

FETTSYRESAMMENSETNING I KUMELK VED FØRING MED SURFØR AV TIMOTEI, RAIGRAS ELLER MAIS.

COMPOSITION OF FATTY ACIDS IN DAIRY COWS MILK PRODUCED ON
TIMOTHY-, RYE GRASS- OR MAIZESILAGE

MARIANNE JÆGER SVENDSEN

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP

INSTITUTT FOR HUSDYR- OG AKVAKULTURVITENSKAP
MASTERPÅGAVE 30S TP. 2010



Forord

Da jeg startet på husdyrvitenskapsstudiet på Ås for fem år siden ble det fort klart at det var drøvtyggere og ernæring jeg virkelig hadde lyst til og drive med og lære mer om i løpet av studieårene. Melkekyrnes spennende fordøyelsessystem og produksjon, med blant annet vommas store gjæringskammer, gjorde at jeg fort ble interessert i dette fagområdet. Det var derfor naturlig at ernæring på kyr ble valgt som hovedtema til masteroppgaven min. Siden jeg i tillegg er interessert i humanernæring og mulige forbedringspotensialer på dette området hadde jeg et ønske om å knytte dette sammen i en oppgave. Det har jeg i stor grad fått muligheten til her. I løpet av arbeidet har jeg fått muligheten til å tilegne meg mye ny kunnskap om temaene og blitt ytterligere interessert i disse fagområdene. Å få være med på alle de ulike leddene i forbindelse med forsøkene tilknyttet oppgaven, med blant annet ulike prøveuttak fra forsøksdyrene, kan trekkes frem for å ha vært spesielt spennende og lærerikt.

Under arbeidet med oppgaven har jeg fått god hjelp fra mange ulike hold. Jeg vil her spesielt takke hovedveileder Odd Magne Harstad for god veiledning gjennom hele skriveprosessen. I tillegg fortjener biveileder Egil Prestløyken en takk for god hjelp, særlig med de statistiske analysene i forbindelse med bearbeiding av forsøksresultater og også Silje Nes for god hjelp og veiledning, særlig i forbindelse med prøveresultater og praktiske forhold knyttet til forsøkene.

Institutt for Husdyr- og akvakulturvitenskap
Ås, 15.05.1010

Marianne Jæger Svendsen
Ås 15.05.1010

Sammendrag

I denne oppgaven var hensikten å sammenligne virkning av fôring med timotei-, raigras eller maissurfôr på fettsyresammensetning i kumelk. Siden tidligere forsøk, blant annet på Jæren, med bruk av raigras har gitt gode resultater med tanke på humanernæringen var vi i dette forsøket interessert i se hvor store de eventuelle forskjellene var i forhold til de to andre grovfôrsortene. Timotei har tradisjonelt vært den dominerende fôrveksten dyrket til melkeproduksjon, mens raigras egner seg godt til dyrking i deler av landet. Det er i dag en svært liten produksjon av mais her i landet, men kan bli mer interessant som følge av de spådde klimaendringene.

Fôrets umetta fettsyrer blir i betydelig grad omdannet i drøvtyggerens vom gjennom hydrolyse og hydrogenering til metta fettsyrer. I juret skjer det også en betydelig omdanning av de opptatte fettsyrene ved hjelp av enzymet Δ^9 -desaturase som desaturerer en andel av de metta fettsyrene, særlig stearinsyre til oljesyre og vaksensyre til CLA. I tillegg blir også korte og mellomlange fettsyrer syntetisert i juret gjennom de novo syntesen fra eddiksyre og smørsyre produsert i vomma. Fôrets fettsyresammensetning kan på tross av fermenteringen i vomma likevel til en viss grad påvirke melkens fettsyresammensetning. For eksempel vil det ved en større andel umetta fettsyrer i fôrrasjonen være større sjanse for at deler av disse slipper unna hydrogeneringen i vomma og dermed kan tas opp av juret som umetta. Det er nettopp dette som tidligere har karakterisert raigras, høyere fettinnhold og en større andel av umetta fettsyrer.

Det ble gjennomført to like forsøk ved institutt for husdyrvitenskap ved universitetet for miljø og biovitenskap i perioden fra mai til ut oktober 2009, et ved høyt fôrnivå tidlig i laktasjonen og direkte deretter et tilsvarende forsøk ved et lavere fôrnivå. På den måten fikk vi målinger av melkens fettsyresammensetning gjennom store deler av kyrnes laktasjon. Det ble benyttet 6 vomfistulerte NRF kyr som rullerte mellom de ulike fôrrasjonene av timotei-, raigras- og maissurfôr. Melkeprøver og fôr ble analysert for kjemisk innhold og fettsyresammensetning og danner grunnlaget for dataene i denne oppgaven.

Det var generelt små forskjeller i totalt innhold av metta og umetta fettsyrer i melken mellom forsøksleddene, mens timotei- og maissurfôr ga nominelt noe mer transfettsyrer sammenlignet med raigrassurfôr. Det var imidlertid noen forskjeller mellom grovfôrene når det gjaldt de

enkelte fettsyrene i melkefettet, hvor maissurfôret i størst grad skilte seg ut fra surfôr av timotei- eller raigras. Maissurfôret hadde signifikant høyere innhold av C18:2 og transsyrene C18:1t9 og C18:1t10 på bekostning av C18:3, C18:0 og C20:0 ved begge fôrnivåer sammenlignet med timotei- og raigrassurfôr. På det høye fôrnivået var det ingen signifikante forskjeller i melkens fettsyresammensetning ved fôring med timotei- eller raigrassurfôr. Derimot var det noen signifikante forskjeller på det lave fôrnivået ved at fôring med timoteisurfôret hovedsakelig ga signifikant høyere innhold av C18:0, C18:2 og C18:1t11 i melkefettet. I tillegg også tendens til høyere innhold av CLA i forhold til fôring med raigrassurfôr.

Det kan være flere årsaker til at resultatene var såpass like. Blant annet at grovfôrene, særlig timotei- og raigrassurfôret, inneholdt om lag like andeler av metta og umetta fettsyrer. En annen viktig faktor her er nok at kraftfôret har hatt en innvirkning ved at dette hadde et høyt innhold av metta fettsyrer, særlig C16:0.

Abstract

The purpose of these experiments were to compare silage rations of timothy, rye grass or maize, and their influence on the fatty acid composition in the milk of dairy cows. Earlier studies using rye grass in milk production, for example at Jæren in Norway, have shown good results on the composition of fatty acids in milk in regards to human nutrition. Therefore, in these experiments we were interested in the range of possible differences between the three roughages. In Norway, timothy is traditionally grown as a general forage crop for dairy production and rye grass more rare, being used in just a few parts of the country. As of today there is very little production of maize, but maize can be of greater interest in light of possibly predicted climate changes.

In ruminants, the unsaturated fatty acid content in the feed is in large extent hydrolysed and hydrogenated to saturated fatty acids in the rumen. The fatty acid component in the udder is desaturated with the enzyme Δ^9 -desaturase, resulting in a desaturation to unsaturated acids, primarily stearic acid to oleic acid and vaccenic acid to conjugated lineoleic acid (CLA). Additionally, short and medium chained fatty acids will be synthesized de novo from acetic and butyric acid produced in the rumen.

Despite the large extent of fermentation in the rumen and transformation in the udder, the fatty acid composition of the feeds will to a certain extent influence the resultant composition in the milk. For example, with a larger proportion of unsaturated fatty acids in the feed ration there is a greater chance that parts of it will escape the rumens hydrogenation and more unsaturated fatty acid is then available for the udder. In earlier studies rye grass have shown similar effects because of its higher contents of total fat, and a greater part of unsaturated fatty acids compared with other roughages.

The Department of Animal Science at the Norwegian University of Life Sciences completed two experiments involving six rumen-fistulated cows in the period ranging from May to the end of October of 2009. The first experiment focused on providing a high quantity of fodder early in the cows lactation. Later in the same lactation the cows were provided with a lower quantity of feed. This proved to give us information about the composition of fatty acids in the milk during the entire lactation period. The samples from the milk and the feeds were

analysed for their chemical contents, components and composition, and the result establish the basis for this paper.

In general, the content of saturated and unsaturated fat in the milk was to a great extent similar among the three roughages. Silage of timothy or maize however gave a nominally higher content of trans fatty acids than feed with rye grass silage. However, there were some differences between the individual fatty acids in the milk based on the type of fodder the cows received. Silage from maize gave the greatest differences compared to the other two silages with significantly higher contents of C18:2, C18:1t9 and C18:1t10 at the expense of C18:3, C18:0 and C20:0. At the high feeding level there were no significant differences between the milk composition when feeding with timothy- or rye grassilage. On the other hand, in the low feeding level range there were some differences with higher content of C18:0, C18:2 and C18:1t11 in the milk when feeding with timothy silage compared to silage of rye grass. There was also statistical tendencies to higher content of CLA when feeding with timothy silage.

There are several possible factors that can explain why the different forages provided such a similar composition of fat in the cows milk. An example would be how similar the proportions of saturated and unsaturated fatty acids are in timothy and rye grass. Another important factor is the possible influence from the concentrates used in these experiments with their high proportion of saturated fatty acids, mainly C16:0.

INNHold

1.0 INNLEDNING	3
2.0 TEORI	5
2.1 OPPBYGGING AV FETT	5
2.1.1 Metta og umetta fettsyrer	6
2.2 FETT OG HUMANERNÆRING	8
2.2.1 Kolesterol	8
2.2.2 Metta fettsyrer	8
2.2.3 Umetta fettsyrer	9
2.2.4 Transfettsyrer	9
2.3 KARAKTERISTIKK AV KUMELK	10
2.4 FETT I GROVFØR	12
2.4.1 Fettsyreinnhold i ulike typer gras	12
2.4.2 Betydning av gressets utvikling på fettsyresammensetningen	14
2.4.3 Konserveringens påvirkning av fettsyresammensetningen i fôret	15
2.6 NEDBRYTING AV FØR I VOM OG ABSORPSJON AV FETT I FORDØYELSESKANALEN	16
2.6.1 Karbohydrater	16
2.6.2 Protein	17
2.6.3 Fett	18
2.6.3.1 Hydrolyse	18
2.6.3.2 Hydrogenering	19
2.6.3.3 Mikrobiell syntese av fettsyrer	21
2.6.4 Absorpsjon av fett fra tarm	21
2.6.5 Fettmetabolisme	22
2.7 FETTSYNTSESE I JURET	23
2.7.1 De novo syntesen	23
2.7.2 Opptak av fettsyrer fra blod	24
2.7.3 Desaturering	24
2.7.4 Syntese av triglyserider	24
2.8 LAKTASJONSSTADIETS PÅVIRKNING PÅ MELKENS FETTSYRESAMMENSETNING	25
EGNE FORSØK	26
3.0 MATERIAL OG METODE	26
3.1 FORSØKSKYR	26
3.2 FORSØKSFØR	27
3.2.1 Grovfôret	27
3.2.2 Kraftfôret	27
3.2.3 Kjemisk sammensetning i fôret	28
3.2.3.1 Fettsyresammensetning i fôret	29
3.3 OPPLEGG OG GJENNOMFØRING AV FORSØK	32
3.3.1 Fôrrasjoner, fôring og tilbakeveiting av rester	32
3.3.1.1 Grovfôrtildeling	32
3.3.1.2 Kraftfôrtildeling	32
3.3.2 Fordeling av fôrrasjoner mellom forsøksdyrene	33
3.4 UTTAK AV PRØVER	33
3.4.1 Fôrprøver	33
3.4.2 Melkeytelse	34
3.4.3 Melkeytelse og melkeprøver	34
3.5 ANALYSEMETODER	35
3.5.1 Fôr	35
3.5.2 Fett, protein, laktose, urea, frie fettsyrer i melk	35
3.5.3 Fettsyrer i melk	35
3.6 BEREGNINGER OG STATISTISK ANALYSE	36

3.6.1 Fôropptak	36
4.0 RESULTATER	37
4.1 FORSØK D- 153	37
4.1.1 Fôropptak	37
4.1.2 Melkeytelse	38
4.1.3 Melkens innhold av fett, protein, laktose og urea	40
4.1.4 Fettsyresammensetning i melken	40
4.1.4.1 Metta fettsyrer	42
4.1.4.2 Enumetta fettsyrer	44
4.1.4.3 Flerumetta fettsyrer	45
4.1.4.4 Transfettsyrer	46
4.2 FORSØK D- 157	48
4.2.1 Fôropptak	48
4.2.2 Melkeytelse	49
4.2.3 Melkens innhold av fett, protein, laktose og urea	50
4.2.4 Fettsyresammensetning i melken	51
4.2.4.1 Metta fettsyrer	53
4.2.4.2 Enumetta fettsyrer	55
4.2.4.3 Flerumetta fettsyrer	56
4.2.4.4 Transfettsyrer	57
4.3 VIRKNING AV FÔRNIVÅ PÅ FETTSYRESAMMENSETNING I MELK	59
4.3.1 Metta fettsyrer	59
4.3.2 Umetta fettsyrer	60
4.3.3 CLA og Vaksensyre	61
5.0 DISKUSJON	63
5.1 FÔROPPTAK	63
5.2 MELKEYTELSE OG KJEMISK SAMMENSETNING	64
5.3 FETTSYRESAMMENSETNING AV MELKEFETTET	64
6.0 KONKLUSJON	68
7.0 REFERANSER	70

1.0 Innledning

Dagens kosthold inneholder for mye fett, særlig metta fettsyrer og helsedirektoratet (2007) anbefaler derfor at fettinntaket vårt reduseres. Så mye som 70 % av melkefettet er metta, men kun 40% av disse regnes som skadelige for forbrukernes helse. Som følge av økt effektivitet i landbruket, med mer utstrakt bruk av både konsentrater og konservert fôr, har det vært sett en trend mot et ennå lavere innhold av umetta fettsyrer og konjugert linolsyre (CLA) i melken (Elgersma et al. 2006).

Flere forsøk, både her i landet og i utlandet, har vist at melkens fettsyresammensetning til en viss grad kan endres gjennom fôring. På Jæren har fôringsforsøk med raigras, både som beitevekst og konservert fôr, gitt gode resultater på melkens fettsyresammensetning med tanke på humanernæringen (Fagereng 2007). Raigras har et høyere innhold av fett sammenlignet med timotei, i tillegg til større andel av umettet fett. Dette har gjort at en har klart å senke melkens innhold av den metta fettsyren palmitin og økt innholdet av de umetta fettsyrene; oljesyre, linol- og linolensyre (Eriksen 2009). Det er forsøkene knyttet til prosjektet på Jæren som ligger bak produksjonen av Tines nye ost "Engfrisk" som skal ha en gunstigere fettsyresammensetning med tanke på humanernæringen.

Forsøk der fôring med maissurfôr har blitt sammenlignet med grassurfôr har vist at maissurfôr inneholder mer linolsyre siden betydelige andeler av denne finnes i maiskorn. Det har videre vist seg at maissurfôr gir økt andel av kortkjedede fettsyrer og linolsyre i melken på bekostning av linolensyre og de metta fettsyrene stearin og palmitin (Chilliard et al. 2001).

Målet med denne oppgaven er å sammenligne fettsyresammensetning i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais. Raigras dyrkes i dag kun i en mindre del av landet, mens timotei er den dominerende grassorten både til beite og konservert fôr. Mais som fôrvekst kan bli aktuell som følge av de spådde klimaendringene, men dyrkes i dag kun i begrensede områder her i landet.

Det er tidligere ikke blitt publisert noe litteratur som har sammenlignet virkning av timotei-, raigras- og maissurfôr på melkens fettsyresammensetning. Det er derfor svært interessant å se hvor stor forskjell disse fôrslagene gir på sammensetning i melk. Ut fra tidligere studier hvor raigras har blitt benyttet vil en anta at raigras skal komme best ut på grunn av dens normalt

høyere innhold av fett og mer umetta fett. Tidligere i en litteratursammenligning av melkens fettinnhold ved ulike fôrrasjoner har maissurfôr kommet godt ut, med mindre andel av de metta syrene palmitin og stearin i forhold til andre grovfôrsorter (Chilliard et al. 2001). Vi kan derfor anta at fôring med maissurfôr også gir mulighet til å gi en god fettsyresammensetning i melken, muligens noe tilsvarende det som tidligere er oppnådd ved raigrasfôring.

2.0 Teori

Fett som vi finner i melken har gjennomgått store endringer fra fôr og frem til melk. Både i vom og jur omdannes fett, enten ved å omdannes til metta fettsyrer eller ved desaturering i juret til umetta fettsyrer. I dette kapittelet vil en teoretisk bakgrunn for oppgavens forsøk bli fremstilt. Kapittelet starter med en generell innføring i hva fett er, dets oppbygging og betydning for humanernæring. Deretter blir det en mer spesifikk fremstilling av fett som finnes i drøvtyggerens fôr og dets omdanning i drøvtyggeren.

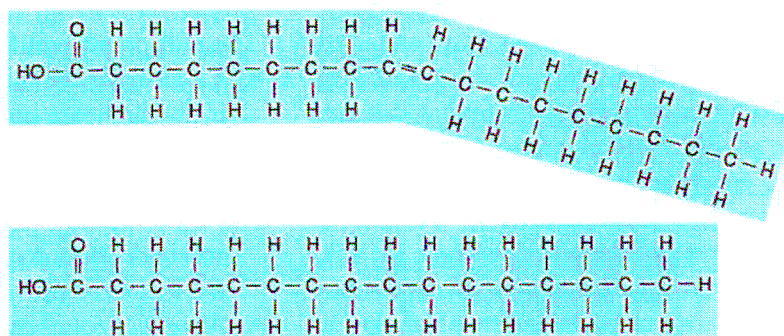
2.1 Oppbygging av fett

Fett er bygd opp av fettsyrer og alkoholen glyserol som er en alkohol bestående av tre karbonatomer som hver inneholder en hydroksylgruppe. Fettsyrer består av en karbonkjede og en karboksylgruppe i den ene enden av karbonkjeden. Til resten av karbonatomene i karbonkjeden er det bundet hydrogenatomer. Under fettdannelsen esterifiseres en eller flere av glyserolets hydroksylgrupper med fettsyrer ved en kondensasjonsreaksjon mellom glyserolets hydroksylgruppe og fettsyrenes karboksylgruppe (Sjaastad et al. 2003). Plasseringen av de ulike fettsyrene og antall fettsyrer som bindes til glyserol avgjør hvilket fett som blir dannet. Det kan være like fettsyrer som blir esterifisert, men også ulike fettsyrer kan bindes til glyserolet og danne ulike typer fett. Dersom alle de tre hydroksylgruppene blir esterifisert dannes et triglyserid. Glyserol esterifisert med en eller to fettsyrer danner mono- og diglyserider (Mc Donald et al. 2002).

En fettgruppe som det finnes betydelige mengder av i gress er glykolipider. Her er to av hydroksylgruppene på glyserolet esterifisert med fettsyrer, mens den tredje har et sukker bundet til seg. Glykolipidene som vi finner i gresset er hovedsakelig galaktolipider hvor sukkeret bundet til glyserolet er galaktose (Mc Donald et al. 2002).

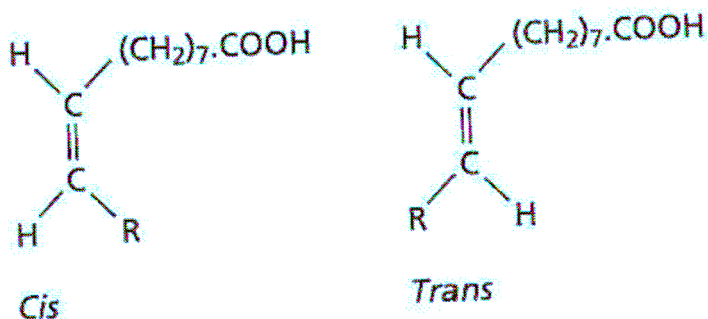
2.1.1 Metta og umetta fettsyrer

Vi kan dele fettsyrene inn i to hovedkategorier, umetta- og metta fettsyrer etter fettsyrenes kjemiske og fysiske egenskaper. De umetta fettsyrene inneholder en eller flere dobbeltbindinger hvor fettsyrer med mer enn en dobbeltbinding omtales som flerumetta (Mc Donald et al. 2002). En mettet fettsyre inneholder bare enkeltbindinger og kalles metta fordi at de ikke kan binde flere hydrogenatomer til karbonatomene (Sjaastad et al. 2003). Umatta fettsyrer har et lavere smeltepunkt og er mer kjemisk reaktive enn de metta fettsyrene (Mc Donald et al. 2002). Figur 2.1 nedenfor viser konfigurasjonen til en mettet og en umettet fettsyre.



Figur 2.1 Konfigurasjon til en umettet (øverst) og en mettet fettsyre. Fra Sjaastad et al. (2003)

Umatta fettsyrer kan oppstå i to former, cis eller trans, figur 2.2. Forskjellen mellom disse to er plasseringen av hydrogenbindingene rundt fettsyrens dobbeltbinding. I en cis binding er begge hydrogenkarbonene plassert på samme side av dobbeltbindingen, mens i en transkonfigurasjon er disse plassert på motsatt side (Mc Donald et al. 2002).



Figur 2.2 cis og transkonfigurasjon til umetta fettsyrer (Mc Donald et al. 2002).

De flerumetta fettsyrene grupperes i ulike familier, omega- 9, omega- 6 og omega- 3, ut fra plasseringen av fettsyrenes dobbeltbindinger. For eksempel finner vi oljesyre i omega- 9 familien, mens linol er en omaga- 6 syre og linolen en omega- 3 syre (Mc Donald et al. 2002).

Tabell 2.1 nedenfor gir en oversikt over ulike fettsyrer som vil bli omtalt i denne oppgaven.

Tabell 2.1 Oversikt over fettsyrer som vil bli videre omtalt i oppgaven

Fettsyre med antall karboner	Navn
Metta fettsyrer	
C4:0	Smørsyre
C6:0	Kaprinsyre
C8:0	Kaprylsyre
C10:0	Kaprinsyre
C12:0	Laurinsyre
C14:0	Myritinsyre
C16:0	Palmitinsyre
C18:0	Stearinsyre
C20:0	Arakinsyre
Umetta fettsyrer	
C18:1	Oljesyre
C18:2	Linolsyre
C18:3	Linolensyre
C20:4	Arakidonsyre (ARA)
C20:5	Eikosapentaensyre (EPA)
C22:6	Dokoheksaensyre (DHA)
Trans fettsyrer	
C18:1 t9	Elaidic
C18:1 t10	
C18:1 t11	Vaksensyre
C18:2 c9t11	Konjugert linolsyre (CLA)

2.2 Fett og humanernæring

Som nevnt i innledningen har fettsyresammensetning i melken en medvirkende betydning for forbrukernes helse. Av fettene er det i stor grad de metta fettsyrene som har fått et negativt søkelys rettet mot seg. Det skyldes at det i stor grad er de metta fettsyrene som gir uønskede helseeffekter; hovedsakelig økt kolesterol som igjen kan lede til forhøyet risiko for hjerte og karsykdommer, i tillegg også økt risiko for overvekt og fedme (Haug et al. 2007).

2.2.1 Kolesterol

Kolesterolet som hovedsakelig påvirker den totale kolesterolkonsentrasjonen i blodet er LDL (low density lipoprotein)- kolesterol og HDL (high density lipoprotein). Av disse to er det særlig konsentrasjonen av LDL- kolesterol og en høy ratio mellom LDL og HDL- kolesterol som virker negativt på den totale kolesterolkonsentrasjonen i blodet (Haug et al. 2007).

HDL- kolesterol kan imidlertid bidra til å øke den reversible kolesteroltransporten ut av blodårene (Haug et al. 2007). Dette er en prosess hvor kolesterol som er lagret i perifert vev fraktes tilbake til leveren og brytes ned her Langslet og Reikvam (2008). HDL- kolesterol kan også virke som en antioksidant og hindre oksidering av LDL partikler i blod og også beskytte mot eventuelle infeksjoner og toksiner (Haug et al. 2007).

2.2.2 Metta fettsyrer

Av de metta fettsyrene som vi finner i melkeprodukter er palmitinsyre den mest dominerende. Flere forsøk har vist at denne, sammenlignet med umetta fettsyrer, bidrar til å øke blodkolesterolet. Det er i størst grad økt andel LDL- kolesterol som gir denne økningen i totalt kolesterol, men palmitinsyre øker også konsentrasjonen av både HDL- kolesterol og VLDL (very low density lipoprotein). Fettsyren myristin bidrar også til å øke det totale kolesterolet i blodet, men denne finnes vanligvis i mye lavere konsentrasjoner i melken i forhold til palmitinsyre. Derfor er ikke den totale virkningen av denne fra melk like sterk som virkningen av palmitinsyre. Videre har det også blitt sett noen lignende virkninger med laurinsyre, men i mye mindre grad enn for de to andre overnevnte fettsyrene (Grundy 1994).

Det er imidlertid langt fra alle metta fettsyrer i melken som bidrar til økt helserisiko, kun 40 % regnes som mindre god for forbrukernes helse (Elgersma et al. 2006). Det er ikke sett noen klar sammenheng mellom konsentrasjoner av de kortere metta fettsyrene C8 og C10 og

kolesterolnivå i blod, men det finnes færre sikre forskningsresultater på dette i forhold til for palmitinsyre. Stearinsyre regnes også for å ha en nøytral virkning på kolesterolnivået i blodet (Grundy 1994).

2.2.3 Umetta fettsyrer

Den vanligste enumetta fettsyren i kostholdet er oljesyre og blir ansett å ha en nøytral virkning på kolesterolnivået. I flere studier har denne syren vist seg å ha en kreftforebyggende virkning og virker også styrkende på immunforsvaret i forhold til mange av de andre fettsyrene (Grundy 1994). Selv om det er ønskelig å øke inntak av enumetta fettsyrer gjennom kostholdet har ikke disse en utelukkende positiv effekt på helsen. Høyt inntak av flerumetta fettsyrer har i ulike forsøk vist seg å kunne endre sammensetning i cellemembraner, føre til økt risiko for gallestein og i forsøk med testdyr har det vist seg at de kan virke kreftfremkallende. Av disse grunnene kan det derfor være en fordel i større grad øke inntaket av enumetta fettsyrer i forhold til flerumetta fettsyrer (Mattson & Grundy 1985).

Når en sammenligner metta fettsyrer, enumetta og flerumetta fettsyrer i forhold til kolesterolnivået viser flere studier at begge gruppene av umetta fettsyrer senker kolesterolnivået i forhold til de metta fettsyrene (Mattson & Grundy 1985).

2.2.4 Transfettsyrer

I mange år har det vært usikkerhet rundt effekten til de enumetta transfettsyrene på kolesterolkonsentrasjonene hos mennesker. Men det ser ut til at disse øker LDL kolesterolet sammenlignet med den enumetta oljesyren og dermed har en lignende effekt som de metta fettsyrene på kolesterolkonsentrasjonen i blodet (Grundy 1994). Resultater fra ulike studier har også vært noe sprikende på om de negative helseeffektene også gjelder transfett som vi finner i dyreprodukter, melk og kjøtt, eller om dette hovedsakelig gjelder industrielt framstilt transfett (Haug et al. 2007). Vaksensyre er en transfettsyre karakteristisk for fett fra drøvtyggere og det er i forsøk med rotter vist at CLA isomeren til denne transsyren har kreftforebyggende egenskaper, noe som muligens også kan gjelde for mennesker. Vaksensyren kan desatureres til CLA i ulike pattedyr, blant annet i juret til kyrne og også i mennesker (Elgersma et al. 2003).

2.3 Karakteristikk av kumelk

Melkens sammensetning blir påvirket av mange ulike faktorer og sammensetningen vil derfor variere noe ut fra kyrnes laktasjonsstadiet, rase, alder, fôring, energibalanse og jurets helsestatus (Haug et al. 2007).

Det som generelt er karakteristisk for kumelk er at den har et forholdsvis høyt innhold av korte og middels lange fettsyrer (Boufaïed et al. 2003). Størstedelen av melkefettet finner vi som triglyserider, bygd opp av ulike fettsyrer og av ulik grad av metning. Deretter følger diglyserider, fosfolipider, kolesterol og frie fettsyrer (Haug et al. 2007). Konsentrasjonene endrer seg noe utover i laktasjonen; innholdet av fosfolipider og kolesterol vil normalt synke noe, mens konsentrasjonen av triglyserider er forholdsvis konstant (Bitman & Wood 1990). Gjennomsnittlige konsentrasjoner av de ulike fettfraksjonene er vist i tabell 2.2 nedenfor. Selv om fosfolipidinnholdet i melk er lavt er dette en viktig komponent i melkefettet da den utgjør en betydelig del av den strukturelle membranen som omslutter triglyseridene (Bitman & Wood 1990).

Tabell 2.2 Gjennomsnittlig innhold av ulike fettfraksjoner i melk (Bitman & Wood 1990)

Fettgruppe	Fettkonsentrasjon (%) og antall dager ut i laktasjonen	
	42	180 (midtlaktasjon)
Triglyserider	95,8	97,2
Diglyserider	2,3	1,7
Fosfolipider	1,11	0,56
Kolesterol	0,5	0,3
Frie fettsyrer	0,3	0,2

Med unntak av oljesyre er andelen umetta fettsyrer i melk lav, mens andelen metta fettsyrer er forholdsvis høy, med palmitinsyre som den dominerende metta fettsyren. Melkens innhold av CLA og transfettsyrer er også normalt lavt (Boufaïed et al. 2003). CLA isomeren, C18:2c9t11, og vaksensyre er to transfettsyrer som produseres av mikroorganismene i vomma. Disse to fettsyrene er unike i drøvtyggerfett og finnes både i melk og kjøtt (Elgersma et al. 2006). Tabell 2.3 viser en sammenligning av fettsyresammensetning i melk og kjøtt. Her kommer det tydelig frem at melk totalt inneholder mer metta fettsyrer på bekostning av de umetta fettsyrene. Dette skyldes hovedsakelig melkens innhold av de korte og mellomlange fettsyrer.

Tabell 2.3 Fettsyresammensetning i melk og kjøtt fra oversiktsartikkelen til Givens (2007)

Fettsyrer (g/ 100 g av totale fettsyrer)	Kumelk	Kjøtt (Biff)	Kyllingkjøtt
C4:0	3,88	0	0
C6:0	2,49	0	0
C8:0	1,39	0	0
C10:0	3,05	0	0
C10:1	0,28	0	0
C11:0	1,39	0	0
C12:0	4,16	0	0
C14:0	11,40	2,7	0,99
C14:1 (n-5)	1,11	0,54	0
C15:0	1,11	0,54	1,98
C16:0	29,40	26,2	21,8
C16:1 (n-9)	1,94	4,05	3,96
C17:0	0,55	1,08	0,99
C17:1	0,28	1,08	0,99
C18:0	11,40	16	6,93
C18:1 (n-9)	21,90	39,7	39,6
C18:1 trans (n-7)	0,28	3,41	2,97
C18:2 (n-6)	1,94	2,97	15,8
C18:3 (n-3)	0,55	0,81	1,98
Totale metta fettsyrer	70,10	46,5	32,7
Totale enumetta fettsyrer	25,80	48,9	47,5
Totale flerumetta fettsyrer	3,32	4,59	19,8

2.4 Fett i grovfôr

En vesentlig andel av lipidene og fettsyrene som tas opp av drøvtyggeren stammer fra grovfôret. Friskt gress inneholder om lag 1- 3 % fett på tørrstoffbasis hvor innholdet er høyest om våren og høsten (Chilliard et al. 2007). I forsøk av Boufaïed et al. (2003) hvor det ble sammenlignet ulike typer grovfôr var de to flerumetta fettsyrene linolen- og linolsyre og den metta syren palmitin dominerende i alle grovfôrsortene. Disse tre fettsyrene utgjorde i disse forsøkene i sum 88 % av det totale fettinnholdet i grovfôret. Lignende resultater er funnet i flere andre forsøk og det er antydnet at linolensyre utgjør 50- 75% av de totale fettsyrene i grovfôr. Det er imidlertid flere faktorer som spiller inn på fettsyreinholdet. Blant disse kan nevnes grovfôrart, vekststadie, tørketid, lysforhold, konserveringsmetode og eventuelle ensileringsmidler som er benyttet under ensilering (Boufaïed et al. 2003).

2.4.1 Fettsyreinhold i ulike typer gras

Et eksempel på fettsyresammensetning i ulike typer gras og belgvekster er vist i tabell 2.5 nedenfor. Boufaïed et al.(2003) fant i sine forsøk at ettårig raigras inneholdt mer av de to metta fettsyrene palmitin og stearinsyre og den umetta linolensyren i forhold til timotei. Sammenligning av gras og belgvekster, for eksempel hvitkløver, ga høyere fettsyrekonsentrasjon i disse i forhold til i gras. I forsøkene utført på Jæren i forbindelse med produksjon av ”Tines Engfriskost” ble det benyttet raigras da dette i følge annen litteratur inneholder mindre palmitinsyre og mer oljesyre, linol- og linolensyre (Eriksen 2009). Dette viser at fettsyresammensetning i grovfôr varierer både mellom grovfôrsortene og også mellom ulike forsøk.

Tabell 2.5 Fettsyrekonsentrasjoner (% av sum fettsyrer) i ulike grovfôrsorter (Boufaïed et al. 2003) og mais (Børsting et al. 2003). Verdiene etter Boufaïed et al. (2003) er beregnet ut fra konsentrasjoner oppgitt på tørrstoffbasis. Der verdiene originalt er oppgitt for flere sorter innenfor de oppgitte artene har jeg beregnet gjennomsnitt av disse.

Fettsyrer	Ettårig raigras	Timotei	Mais	Engsvingel	Hvitkløver	Rødkløver
C12:0	0,2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,3
C14:0	0,4	0,8	0,4	0,5	0,4	0,5
C16:0	16,2	19,6	16,5	18,8	17,2	18,8
C16:1	2,7	2,7		2,9	2,8	2,6
C18:0	1,5	2,0	2,2	1,3	2,9	3,7
C18:1	3,8	6,2	22,7	7,2	5	8
C18:2	13,8	21,3	50,0	15,4	16,0	23,2
C18:3	61,4	47	5,4	53,6	55,4	42,9
Totale fettsyrer (mg/ g TS)	29,1	18	22	22,3	29	21,54

Maissurfôr skiller seg hovedsakelig fra grassurfôr ved å ha et høyere innhold av linolsyre (Chilliard et al. 2001). I kornprodukter, som for eksempel mais, utgjør linolsyre omentrent halvparten av fettsyrene, mens i gras utgjør linolensyre den samme andelen (Børsting et al. 2003). I maissurfôr utgjør maiskorn normalt 30- 40 % av fôret og disse inneholder om lag 60% linolsyre. Ved fôring med maissurfôr viser sammenligninger fra fôring med andre grassorter at melken ved maisfôring favoriserer de korte- og mellomlange fettsyrene, C6 til C12 og C16:1 i tillegg til linolsyre på bekostning av stearin-, linolen- og palmitinsyre. Melkens innhold av flerumetta fettsyrer varierer i mindre grad ved fôring med maissurfôr eller andre grassorter. Transfettsyrer og CLA finnes i mindre grad i melkefettet til kyr fôret med maissurfôrbaserte rasjoner (Chilliard et al. 2001).

Konsentrasjoner av flerumetta fettsyrer i grovfôr kan økes ved å høste timotei på et tidlig utviklingsstadiet og benytte det som friskt gras. I tillegg kan det hjelpe med Nitrogen (N)-gjødning på timotei eller ved å velge arter med et høyere fettinnhold som hvitkløver eller ettårig raigras (Boufaïed et al. 2003).

2.4.2 Betydning av gressets utvikling på fettsyresammensetningen

Grasets fenologiske utviklingsstadium ved høsting har betydning for kjemisk innhold, deriblant også fettinnhold og fettsyresammensetning. Grasets stengel inneholder kun en tredel til halvparten av fettsyrekonsentrasjonen, resten finnes i bladene. Et økt stengel:bladforhold ved økt utvikling av gresset kan derfor medvirke til et lavere fettinnhold ved økt utvikling (Boufaïed et al. 2003), tabell 2.6.

Tabell 2.6 Fettsyrekonsentrasjon i timoteibasert eng ved ulike høstetider; svært tidlig, tidlig, normal og seint. Skyting er her anslått til ca 4. juni (Randby et al. 2002).

Høstetid (dato)	Fett (% TS)	Fettsyrer (%)					
		C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Svært tidlig (11/5)	3,51	0,24	11,2	1,17	1,84	12,7	48,1
Tidlig (25/5)	3,15	0,26	12,2	0,91	2,44	14	46,4
Normal (13/6)	1,91	0,33	11,1	0,85	2,01	10,8	35,8
Seint (26/6)	1,55	0,42	11,7	0,99	2,01	11,8	33,4

Ved økt utvikling på gras ved høsting går det totale fettinnholdet betydelig ned fra tidlig høsting før skyting, ca 4. juni, til etter skyting ved normal og sein høstetid. Av de enkelte fettsyrer er det hovedsakelig innholdet av linolensyre som går ned, men det er også noe nedgang i linolsyre. Innholdet av palmitinsyre holder seg om lag likt, mens innhold av myratin og oljesyre øker noe i forhold til svært tidlig høsting (Randby et al. 2002). Boufaïed et al.(2003) gjorde lignende forsøk med timotei på ulike utviklingstrinn og oppnådde nedgang i konsentrasjonene av palmitinsyre i tillegg til nedgang i linol-, linolen- og totale fettsyrer. I disse forsøkene viste det seg også at konsentrasjonene av totale fettsyrer, linol- og linolen var høyere i gjenveksten enn ved første slått på våren.

2.4.3 Konserveringens påvirkning av fettsyresammensetningen i fôret

Ved konservering av grovfôr vil en kunne få noe tap av fettsyrer i graset sammenlignet med det friske beitegraset. Dette skyldes blant annet oksidativt tap og ødeleggelse av bladmateriale ved tørking. Derfor er tapet størst ved høyproduksjon, men en kan til en viss grad også finne disse tapspostene ved ensilering (Chilliard et al. 2007). I følge oversiktsartikkel av Chilliard et al (2001) inneholder melk produsert på rasjon med mer enn 58% grovfôr mer av de metta fettsyrene myristin og palmitin og mindre oljesyre, linol-, og linolensyre sammenlignet med melk produsert på beite. Tabell 2.7 viser fettsyresammensetning i timotei etter ulike konservering.

Tabell 2.7 Fettsyrekonsentrasjon i timotei ved ulike konserveringsmetoder (Boufaïed et al. 2003).

Behandling	Fettsyrer mg/g TS								
	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	Totale fettsyrer
Friskt gress (230 g TS/kg)	0,06	0,11	3,42	0,42	0,37	1,11	4,54	9,26	19,29
Høy (850 g TS/ kg)	0,11	0,10	3,14	0,37	0,32	0,84	3,77	8,25	16,6
Høyensilasje (400 g TS/ kg)	0,05	0,12	3,41	0,39	0,36	0,78	4,47	9,28	16,91
Surfôr (230 g TS/ kg)	0,05	0,11	3,64	0,44	0,34	0,82	4,98	10,31	20,7

Ved tørking av timotei til høy finner en lavere konsentrasjoner av de fleste fettsyrene i høyet i forhold til i det friske gresset (Boufaïed et al. 2003). Randby et al (2002) oppnådde også lignende resultater ved høyproduksjon, men her økte andelen av de metta fettsyrene myritin-, palmitin- og stearinsyre i høy i forhold til i frisk gras eller surfôr. For høyensilasje er det noe lavere konsentrasjoner i forhold til i friskt gress, men tapet er mye mindre enn ved tørking til høy. Tapene som ses her relateres til tørkingseffekten og skyldes delvis oksidativ nedbryting og dermed tap av umetta fettsyrer (Boufaïed et al. 2003). Det er generelt lite tap av fettsyrer ved produksjon av surfôr. Når forholdene ved pakking og lukking av silo er ideelle vil anaerobe forhold oppnås kjapt og dermed vil også den oksidative nedbrytingen også raskt stanse. Det vil dermed gi et lavt tap av fettsyrer dersom pakkingen utføres raskt og på en god måte (Dewhurst & King 1998).

I surfôr har det blitt sett en økning i innhold av noen av fettsyrene i forhold til i det friske graset. Denne økningen relateres til tap av andre komponenter som flyktige fettsyrer (VFA), Karbondioksid (CO₂) eller løselige komponenter som tapes som følge av avrenning fra surfôret. Når slike komponenter tapes fra fôret vil konsentrasjonen av de resterende, som for eksempel fettsyrene, øke (Boufaïed et al. 2003).

For raigras har en også sett lignende resultater ved konservering som de beskrevet over angående timotei. Her ble også de største tapene funnet ved tørking eller skyggelegging av fôret før surfôrpakkingen, men også noe tap ved bruk av ensileringsmidler. Det klareste tapet, spesielt av de umetta fettsyrene, ble imidlertid også for raigraset funnet ved lenger tørketid før pakking (Dewhurst & King 1998).

2.6 Nedbryting av fôr i vom og absorpsjon av fett i fordøyelseskanalen

I vomma skjer det en betydelig nedbryting av næringsstoffene ved hjelp av mikrobepopulasjonen. Dette bidrar i stor grad til at melken får den karakteristiske sammensetningen som beskrevet tidligere. Det vil i denne delen bli lagt mest vekt på omdanningen av fett, men da både nedbrytingen av karbohydrater og protein til en viss grad har betydning for fettsyresammensetningen i melken vil også dette bli nevnt.

2.6.1 Karbohydrater

Fôrets karbohydrater brytes ned av vommas mikroorganismer og fører blant annet til dannelse av flyktige fettsyrer (VFA), en viktig energikilde for kyrne. Eddiksyre, propionsyre og smørsyre utgjør størstedelen av VFA produsert i vomma. I grovfôrrike rasjoner utgjør vanligvis eddiksyre den største andelen, deretter følger propionsyre og smørsyre. Ved fôring med kraftfôrrike rasjoner kan en se at konsentrasjonen av propionsyre øker noe, mens konsentrasjonen av eddiksyre går noe ned (Mc Donald et al. 2002).

En betydelig andel av den produserte VFA absorberes direkte over vomveggen til blodet. En mindre andel, 10– 20 % , passerer videre gjennom løpen og absorberes i tynntarmen (Mc Donald et al. 2002). Under absorpsjonen over vomveggen omdannes en andel av smørsyre til β -hydroksysmørsyre og en mindre andel av propionsyre kan også omdannes til laktat. Propionsyre og smørsyre som ikke blir omdannet blir omentrent fullstendig fjernet fra blodet via leveren og utnyttes videre her (Mephram 1983).

Både eddiksyre, propionsyre og smørsyre har en direkte eller indirekte innvirkning på videre omsettingen av næring i jurets melkesyntese. Eddiksyre benyttes til syntese av melkefett og som energikilde (Mephram 1983). Propionat er hovedkilde til glukose som sammen med

galaktose danner laktose. Juret er avhengig av energi i form av laktose for å kunne gjennomføre melkesyntesen (Sjaastad et al. 2003). Smørsyre er hovedkilden til β -hydroksysmørsyre, en forløper til dannelsen av melkefett (Mephram 1983).

2.6.2 Protein

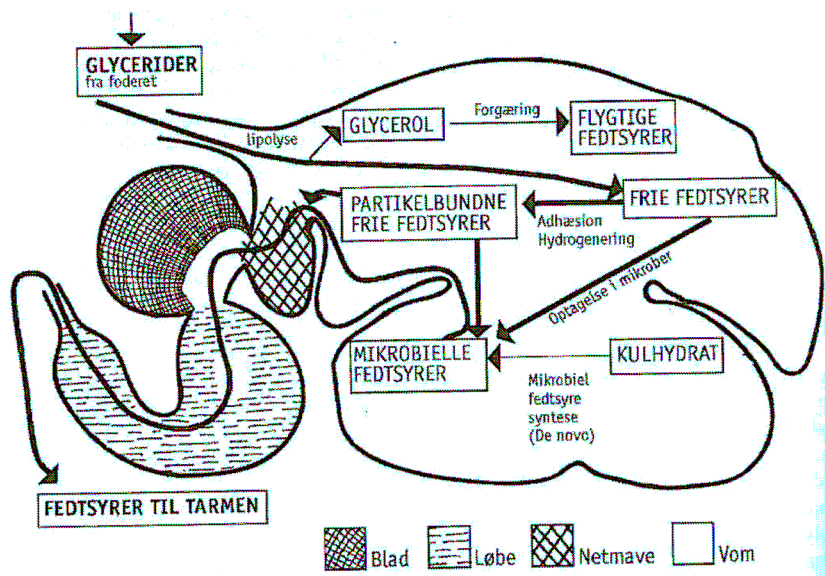
Mikrobene i vomma bryter ned fôrprotein til aminosyrer og peptider som tas opp i mikrobecellene. Peptidene kan brytes ned ytterligere av pepsidaser til aminosyrer og slik bli en del av mikrobeproteinet. De kan også gjennomgå deaminisering og dermed danne VFA, karbondioksid (CO_2) og ammoniakk (NH_3). Hva som videre skjer med peptidene og aminosyrene i mikrobecellene avhenger om det er tilgjengelig energi i form av karbohydrater eller nitrogen til stede. Dersom mikrobecellene har energi tilgjengelig vil aminosyrene kunne benyttes direkte til proteinsyntese. I tilfeller med begrenset tilgang på energi vil aminosyrene deamineres og karbonskjelletet fermenteres da til VFA (Bach et al. 2005).

Nedbryting av protein i vomma har altså to hovedhensikter; sørge for nitrogen til bakteriene og syntese av mikrobielt protein. Vommikrobene benytter seg av karbohydrater og nitrogen som energi og det er dermed avgjørende at disse er til stede for at nedbrytingen skal kunne skje. Når det gjelder syntese av mikrobielt protein har det vist seg at tilførsel av aminosyrer og peptider i vomma har gitt økt bakterievekst i vomma. Dermed mer mikrobemasse som kan bryte ned næringsstoffene som kommer til vomma (Bach et al. 2005). Ved dårlig vekst av mikrobene som følge av store andeler unedbrytbart protein i fôret eller fôr med lavt proteinnivå vil også blant annet nedbrytingen av fôrets karbohydrater kunne bli redusert (Mc Donald et al. 2002).

Andelen protein som gjennomgår nedbryting i vomma avhenger hovedsakelig av faktorer som type protein, samspill med andre næringsstoffer og vommas dominerende mikrobepopulasjon. Mikrobepopulasjonen tilpasser seg vommiljøet avhengig av rasjonstype, passasjehastighet ut av vom og pH i vomma (Bach et al. 2005).

2.6.3 Fett

Størstedelen av fettsyrene tas opp fra fôret i form av triglyserider, glykolipider og fosfolipider (Børsting et al. 2003). I vomma blir fettsyrene omdannet i forholdsvis stor grad gjennom hydrolyse og hydrogenering til stearinsyre før de forlater vomma og kan absorberes i tarm. Dette fører til at fettsyrene som forlater vomma i større grad er mettet i forhold til fettsyrene i fôret (Harfoot & Hazlewood 1988). Figur 2.3 nedenfor viser en skjematisk oversikt over fettsyrenes omdanning i vomma.



Figur 2.3 Oversikt over fettsyrenes omdanning i vomma (Børsting et al. 2003).

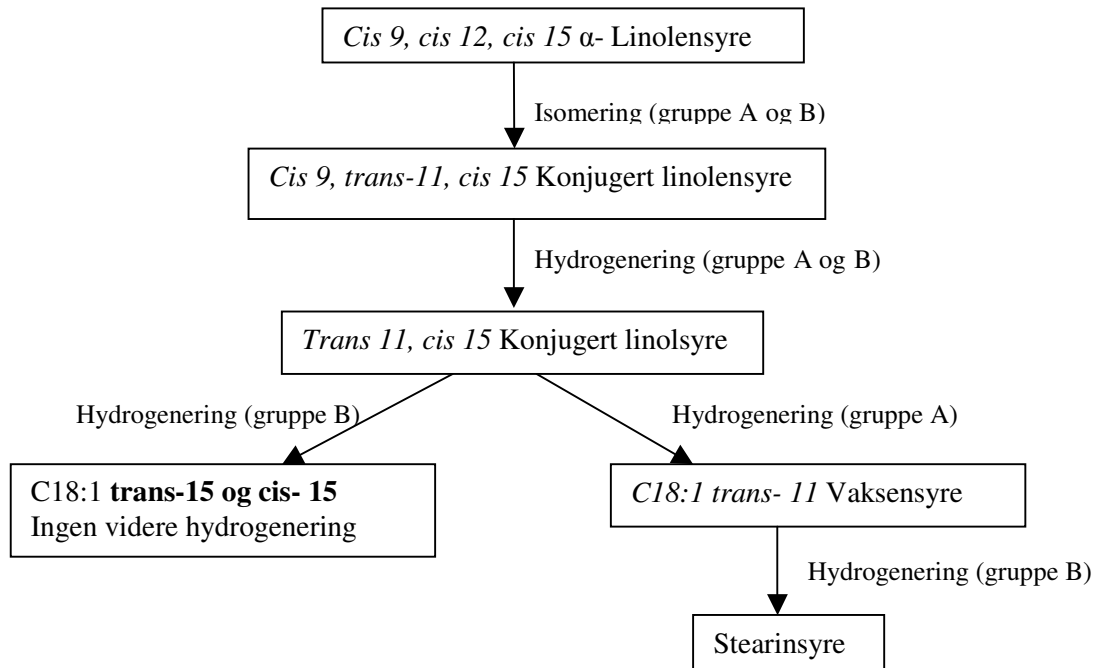
2.6.3.1 Hydrolyse

I vomma hydrolyseres fôrfettets esterbindinger til blant annet frie fettsyrer og glyserol ved hjelp av mikrobielle enzymer (Børsting et al. 2003). Ved hydrolyse av galaktolipider er endeproduktene galaktose, fettsyrer og glyserol (Mc Donald et al. 2002). For at fettsyrene senere skal kunne bli hydrogenert er det nødvendig at fettsyrene opptrer på en uesterifisert form og dermed har en fri karboksylgruppe (Harfoot & Hazlewood 1988). Glyserol og galaktose omdannes videre til flyktige fettsyrer, hovedsakelig propion- og smørsyre. For de fleste ubeskyttede lipidene som kommer til vomma er graden av hydrolyse høy og kan ligge på om lag 85- 90 % (Doreau & Ferlay 1994). Graden av lipolyse kan begrenses ved fôring med stivelsesrike rasjoner som følge av at slike fôrslag kan gi lav pH i vomma (Doreau & Chilliard 2007).

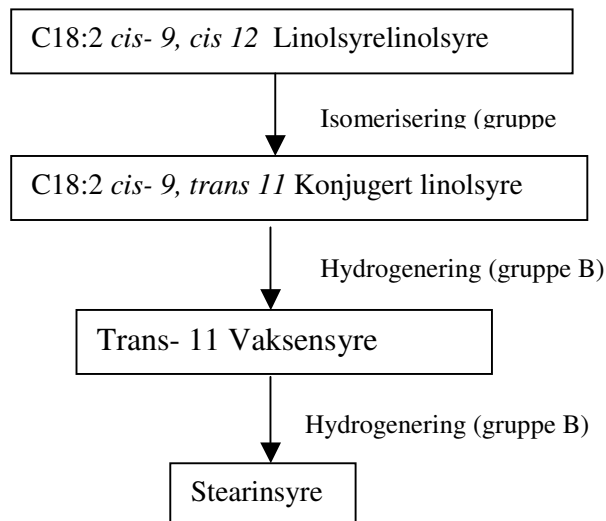
2.6.3.2 Hydrogenering

Etter at fettene har gjennomgått hydrolyse i vomma vil store deler av de umettede fettsyrene hydrogeneres til stearinsyre. Dette er en prosess hvor hydrogen blir tilført fettsyrenes dobbeltbinding og omdanner dem til deres tilsvarende mettede fettsyre (Mc Donald et al. 2002). Dersom hydrogeneringen ikke er fullstendig kan det dannes ulike enumettede isomerer som blant annet transkonfigurasjoner. Linolensyre fra råfettet blir vanligvis nesten fullstendig hydrogenert, mens hydrogeneringen av linolsyre i større grad kan være ufullstendig (Doreau & Ferlay 1994). Om lag 80% av linolsyren og 92% av linolensyren blir fullstendig hydrogenert i vomma (Børsting et al. 2003). Hvilke isomerer som blir dannet som følge av ufullstendig hydrogenering avhenger både av hvilken fettsyre det er snakk om og hvor langt i hydrogeneringsprosessen fettsyrene har kommet. Hydrogeneringen av både linolensyre og linolsyre har et steg hvor vi får dannet CLA, deretter får vi et steg med hydrogenering av cis-dobbelbindingen. Vaksensyre står da igjen som siste steg før fullstendig hydrogenering til stearinsyre oppnås (Harfoot & Hazlewood 1988). Figurene 2.4 og 2.5 viser oversikt over vommas biohydrogenering av linolen og linolsyre.

Effektiviteten til hydrogeneringen avhenger av faktorer som sammensetning av rasjonen og er gjerne høyere ved struktur- og proteinrike rasjoner. Dette skyldes sannsynligvis at fettsyrene da har en større overflate å fordele seg på som igjen kan redusere deres hemmende effekt på den mikrobielle aktiviteten i vomvæsken. I tillegg vil rasjonssammensetning påvirke mikrobepopulasjonen med tanke på deres hydrogeneringsevne (Børsting et al. 2003).



Figur 2.4 Hydrogenering av linolensyre i vom (Harfoot & Hazlewood 1988). Gruppe A og Gruppe B refererer til de to ulike klassene av bakterier som bidrar under hydrogeneringen.



Figur 2.5 Hydrogenering av linolsyre i vom (Harfoot & Hazlewood 1988). Gruppe A og B refererer til de to ulike klassene av bakterier som er involvert i hydrogeneringen

Umettet fett fra fôret kan også påvirke den mikrobielle omsetningen av karbohydrat og protein i vomma ved at umetta fettsyrer kan virke toksisk. Dette gjelder i størst grad for protozoer, men også cellulolytiske bakterier (fermenterer fiberfraksjon i plantemateriale) og kan dermed redusere fordøyeligheten av fôrets karbohydrater. Mellomlange fettsyrer, C12 og C14, virker mer toksisk enn de langkjedede fettsyrene, C16 og C18 og graden øker med økt grad av umettethet. Toksisiteten vil dermed påvirke vommas gjæringsmønster ved at eddik-, og smørsyrekonsentrasjonen kan gå ned, mens produksjonen av propionsyre økes (Børsting et al. 2003).

Normalt vil fôrfett kun ha en mindre betydning på proteintilførselen til tarmen, men kan bli noe påvirket som følge av de nevnte virkningene på mikrobene. Dersom antall protozoer i vomma går ned som følge av toksisk virkning vil også ammoniakkonsentrasjonen i vomma gå ned på grunn av økt effektivitet i den mikrobielle proteinsyntesen (Børsting et al. 2003).

2.6.3.3 Mikrobiell syntese av fettsyrer

Mikrobene i vomma tar opp noe av de frie fettsyrene og disse vil dermed inngå som mikrobielle fettsyrer. I tillegg kan mikrobene også selv danne fettsyrer ved de novo syntese fra VFA produksjon i vomma, men omfanget av dette er begrenset (Børsting et al. 2003). Fettsyrer med odde antall karbonatomer, som C15 og C17, kan oppstå fra syntese av propionsyre med 3 karbonatomer eller ved at kjedelengden blir kuttet av ved oksidasjon ved dette antallet karboner (Doreau & Ferlay 1994).

2.6.4 Absorpsjon av fett fra tarm

Rundt 90 % av fôrlipidene som kommer fra formagene til tarmen er uesterifiserte metta fettsyrer (Doreau & Ferlay 1994). Fettsyrene sitter enten på fôrpartikler, er inkorporert i bakterier eller er deler av avskrapte celler fra vomvegg (Doreau & Chilliard 2007). I tynntarmen blir triglyserider, fosfolipider og glykolipider hydrolysert av lipaser utskilt fra bukspyttkjertelen. Når næringsstoffene ankommer tynntarmen har de en lav pH som følge av det sure miljøet i vomma. I tynntarmen er forholdene i større grad basiske og siden det optimale pH området for lipasene er ved pH 6-7 er disse mest aktive i den midterste delen av tynntarmen hvor også den største andelen av absorpsjonen finner sted. Fettsyrer inkorporeres i miceller og kan bare absorberes når de er inne i disse. Herfra diffunderer fettsyrene passivt

gjennom cellemembranen og inn i tarmceller hvor de re- esterifiseres til triglyserider (Børsting et al. 2003). Før triglyseridene diffunderer ut i blodet inkorporeres de i chylomikroner eller i lipoproteinene, VLDL (Doreau & Chilliard 2007). Fettsyrer fra C12 og nedover og en del av C 14 kan imidlertid diffundere fra tarmcellene til blodet som frie fettsyrer, mens alle lengre fettsyrer esterifiseres før de kan forlate tarmcellen (Børsting et al. 2003).

2.6.5 Fettmetabolisme

Når kyrne er i en negativ energibalanse tidlig i laktasjonen eller ved lav tilførsel av energi fra fôret kan de mobilisere fett fra opplagrede kroppsreserver til melkeproduksjonen. Fettsyrene er i fettvevet lagret som uesterifiserte triglyserider og fettsyresammensetningen er til en viss grad avhengig av fôringen (Chilliard et al. 2000). Triglyserider inneholder om lag dobbelt så mye energi per enhet i forhold til karbohydrater og proteiner, derfor er fett et viktig energilager. Fettet lagres i spesielle fettceller, adipocytter, som danner fettvev i underhudslaget og rundt indre organer (Sjaastad et al. 2003). Normalt består fettvevet hovedsakelig av C16:0, C18:0 og C18:1c9 og i mindre grad også C14:0, C16:1, C17:0, C18:1t11 og kortere fettsyrer. Disse fettsyrene tas direkte opp av juret via blodet som uesterifiserte fettsyrer (Chilliard et al. 2000).

2.7 Fettsyntese i juret

I juret blir om lag halvparten av melkens fettsyrer syntetisert ved de novo syntesen, mens de resterende tas direkte opp fra blodet (Bauman et al. 2006). Melkens fettsyresammensetning avhenger av forhold mellom andelen av fettsyrer som dannes fra de novo syntesen av eddik- og smørsyre og andel fôrfett og dets fettsyresammensetning (Hermansen et al. 2003). Tabell 2.8 viser en oversikt over kilder som påvirker melkens fettsyresammensetning.

Tabell 2.8 Kilder til substrat til melkens fettsyntese (Hermansen et al. 2003).

Substrat	Fettsyrer i melkefett
Eddiksyre og smørsyre fra fermentering av karbohydrat i vom	C4:0- C:10 C12:0- C16:0
Fettsyrer tilført med fôret eller mobilisert fra fettvev	C 18:0, C18:1, C18:2, C18:3
Fettsyrer dannet av mikroorganismene i vomma	C15 og C17

2.7.1 De novo syntesen

Gjennom de novo syntesen dannes om lag halvparten av fettsyrene i melken. Fettsyrene som dannes er partallsfettsyrer med karbonlengde C4- C16. Som karbonkilde til denne syntesen benytter drøvtyggere seg av eddiksyre og β -hydroksysmørsyre fra VFA produksjonen i vomma. Både eddiksyre og β -hydroksysmørsyre medvirker med de første karbonene til de syntetiserte fettsyrene, men eddiksyre er videre den primære karbonkilden i kjedeforlengelsen (Mc Guire & Bauman 2003).

For at fettsyntesen skal kunne skje er juret avhengig av ulike Co- enzymer. I juret aktiviseres eddiksyren og β -hydroksysmørsyren av et coenzym- A som gjør at de kan gjennomgå videre biokjemiske reaksjoner. Eddiksyre fører til dannelse av malanyl CoA fra acetyl- CoA. β -hydroksysmørsyre er grunnleggende for dannelse av β -hydroksybutyryl- CoA som fungerer som primer i starten av fettsyntesen. Under produksjonen av de fire første karbonenheter i fettsyrene er malanyl- og acetyl- CoA bundet sammen av enzymet fettsyresyntase. Under den videre forlengelsen er malanyl CoA bundet til den voksende karbonkjeden av fettsyrer. Fettsyrene blir kuttet av fra malanyl CoA ved ulike lengder som danner de ulike fettsyrene. (Mc Guire & Bauman 2003).

2.7.2 Opptak av fettsyrer fra blod

Fettsyrene som juret tar opp fra blodet stammer fra lipider absorbert i fordøyelseskanalen og fra mobiliserte reserver fra kroppsfett. Dette er i hovedsak lengre fettsyrer fra deler av C16-syrene og oppover. De fordøyelige esterifiserte fettsyrene er pakket inn i lipoproteiner, VLDL og chylomikroner som frakter dem rundt i blodet. Ved opptak benytter juret seg av et enzym, lipoprotein lipase som splitter triglyseridene i enhetene glyserol og uesterifiserte fettsyrer som tas opp av jurets celler. I cellene aktiviseres fettsyrene til CoA- estere og glyserol omdannes til glyserol- fosfat. Disse lange fettsyrene utgjør om lag halvparten av fettene i melken, men mengden varierer noe med kyrnes fysiologiske status og deres energibalanse. Fettsyrene som stammer fra fettmetabolismen tas opp som uesterifiserte fettsyrer og opptaket er proporsjonal med konsentrasjonen av disse fettsyrene i blodet. I tidlig laktasjon hvor kyrne ofte har en negativ energibalanse og en større grad av fettmobilisering fra kroppreserver inntre vil det være større opptak av slike uesterifiserte fettsyrer i juret (Mc Guire & Bauman 2003).

2.7.3 Desaturering

En betydelig del av de metta fettsyrene blir desaturert i juret ved hjelp av enzymet Δ^9 -desaturase. Hovedoppgaven til dette enzymet er å omdanne stearinsyre til oljesyre, men det er også viktig i omdanningen av vaksensyre til CLA (Mc Guire & Bauman 2003). Omtrent 40 % av stearinsyren tatt opp av juret desatureres til oljesyre, som dermed tilsvarer over 50% av melkens innhold av oljesyre, og ca 33% av den opptatte vaksensyren desatureres til CLA. Det er derimot liten aktivitet av Δ^9 desaturase på fettsyrer kortere enn C18, men en mindre andel av C14 og C16 desatureres (Chilliard et al. 2000). Desatureringen senker fettsyrens smeltepunkt og sørger for at melken holdes flytende (Mc Guire & Bauman 2003). Effekten til Δ^9 desaturase kan hemmes ved opptak av en større andel av flerumetta fettsyrer (Chilliard et al. 2000).

2.7.4 Syntese av triglyserider

Etter at fettsyrene har blitt tatt opp gjennom blodet eller syntetisert ved de novo syntesen dannes det triglyserider. Dette skjer ved at fettsyrene esterifiseres til et glyserolmolekyl. Plasseringen av de ulike fettsyrene til glyserolet varierer noe, noen fettsyrer har faste plasseringer, mens andre plasseres mer tilfeldig. For eksempel plasseres laurinsyre seg

tilfeldig, mens smørsyre plasseres primært på det tredje karbonet i glyserol. Når triglyseridene er ferdig dannes formes de til fettdråper med en omsluttende membran (Mc Guire & Bauman 2003).

2.8 Laktasjonsstadiets påvirkning på melkens fettsyresammensetning

Kyrnes laktasjonsstadie kan til en viss grad påvirke både melkens fettkonsentrasjon og fettsyresammensetning. Når melkevolumet går ned utover i laktasjonen ses gjerne en økning i blant annet innhold av fett og protein som til en viss grad kan skyldes nedgang i melkevolum og dermed høyere konsentrasjon av de ulike melkekomponentene (Auldist et al. 1998).

Tidlig i laktasjonen har høytstående kyr normalt ikke kapasitet til å ta opp tilstrekkelig energi i forhold til behovet til melkeproduksjon. Dermed øker fettmetabolismen fra opplagrede fettreserver (Auldist et al. 1998). Jurets de novo syntese av korte og mellomlange fettsyrer går som oftest ned ved økt fettmobilisering (Palmquist et al. 1993). Disse fettsyrene som stammer fra fettmetabolismen og tilføres juret via blodet er hovedsakelig lange frie fettsyrer som palmitinsyre, stearinsyre og C18:1 syrer (Madsen & Nielsen 2003). Dette fører til at melk fra kyr i tidlig laktasjon gjerne har en høyere andel av enumetta fettsyrer og særlig C18:1 i forhold til melk fra midt- og seinlaktasjon (Auldist et al. 1998).

Egne forsøk

3.0 Material og Metode

To forsøk gjennomført ved institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap (IHA) ved universitetet for miljø og biovitenskap (UMB) danner grunnlaget for den eksperimentelle delen av masteroppgaven. Hovedhensikten med forsøkene var å studere nedbrytings- og passasjekinetikk av NDF i vom ved føring med ulike grovfôrslag. En rekke målinger og prøveuttak ble utført; blant annet uttak av bladmageinnhold via vom, total oppsamling av gjødsel og urin og måling av passasjehastighet ved hjelp av markører. Det ble også gjennomført metanmålinger.

Det er melkeprøvene fra disse forsøkene som danner grunnlaget for den eksperimentelle delen i denne masteroppgaven. Forsøk 1 pågikk fra 15.05.09 til 07.08.09. De samme dyrene gikk umiddelbart over i forsøk 2 som varte til 30.10.09. Begge forsøkene bestod av 4 perioder inndelt i en forberedelsesperiode på 11 dager og en prøveperiode på 11 dager. Fôrnivået var lavere i forsøk 2 enn i forsøk 1, ellers var opplegg og gjennomføring likt i begge forsøkene.

3.1 Forsøkskyr

Det ble benyttet 6 vomfistulerte NRF kyr fra stoffskifteavdelingen ved IHA. Den viktigste informasjonen angående forsøkskyrne er satt opp i tabell 3.1 under.

Tabell 3.1 Informasjon angående forsøkskyr. Kalvingsdato, laktasjonsnummer, ytelse og startvekter for begge forsøkene, høyt og lavt fôrnivå.

Ku nr	Kalvingsdato	Laktasjonsnr.	Høyt fôrnivå (forsøk 1)		Lavt fôrnivå (forsøk 2)	
			Ytelse, kg/ dag	Vekt, kg	Ytelse, kg/dag*	Vekt, kg
4531	23/-09	3	43,3	722	27,1	671
4536	17/-09	3	38,5	695	26,2	654
4554	13/2-09	4	25,3	560	16,4	545
4628	17/2-09	4	33	704	16,7	639
4710	22/2-09	3	35,1	628	21,9	619
4772	14/2-09	3	33,8	726	21,9	669

* Da det var en god del feil ved trutestmålingene av melkeytelsen i første tilvenningsperiode i forsøk D- 157 er ytelsen brukt i tabellen målt i prøveperiode nr 1.

3.2 Forsøksfôr

I forsøket ble surfôr av 3 grasarter sammenlignet; mais (blanding av sortene Trinity og Destiny), raigras (Napoleon) og timoteibasert eng (80 % timotei, 15% engsvingel, 2-3% kløver og noe ugras). Fôrrasjonene bestod i tillegg av et spesiallaget kraftfôr.

3.2.1 Grovfôret

Raigraset og timoteiengen ble høstet, fortørket og pakket i rundballer henholdsvis 2. og 3.6. 2008. Begge var førsteslåtter og ble høstet ved sol og varmt sommervær. Det ble tilsatt om lag 4,5 l per tonn gras av ensileringsmiddelet GrasAAT under høstingen. Graset ble slått på morgenen og fortørket 2- 3 timer til hurtigmåling av tørrstoff viste om lag 30% tørrstoff.

Maisen ble sådd 13.5.08 og høstet 14.10.08 med en stubbhøyde på omentrent 20 cm. Fôret ble ensilert i plansilo uten noen form for tilsetning.

3.2.2 Kraftfôret

For å unngå sammenblanding av NDF fra grovfôret med NDF fra kraftfôret ble det produsert et kraftfôr uten noe NDF. Kraftfôrets stivelseskilde var ren hvetestivelse, tabell 3.2. For øvrig var proteinkilden LT- fiskemel og som ekstra fettkilde ble det brukt soyaolje og tørrfett. Nutrifeed Energizer-RP10 tørrfett inneholder store mengder av palmitinsyre, minimum 85% og maks 2% stearinsyre i følge datablad til dette fett.

Tabell 3.2 Sammensetning av kraftfôret benyttet i forsøkene

Komposisjon	Andel %
LT Fiskemel (Egersund sildoljefabrikk)	8
Kukasein (umalt)	8
Ren hvete stivelse	69
Rørmelasse FK	5
Urea	1
Tørrfett (Nutrifeed Energizer RP10)	3
Soyaolje	2
Mineral premix storfe og geit (FK)	4
Sum	100

3.2.3 Kjemisk sammensetning i fôret

Den kjemiske sammensetningen i fôret er vist i tabell 3.3 og 3.4. Dette er et gjennomsnitt av de fire fôrprøvene som ble tatt ut i henholdsvis forsøk 1 og forsøk 2. Det timoteibaserte surfôret har det høyeste innholdet av nøytral løselig fiber (NDF) på om lag 540 g/ kg TS, deretter følger mais og raigras med henholdsvis 466 og 441 g NDF/ kg TS. Det forholdsvis lave innholdet av NDF i grovfôrene tyder på at dette er høstet på et tidlig utviklingsstadium. Råfettinnholdet er klart høyest i timoteiengen med 40g/ kg TS og lavest i maissurfôret (26,30 g/ kg TS), det samme gjelder grovfôrenes innhold av Nitrogen (N) og dermed også råprotein. Høyere innhold av protein i graset tyder, i likehet med lavt NDF innhold, på at dette er gras som er høstet på et tidlig utviklingsstadium. I maissurfôret er det en betydelig andel stivelse, 253 g/ kg TS som følge av surfôrets maiskorninnhold.

Tabell 3.3 Kjemisk sammensetning i grovfôr og kraftfôr benyttet ved høyt fôrnivå (forsøk 1).

	Grovfôr						Kraftfôr	
	Mais		Raigras		Timoteieng			STD
		STD		STD		STD		
Tørrstoff, %	29,1	0,5	29,7	1,2	32,8	2,9	89,3	0,6
Organisk materiale, kg TS	955,4	1,4	925	1,4	935,0	2,8	939,5	0,8
N, kg TS	11,6	0,4	17,0	0,6	22,3	0,7	28,2	0,5
Råprotein, kg TS	72,2	2,5	106,4	3,9	139,7	4,3	176,4	3,5
Råfett, kg TS	26,3	4,1	33,7	2,2	40,4	3,5	55,8	1,7
Stivelse, kg TS	253,1	40,9	0	0	0	0	712,2	26,3
NDF m/ aske, kg TS	466,3	15,0	441,7	13,9	538,9	1,6	0	0
ADF, kg TS	297,4	16,7	274,6	11,7	328,6	6,8	0	0
Aske, kg TS	44,6	1,4	74,9	1,4	64,9	2,7	60,5	0,8

Tabell 3.4 Kjemisk sammensetning i grovfôr og kraftfôr benyttet ved lavt fôrnivå (forsøk 2).

	Grovfôr						Kraftfôr	
	Mais		Raigras		Timoteieng			STD
		STD		STD		STD		
Tørrstoff, %	30,3	0,8	27,2	2,7	28,5	0,4	88,4	0,2
Organisk materiale, kg TS	956,6	1,8	922,3	5,1	935,6	3,6	933,2	4,5
N, kg TS	11,6	0,2	18,5	1,4	22,8	0,2	28,2	0,4
Råprotein, kg TS	72,6	1,1	115,9	9,0	142,7	1,3	176,1	2,7
Råfett, kg TS	24,0	2,1	36,1	5,0	40,5	2,8	57,4	0,8
Stivelse, kg TS	257,0	37,9	0	0	0	0	668,4	23,7
NDF m/ aske, kg TS	441,8	16,8	468,2	8,1	542,8	6,6	0	0
ADF, kg TS	280,4	7,7	286,8	11,7	326,0	5,3	0	0
Aske, kg TS	43,4	1,8	77,7	5,1	64,4	3,6	66,8	4,5

3.2.3.1 Fettsyresammensetning i fôret

Fettsyresammensetning i fôret benyttet under de to forsøkene er vist i tabell 3.5 og 3.6 nedenfor. Blandt grovfôrsortene er det høyest innhold av metta fettsyrer, 35 %, i maissurfôret i forhold til 22,4% og 23,4% for surfôr av henholdsvis raigras og timotei. Det er særlig høyt innhold av palmitinsyre C16:0 som gjør at det totalt er såpass stor andel metta fettsyrer i dette fôret. Raigras- og timoteisurfôret ligger om lag likt på innhold av umetta fettsyrer og ligger noe høyere enn maissurfôret det er hovedsaklig høyt innhold av C18:3 som fører til disse utslagene. Surfôret av mais har et svært lavt innhold av C18:3, men derimot høyest andel C18:2. Karakteristisk for kraftfôret er et høyt innhold av C16:0 som nok skyldes at dette er tilsatt en type tørrfett (Nutrifeed Energizer RP10) som inneholder minimum 85 % C16:0.

Tabell 3.5 Fettsyresammensetning i grovfôr og kraftfôr benyttet ved høyt fôrnivå (forsøk 1).

g/ 100g	Grovfôr						Kraftfôr
	Mais	STD	Raigras	STD	Timotei	STD	
C4:0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
C6:0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
C8:0	0,3	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2
C10:0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
C12:0	0,6	0,1	0,3	0,0	0,2	0,0	0,2
C13:0	8,2	1,3	3,6	0,4	3,6	0,4	1,3
C14:0	0,7	0,0	0,5	0,0	0,7	0,0	1,8
C15:0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
C16:0	21,6	0,0	15,3	0,4	15,6	0,6	44,2
C16:1	0,3	0,1	0,6	0,0	0,8	0,1	0,7
C17:0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
C18:0	1,7	0,0	1,0	0,0	1,1	0,1	4,5
C18:1t7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
C18:1c9	13,7	0,6	1,9	0,0	2,4	0,0	30,6
C18:1c7	0,5	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	1,3
C18:2	34,3	1,9	12,2	0,0	15,0	0,0	4,9
C20:0	0,5	0,0	0,4	0,0	0,5	0,0	0,2
C20:1	5,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
C18:3	0,1	0,0	49,2	0,3	43,4	0,3	0,9
C20:2	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4
C22:0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,7	0,0	0,1
C20:3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
C22:1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
C20:3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
C23:0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
C20:5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
C24:0	0,5	0,1	0,3	0,0	0,4	0,1	0,0
C24:1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,3	0,1	0,1
C22:5	0,1	0,0	0,2	0,0	0,5	0,0	0,0
C22:6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Totale metta fettsyrer	35,5		22,4		23,4		54,1
Totale umetta fettsyrer	54,9		64,9		63,2		39,8

Tabell 3.6 Fettsyresammensetning i grovfôr og kraftfôr benyttet ved lavt fôrnivå (forsøk 2).

mg/ 100g	Grovfôr						Kraftfôr
	Mais	STD	Raigras	STD	Timotei	STD	
C4:0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
C6:9	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
C8:0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2
C10:0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
C12:0	0,5	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,3
C13:0	6,1	0,5	4,0	0,9	3,4	0,4	2,2
C14:0	0,6	0,1	0,5	0,0	0,6	0,0	2,1
C15:0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
C16:0	20,2	1,4	14,7	0,1	15,1	0,5	42,4
C16:1	0,4	0,1	0,6	0,0	0,8	0,1	0,7
C17:0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
C18:0	1,7	0,1	1,0	0,0	1,1	0,0	3,9
C18:1t7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
C18:1c9	15,0	0,1	1,9	0,0	2,5	0,1	29,1
C18:1c7	0,7	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	1,2
C18:2	38,3	2,8	12,4	0,2	15,4	0,3	6,2
C20:0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,5	0,0	0,2
C20:1	6,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
C18:3	0,2	0,0	50,1	0,1	44,3	0,5	0,9
C20:2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4
C22:0	0,3	0,0	0,5	0,0	0,6	0,0	0,1
C22:1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
C20:3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
C23:0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
C20:5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
C24:0	0,4	0,0	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0
C24:1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0
C22:5	0,1	0,0	0,2	0,0	0,4	0,0	0,0
C22:6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Totale metta fettsyrer	31,3		22,2		22,4		52,9
Totale umetta fettsyrer	60,8		65,9		64,3		39,8

3.3 Opplegg og gjennomføring av forsøk

Dette kapitlet omhandler fordelingen av de ulike grovfôrtypene og kraftfôrnivå mellom de ulike kyrne. Regime for tildeling av fôr, tilbakeveiting av rester og fôrmengder er også med under dette avsnittet.

3.3.1 Fôrrasjoner, fôring og tilbakeveiting av rester

Kyrne fikk tildelt fôr 7 ganger i døgnet, hvorav en manuell fôring på morgenen klokken 06.00. Resten av rasjonen ble jevnt fordelt på automatiske fôringsbånd med utfôring klokken 09.00, 12.00, 15.00, 18.00, 21.00 og 24.00. Det ble samlet opp fôrrester på morgenen før den manuelle fôringen.

3.3.1.1 Grovfôrtildeling

I tilvenningsperiodene ble grovfôret fôret ad libitum (fri tilgang) og ut fra mengdene de spiste her ble det beregnet hvor mye som skulle tildeles i prøveuttaksperiodene. I prøveuttaksperiodene ble det tildelt 90% av det dyrene hadde spist under ad libitumfôringen.

For å oppnå lik kvalitet på grovfôret gjennom hele perioden ble grovfôret i forkant av hver periode pakket klart i rasjoner og frosset ned i frysecontainere. Surfôr av timotei og raigras ble kuttet i en mikser før pakkingen for å få likest mulig kuttelengde på grovfôret og god blanding. Mikseren som ble benyttet var av merket Kuhn Euromix 1.

3.3.1.2 Kraftfôrtildeling

I forsøk 1 fikk kyrne enten 12 kg kraftfôr (høyt nivå) eller 8 kg kraftfôr (lavt nivå). Det ble tildelt henholdsvis 3 og 2 kg manuelt klokken 06.00 om morgenen. De gjenværende 9 og 6 kg ble fordelt på fôringsbåndet sammen med grovfôret.

I forsøk 2 fikk kyrne tildelt enten 7 kg (høyt nivå) eller 3 kg (lavt nivå) kraftfôr. Ved tildeling av 7 kg kraftfôr ble 2 kg tildelt klokken 06.00 om morgenen, mens resten ble fordelt på fôringsbåndene sammen med grovfôret. Ved 3 kg kraftfôr ble 0,8 kg tildelt om morgenen og resten på fôringsbåndene sammen med grovfôret.

3.3.2 Fordeling av fôrrasjoner mellom forsøksdyrene

Rekkefølgen på rasjonene gitt til forsøkskyrne er satt opp i tabell 3.7. Dette er et ubalansert latinsk kvadrat med 4 fôrbyttinger fordelt på de tre grovfôrsortene innen hvert forsøk. Det gjør at de samme kyrne har spist det samme grovfôret i periode 1 og periode 4. Ved overgang til ny periode ble det overført noe vominnhold mellom kyrne slik at vomma lettere tilpasset seg den nye fôrrasjonen.

Tabell 3.7 Fôrfordeling mellom kyrne benyttet i begge forsøkene.

Periode	Ku					
	4531	4536	4554	4628	4710	4772
1	Timotei + høyt kr.fôrnivå	Timotei + høyt kr.fôrnivå	Mais + lavt kr.fôrnivå	Mais + høyt kr.fôrnivå	Raigras + høyt kr.fôrnivå	Raigras + høyt kr.fôrnivå
2	Raigras + høyt kr.fôrnivå	Mais + høyt kr.fôrnivå	Raigras + lavt kr.fôrnivå	Timotei + høyt kr.fôrnivå	Timotei + høyt kr.fôrnivå	Mais + lavt kr.fôrnivå
3	Mais + høyt kr.fôrnivå	Raigras + lavt kr.fôrnivå	Timotei + lavt kr.fôrnivå	Raigras + lavt kr.fôrnivå	Mais + høyt kr.fôrnivå	Timotei + lavt kr.fôrnivå
4	Timotei + lavt kr.fôrnivå	Timotei + lavt kr.fôrnivå	Mais + lavt kr.fôrnivå	Mais + lavt kr.fôrnivå	Raigras + høyt kr.fôrnivå	Raigras + lavt kr.fôrnivå

3.4 Uttak av prøver

Denne oppgaven er begrenset til å omfatte registreringer av melkeytelse samt uttak av fôr og melkeprøver. De enkelte uttak og registreringer foretatt i den forbindelse er beskrevet i dette kapittelet.

3.4.1 Fôrprøver

Det ble tatt ut fôrprøver av både grovfôret og kraftfôret i hver periode under oppveiningen og pakkingen av rasjonene. Disse prøvene ble sendt til kjemisk analyse for innhold av tørrstoff, råfett, råprotein, NDF, stivelse, nitrogen og aske. Resultatene fra disse analysene er fremstilt som fôrets kjemisk sammensetning i tabell 3.3 og 3.4 under avsnittet ”kjemisk sammensetning i fôret”.

Det ble i tillegg sendt inn fôrprøver til analyse av grovfôrets og kraftfôrets fettsyresammensetning. Til disse analysene ble det for hvert forsøk sendt inn to grovfôrprøver

av hver grovfôrsort og en kraftfôrprøve. For grovfôrprøvene ble prøvemateriale fra periode 1 og 2 blandet sammen til en prøve av hvert grovfôr og periode 3 og 4 ble blandet sammen til en prøve av hvert grovfôr. Resultatene av disse analysene er fremstilt i tabell 3.5 og 3.6 under avsnittet ”kjemisk sammensetning i fôret”.

3.4.2 Melkeytelse

Melkeytelsen ble målt i forbindelse med den daglige melkingen klokken 06.30 og 15.30 ved å benytte trutest måleapparat.

3.4.3 Melkeytelse og melkeprøver

Det ble tatt ut melkeprøver under melkingen de tre første dagene i hver prøveuttaksperiode (dag 12, 13 og 14) som vist i tabell 3.8. Regime for uttak av melkeprøver var likt i begge forsøkene.

Tabell 3.8 Oversikt over dager med uttak av melkeprøver i tilvenningsperiode og prøveuttaksperiode i begge forsøkene (høyt og lavt fôrnivå).

Dag	Prøveuttak
12	Melkeprøver
13	Melkeprøver
14	Melkeprøver

Mellom hvert uttak ble prøvene oppbevart kjølig i egne dunker for hver ku. Etter at den siste melkeprøven var tatt ut på dag 14 ble forarbeidingen av prøvene som skulle sendes til analyse utført. Den oppsamlede melken i dunkene ble varmet opp i vannbad til en temperatur på om lag 38 grader °C. Det ble til sammen tatt ut 4 prøver til analyse fra hver ku. To for fettanalyse og to for analyse av laktose, protein, fett, frie fettsyrer, urea og celletall, hvorav en til selve analysene og en reserve. Fettsyreanalysene ble etter uttak fryst ned og sendt inn samlet når begge forsøkene var ferdige. Melkeprøvene til de andre analysene ble sendt med melkebilen ved neste tanktømming.

3.5 Analysemetoder

I forbindelse med denne oppgaven har det blitt analysert for kjemisk innhold i fôret, innhold av protein, laktose, fett, frie fettsyrer og urea i melk i tillegg til analyse av fettsyresammensetning i fôr og melk.

3.5.1 Fôr

Analysene av fôrets kjemiske sammensetning (tørrstoff, råfett, råprotein, stivelse, NDF, ADF og aske) og fettsyresammensetning ble gjennomført ved laboratoriet ved institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap etter standard metoder.

3.5.2 Fett, protein, laktose, urea, frie fettsyrer i melk

Disse analysene ble utført av Tines laboratorier ved Tine meieriet Øst i Brummundal etter standard fremgangsmetode.

3.5.3 Fettsyrer i melk

Melkeprøvene som ble analysert for fettsyreinhold ble sendt inn til Vitas i Oslo. De benytter en analysemetode som består av tre steg. Det første er en 2- trinns sentrifugering beskrevet av Feng et al. (2004)(¹) hvor prøvematerialet deles opp i tre lag hvor lipider ligger på toppen, deretter protein, fett og andre uløselige stoffer. Nederst finnes et vannlag.

Neste steg er transesterifisering av lipidene hvor det tilsettes heksan og metylacetat og to reagenter, metyleringsreagent og en sluttagent på slutten av reaksjonstiden. Dette blir gjort etter en metode av Christie (1982)(²). Metoden har senere blitt modifisert av Chouinard et al (1999). De enkelte fettsyrene bestemmes til slutt ved bruk av gasskromatografi ved en FID (flame ionization detector)- metode.

3.6 Beregninger og statistisk analyse

Til den statistiske analysen har programmet SAS blitt benyttet. Under den statistiske testingen har generell lineær modell blitt benyttet for å finne samsvar mellom type surfôr, kraftfôrnivå, melkemengde og fettsyresammensetningen i melken.

Statistisk signifikans er satt ved en grense på P- verdi $< 0,05$ og statistisk tendens er satt ved $P < 0,1$.

3.6.1 Fôropptak

Fôropptaket har blitt beregnet ut fra tildelt fôr subtrahert de oppsamlede restene. Andelen av restene er beregnet ved restenes tørrstoffinnhold og en skjønnsmessig vurdering av forholdet mellom grovfôret og kraftfôret i resten. På den måten har en fått et bilde på hvor mye av restene som bestod av grovfôr og hvor mye av restene som bestod av kraftfôr.

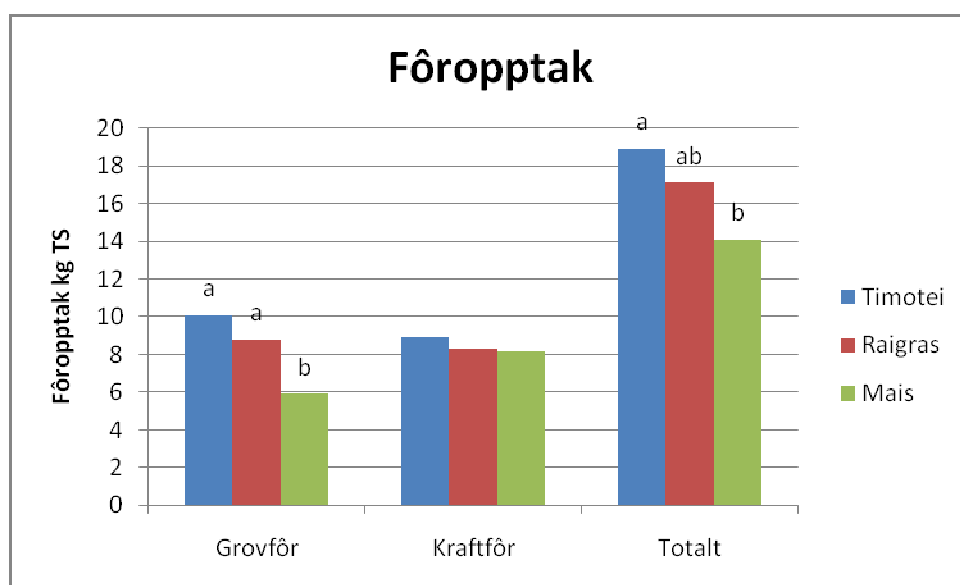
4.0 Resultater

I oppgaven er hovedvekten lagt på fôropptak, melkeytelse og fettsyresammensetning i melk. Først vil resultater fra forsøk på høyt fôrnivå (forsøk1) presenteres, deretter resultater fra forsøket på lavt fôrnivå (forsøk 2). Til slutt sammenlignes melkens innhold av de viktigste fettsyrene ved de to fôrnivåene (forsøk 1 og 2).

4.1 Forsøk D- 153

4.1.1 Fôropptak

Fôropptaket varierte en del mellom de tre grovfôrsortene, lavest for kyrne som fikk maissurfôr og høyest ved fôring med timoteisurfôr. Gjennomsnittlig opptak av de tre grovfôrslagene er vist i figur 4.1. Forskjellen mellom opptak av timoteibasert surfôr og maissurfôr var om lag 4 kg TS/ dag, med størst forskjell ved høyt kraftfôrnivå.



Figur 4.1 Gjennomsnittlig opptak av grovfôr og kraftfôr ved høyt fôrnivå

Gjennomsnittlig opptak av grovfôr og kraftfôr ved ulikt kraftfôrnivå er vist i tabell 4.1. Verdiene i tabellen er ikke statistisk testet. Grovfôrslag hadde ikke virkning på opptak av kraftfôr ved lavt kraftfôrnivå. Ved fôring med høyt kraftfôrnivå var kraftfôropptaket høyest ved fôring med timoteisurfôr og lavest ved fôring med raigrassurfôr. Det laveste totale

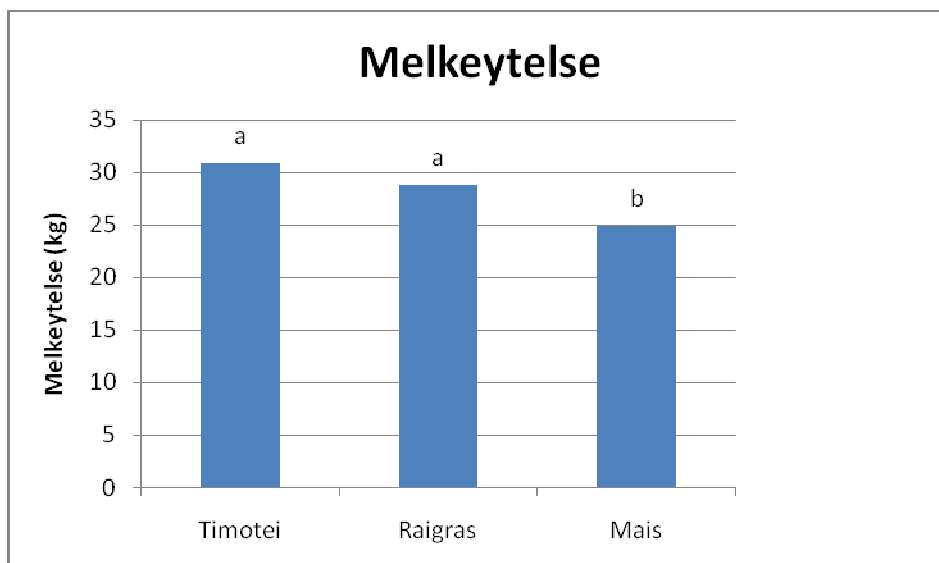
fôropptaket var ved fôring med maissurfôr. Dette skyldes det lave opptaket av maissurfôret i forhold til de to andre grovfôrene.

Tabell 4.1 Opptak av grovfôr ved høyt og lavt kraftfôrnivå ved fôring på høyt fôrnivå (forsøk 1), kg TS/dag

Fôr (kg TS)	Grovfôr	Kraftfôr	Totalt opptak
Timoteisurfôr + lavt kr. Fôrnivå	10,8	7,2	17,9
Raigrassurfôr + lavt kr. Fôrnivå	9,6	7,2	16,8
Maissurfôr + lavt kr. Fôrnivå	6,5	7,1	13,6
Timoteisurfôr + høyt kr. Fôrnivå	9,7	10,3	20,0
Raigrassurfôr + høyt kr. Fôrnivå	8,6	8,9	17,5
Maissurfôr + høyt kr. Fôrnivå	6,3	9,4	15,7

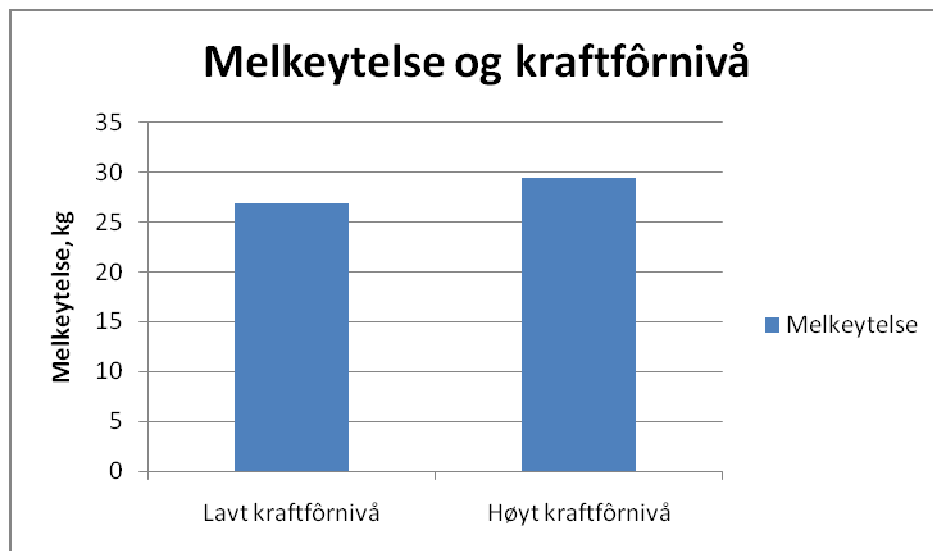
4.1.2 Melkeytelse

Gjennomsnittlig melkeytelse for de tre grovfôrslagene er fremstilt i figur 4.2. Det er forholdsvis store utslag, høyest ytelse ved fôring med timoteibasert surfôr og lavest ytelse ved fôring med maissurfôr, med en forskjell på ca 6 kg. Fôring med raigras kommer i en mellomstilling med om lag 2 kg mindre melk enn fra timoteisurfôret.



Figur 4.2 Melkeytelse ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved høyt fôrnivå (forsøk 1).

Kraftfôrets virkning på melkeytelsen er vist i figur 4.3. Det høyeste kraftfôrnivået gir den høyeste melkeytelsen, men forskjellen er ikke statistisk signifikant. Forskjellen mellom de to nivåene ligger på omentrent 3 kg melk per dag.



Figur 4.3 Melkeytelse ved fôring på høyt fôrnivå (forsøk 1) i forhold til kraftfôrnivå.

Effekt av fôrrasjon på melkeytelse er fremstilt i tabell 4.2. Det er ikke gjort noen statistisk beregning på disse resultatene, men den høyeste melkeytelsen er oppnådd ved fôring med timoteisurfôr og høyt kraftfôrnivå. Den laveste melkeytelsen er oppnådd ved fôring med maissurfôr og lavt kraftfôrnivå.

Tabell 4.2 Melkeytelse ved fôring på høyt fôrnivå for de ulike grovfôrsortene kombinert med høyt eller lavt kraftfôrnivå.

Fôr	Melk (kg)
Timoteisurfôr + lavt kr.fôrnivå	26,9
Raigrassurfôr + lavt kr.fôrnivå	25,8
Maissurfôr + lavt kr.fôrnivå	22,8
Timoteisurfôr + høyt kr.fôrnivå	33,8
Raigrassurfôr + høyt kr.fôrnivå	31,2
Maissurfôr + høyt kr.fôrnivå	28,7

4.1.3 Melkens innhold av fett, protein, laktose og urea

Det var ingen stor effekt verken av grovfôrtype eller kraftfôrnivå på melkens innhold av fett, frie fettsyrer, protein eller laktose. Raigrassurfôr gav det signifikant laveste innholdet av urea i melken. Det er også statistisk tendens til høyere konsentrasjon av urea ved høyt kraftfôrnivå (Tabell 4.3).

Tabell 4.3 Melkens innhold av fett, protein og laktose i % av melken, urea og frie fettsyrer i mmol/l ved høyt fôrnivå (forsøk 1).

	Forsøksledd					Kraftfôrnivå			
	Timotei	Raigras	Mais	SE mean	P-verdi	Lavt	Høyt	SE mean	P- verdi
Fett	4,02	3,98	3,89	0,198	0,8925	4,02	3,9	0,19	0,702
Frie fettsyrer	1,16	1,43	1,14	0,26	0,66	1,22	1,26	0,245	0,907
Protein	3,33	3,33	3,17	0,132	0,595	3,27	3,28	0,125	0,963
Laktose	4,59	4,62	4,61	0,062	0,939	4,68	4,54	0,058	0,159
Urea	3,36a	2,3b	3,08a	0,157	0,0013	2,66	3,16	0,149	0,05

4.1.4 Fettsyresammensetning i melken

Fettsyresammensetningen i melken ved fôring med de ulike grovfôrrasjonene er fremstilt i tabell 4.4 under. Grovfôrslag hadde generelt liten effekt på fettsyresammensetningen i melken. Imidlertid skilte surfôr av mais seg noe statistisk fra timotei- og raigrassurfôr:

- Lavere innhold av de metta fettsyrene C18:0 C20:0.
- Høyere innhold av C18:2 og lavere innhold av C18:3. Tendens til høyere innhold av C18:1c11.
- Høyere innhold av transfettsyrene C18:1t9 og C18:1t10.

Ved fôring med timoteisurfôr eller raigrassurfôr var det kun statistisk tendens til høyere innhold av (C20:0) ved fôring med timoteibasert surfôr.

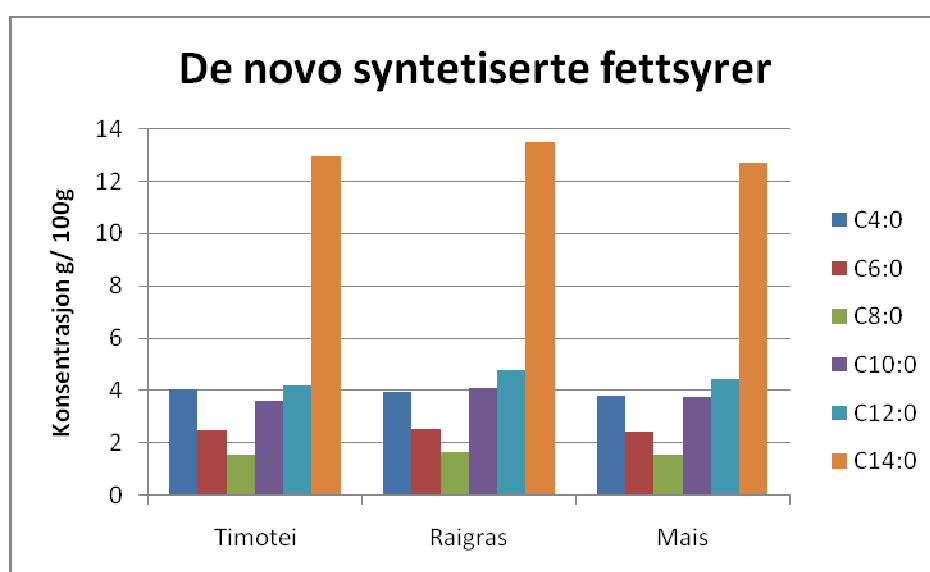
Kraftfôrnivåene har gitt signifikante forskjeller på innhold av korte- og mellomlange fettsyrer (C6- C12), høyest konsentrasjoner ved høyt kraftfôrnivå. Signifikant høyere innhold av C16:1c9 ved lavt kraftfôrnivå.

Tabell 4.4 Fettsyresammensetning i melken ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais og høyt eller lavt kraftfôrnivå. Gjennomsnittsverdier for de enkelte grovfôrene og kraftfôrnivå, standardfeil (SE mean) for surfôr og kraftfôrnivå og p- verdier for surfôrtype og kraftfôrnivå.

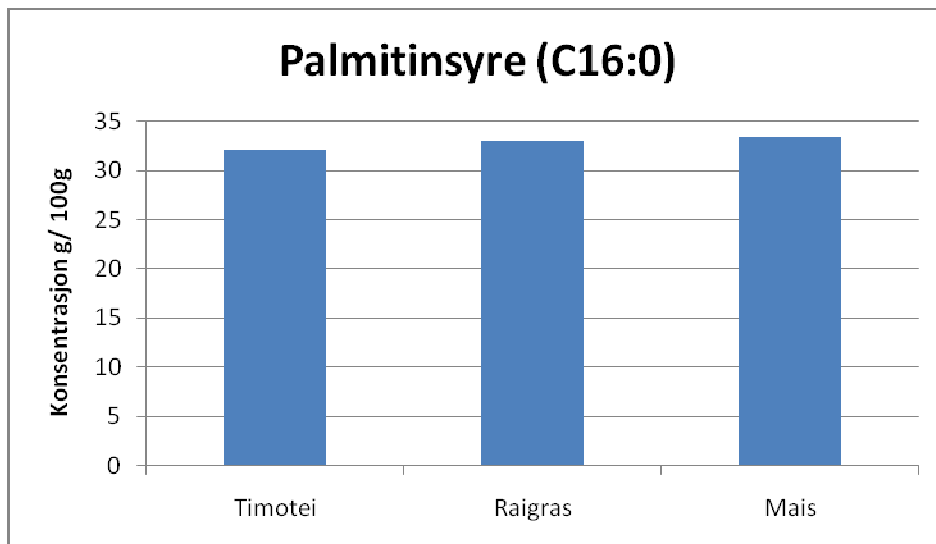
Fettsyrer g/ 100g	Forsøksledd					Kraftfôr				Root MSE
	Timotei	Raigras	Mais	SE mean	P-verdi	Lavt	Høyt	SE mean	P- verdi	
C4:0	4,05	3,94	3,82	0,12	0,41	3,87	3,99	0,11	0,48	0,28
C6:0	2,48	2,55	2,40	0,06	0,26	2,32	2,64	0,06	0,01	0,15
C8:0	1,54	1,64	1,53	0,06	0,26	1,39	1,75	0,05	0,001	0,13
C10:0	3,62	4,09	3,77	0,21	0,30	3,22	4,44	0,20	0,002	0,50
C12:0	4,17	4,78	4,42	0,27	0,30	3,77	5,15	0,26	0,005	0,65
C14:0	12,96	13,52	12,70	0,43	0,38	12,42	13,70	0,41	0,06	1,01
C14:1	1,07	1,10	1,03	0,11	0,88	1,15	0,98	0,10	0,30	0,25
C15:0	0,99	1,00	0,87	0,06	0,30	0,99	0,91	0,06	0,43	0,15
C16:0	32,11	32,94	33,38	0,96	0,64	34,03	31,59	0,90	0,10	2,26
C16:1	1,42	1,45	1,73	0,16	0,32	1,85	1,22	0,15	0,02	0,37
C17:0	0,41	0,43	0,41	0,02	0,89	0,42	0,41	0,02	0,91	0,06
C18:0	8,06(a)	7,36(ab)	6,47(b)	0,36	0,03	6,93	7,66	0,34	0,18	0,85
18:1t9	0,17(b)	0,18(b)	0,26(a)	0,02	0,02	0,20	0,21	0,02	0,79	0,05
C18:1t10	0,23(b)	0,33(b)	0,57(a)	0,07	0,02	0,31	0,44	0,07	0,25	0,17
C18:1t11	0,76	0,66	0,63	0,09	0,59	0,69	0,68	0,088	0,98	0,22
C18:1c9	16,54	15,03	16,71	1,13	0,49	17,17	15,02	1,06	0,21	2,67
C18:1c11	0,47	0,41	0,58	0,05	0,06	0,50	0,48	0,04	0,76	0,11
C18:2	0,89(b)	0,92(b)	1,42(a)	0,07	0,0002	1,10	1,06	0,06	0,70	0,15
C18:3	0,40(a)	0,44(a)	0,22(b)	0,023	< 0,001	0,38	0,33	0,021	0,18	0,053
C20:0	0,18(a)	0,16(ab)	0,14(b)	0,007	0,009	0,15	0,17	0,006	0,071	0,016
CLA	0,37	0,33	0,40	0,037	0,46	0,41	0,33	0,034	0,14	0,086
ARA	0,06	0,07	0,08	0,009	0,34	0,07	0,08	0,008	0,49	0,02
EPA	0,07	0,07	0,07	0,006	0,79	0,07	0,08	0,006	0,22	0,01
DHA	0,08	0,08	0,09	0,007	0,35	0,08	0,10	0,006	0,08	0,02
Totale metta Fettsyrer	70,57	72,41	69,91			69,51	72,41			
Totale umetta Fettsyrer	21	19,78	21,93			22,37	19,35			
Totale trans fettsyrer	1,53	1,5	1,86			1,61	1,66			
Totale fettsyrer	93,15	93,49	93,71	0,24	0,27	93,47	93,43	0,22	0,89	0,56

4.1.4.1 Metta fettsyrer

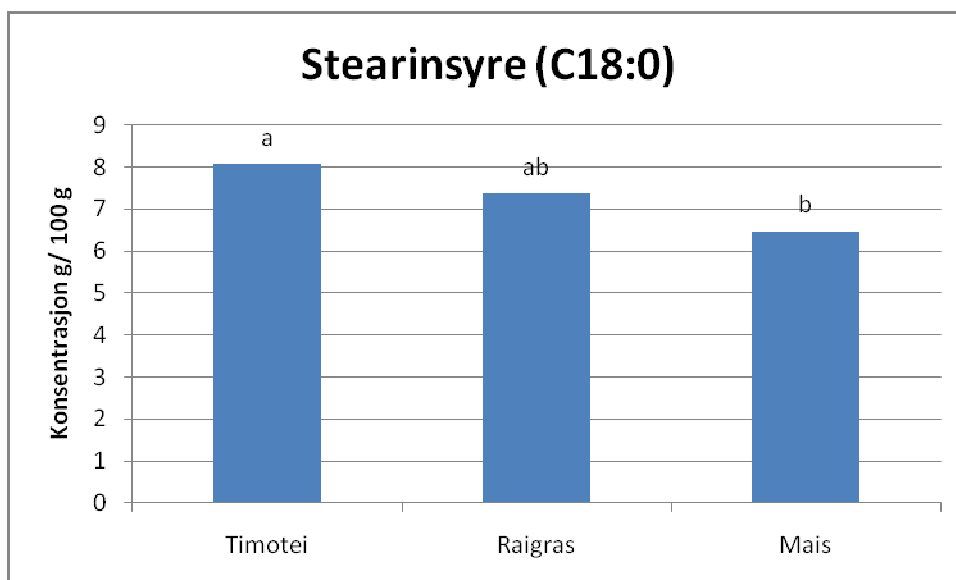
Grovfôrets innvirkning på melkens innhold av metta fettsyrer er vist i figurene 4.4- 4.7. På de de novo syntetiserte fettsyrene er det ingen signifikante effekter for grovfôrsort, men effekt av kraftfôrnivå med høyest andel ved høyt kraftfôrnivå (tabell 4.4). Innholdet av stearinsyre er signifikant lavere ved fôring med maissurfôr i forhold til surfôr av raigras og timotei. Den høyeste andelen av denne fettsyren var ved fôring med det timoteibaserte surfôret. For palmitinsyre derimot, ga fôring med maissurfôr høyest og timoteisurfôr lavest innhold i melken. Her var det ingen statistisk signifikant forskjell og den nominelle forskjellen er liten.



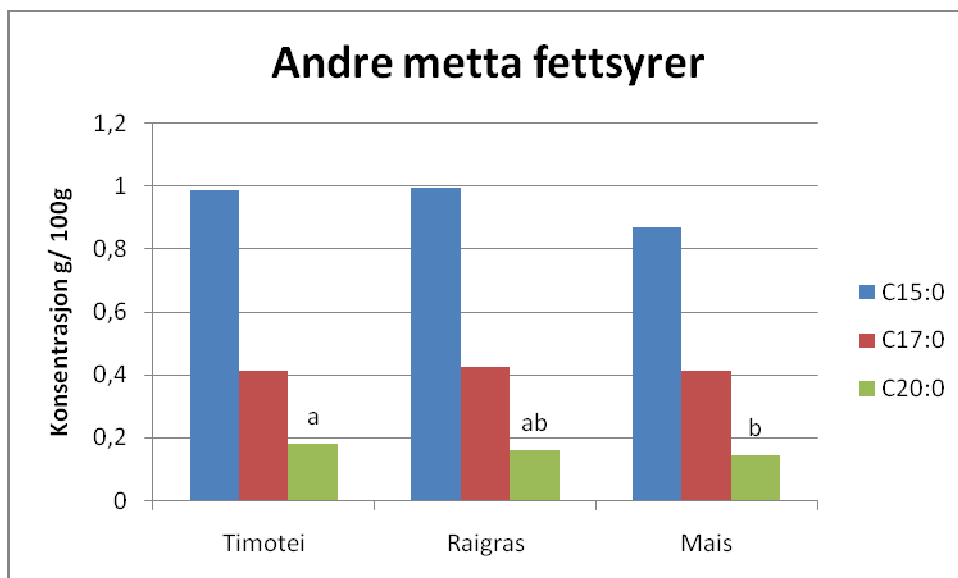
Figur 4.4 Konsentrasjon av de novo syntetiserte fettsyrer i melken ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved høyt fôrnivå (forsøk 1).



Figur 4.5 Konsentrasjon av palmitinsyre (C16:0) i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved høyt fôrnivå (forsøk 1).



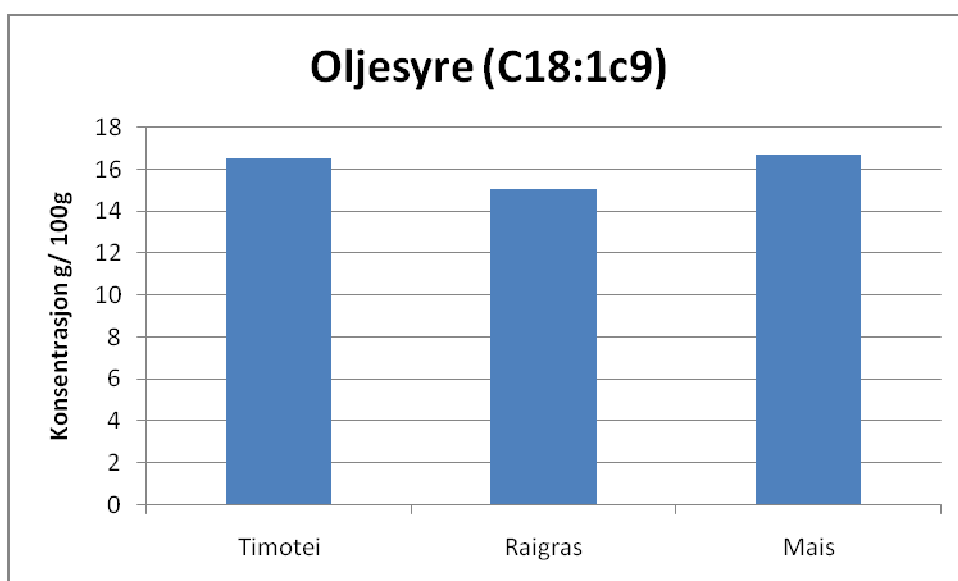
Figur 4.6 Konsentrasjon av stearinsyre (C18:0) i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved høyt fôrnivå (forsøk 1).



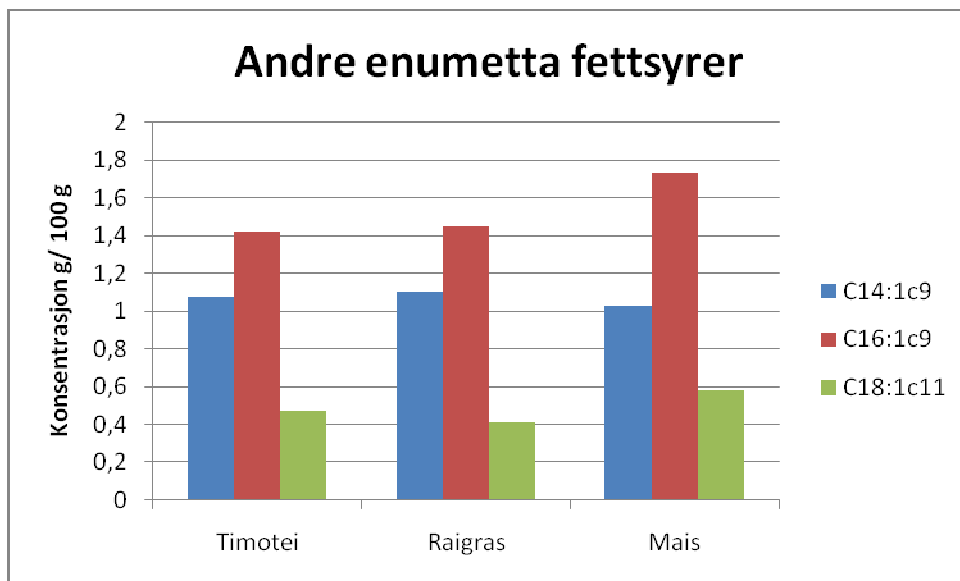
Figur 4.7 Konsentrasjon av C15:0, C17:0 og arakinsyre (C20:0) ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved høyt fôrnivå (forsøk 1)

4.1.4.2 Enumetta fettsyrer

Ingen signifikante forskjeller mellom grovfôrtype på innhold av enumetta fettsyrer i melken. Statistisk tendens til høyere innhold av C18:1c11 ved fôring med maissurfôr. Kraftfôrnivå hadde signifikant effekt på fettsyren C16:1, hvor høyeste verdi ble oppnådd ved det lave kraftfôrnivået. Innhold av C18:1c9 og de andre enumetta fettsyrene er vist i figurene 4.8 og 4.9. Raigraset ga nummerisk lavest innhold av C18:1c9, men utslaget er ikke statistisk sikkert.



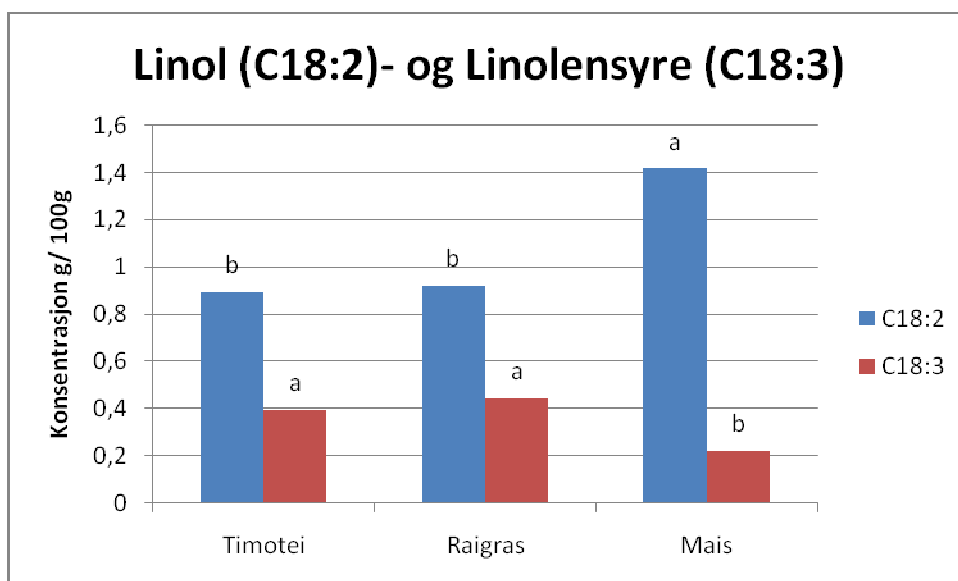
Figur 4.8 Konsentrasjon av oljesyre ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved høyt fôrnivå (forsøk 1).



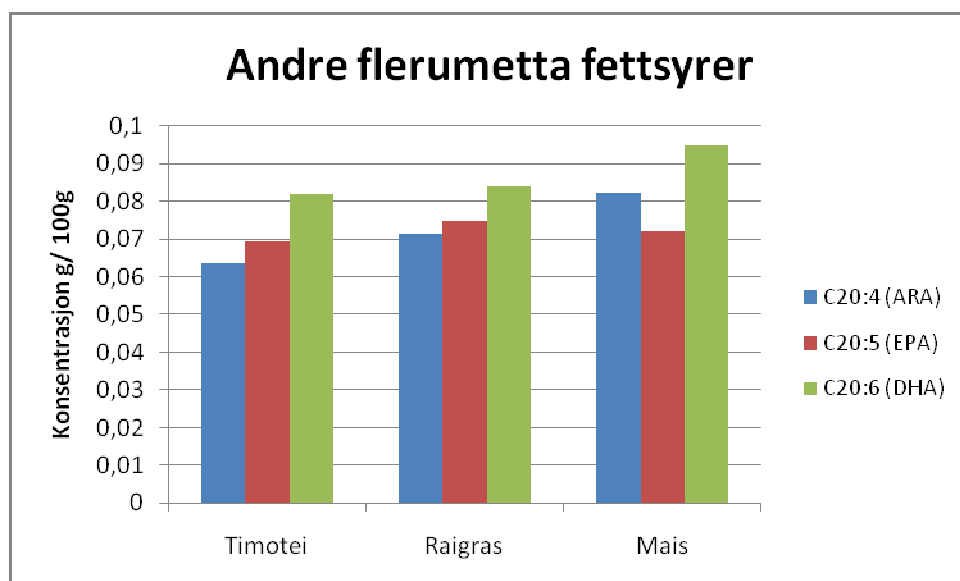
Figur 4.9 Konsentrasjon av andre enumetta fettsyrer, utenom oljesyre i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved høyt fôrnivå (forsøk 1).

4.1.4.3 Flerumetta fettsyrer

Maissurfôret gir signifikant høyest innhold av C18:2 i melken og lavest innhold av C18:3. Surfôr av raigras og timotei gir forholdsvis like nivåer av disse to syrene i melken, figur 4.10. Det er ingen signifikante effekter av grovfôrslag på de andre flerumetta fettsyrene, men det ser ut til at innhold av ARA og DHA er noe høyere ved fôring med maissurfôr, figur 4.11.



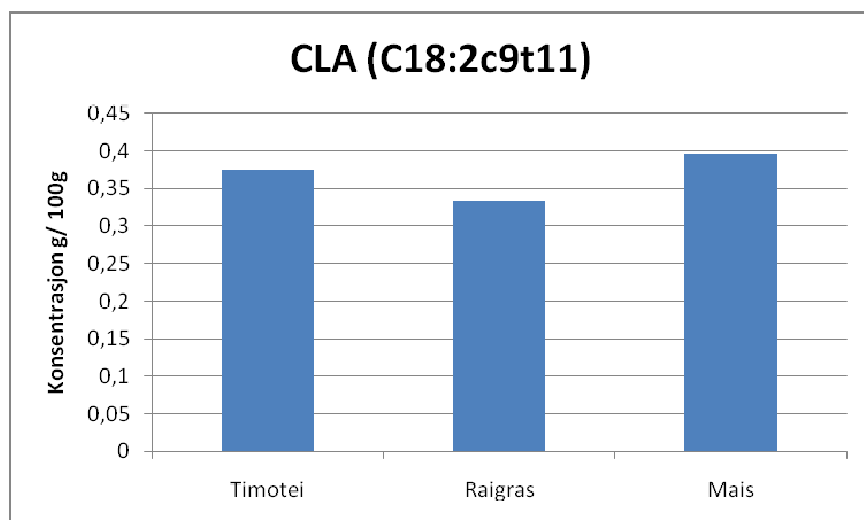
Figur 1.10 Konsentrasjon av linolsyre (C18:2) og linolensyre (C18:3) i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved høyt fôrnivå (forsøk 1).



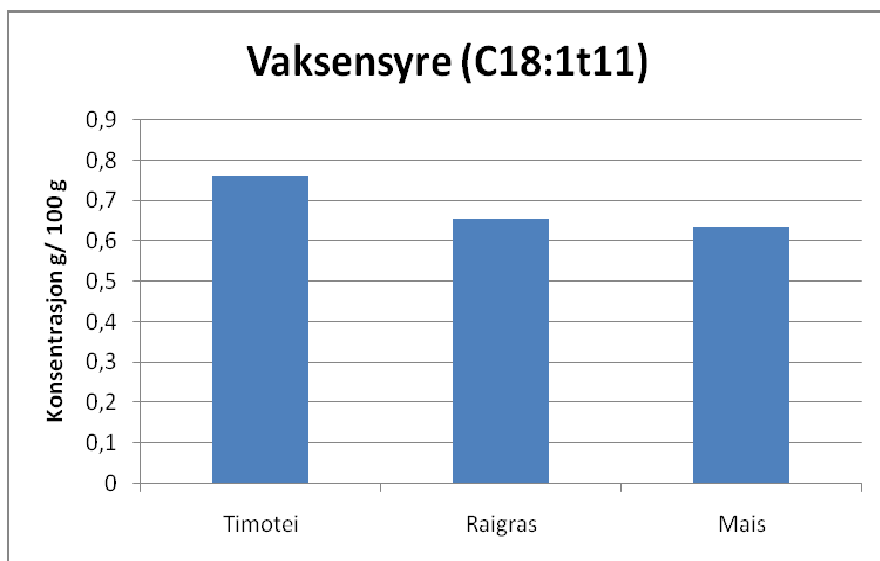
Figur 4.11 Konsentrasjon av ARA (C20:4), EPA (C20:5) og DHA (C20:6) i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved høyt fôrnivå (forsøk 1).

4.1.4.4 Transfettsyrer

Melkens innhold av CLA og vaksensyre er vist henholdsvis i figur 4.12 og 4.13. Raigrassurfôr gir statistisk tendens til lavere konsentrasjon av CLA i melken. Konsentrasjonen av C16:0 er noe høyere ved fôring med surfôr av timotei, mens maissurfôr og raigrassurfôr ligger om lag likt, men ikke signifikant forskjell. Det er signifikant mer av transsyrene C18:1t9 og C18:1t10 ved fôring med mais i forhold til de to andre grovfôrslagene.



Figur 4.12 Konsentrasjon av CLA i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved høyt fôrnivå (forsøk 1).

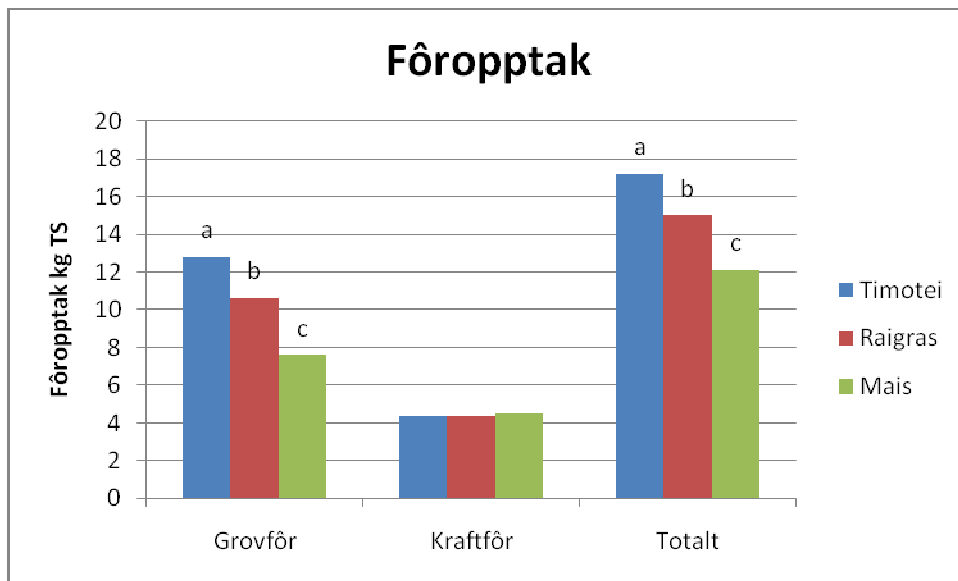


Figur 2.13 Konsentrasjon av vaksensyre i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved høyt fôrnivå (forsøk 1).

4.2 Forsøk D- 157

4.2.1 Fôropptak

Som i det forrige forsøket er det også her signifikante effekter av grovfôrslag på fôropptaket. Maissurfôr gir det lavest opptaket, mens timotei gir det høyeste opptaket. Forskjellen mellom gjennomsnittlig totalt opptak ved fôring med timoteisurfôr eller maissurfôr ligger på 4 kg TS per dag. Raigrasfôring gir totalt gjennomsnittlig 2 Kg lavere tørrstoffopptak per dag enn timoteisurfôr (figur 4.14).



Figur 3.14 Gjennomsnittlig opptak av grovfôr og kraftfôr ved fôring på lavt fôrnivå (forsøk 2)

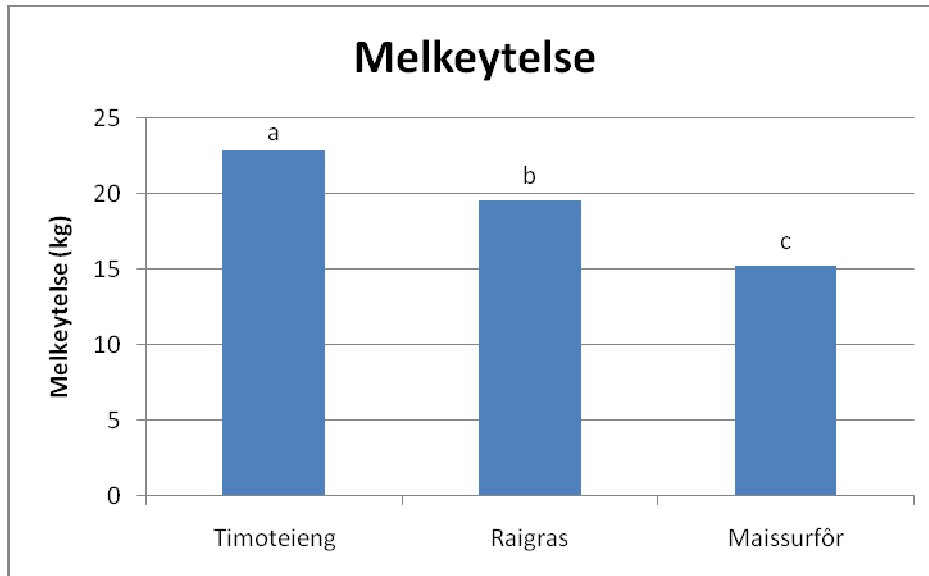
Tabell 4.5 viser gjennomsnittlig opptak av grovfôr og kraftfôr ved de to kraftfôrnivåene. Det er ingen effekt av grovfôr på opptak av kraftfôr. Resultatene i tabellen er ikke testet statistisk. Det høyeste grovfôropptaket blir oppnådd ved lavt kraftfôrnivå og timoteisurfôr.

Tabell 4.5 Gjennomsnittlig opptak av de ulike grovfôrsortene kombinert med høyt eller lavt kraftfôrnivå ved fôring på lavt fôrnivå (forsøk 2).

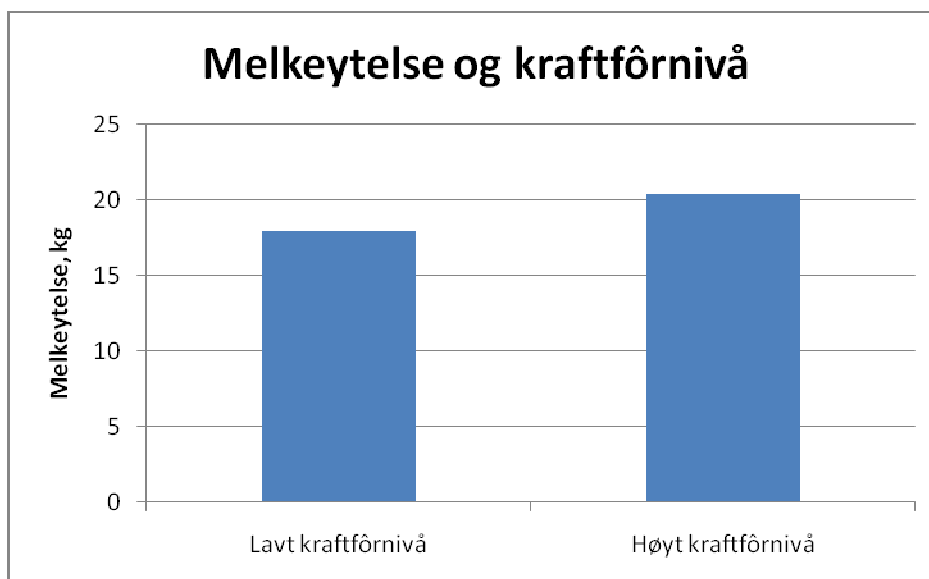
Fôr (kg TS)	Grovfôr	Kraftfôr	Totalt opptak
Timoteisurfôr + lavt kr.fôrnivå	13,2	3,5	16,7
Raigrassurfôr + lavt kr.fôrnivå	11,0	3,5	14,6
Maissurfôr + lavt kr.fôrnivå	8,7	3,6	12,3
Timoteisurfôr + høyt kr.fôrnivå	12,1	5,3	17,4
Raigrassurfôr + høyt kr.fôrnivå	10,7	5,3	16,0
Maissurfôr + høyt kr.fôrnivå	9,1	5,3	14,4

4.2.2 Melkeytelse

Det er stor effekt av grovfôrtype på melkeytelse, høyest ytelse ved fôring med surfôr av timotei og lavest ved fôring med maissurfôr. Forskjellen er tilnærmet 8 kg melk/ dag, surfôr av raigras har gitt ca 3 kg mindre melk/ dag enn timoteisurfôr. Det er også effekt av kraftfôrnivå på melkeytelsen, høyest melkeytelse ved høyest kraftfôrnivå. Melkeytelse ved de ulike grovfôrslagene og kraftfôrnivå er vist i henholdsvis figur 4.15 og 4.16.



Figur 4.15 Gjennomsnittlig melkeytelse ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved lavt fôrnivå (forsøk 2).



Figur 4.16 Gjennomsnittlig melkeytelse ved høyt og lavt kraftfôrnivå ved lavt fôrnivå (forsøk 2).

Fôrrasjonenes effekt på melkeytelsen er vist i tabell 4.6. Det er ikke beregnet statistikk på disse verdiene. Den høyeste melkeytelsen på om lag 23 kg/ dag oppnås ved fôring med timoteisurfôr og høyt kraftfôrnivå. Maissurfôr og lavt kraftfôrnivå har gitt den laveste melkeytelsen, 15,6 kg melk/ dag.

Tabell 4.6 Gjennomsnittlig melkeytelse ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais kombinert med høyt eller lavt kraftfôrnivå ved lavt fôrnivå (forsøk 2).

Fôr	Melk (kg)
Timoteisurfôr + lavt kr.fôrnivå	18,9
Raigrassurfôr + lavt kr.fôrnivå	17,5
Maissurfôr + lavt kr.fôrnivå	15,6
Timoteisurfôr + høyt kr.fôrnivå	22,9
Raigrassurfôr + høyt kr.fôrnivå	21,1
Maissurfôr + høyt kr.fôrnivå	18,7

4.2.3 Melkens innhold av fett, protein, laktose og urea

Ingen betydelig forskjell mellom innhold av fett, frie fettsyrer, protein eller laktose i melken ved fôring med de tre ulike grovfôrslagene. Det er signifikant lavest innhold av urea ved fôring med raigrassurfôr, høyest innhold ved timoteisurfôr. Verdiene er fremstilt i tabell 4.7 nedenfor.

Tabell 4.7 Melkens innhold av fett, protein og laktose i % av melken, urea og frie fettsyrer i mmol/ l ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais og ved lavt eller høyt kraftfôrnivå ved lavt fôrnivå (forsøk 2).

	Forsøksledd					Kraftfôrnivå			
	Timotei	Raigras	Mais	SE mean	P- verdi	Lavt	Høyt	SE mean	P- verdi
Fett	4,9	4,7	4,5	0,221	0,444	4,8	4,6	0,208	0,439
Frie fettsyrer	2,4	2,7	3	0,538	0,688	3,4	2	0,506	0,101
Protein	3,5	3,5	3,6	0,139	0,771	3,4	3,7	0,13	0,193
Laktose	4,7	4,6	4,6	0,0874	0,88	4,7	4,5	0,0822	0,156
Urea	3,36a	2,11b	2,34b	0,127	<0,001	2,5	2,7	0,12	0,332

4.2.4 Fettsyresammensetning i melken

Fettsyresammensetningen i melken ved fôring med timotei, raigras eller mais er fremstilt i tabell 4.8 nedenfor. Sammenlignet med det høye fôrnivået (forsøk 1) er det ved dette fôrnivået noe mer forskjell i melkens fettsyresammensetning mellom forsøksleddene. Maissurfôret skiller seg ut ved:

- Signifikant lavere innhold av C4:0, C6:0 og C18:0. Statistisk tendens til lavere innhold av C8:0, C15:0 og C20:0.
- Signifikant høyere innhold av C18:2, ARA, EPA og DHA og lavere innhold av C18:3. Tendens til høyere innhold av C18:1c11.
- Signifikant høyest innhold av transsyrene C18:1t9 og C18:1t10.

Fôring med timoteisurfôr skiller seg fra raigrassurfôr på fettsyresammensetningen i melken ved:

- Signifikant høyere innhold av C18:0.
- Signifikant høyere innhold av den flerumetta fettsyren C18:3. Signifikant lavere innhold av EPA og DHA.
- Signifikant høyere innhold av transsyren C18:1t11 og tendens til høyere innhold av CLA.

Kraftfôrnivå har også en viss effekt på fettsyresammensetningen i melken. Høyt kraftfôrnivå har gitt:

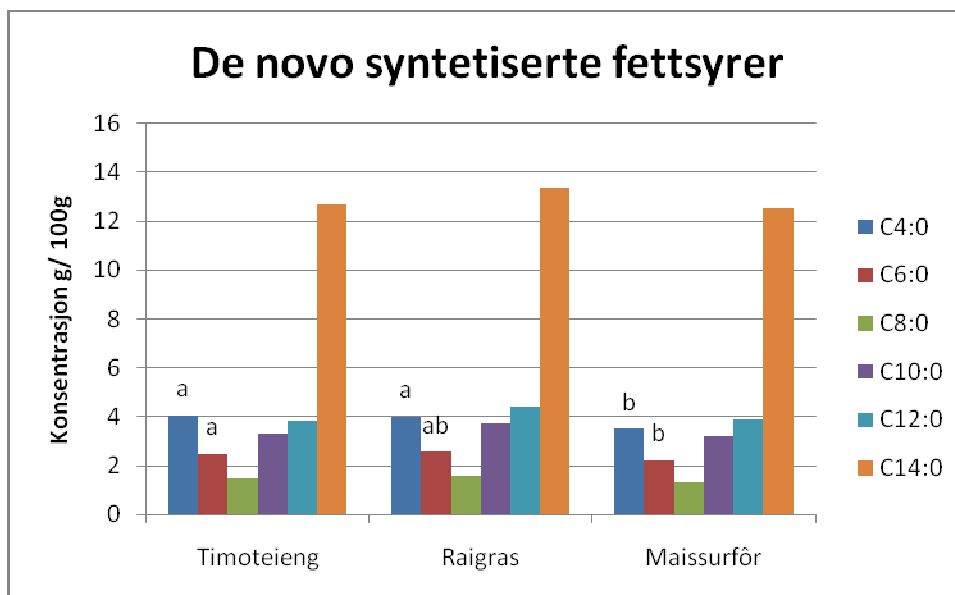
- Signifikant lavere innhold av C16:0 og C15:0 og høyest innhold av C20:0.
- Signifikant høyere innhold av de flerumetta fettsyrene C18:2, DHA og EPA.
- Signifikant høyere innhold av transfettsyrene C18:1t9 og C18:1t10.

Tabell 4.8 Fettsyresammensetning i melken ved fôring med Timotei, raigras eller mais og høyt eller lavt kraftfôrnivå. Gjennomsnittsverdier for de enkelte grovfôrene og kraftfôrnivå, standardfeil (SE mean) for surfôr og kraftfôrnivå og p- verdier for surfôrtype og kraftfôrnivå.

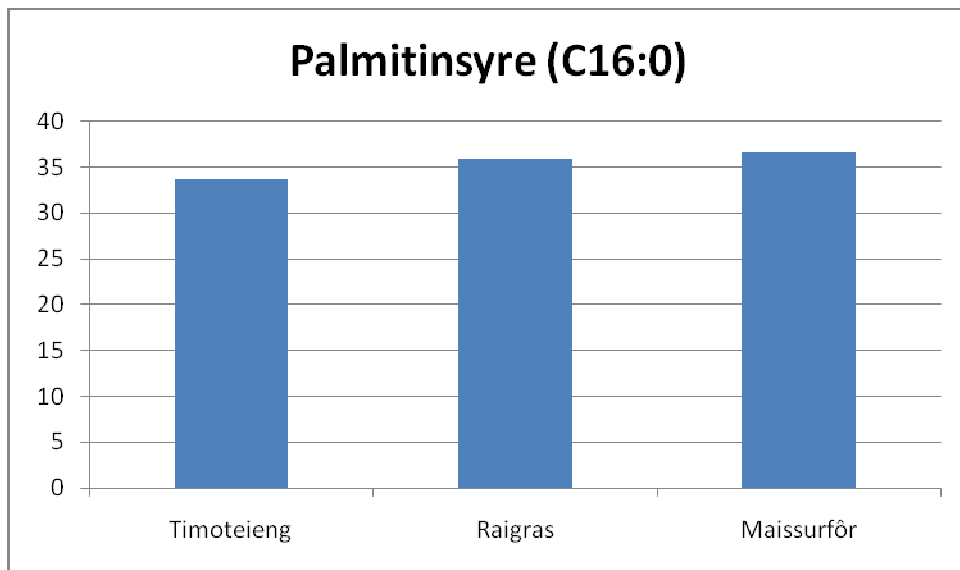
Fettsyrer g/ 100 g	Forsøksledd					Kraftfôrnivå				Root MSE
	Timotei	Raigras	Mais	SE mean	P- verdi	Lavt	Høyt	Se mean	P- verdi	
C4:0	4,04(a)	3,99(a)	3,50(b)	0,11	0,01	3,93	3,75	0,10	0,26	3,80
C6:0	2,47(ab)	2,56(a)	2,21(b)	0,09	0,04	2,42	2,40	0,08	0,89	0,21
C8:0	1,45	1,57	1,32	0,07	0,09	1,41	1,49	0,07	0,46	0,17
C10:0	3,33	3,72	3,22	0,25	0,30	3,28	3,57	0,23	0,42	0,58
C12:0	3,83	4,41	3,91	0,31	0,35	3,84	4,26	0,29	0,36	0,73
C14:0	12,71	13,38	12,52	0,55	0,48	12,67	13,07	0,51	0,62	1,29
C14:1	1,16	1,27	1,31	1,24	0,64	1,19	1,30	0,11	0,52	0,27
C15:0	1,11	1,03	0,96	1,04	0,05	1,12	0,95	0,04	0,01	0,09
C16:0	33,70	35,85	36,63	0,94	0,11	36,89	33,90	0,89	0,05	2,22
C16:1	1,64	1,66	2,14	0,30	0,41	1,85	1,77	0,28	0,85	0,71
C17:0	0,46	0,43	0,43	0,01	0,20	0,47	0,40	0,01	0,004	0,03
C18:0	8,04(a)	6,92(b)	5,84(c)	0,53	0,004	6,90	6,96	0,33	0,91	0,83
18:1t9	0,14(b)	0,13(b)	0,18(a)	0,15	0,02	0,12	0,18	0,01	0,002	0,03
C18:1t10	0,16(b)	0,17(b)	0,28(a)	0,03	0,01	0,14	0,27	0,02	0,01	0,06
C18:1t11	0,91(a)	0,57(b)	0,57(b)	0,04	0,0002	0,68	0,68	0,04	0,92	0,10
C18:1c9	16,04	14,18	16,55	1,24	0,35	15,22	15,96	1,17	0,68	2,92
C18:1c11	0,43	0,36	0,57	0,06	0,060	0,43	0,47	0,05	0,62	0,14
C18:2	0,6(b)	0,62(b)	1,13(a)	0,05	<0,0001	0,66	0,90	0,05	0,01	0,13
C18:3	0,34(b)	0,42(a)	0,22(c)	0,02	<0,0001	0,33	0,33	0,02	0,96	0,05
C20:0	0,16	0,14	0,14	0,01	0,089	0,13	0,16	0,01	0,01	0,02
CLA	0,44	0,32	0,41	0,05	0,199	0,37	0,41	0,05	0,57	0,11
ARA	0,04(b)	0,05(b)	0,07(a)	0,004	0,002	0,05	0,06	0,003	0,48	0,009
EPA	0,05(b)	0,06(a)	0,07(a)	0,06	0,034	0,05	0,07	0,002	0,001	0,006
DHA	0,05(c)	0,06(b)	0,07(a)	0,002	0,0002	0,05	0,07	0,002	<0,0001	0,005
Totale metta Fettsyrer	71,3	74	70,68			73,06	70,91			
Totale umetta Fettsyrer	20,35	18,68	22,13			19,83	20,93			
Totale trans fettsyrer	1,65	1,19	1,44			1,31	1,54			
Totale fettsyrer	93,29 (b)	93,88 (ab)	94,22 (a)	0,22	0,032	94,20	93,40	0,20	0,03	0,51

4.2.4.1 Metta fettsyrer

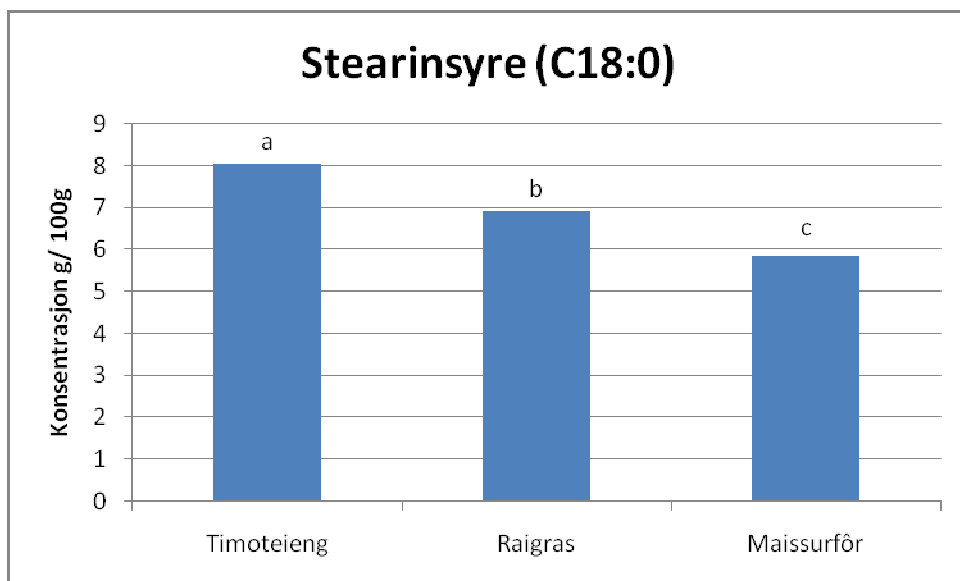
Konsentrasjoner av metta fettsyrer i melken er vist i figurene 4.17- 4.20 nedenfor. Det oppnås signifikant høyest verdier av C18:0 fôring med timoteisurfôr, lavest ved maissurfôr. Det er tendens til lavere konsentrasjoner av C20:0 og C15:0 ved fôring med maissurfôr, høyest konsentrasjon ved fôring med timoteisurfôr. For C8:0 er det tendens til lavest innhold i melk ved fôring med maissurfôr og høyest ved fôring med surfôr av raigras. Grovfôrslag har ingen statistisk effekt på innhold av C16:0, men de numeriske verdiene viser noe mer av fettsyren ved fôring med maissurfôr.



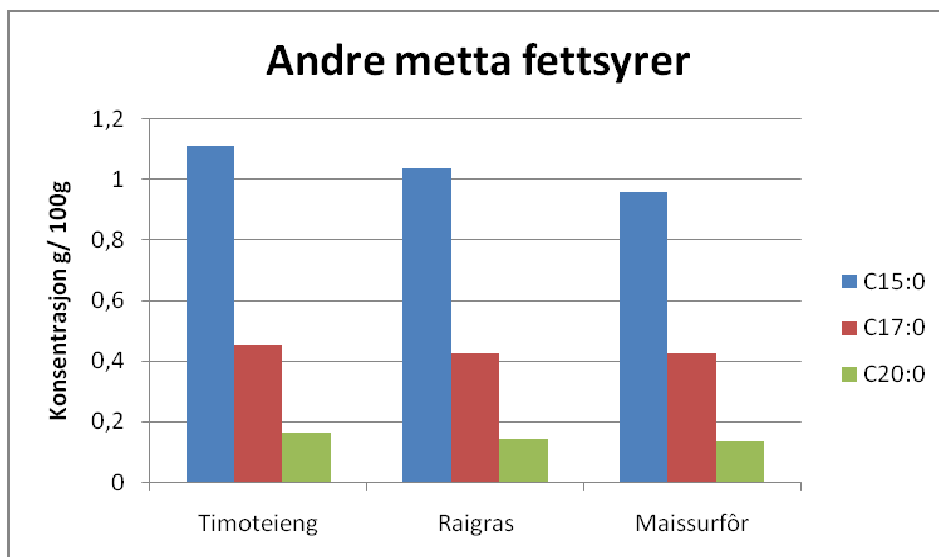
Figur 4.17 Konsentrasjon av de novo syntetiserte fettsyrer i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved lavt fôrnivå (forsøk 2).



Figur 4.18 Konsentrasjon av palmitinsyre (C16:0) i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved lavt fôrnivå (forsøk 2).



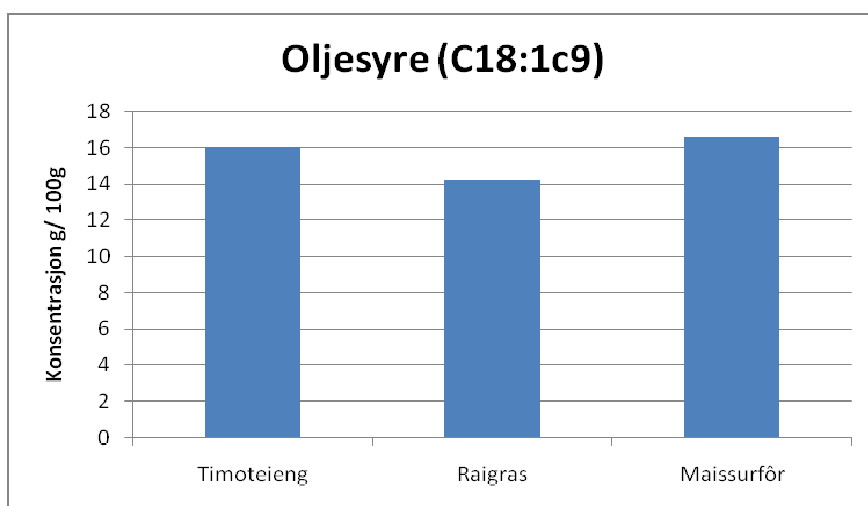
Figur 4.19 Konsentrasjon av stearinsyre (C18:0) i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved lavt fôrnivå (forsøk 2).



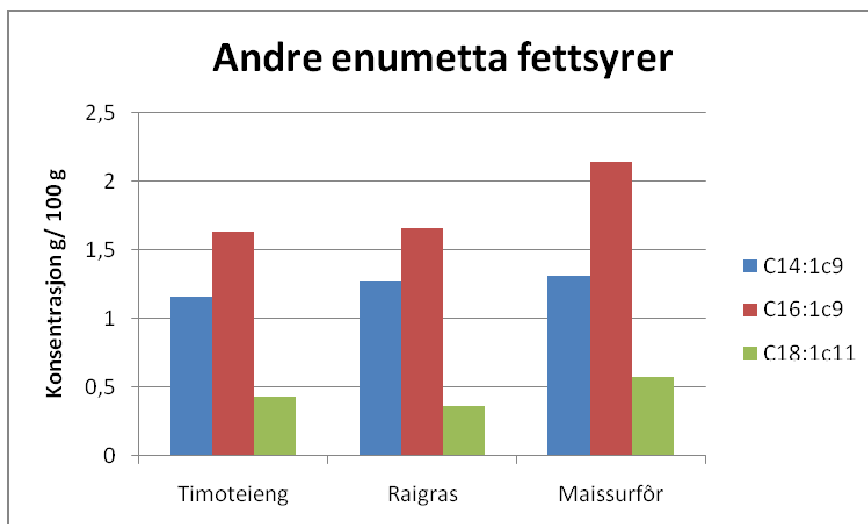
Figur 4.20 Konsentrasjon av C15:0, C17:0 og arakinsyre (C20:0) i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved lavt fôrnivå (forsøk 2).

4.2.4.2 Enumetta fettsyrer

Det er ingen signifikante forskjeller mellom grovfôrene på konsentrasjonen av C18:1c9 i melken, men det ser ut til å være noe mindre av denne syren ved fôring med surfôr av raigras (figur 4.21). Statistisk tendens til høyere innhold av C18:1c11 ved fôring med maissurfôr og lavest innhold ved fôring med raigrassurfôr (figur 4.22).



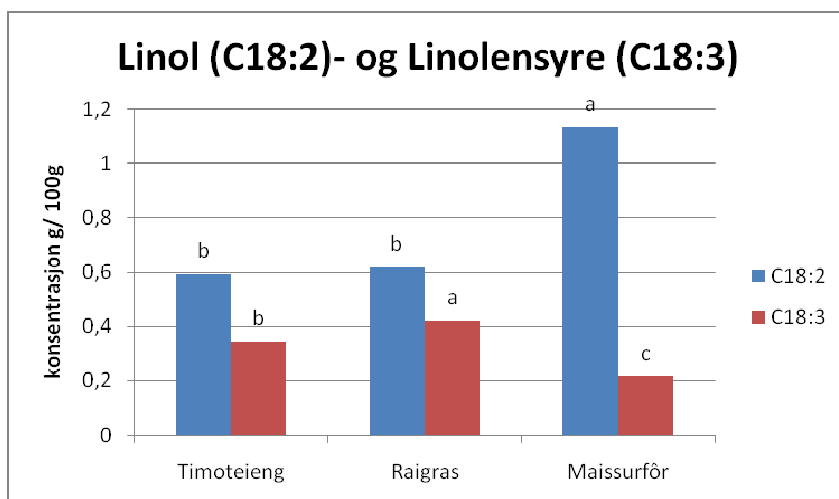
Figur 4.21 Konsentrasjon av oljesyre i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved lavt fôrnivå (forsøk 2).



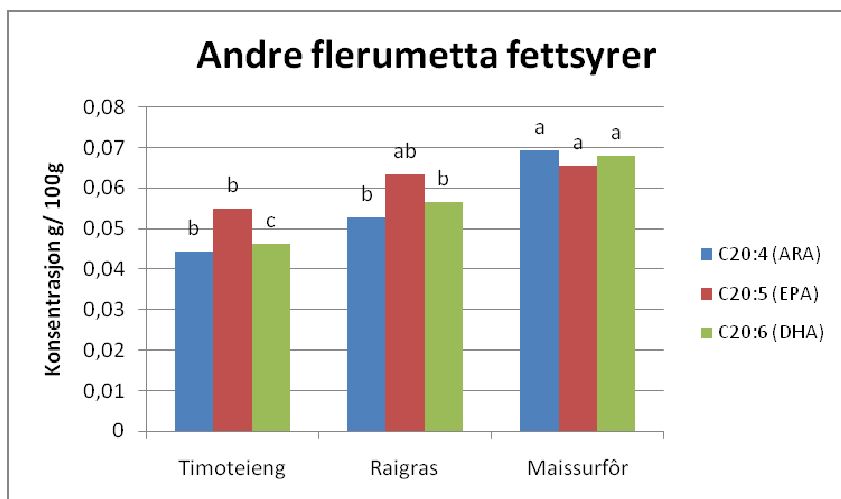
Figur 4.22 Konsentrasjon av andre enumettede fettsyrer i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved lavt fôrnivå (forsøk 2).

4.2.4.3 Flerumettede fettsyrer

Melkens innhold av flerumettede fettsyrer er fremstilt i figurene 4.23 og 4.24. Maissurfôret har gitt det klart høyeste innholdet av C18:2 i melken, mens innholdet av C18:3 er høyest ved fôring med raigras og lavest ved fôring med mais. Maissurfôret har også gitt det signifikant høyeste innholdet av ARA, EPA og DHA i melken, innholdet av disse syrene er lavest ved fôring med timotei.



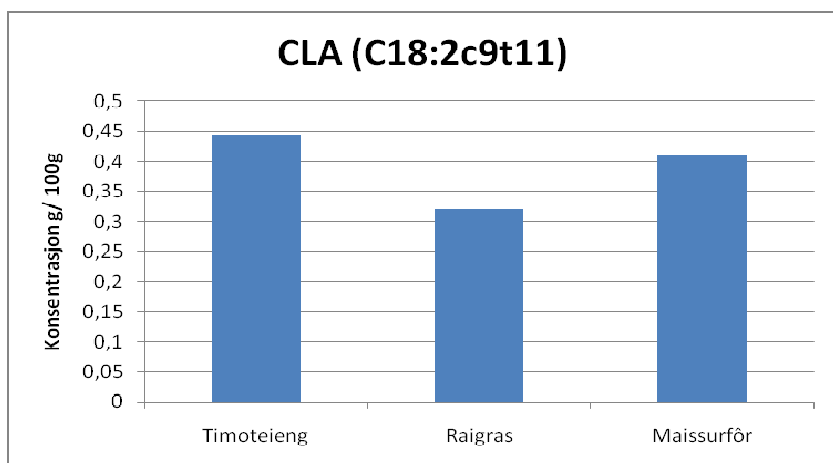
Figur 4.23 Konsentrasjon av linol- og linolensyre i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved lavt fôrnivå (forsøk 2).



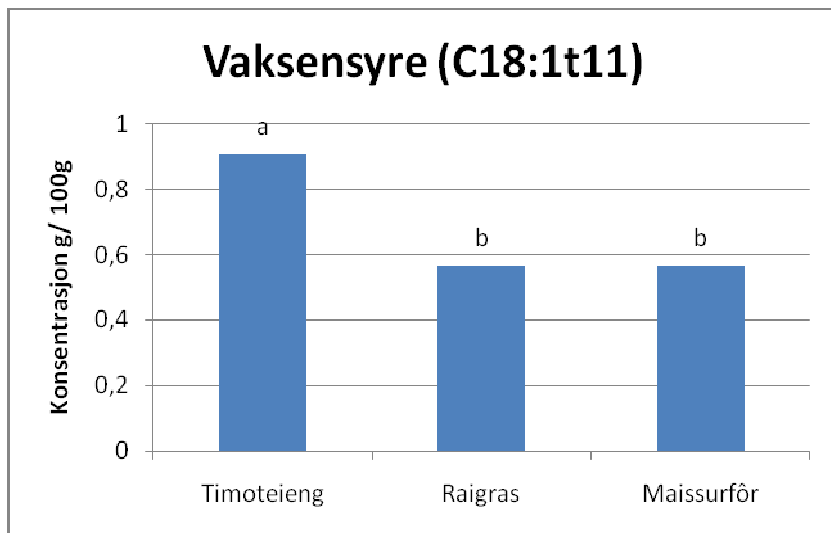
Figur 4.24 Konsentrasjon av ARA, EPA og DHA i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved lavt fôrnivå (forsøk 2).

4.2.4.4 Transfettsyrer

Det er signifikant høyere innhold av C16:0 i melken ved fôring med timoteisurfôr. Mais- og raigrasfôring gir et tilnærmet likt innhold av C16:0 i melken (figur 4.26) Ingen statistiske tendenser eller signifikante forskjeller på melkens innhold av CLA ved fôring med de ulike grovfôrene, men ut fra verdiene er det noe lavere innhold av denne ved fôring med raigras (figur 4.27). Maissurfôr har det signifikant høyeste innholdet av transsyrene C18:1t9 og C18:1t10.



Figur 4.25 Konsentrasjon av CLA i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved lavt fôrnivå (forsøk 2).



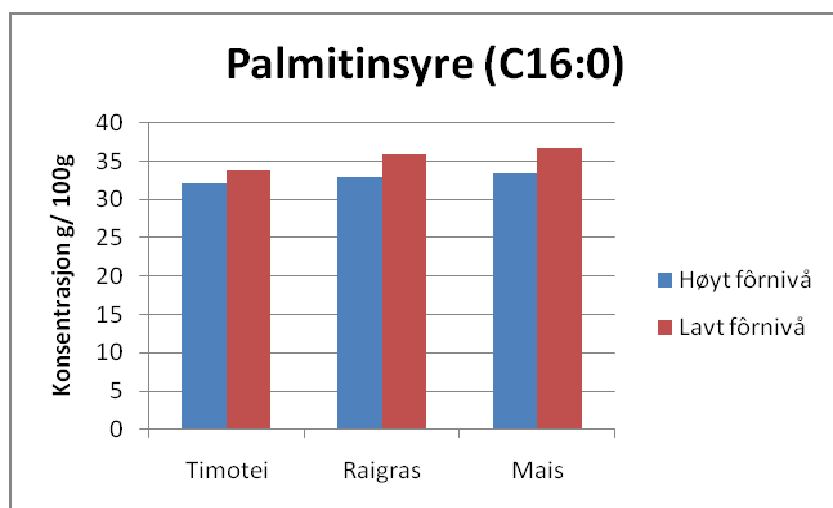
Figur 4.26 Konsentrasjon av vaksensyre i melk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais ved lavt fôrnivå (forsøk 2).

4.3 Virkning av fôrnivå på fettsyresammensetning i melk

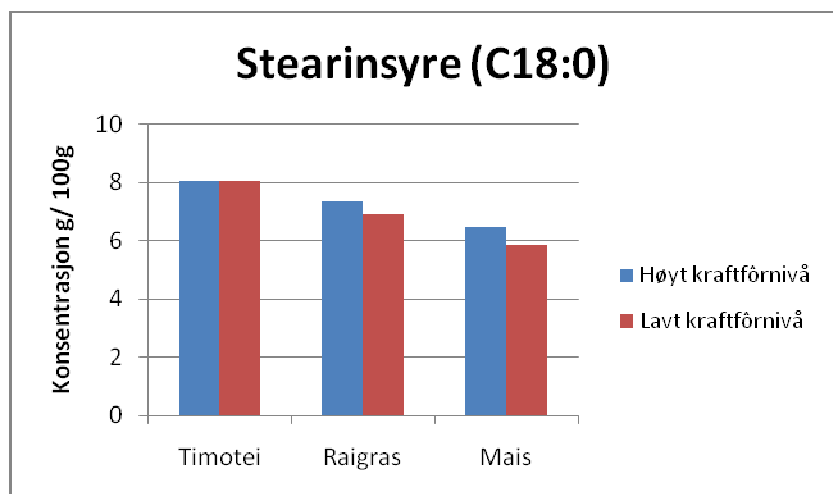
I dette avsnittet presenteres virkning av fôrnivå (forsøk 1 og 2) på melkens innhold av C16:0, C18:0, C18:1, C18:2, C18:3, CLA og C18:1t11. Resultatene er ikke statistisk testet, forskjellene bygger på de nominelle resultatene.

4.3.1 Metta fettsyrer

Ved fôring på det lave fôrnivået (forsøk 1) er konsentrasjonen av C16:0 i melken høyere for alle grovfôrslagene sammenlignet med det lave fôrnivået (forsøk 2). Økningen er størst ved raigras- og maisfôring, figur 4.27. Konsentrasjonen av C18:0 går noe ned ved fôring med raigras- og maissurfôr på det lave fôrnivået i forhold til det høye, figur 4.28.



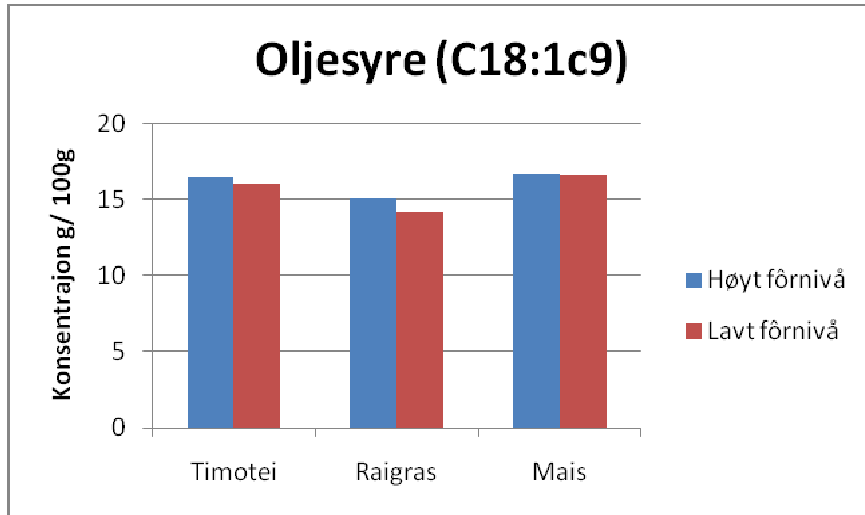
Figur 4.27 Konsentrasjoner av palmitinsyre i melk ved fôring på høyt og lavt fôrnivå (forsøk 1 og 2).



Figur 4.28 Konsentrasjoner av stearinsyre i melk ved fôring på høyt og lavt fôrnivå (forsøk 1 og 2).

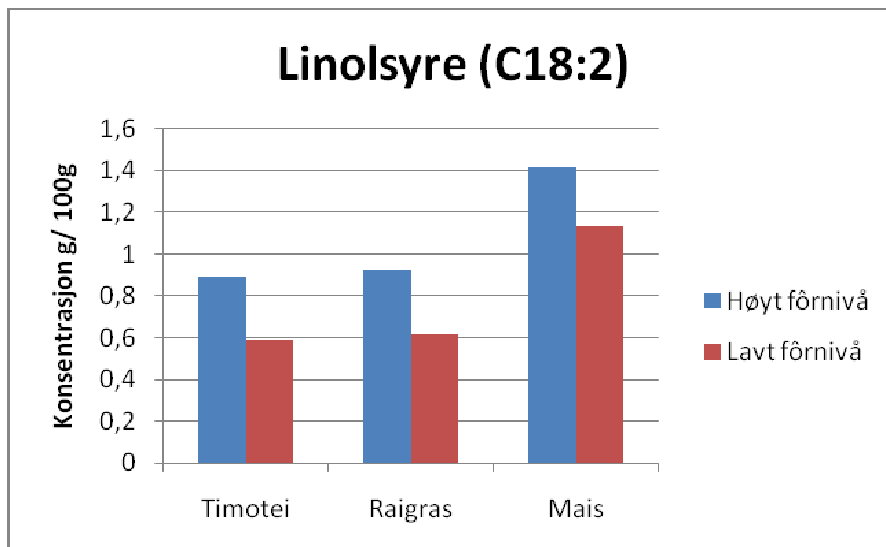
4.3.2 Umetta fettsyrer

Melkens konsentrasjon av den enumetta fettsyren C18:1 endrer seg ikke av betydelig grad mellom de to fôrnivåene, figur 4.29.

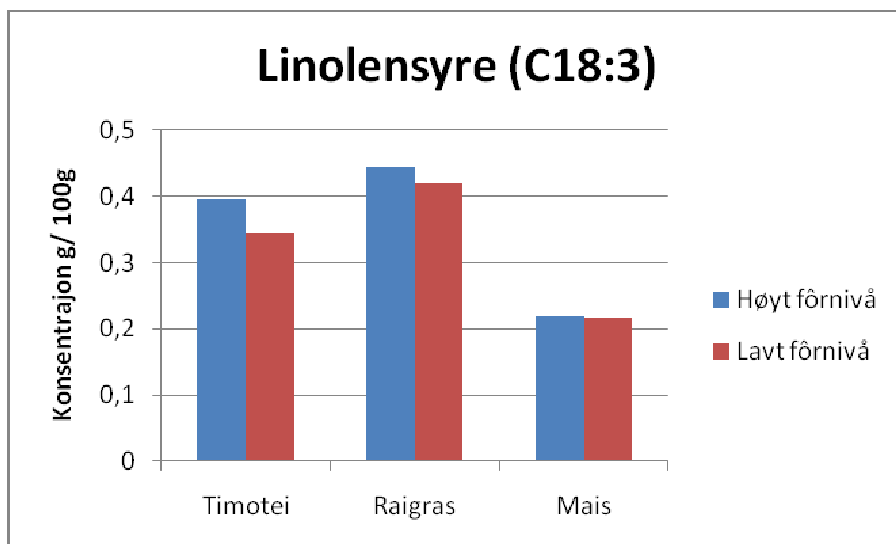


Figur 4.29 Konsentrasjoner av oljesyre i melk ved fôring på høyt og lavt fôrnivå (forsøk 1 og 2).

Konsentrasjonen av C18:2 går noe ned i alle forsøksleddene ved lavt fôrnivå, figur 4.30. Konsentrasjonene av C18:3 endrer seg imidlertid ikke betydelig mellom fôrnivåene. Det er antydning til en nedgang i konsentrasjonen ved fôring med surfôr av timotei og raigras på lavt fôrnivå i forhold til høyt fôrnivå, Figur 4.31.



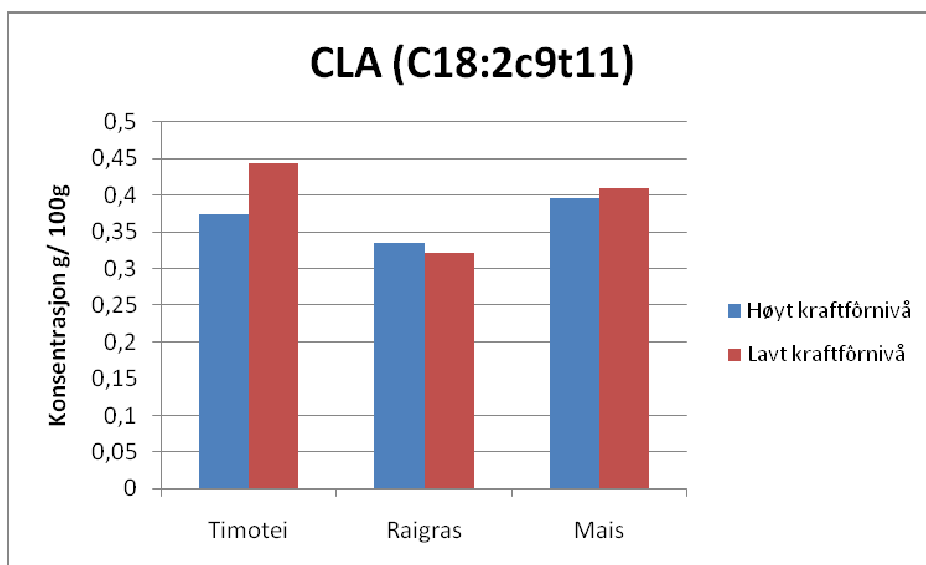
Figur 4.30 Konsentrasjoner av linolsyre i melk ved fôring på høyt og lavt fôrnivå (forsøk 1 og 2).



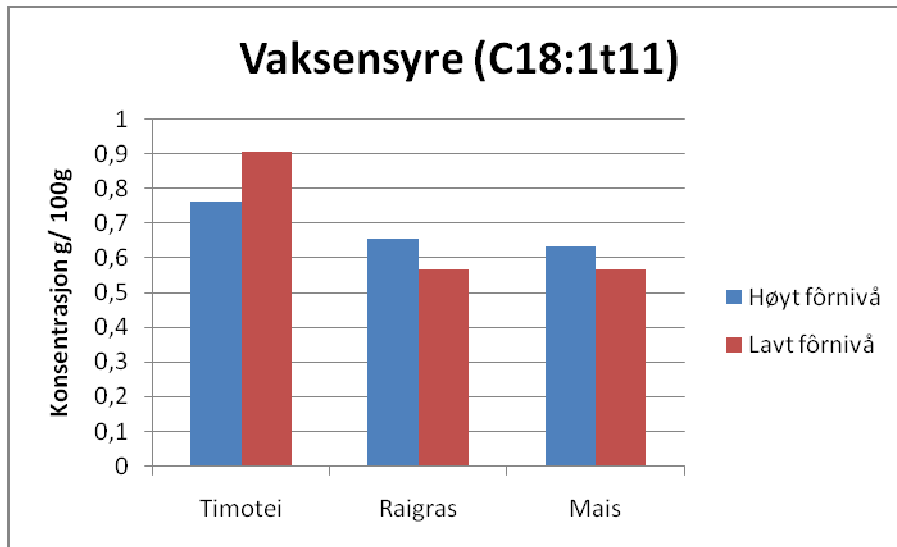
Figur 4.31 Konsentrasjoner av linolensyre i melk ved fôring på høyt og lavt fôrnivå (forsøk 1 og 2).

4.3.3 CLA og Vaksensyre

Konsentrasjonen av CLA i melken øker noe ved lavt fôrnivå og fôring med timoteisurfôr. I samme fôringssituasjon øker konsentrasjonen av C18:1t11 i melken noe, figurene 4.32 og 4.33.



Figur 4.32 Konsentrasjoner av CLA i melk ved fôring på høyt og lavt fôrnivå (forsøk 1 og 2).



Figur 4.33 Konsentrasjoner av vaksensyre i melk ved fôring på høyt og lavt fôrnivå (forsøk 1 og 2).

5.0 Diskusjon

I tidligere forsøk med raigras som grovfôr har den ernæringsmessige kvaliteten på melkefettet vært god (Eriksen 2009). I store deler av landet er imidlertid ikke klimaet godt nok for dyrking av raigras. Andre grasarter, spesielt timotei, er mange steder derfor den dominerende grasarten både i beite og konservert fôr. Det er derfor svært viktig å få mer kunnskap om hvordan timoteibasert grovfôr slår ut på den ernæringsmessige kvaliteten på melkefettet. Maissurfôr kan bli viktig i fôringa av melkekyr som følge av de forventa klimaendringene. Det er derfor interessant å studere hvordan denne grasarten kommer ut med hensyn til ernæringsmessig kvalitet på melkefettet i sammenligning med de tradisjonelle grasartene.

Forsøksresultatene viser generelt at det kun var små forskjeller i sammensetning av melkefettet og ytelse mellom forsøksleddene raigras- og timoteisurfôr. Maissurfôret skilte seg noe mer ut på fettsyresammensetning i forhold til de to andre grovfôrene. Disse resultatene blir nærmere diskutert nedenfor.

5.1 Fôropptak

Det høyeste fôropptaket ble oppnådd ved fôring med timoteibasert surfôr og det laveste ved fôring med maissurfôr (Figur 4.1 og 4.14 i "Resultater"). Det var liten forskjell i opptak mellom timotei- og raigrassurfôr. Det er uvisst hva som er den direkte årsaken til det lave opptaket av maissurfôret. En studie av O'Mara et al.(1998) viste det motsatte resultat, nemlig at fôropptaket økte med økt andel mais i rasjonen, og at opptaket var høyest på en rasjon med bare maissurfôr som grovfôr. I dette forsøket ble det imidlertid gitt mer protein i konsentratene ved økt andel mais for å veie opp for det lave innholdet av råprotein i maissurfôret. Det totale opptaket av råprotein var dermed tilnærmet likt i alle rasjonene. I våre forsøk ble maissurfôrrasjonen ikke supplert med ekstra mengde protein. Opptaket av protein var derfor noe lavere ved fôring med maissurfôr enn for de to andre rasjonene. En mulig årsak kan derfor være at det lave proteininnholdet i maissurfôret (70g/ kg TS). Tabell 3.3 og 3.4 under kapittelet "material og metode") har bidratt til negativ proteinbalanse i vomma (PBV). Betydelig negativ PBV vil ved å redusere mikrobeveksten gi lengre oppholdstid av fôret i vomma. Dette vil resultere i større fyllegrad som igjen gir lavere opptak av fôr (Bach et al. 2005). I en slik situasjon vil imidlertid innholdet av urea i melk gå ned fordi det gjenspeiler

vommas PBV balanse (Nousiainen et al. 2004). I våre forsøk var imidlertid ureaverdiene ikke lavere på maissurfôr enn på de to andre forsøksleddene (tabell 4.3 og 4.7 i ”resultater”).

Resultatene fra urea i melk tyder altså på at det må være en annen hovedårsak til at fôropptaket var lavt på rajonen av maissurfôr. En mulig årsak kan være at appetitten på maissurfôr ikke var like god som på de to andre grovfôrslagene. Et moment her kan være at dette forsøket var første gangen kyrne fikk maissurfôr, uten at dette skal diskuteres nærmere her.

5.2 Melkeytelse og kjemisk sammensetning

Juret må få tilførsel av energigivende substrat, protein og en rekke andre spesifikke næringsstoffer for å kunne syntetisere melk. Mangel på en eller flere av disse vil redusere melkeproduksjonen (Sjaastad et al. 2003). Det var i vårt forsøk relativt stor forskjell i melkeytelse mellom maissurfôr og de to andre forsøksleddene (Figur 4.2 og 4.15 ”resultater”). Fôring med timoteisurfôr ga 20 % høyere ytelse enn ved fôring med maissurfôr ved høyt fôrnivå (forsøk 1). Ytelsesforskjellen var ennå større ved det lave fôrnivået (forsøk 2), om lag 30 %.

Det var en klar positiv sammenheng mellom fôropptak og melkeytelse i disse forsøkene (tabell 4.2 og 4.6). I tillegg til lavt opptak av maissurfôr inneholder også maissurfôret mindre protein enn surfôr av timotei og raigras (tabell 3.3 og 3.4 i ”material og metode”). En sannsynlig årsak til den lave ytelsen på maissurfôr er derfor lavere opptak av både energi og protein. Det var imidlertid ingen signifikante virkninger av type surfôr på melkens innhold av hverken protein, laktose eller fett. Det var som forventet noe høyere innhold av fett og protein ved det lave fôrnivået (forsøk 2) enn tidligere i laktasjonen (tabell 4.3 og 4.7 i ”resultater”).

5.3 Fettsyresammensetning av melkefettet

Sammensetningen av melkefettet avspeiler til en viss grad innholdet og sammensetningen av fôrfettet, selv om de umetta fettsyrene gjennomgår en utstrakt hydrogenering i vomma. Hydrogeneringen er normalt så godt som fullstendig for C18:3 (92 %), men ligger på 60- 95 % for C18:2 (Doreau & Ferlay 1994). I våre forsøk hadde timoteisurfôret det høyeste totale fettinnholdet (tabell 3.3 og 3.4 i kapittelet ”material og metode”). Tidligere forsøk blant annet av (Boufaïed et al. 2003) har derimot vist at raigras har hatt et høyere fettinnhold enn timotei. En mulig årsak til våre resultater kan være at raigraset var kommet noe lenger i

utviklingen ved slått enn timoteien. Det er kjent at innholdet av fett i gras vil gå ned med økt andel stengel i forhold til bladmasse fordi stengelen har et betydelig lavere innhold av fett enn bladmaterialiet (Boufaïed et al. 2003). Det var dels betydelige forskjeller i fettsyresammensetning mellom forsøksleddene. Maissurfôret skilte seg fra de to andre forsøksleddene, først og fremst ved å inneholde mer spesielt av C16:0, C18:1c9 og C18:2, men også av C18:0 og C13:0, men mindre av C18:3 (tabell 3.5 og 3.6 i ”material og metode”). Det er derfor ikke overraskende at Chilliard (2001) fant på grunnlag av en litteraturgjennomgang at maissurfôret i sammenligning med ulike basisrasjoner, økte konsentrasjonen av de korte og mellomlange fettsyrene i melken (C6- C12), C16:1 og C18:2 på bekostning av C16:0, C18:0 og C18:3. Dette er også i overensstemmelse med våre resultater med unntak av C16:0 og noen korte og mellomlange fettsyrer. I våre forsøk ga maissurfôr signifikant lavere innhold av C4:0 og C6:0 ved lavt fôrnivå (forsøk 2). Ved høyt fôrnivå (forsøk 1) hadde forsøksfôret ingen signifikant virkning på andelen av de korte og mellomlange fettsyrene. Både i vårt forsøk og i forsøkene som danner grunnlaget for sammenstillingen til Chilliard (2001) ble det benyttet kraftfôr i tillegg til forsøksfôret. Dette kan ha påvirkning på fettsyresammensetningen i melken, alt etter mengde og type konsentrater. Eksempelvis vil rasjoner som er rike på rask nedbrytbar stivelse gi en økt produksjon av propionsyre i vomma. Dermed blir det mindre eddiksyre og smørtsyre til disposisjon for de novo syntese av de korte og mellomlange fettsyrene i juret. På den annen side vil rasjoner med store mengder stivelse som brytes sakte ned i vomma, for eksempel maisrike rasjoner og raigrasrasjoner rike på løselig sukker, gi større mengder av smørtsyre i vomma (Chilliard et al. 2000). Smørtsyre er substrat til de novo syntesen i juret og økt mengde smørtsyre vil følgelig bidra til mer av korte- og mellomlange fettsyrer i melken. Det er kjent at raigras og surfôr av raigras kan ha betydelig høyere innhold av sukker enn timotei (Chilliard et al. 2000). Dette kan forklare at surfôr av raigras har gitt den høyeste andelen av de novo syntetiserte fettsyrer i melken. Det kan være flere årsaker til at maissurfôr ikke hadde positiv virkning på innholdet av de korte og mellomlange fettsyrene som påvist av (Chilliard et al. 2000). Innholdet av stivelse i maissurfôret var ikke spesielt høgt. Dessuten utgjorde også maissurfôret på grunn av lågt opptak også en mer beskjeden andel av den totale fôrrasjonen enn ved de andre grovfôrtypene. Det er derfor mulig at kraftfôret fikk en mer fremtredende effekt med økt andel propionsyre i vomma.

Innholdet av C16:0 var klart høyere i maissurfôret enn i timotei- og raigrassurfôret. (tabell 3.5 og 3.6 i kapittelet ”material og metode”). Likevel er konsentrasjonene av C16:0 i melken om

lag lik, men med tendens til nominell høyest verdi ved fôring med maissurfôr. Dette gjelder særlig ved lavt fôrnivå (forsøk 2). Kraftfôret ble tilsatt tørrfett (Nutrifeed Energizer RP10) som ifølge databladet inneholder minimum 85 % C16:0. Dette forklarer at i kraftfôret utgjør C16:0 hele 44,2 % av fettsyrene, og er den dominerende fettsyren i kraftfôret. En stor andel av C16:0 i melken vil dermed stamme fra kraftfôret og fra de novo syntesen, slik at relativt små forskjeller mellom forsøksleddene ikke kommer klart til uttrykk. Som tidligere diskutert var det trolig også mindre de novo syntese av C16:0 på grunn av mindre substrat fra maisrasjonen, noe som også vil bidra til å forklare lågere innhold av C16:0 enn forventet i melka produsert på maissurfôr.

I juret blir en del av C18:0 desaturert ved hjelp av enzymet Δ^9 desaturase (Mc Guire & Bauman 2003). Eksempelvis desatureres hele 40 % av C18:0 som tas opp i juret, og står dermed for over 50 % av melkens innhold av oljesyre (Chilliard et al. 2007). Konsentrasjonen av C18:0 i melkefettet er bestemt av hvor mye C18:0 som blir tilført juret og hvor mye av C18:0 som omdannes til C18:1 i juret (desaturering). Årsaken til at maissurfôr ga det laveste innholdet av C18:0 i melkefettet er ikke åpenbar. En sannsynlig årsak er at innholdet av umetta fett i maissurfôret var noe lavere enn for de andre forsøksleddene, slik at tilførselen av C18:0 til juret også var lavere. Melkens innhold av C18:1c9 var tilnærmet lik for rasjonene av mais og timoteisurfôr. Det var raigrassurfôr som ga laveste nominelle verdi av C18:1c9. Det er interessant at raigras også hadde det laveste innholdet av C18:1c9. (Boufaïed et al. 2003) fant også lignende resultater med lavest innhold av C18:1c9 i raigras da han sammenlignet fettsyresammensetning i ulike gras- og belgvekster. Det var ellers kun små og ikke signifikante forskjeller i fettsyresammensetningen i melkefettet mellom timotei- og raigrassurfôr ved fôring på høyt fôrnivå (forsøk 1). Derimot var det ved lavt fôrnivå (forsøk 2) signifikant mer C18:3 og mindre C18:0. i melken ved fôring med raigrassurfôr sammenlignet med timoteisurfôr (tabell 4.8, figur 4.19 og 4.23 i "Resultater"). Når det gjelder innhold av C18:3 gjenspeiler dette fôrets innhold da raigrassurfôret også hadde det høyeste innholdet av C18:3, men innhold av C18:0 var tilnærmet likt for timotei- og raigrassurfôr.

Maissurfôr ga høyest innhold i melkefettet av de to transfettsyrene C18:1t9 og C18:1t10, og nominelt høyest verdi av sum transsyrer i melken ved fôring på høyt fôrnivå (forsøk 1). Det er naturlig at maissurfôret har gitt noe høyere andel av transfettsyre i melka siden det inneholder mest linolsyre som i større grad enn de andre umetta fettsyrene ikke hydrogeneres fullstendig i vomma (Doreau & Ferlay 1994). Ved det lave fôrnivået derimot var det høyest

andel av sum transfettsyrer i melkefettet ved fôring med timoteisurfôr (tabell 4.8 i kapittelet ”Resultater”), noe som skyldes signifikant høyere nivå av vaksensyre og også nominelt mest CLA. Hvilke fettsyreisomerer som produseres når hydrogeneringen i vomma ikke er fullstendig, avgjøres blant annet av sammensetningen av bakteriepopulasjonen og hvilken reaksjonsvei de enkelte fettsyrene gjennomgår (Chilliard et al. 2000). En annen bakteriepopulasjon og andre reaksjonsveier med maissurfôr enn for de to andre forsøksleddene, kan i alle fall dels forklare at det er høyere innhold av C18:1t9 og C18:1t10 ved fôring med maissurfôr og høyest innhold av vaksensyre og CLA ved fôring med timoteisurfôr. Dette bekreftes i oversiktsartikkelen til Bauman et al. (2006) hvor det menes at under enkelte fôringssituasjoner kan deler av C18:2 følge en spesiell reaksjonsvei under biohydrogeneringen hvor det dannes C18:1t10. I juret blir om lag 30 % av den opptatte vaksensyren desaturert til CLA (Chilliard et al. 2007). Det er derfor naturlig at når vaksensyreproduksjonen i vomma øker som følge av ufullstendig hydrogenering vil også CLA innholdet i melken øke.

Det var mer variasjon i resultatene mellom forsøksleddene ved lavt fôrnivå (forsøk 2) i forhold til høyt fôrnivå (forsøk 1). Dette kan skyldes at kyrne ved høyt fôrnivå fikk tildelt en større kraftfôrmengde som utgjorde en betydeligere andel av fôropptaket enn ved lavt fôrnivå. Dette kan medvirke til at forskjeller i fettsyresammensetning mellom forsøksleddene lettere ble vasket ut ved høyt sammenlignet med lavt fôrnivå.

6.0 Konklusjon

Fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais har stort sett gitt liten forskjell i fettsyresammensetningen i melkefettet i disse forsøkene. Totalt innhold av metta og umetta fettsyrer er om lag likt, noe høyere innhold av metta fettsyrer ved fôring med raigrassurfôr. Det er imidlertid noe mer transfettsyrer i melkefettet ved fôring med timotei- og maissurfôr, men medregnet her er også CLA som anses som å ha en svært ønskelig effekt på forbrukernes helse. Det er derfor ingen av grovfôrsortene som skiller seg ut i en spesielt positiv eller negativ retning i forhold til forbrukernes kosthold. Innenfor hovedfettgruppene var det noen variasjoner mellom de enkelte fettsyrene hvor det i størst grad var maissurfôret som skilte seg ut fra timotei- og raigrassurfôr, men ikke variasjoner av stor betydning for humanernæringen. De største forskjellene mellom rasjonene ses imidlertid på melkeytelsen hvor maissurfôret har gitt en betydelig lavere melkeytelse sammenlignet med de to andre grovfôrene, resultatene settes i sammenheng med lavt opptak av maissurfôr.

Resultatene fra forsøkene viser imidlertid at fettsyresammensetning i fôrrasjonen til en viss grad avspeiles i melkefettet på tross av den omfattende hydrogeneringen i vommen og fettsyntesen i juret. Raigrassurfôret vårt skilte seg i motsetning til tidligere forsøk ikke ut med høyere fettinnhold sammenlignet med timoteisurfôret og innhold av metta og umetta fettsyrer i disse grovfôrene var tilnærmet likt. Maissurfôret hadde noe mer metta fettsyrer og mindre umetta fettsyrer i tillegg til lavest totalt fettinnhold. Disse resultatene viser at innhold i grovfôret i stor grad varierer og at det ikke nødvendigvis er slik at raigras skiller seg ut i en positiv retning.

Det er den totale fôrrasjonen som er av betydning for fettsyresammensetningen og derfor vil også kraftfôret spille inn på resultatene. Høyt opptak av kraftfôr har i disse forsøkene sett ut til å vaske ut noe av grovfôrets effekter på fettsyresammensetningen da forskjellene mellom grovfôrsort var større ved et lavt fôrnivå og rasjonens grovfôr: kraftfôr- forhold var større. Resultatene viser derfor at uansett grovfôrsort må hele rasjonen være gjennomtenkt med tanke på fettinnhold og fettsyresammensetning for å kunne vri melkefettet i en mer ønsket retning med tanke på humanernæringen.

Da det kun var seks kyr med i disse forsøkene og det i tillegg ble benyttet et spesialkomponert kraftfôr med stor andel av metta fettsyrer hadde det vært interessant å gjøre tilsvarende forsøk i større besetninger med et tradisjonelt kraftfôr. Da ville en muligens sikrere kunne sett effekten av de ulike grovfôrsortene.

7.0 Referanser

- Auldist, M., Walsh, B. & Thomson, N. (1998). Seasonal and lactational influences on bovine milk composition in New Zealand. *Journal of Dairy Research*, 65 (03): s401-411.
- Bach, A., Calsamiglia, S. & Stern, M. (2005). Nitrogen Metabolism in the Rumen. *Journal of Dairy Science*, 88, (13 Electronic Supplement): s9-21.
- Bauman, D., Mather, I., Wall, R. & Lock, A. (2006). Major advances associated with the biosynthesis of milk. *Journal of Dairy Science*, 89 (4): s1235-1243.
- Bitman, J. & Wood, D. (1990). Changes in milk fat phospholipids during lactation. *Journal of Dairy Science*, 73 (5): s1208-1216.
- Boufaïed, H., Chouinard, P., Tremblay, G., Petit, H., Michaud, R. & Bélanger, G. (2003). Fatty acids in forages I. Factors affecting concentrations. *Canadian Journal of Animal Science*, 83 (3): s501-511.
- Børsting, C. F., Weisbjerg, M. R. & Hermansen, J. E. (2003). Fedtomsætningen i mave-tarmkanalen. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) b. Bind 1 Næringstofomsætning og fodervurdering *DJF rapport Kvægets ernæring og fysiologi, Bind 1 Næringstofomsætning og fodervurdering*, s. 313-330. Danmark: Danmarks Jordbrugsforskning.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R. & Doreau, M. (2000). *Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids*: edpsciences.org, 49. 181-205 s.
- Chilliard, Y., Ferlay, A. & Doreau, M. (2001). Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Production Science*, 70 (1-2): s31-48.
- Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J. & Doreau, M. (2007). Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109 (8): s828-855.
- Chouinard, P., Corneau, L., Sabo, A. & Bauman, D. (1999). Milk yield and composition during abomasal infusion of conjugated linoleic acids in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82 (12): s2737-2745.
- Christie, W. (1982). A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesteryl esters. *The Journal of Lipid Research*, 23 (7): s1072-1075.
- Dewhurst, R. & King, P. (1998). Effects of extended wilting, shading and chemical additives on the fatty acids in laboratory grass silages. *Grass and Forage Science*, 53 (3): s219-224.

- Doreau, M. & Ferlay, A. (1994). Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 45 (3-4): s379-396.
- Doreau, M. & Chilliard, Y. (2007). Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *British Journal of Nutrition*, 78 (01): s15-35.
- 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): s191-205.
- Elgersma, A., Tamminga, S. & Ellen, G. (2006). Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology*, 131 (3-4): s207-225.
- Eriksen, J. H. (2009). Tine Engfrisk- En melkerevolusjon. *Buskap 8 2009*, s. 24-26.
- Fagereng, F. T. (2007). Fettsyresammensetning i melk produsert på beite- og surfôr av raigras supplert med kraftfôr rikt på rybs. *Masteroppgave ved institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap*: 65s.
- Feng, S., Lock, A. & Garnsworthy, P. (2004). Technical note: a rapid lipid separation method for determining fatty acid composition of milk. *Journal of Dairy Science*, 87 (11): s3785- 3788.
- Grundy, S. (1994). Influence of stearic acid on cholesterol metabolism relative to other long-chain fatty acids. *American Journal of Clinical Nutrition*, 60 (6): s986- 990.
- Harfoot, C. & Hazlewood, G. (1988). Lipid metabolism in the rumen. I: Hobson, P. N. (red.) *The rumen microbial ecosystem*, s. 285-322: Elsevier Applied Science.
- Haug, A., Høstmark, A. & Harstad, O. (2007). Bovine milk in human nutrition – a review. *Lipids in health and disease*, 6 (1).
- Helsedirektoratet. (2007). *Utviklingen i norsk kosthold 2007*.
- Hermansen, J. E., Nielsen, J. H., Larsen, L. B. & Sejrsen, K. (2003). Mælkens sammensætning og kvalitet. I: Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.) *DJF- rapport: Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 2- Fodring og produktion*, s. 341- 369. Danmark: Danmarks JordbrugsForskning.
- Langslet, G. & Reikvam, Å. (2008). Kan økning av HDL-kolesterolnivået forebygge hjerte-og karsykdom? *Tidsskrift for den norske legeförening 13 2008*.
- Madsen, T. G. & Nielsen, M. O. (2003). Næringsstofomsætning i ekstrahepatisk væv. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *DJF rapport Kvægets ernæring og fysiologi Bind 1- Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 419-462. Danmark: Danmarks JordbruksForskning.

- Mattson, F. & Grundy, S. (1985). Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. *The Journal of Lipid Research*, 26 (2): s194- 202.
- Mc Donald, P., Edwards RA, Greenhalgh JFD & CA, M. (2002). *Animal Nutrition 6. edition*. England: Pearson Education Limited. 693 s.
- Mc Guire, M. A. & Bauman, D. (2003). Milk fat. I: Roginsky, H., Fuquay, J. W. & Fox, P. F. (red.) b. 3 *Encyclopedia of Dairy Sciences*, s. 1828- 834: Academic Press, elsevier Science.
- Mephram, T. B. (1983). *Biochemistry of Lactation*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Nousiainen, J., Shingfield, K. & Huhtanen, P. (2004). Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *Journal of Dairy Science*, 87 (2): s386- 398.
- O'Mara, F., Fitzgerald, J., Murphy, J. & Rath, M. (1998). The effect on milk production of replacing grass silage with maize silage in the diet of dairy cows. *Livestock Production Science*, 55 (1): s79-87.
- Palmquist, D., Beaulieu, A. & Barbano, D. (1993). Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of Dairy Science*, 76 (6): s1753- 1771.
- Randby, A. T., Haug, A., Kvam, A. S., Bernhoft, A., Lindstad, P., Volden, H. & Bævre, L. (2002). Kjemisk innhold og fettsyresammensetning i gras, høy og surfôr høsta ved ulike utviklingstrinn. I: *Hudryforsøksmøtet 2002*, s. 549- 552. NLH.
- Sjaastad, Ø. V., Hove, K. & Sand, O. (2003). *Physiology of Domestic Animals*. Oslo: Scandinavian Veterinary Press. 735 s.