norfor.info/> (lest 07.01).
- Ntambi, J. M. (1999). Regulation of stearoyl-CoA desaturase by polyunsaturated fatty acids and cholesterol. *The Journal of Lipid Research*, 40: 1549-1558.

- Nuernberg, K., Nuernberg, G., Ender, K., Lorenz, S., Winkler, K., Rickert, R. & Steinhart, H. (2002). N-3 fatty acids and conjugated linoleic acids of longissimus muscle in beef cattle. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104 (8): 463-471.
- Nuernberg, K., Dannenberger, D., Nuernberg, 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 feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*, 94 (1-2): 137-147.
- Nürnberg, K., Wegner, J. & Ender, K. (1998). Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science*, 56: 145-156.
- Nørgaard, P. & Hvelplund, T. (2003). Drøvtyggenes karakteristika. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) b. Bind 1 - Næringsstofsomsætning og fodervurdering *DJF rapport-Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 11-34. Foulum: Danmarks JordbrugsForskning.
- Pavan, E. & Duckett, S. K. (2013). Fatty acid composition and interrelationships among eight retail cuts of grass-feed beef. *Meat Science*, 93 (3): 371-377.
- Pereira, S. L., Leonard, A. E. & Mukerji, P. (2003). Recent advances in the study of fatty acid desaturases from animals and lower eukaryotes. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 68 (2): 97-106.
- Prestløkken, E. (2000). Behandling av kraftfôr. I: Skrede, A. (red.) *Kraftfôr*. Norges Lanbrukshøgskole, Ås: Landbruksbokhandelen.
- Price, B. D., Garmyn, A. J., Derington, H. M., Galyean, M. L., Jackson, S. P., Smith, S. B. & Miiller, M. F. (2011). Effects of high-oil corn on feedlot performance, carcass characteristics, fatty acid profiles, beef palatability, and retail case life traits of beef top loin steaks. *Journal of Animal Science*, 89: 809-816.
- Prins, R. A., Lankhorst, A., van der Meer, P. & Van Nevel, C. J. (1975). Some characteristics of *Anaerovibrio lipolytica*, a rumen lipolytic organism. *Antonie van Leeuwenhoek*, 41 (1): 1-11.
- Raes, K., De Smet, S. & Demeyer, D. (2004). Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 113: 199-221.
- Razminowicz, R. H., Kreuzer, M. & Scheeder, M. R. L. (2006). Quality of retail beef from two grass-based production systems in comparison with conventional beef. *Meat Science*, 73 (2): 351-361.
- Rule, D. C., Busboom, J. R. & Kercher, C. J. (1994). Effect of dietary canola on fatty acid composition of bovine adipose tissue, muscle, kidney, and liver. *Journal of Animal Science*, 72: 2735-2744.
- Rule, D. C. (2009). Lipids in Muscle- Structure, Composition and Metabolism. I: Du, M. & McCormick, R. J. (red.) *Applied Muscle Biology and Meat Science*, s. 247-273. USA: CRC Press.

- Røe, M. (2009). *Hvor feite er norske storfe?*: Animalia. Tilgjengelig fra: <http://www.animalia.no/upload/Filer%20til%20nedlasting/Slakt,%20kj%C3%B8tt%20og%20eggkvalitet/Kj%C3%B8ttkvalitet/Hvor%20feite%20er%20norske%20storfe%20Morten%20R%C3%B8e.pdf> (lest 04.04.2014).
- Røe, M. (2013). *Dyrelag STORFE*: Animalia. Tilgjengelig fra: <http://www.animalia.no/Slakt-kjott-og-eggkvalitet/Klassifisering/Statistikk---Slakt/Statistikk---Storfe/> (lest 07.04.2014).
- Sami, A. S., Augustini, C. & Schwarz, F. J. (2004). Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of Simmental bulls. *Meat Science*, 67 (2): 195-201.
- 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: 17-33.
- Shingfield, K. J. & Gransworthy, P. C. (2012). Rumen lipid metabolism and its impact on milk production and quality. I: Gransworthy, P. C. & Wiseman, R. (red.) *Recent Advances in Animal Nutrition*: Nottingham University Press.
- Sjaastad, Ø., Sand, O. & Hove, K. (2003). *Physiology of Domestic Animals*. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Sjaastad, Ø., Sand, O. & Hove, K. (2010). *Physiology of Domestic Animals*. 2 utg. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Skrede, A. (2000). *Kraftfôr*. Norges Landbrukshøgskole, Ås: Landbruksbokhandelen.
- Slyter, L. L., Kern, D. L., Weaver, J. M. & Oltjen, R. R. (1971). Influence of starch and nitrogen sources on ruminal microorganisms of steers fed high fiber purified diets. *Journal of Nutrition*, 101: 847-854.
- Smith, S. B., Lunt, D. K., Chung, K. Y., Choi, C. B., Tume, R. K. & Zembayashi, M. (2006). Adiposity, fatty acid composition, and delta-9 desaturase activity during growth in beef cattle. *Animal Science Journal*, 77: 478-486.
- Smith, S. B., Kawachi, H., Choi, C. B., Choi, C. W., Wu, G. & Sawyer, J. E. (2009). Cellular regulation of bovine intramuscular adipose tissue development and composition. *Journal of Animal Science*, 87: E72-E82.
- Steinshamn, H. & Thuen, E. (2008). White or red clover-grass silage in organic dairy milk production: Grassland productivity and milk production responses with different levels of concentrate. *Livestock Science*, 119 (1-3): 202-215.
- Steinshamn, H., Höglind, M., Havrevoll, Ø., Saarem, K., Lombnæs, I. H., Steinheim, G. & Svendsen, A. (2010). Performance and meat quality of suckling calves grazing cultivated pasture or free range in mountain. *Livestock Science*, 132 (1-3): 87-97.
- Turner, T., Hesse, A., Lundström, K. & Pickova, J. (2011). Silage-concentrate finishing of bulls versus silage or fresh forage finishing of steers: Effects on fatty acids and meat tenderness *Acta Agriculturae Scand Section A*, 61 (2): 103-113.

- Warren, H. E., Scollan, N. D., Enser, M., Hughes, S. I., Richardson, R. I. & Wood, J. D. (2008). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science*, 78 (3): 256-269.
- Warriss, P. D. (2010). Meat Quality. I: *Meat science- an introductory text* s. 77-96. UK: Cambridge University Press.
- WCRF. (2007). Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective. I: research, A. I. f. c. (red.). *World cancer reasearch fund*. Washington DC: American Institute for cancer research.
- Weill, P., Schmitt, B., Chesneau, G., Norohanta, D., Safraou, F. & Legrand, P. (2002). Effects of introducing linseed in livestock diet on blood fatty acid composition of consumers of animal products. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 46: 182-191.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, S. I., Hughes, R. I. & Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78: 343-358.
- Yokoyama, M. T. & Johnson, K. A. (1988). Microbiology of the rumen and intestine. I: Church, D. C. (red.) *The Ruminant Animal- Digetive Physiology and Nutrition*, s. 125-144. New Jersey: Prentice Hall.
- Zembayashi, M., Nishimura, K., Lunt, D. K. & Smith, S. B. (1995). Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. *Journal of Animal Science*, 73: 3325-3332.