



---

## Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet på Ås, våren 2015. Oppgaven er skrevet ut fra et forsøk gjennomført i samarbeid med Norgesfôr og Tine som omhandler bruk av fetttilsetning i kraftfôr til melkekyr og påvirkning på melkeytelse og melkas sammensetning. For meg var det viktig å skrive en oppgave om et tema som er aktuelt og nyttig å forske mer på. Min interesse for drøvtyggerernæring gjorde at jeg raskt tok kontakt da Norgesfôr ønsket en masterstudent til et forsøk som omhandlet fôr til melkekyr.

Først vil jeg takke Tine og Norgesfôr for muligheten til å være med på et prosjekt som har vært svært lærerikt for meg som masterstudent. Jeg vil også takke Tine og Norgesfôr for tilrettelegging med fôrproduksjon og fôr- og melkeprøvetaking i forbindelse med forsøket. For å stille fjøs og buskap til disposisjon for forsøket, og for å ha bidratt i det praktiske arbeidet vil jeg takke bonden, Oddvar Mikkelsen. Takk til Stine Vhile, Hege Overrein for hjelp til planlegging av forsøket og korrekturlesing og veiledning i løpet av oppgaveskrivingen. En takk går også til Steffen Adler for god hjelp med statistiske beregninger, og takk til venner og familie som har bidratt med korrekturlesing.

Takk til min biveileder Anna Haug for hjelp til planlegging av forsøk og korrekturlesing. Til slutt vil jeg takke min hovedveileder Erling Thuen for god veiledning og oppfølging gjennom hele prosessen.

Masteroppgaven blir en naturlig avslutning på mitt femårige studium innen husdyrfag. Det har vært en spennende, utfordrende og veldig lærerik tid.

Ås, 15. mai 2015

.....

Lene Elise Dahl

---

## Sammendrag

Kuas fordøyelsessystem er svært kompleks. Det er også overføringen av næringsstoffer fra fôr til melk. Det har lenge vært kjent at fôr og fôringsrutiner påvirker melkeproduksjonen. Fetttilsetningen som benyttes i kraftfôr til melkekyr har ofte stor betydning for melkeytelsen og melkas kjemiske sammensetning. Noen fettsyrer virker positivt på kuas fordøyelsessystem, mens andre kan ha negativ virkning. Dette påvirker også melka. Mettede fettsyrer har vist seg å fungere godt i kuas fordøyelsessystem, og det gir ofte økt melkeytelse. Frie fettsyrer av prosessert palmeolje, der de umettede fettsyrene blir mettet og palmitinsyre blir oppkonsentrert, er et produkt som har god effekt på melkeproduksjonen. Dette gir derimot mye mettet fett i melka, noe som har vist seg å kunne ha negativ virkning på menneskers helse. Det er ønskelig med økt mengde umettet fett i menneskers kosthold. Rapsolje kan produseres i Norge i tillegg til at den har gunstig fettsyresammensetning for human konsum. Umettet fett har ofte en negativ virkning på melkeytelse og kjemisk sammensetning i melk hos drøvtyggere. Dette skyldes at mikrober i vomma tåler umettet fett dårlig og dermed får nedsatt funksjon. For å unngå denne virkningen kan man beskytte fettene fra mikroben i vomma, for eksempel ved å kalsiumforsåpe dem.

Det praktiske forsøket har sammenlignet kalsiumforsåpet rapsolje mot prosessert palmeolje som fetttilsetning i kraftfôr og roemix til melkekyr. Forsøket er utført over fire perioder à 5 uker, med to uker tilvenningstid og 3 uker prøvetakingstid for hver periode. Praktisk forsøk ble gjennomført i et fjøs som brukes i kommersiell produksjon, der alle kyr har blitt tildelt samme fôr i hver periode. I første og tredje periode fikk alle dyr kraftfôr og roemix tilsatt prosessert palmeolje, og i andre og fjerde periode ble de tildelt fôr med kalsiumforsåpet rapsolje.

Forsøket viser at fetttilsetningene ikke påvirker hverken grovfôr- eller kraftfôropptak. Ytelsen i antall kilo er lik, men antall kilo energikorrigert melk er høyere ved bruk av prosessert palmeolje, da fettprosent og proteinprosent er høyere. Ved bruk av kalsiumforsåpet rapsolje ser man en signifikant nedgang i fettprosent og proteinprosent, noe som nok skyldes at kalsiumsåpen ikke er stabil nok i vom, og at det derfor har påvirket mikrobeaktiviteten i vomma negativt.

---

Man får en endring i melkas fettsyreprofil der mengden umettet fett i melka øker ved bruk av kalsiumforsåpet rapsolje i kraftfôret. Det er klare tendenser for økt andel oljesyre ved bruk av kalsiumforsåpet rapsolje som fettilsetning, men ved bruk av prosessert palmeolje som fettilsetning er det signifikant høyere innhold av fettsyren palmitinsyre i melk. I tillegg vil kalsiumforsåpet rapsolje gi et gunstigere omega-6/omega-3 forhold i melk sammenlignet med prosessert palmeolje i kraftfôret. Bruk av umettede fettsyrer i fôr gir dermed bedre fettsyresammensetning for human konsum.

---

## Abstract

The cow's digestive system is very complicated, and so is the transfer of nutrients to milk. For a long time it has been well known that feed and feeding routines are affecting the milk production. Fat in concentrates often has a big influence on the milk production and the chemical contents of the milk. Some fatty acids influence the digestive system in a positive way, while others has a negative influence. This will also affect the milk production and content of the milk. Saturated fatty acids often have a positive influence on the digestive system of the cow, and gives high production. Free fatty acids of processed palm oil, whereas the unsaturated fatty acids are saturated and palmitic acid is concentrated, is known to create high milk production with high values of milk fat. Using this kind of processed palm oil gives a lot of saturated fat in the milk, which could have a negative influence on human health. In a human diet there should be an increased amount of unsaturated fatty acids, compared with today. Rapeseed oil is a fat source that can be produced in Norway, and it has a favorable fatty acid composition. Unsaturated fatty acid is tending to affect the rumen in a negative way, which also affects milk production and the chemical composition of milk. This is caused by the microbes in the rumen that does not work optimal with unsaturated acids and thereby get a reduced functionality. To avoid this effect, the fat can be protected from the microbes in the rumen, for example by using calcium soaps.

The practical experiment compared calcium soaps of rapeseed oil with processed palm oil as a fat source in concentrates. During 4 periods of 5 weeks all the cows in a commercial milk farm were fed concentrates with these fat additives. For each period there were 2 weeks of adaptation and 3 weeks of sampling. In the first and third period the cows were fed concentrates with processed palm oil. In the second and fourth period they were fed concentrates with calcium soaps of rapeseed oil.

The experiment shows that the two fat additives do not affect the intake of roughage or concentrates, and there is no difference in milk production in kilos. Even though the milk yield is the same, there is a difference in energy corrected milk yield, because there is a higher content of fat and protein with use of processed palm oil in the feed. Using calcium

---

soaps of rapeseed oil gives a significant drop in fat content and protein content in the milk, which is probably due to the calcium soaps dissociating in the rumen, so that the rumen has been negatively affected by the unsaturated fatty acids.

There is a change in the profile of fatty acids in the milk. The amount of unsaturated fatty acids are higher when using calcium soaps of rapeseed fatty acids compared with processed palm oil in the feed. There is a significant difference between the two fat additives on palmitic acid, which is higher when using processed palm oil, and there are clear tendencies that the amount of oleic acid increases when using calcium soaps of rapeseed oil in the feed. Calcium soaps of rapeseed oil also give a better ratio of omega-6/omega-3 in the milk for human consumption compared to processed palm oil in the feed.

The experiment shows that using unsaturated acids in the feed gives a better fatty acid composition in the milk for human consumption.

---

## Innhold

1.0 Innledning.....	1
2.0 Fett til melkekyr.....	3
2.1 Hva er fett?.....	3
2.2 Fett i fôr.....	4
2.3 Omsetning av fett i fordøyelseskanalen.....	6
2.3.1 Fettfordøyelsen i vom.....	6
2.3.2 Absorpsjon av fettsyrer.....	7
2.4 Intermediær omsetning av fett.....	8
2.5 Dannelse av melkefett.....	9
2.6 Fettinnhold i melk.....	10
2.7 Faktorer ved fôret som påvirker innhold og sammensetning av melkefett.....	11
2.7.1 Umettet fett og kalsiumsåper.....	12
2.7.2 Kalsiumforsåpet rapsolje.....	14
3.0 Egne forsøk.....	15
3.1 Materiale og metode.....	15
3.1.1 Beskrivelse av fjøs og drift.....	15
3.1.2 Forsøksdesign.....	16
3.1.3 Datainnsamling og analyser.....	18
3.1.4 Statistisk modell.....	20
3.1.5 Beregninger.....	21
3.2 Resultater.....	22
3.2.1 Fôrmidlenes kjemiske sammensetning.....	22
3.2.2 Fôropptak.....	24
3.2.3 Kjemisk innhold i melk.....	24
3.2.4 Fettsyresammensetning i melkefett.....	26
3.3 Diskusjon.....	28
3.3.1 Fôrmidler og fôropptak.....	28
3.3.2 Fett og proteinprosent i melk.....	29
3.3.3 Fettsyresammensetning i melk.....	31
3.4 Konklusjon.....	33
4.0 Litteraturliste.....	34

## 1.0 Innledning

Å endre førsammensetning er en rask måte å endre melkas sammensetning på (Sutton 1989). I kraftfôr til melkekyr er bruk av en type prosessert palmeolje en god løsning for å øke fettprosenten (Tine 2014). I senere tid har imidlertid palmeolje fått økt oppmerksomhet da den har ugunstig virkning på menneskers helse (hjerte og karsykdommer) på grunn av høy andel mettede fettsyrer (Fattore & Fanelli 2013), i tillegg til at den produseres i regnskogtruete områder. Tine har som mål at alle deres produkter skal være frie for palmeolje (Tine 2014). Våren 2014 ble det store oppslag i media og stort fokus på bruk av palmeolje i kraftfôr til melkekyr. Kraftfôrprodusentene og TINE ønsker å finne et alternativ til palmeolje som fettkilde i kraftfôr til melkekyr.

Et alternativ kan være rapsolje fordi den kan produseres i Norge og den har en gunstig fettsyresammensetning med hensyn til human helse. Studier har vist at rapsolje senker kolesterolnivåer i blod og dermed minsker sannsynligheten for hjerte og karsykdommer (Lin et al. 2013). Rapsolje er en fettkilde som hovedsaklig inneholder umettet fett (Hvelplund & Nørgaard 2003), og har et gunstigere forhold mellom omega-6 og omega-3 sammenlignet med palmeolje (Simopoulos 2001). Siden rapsolje er en umettet fettkilde kan det ha uheldig virkning på vomma. Mikroorganismene i vom tåler umettet fett dårlig og vil hydrogenere disse i stor grad. I tillegg har mye umettet fett vist seg å være uheldig for fettsyntesen i juret. For å unngå disse negative prosessene i vom kan man prøve å beskytte det umettede fett. Dette kan gjøres ved å kalsiumforsåpe fettsyrene, noe som gjør dem mindre tilgjengelig for hydrogenering i vom (Hvelplund & Nørgaard 2003).

Formålet med oppgaven var å sammenligne effektene av kalsiumforsåpet rapsolje og frie fettsyrer basert på prosessert palmeolje som fettkilde i kraftfôret til melkeku. Målet var å se på fôropptak, melkeytelse og melke kvalitet. Forsøket ble gjort for å vurdere alternativer til vombeskyttet fett til høytstående melkekyr som ikke er basert på fettsyrer av prosessert palmeolje. Det var forventet at sammenlignet med prosessert palmeolje vil bruk av vombeskyttet fett basert på forsåpede rapsfettsyrer øke melkas innhold av umettet fett, men ha liten effekt på fôropptak, melkeytelse og melkas kjemiske sammensetning.

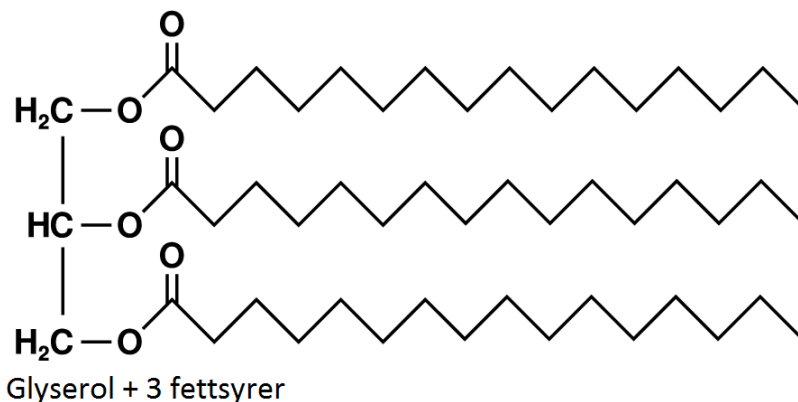


Oppgaven består av en teoretisk del og en eksperimentell del. Teoridelen vil belyse hva fett er og hvor melkefett kommer fra. Den vil også ta for seg melkas naturlige fettsyresammensetning, hvordan melkefett dannes, hva melkefettet påvirkes av og hva kalsiumforsåping innebærer. Det er ikke gjort lignende forskning på bruk av kalsiumforsåpet rapsolje tidligere i Norge. I andre land har man gjort forsøk med kalsiumforsåping, men svært lite på raps. Som en stor norsk fôrprodusent ønsket Norgesfôr å finansiere et forsøk der en sammenlignet to kraftfôrblandinger med ulik fettilsetning; en blanding med prosessert palmeolje og en med kalsiumforsåpet rapsolje. Den eksperimentelle delen av oppgaven omhandler ett feltforsøk over totalt 20 uker på et kommersielt melkeproduksjonsbruk. Hele besetningen på rundt 60 melkekyr ble først tildelt fôr med prosessert palmeolje i 5 uker og deretter kraftfôr med kalsiumforsåpet rapsolje i 5 uker. Dette ble gjentatt en gang til så det til sammen ble 4 perioder à 5 uker, to perioder med prosessert palmeolje og to med kalsiumforsåpet rapsolje. Data ble hentet ut fra melkerobot i tillegg til at det ble tatt fôrprøver og melkeprøver. Det ble også gjort fire grovfôrveinger, en i hver periode, hvor jeg deltok i første forsøksperiode. Andre prøver er tatt av fôrprodusent, gårdbruker eller tankbilsjåfør.

## 2.0 Fett til melkekyr

### 2.1 Hva er fett?

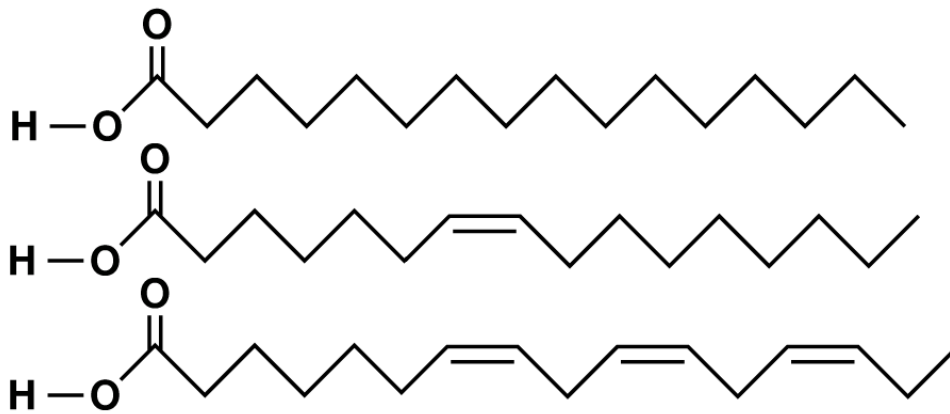
I Norsk Landbruksordbok fra 1979 er fett definert som «et energirikt stoff som lagrer seg i vev i plante og dyreorganismer» (Nemnda for Norsk landbruksordbok 1979). På folkemunne er fett mest assosiert med mat og helse. Det defineres ved at det ikke kan løses i vann og man tenker som regel på fettsyrer og triglyserider når man omtaler fett til daglig. Ett samlebegrep for fett og andre fettløselige molekyler er lipider. Lipidene inngår i husdyr blant annet som elektronbærere, i cellemembraner, som energikilde og energilager. I planter inngår lipider som overflatebeskyttelse og i membraner og fett lagres i plantenes frukter og frø. Fett er en undergruppe av lipidene. De kjennetegnes ved at frie fettsyrer er bundet sammen med et glyserolmolekyl, og sammen danner et glyserid. Når alle tre alkoholgrupper på glyserolet er bundet til en fri fettsyre kalles komponenten for et triglyserid (figur 1). Dersom andre komponenter enn fettsyrer er bundet til en eller flere av alkoholgruppene på glyserolet får man dannet andre lipidmolekyler. Galaktolipider er den vanligste formen for fett i gras og har fettsyrer og et galaktosemolekyl bundet til glyserolet (McDonald 2011). Fosfolipider er vanlig å finne i cellemembraner og består av et glyserol som er bundet til fettsyrer og en fosforkomponent (Van Soest 1982).



Figur 1 Triglyserid av et glyserolmolekyl og tre frie fettsyrer

Fettsyrer er molekyler som i hovedsak består av hydrogen og karboner (C) i lengre eller kortere kjeder (McDonald 2011). De varierer i lengde og man finner dem helt ned i to karboner (eddiksyre), og naturlig opptrer de kun i partall. De vanligste fettsyrene i storfeprodukter har 16 og 18 karboner, men fettsyresammensetningen påvirkes av fôret

(Nuernberg et al. 2005; Shingfield et al. 2006). Fettsyrene kan være metter eller umettet (figur 2). At en fettsyre er mettet vil si at den bare har enkeltbindinger mellom karbonatomene i kjeden, og at den derfor er mettet på hydrogen. At den er umettet betyr at den har en eller flere dobbeltbindinger mellom karbonatomene, noe som gir færre bindingssteder for hydrogen. Ved flere dobbeltbindinger kaller vi fett flerumettet og ved en dobbeltbinding kalles de enumettet. Umettet fett kan ha to ulike dobbeltbindinger. Disse kalles trans- eller cis-binding. Ved cis-dobbeltbinding er hydrogenene bundet på samme side av karbonkjeden og ved trans binding er de bundet på motsatt side av fettsyrekjeden. I naturen finner man stort sett bare cis-bindinger (McDonald 2011), men i storfe finnes mye trans-fett. Dette skyldes at mikrobene i vomma omdanner fettsyrer og dermed endrer noen cis-bindinger til trans-bindinger, spesielt for linolsyre og linolensyre, før hydrogenering (Mozaffarian et al. 2006).



Figur 2 Frie fettsyrer i mettet (øverst), enumettet og flerumettet (nederst) form.

For mennesker er det to ulike essensielle fettsyrer. Disse kalles omega-6 (n-6) og omega-3 (n-3) og består av en rekke ulike flerumettede fettsyrer som til felles har en dobbeltbinding i sjette binding mellom to karbonatomer (n-6) fra fettsyrens omegaende, eller i tredje ledd (n-3) fra omega enden (McDonald 2011).

## 2.2 Fett i fôr

I fôrrasjonen til melkekyr får man fettsyrer både fra kraftfôr og fra grovfôr. Gras inneholder mellom 2-3 % fettsyrer per kilo tørrstoff (Sejrsen & Strudsholm 2003). Melkekyr har et stort grovfôropptak, så selv om konsentrasjonen av fett er lav vil grovfôret bidra med en del

fettsyrer. Over halvparten av fettsyrene i gras er linolensyre (C18:3), mens linolsyre (C18:2) og palmitinsyre (C16:0) utgjør ca. 20 % hver (tabell 1).

**Tabell 1: Typiske verdier for innhold av de viktigste fettsyrene i ensilert gras, mais, bygg, havre, palmeolje og rapsolje som vekta prosent (g/100g fettsyrer) (Hvelplund & Nørgaard 2003).**

Fettsyre	Gras	Rapsolje	Palmeolje	Bygg	Havre	Mais
Fettprosent	2-3	100	100	3,2 <sup>1</sup>	6,4 <sup>1</sup>	2,2
Laurinsyre (C12:0)	0,8	0	0	0	0 <sup>2</sup>	0,1
Myristinsyre (C14:0)	1,2	0	1,4	0,4	0,2 <sup>2</sup>	0,4
Palmitinsyre (C16:0)	18,8	4,4	40,1	24,3	16,8 <sup>2</sup>	16,5
Palmitioleinsyre (C16:1)	1,3 <sup>2</sup>	0,2 <sup>2</sup>	-	0,1 <sup>2</sup>	0,2 <sup>2</sup>	-
Stearinsyre (C18:0)	2,6	1,4	5,5	1,2	1,5 <sup>2</sup>	2,2
Oljesyre (C18:1)	4,6	54,3	42,7	10,8	37,3 <sup>2</sup>	22,7
Linolsyre (C18:2)	18,7	19,5	10,3	56,4	39,7 <sup>2</sup>	50,0
Linolensyre (C18:3)	51,1	11,4	0	6,7	1,6 <sup>2</sup>	5,4

1 (Prestløkken 2011)

2 (Harstad et al. 2000)

Fettet i en kraftfôrblanding kommer i hovedsak fra tilskuddsfett og fra kornet som inngår i blandingen. I korn er det varierende innhold av fett, og i de mest brukte kornsortene finner vi i overkant av 3 % fett i bygg og rundt 6,4 % fett i havre som vist i tabell 1. Oljesyre og linolsyre utgjør til sammen nesten 80 % av fettene i havre. Bygg inneholder over 15 prosentpoeng mer linolsyre enn havre. Innholdet av palmitinsyre i bygg er på 24,3 % av fettene, noe som er nesten 10 prosentpoeng mer enn havre og mais. Innholdet av fett i mais er lavere enn for de andre to kornsortene, og linolsyre er den fettsyren det er mest av (50 %), men det er også mye oljesyre i mais.

I kraftfôr til melkeku finner man vanligvis rundt 3 % fett, ofte opp mot 4 og 5 %, men en totalrasjon til melkekyr kan inneholde opp til 8 % fett uten negativ virkning på ytelse (Sutton 1989). Fôropptaket kan bli redusert ved kun 3% fett i totalrasjonen (Choi 1996), men andre forsøk viser at man kan bruke rundt 9% fett i totalrasjonen før det påvirker fôropptaket (Schauff & Clark 1992). For mye fett i rasjonen kan derimot virke uheldig på fordøyeligheten av andre næringsstoffer i vom (McDonald 2011). Dette skyldes at fettsyrer bindes til fôrpartikler i vomma, og ved store mengder fettsyrer vil de innkapsle fôrpartiklene og gjøre dem utilgjengelig for mikrobene, noe som senker fordøyeligheten (Hvelplund & Nørgaard 2003). Fett som tilsetningsstoff i kraftfôr til melkekyr tilføres av to hovedgrunner. Den ene er for å påvirke melkas fettinnhold, og den andre er for å øke energikonsentrasjonen i fôret

(Kowalski et al. 1999), da kyr med høy ytelse sjelden greier å ta opp nok energi. Tilskudd av fett i kraftfôret vil gi effekter som økt ytelse, bedre energibalanse, bedre kroppskondisjon og økt fruktbarhet (Shingfield & Garnsworthy 2012).

Palmeoljeprodukter er en mye brukt fetttilsetning til melkekyr. Dette skyldes at den har gode egenskaper for kuas vomfunksjon og melkeproduksjon. Palmeolje har også en positiv virkning på fettprosent i melk, men dette har ingen funnet en god forklaring på.

Sammenlignet med andre oljefrø består palmeolje av en stor andel mettede fettsyrer, og de dominerende fettsyrene er palmitinsyre og oljesyre (Hvelplund & Nørgaard 2003). Palmeolje består naturlig av omtrent 40 % palmitinsyre men inneholder også ca. 43 % oljesyre i tillegg til ca. 10 % linolsyre (tabell 1).

Rapsolje er en fettkilde som er betydelig mer umettet enn palmeolje. I forhold til palmeolje inneholder rapsolje ca. 55 % oljesyre (tabell 1). Til sammen utgjør fettsyrene linolsyre og linolensyre ca. 30 % av fettene. Rapsolje kan også produseres i Norge. I flere land er det en økende interesse for å bruke kalsiumsåper av frie fettsyrer fra raps til melkekyr fordi dette hindrer hydrogenering av de umettede fettsyrene i vom (Kowalski et al. 1999). Dette kan føre til at mer av disse fettsyrene kommer over i melk.

## **2.3 Omsetning av fett i fordøyelseskanalen**

### **2.3.1 Fettfordøyelsen i vom**

Fôrfettet vil ikke fordøyes i vomma, men det skjer en del andre prosesser som gjøres av mikrobene. Disse prosessene kan deles inn i tre:

- Lipolyse
- Biohydrogenering
- Syntese av mikrobefett

Når fettene ankommer vomma vil triglyseridene spaltes til glyserol og frie fettsyrer ved lipolyse. Lipolysen utføres av enzymer som skilles ut av mikrobene. Enzymene bryter esterbindingene mellom alkoholenheten og karboksylsyregruppen hos glyserolet og de frie fettsyrene. Glyserolen omsettes til flyktige fettsyrer gjennom gjæringsprosessene i vomma.

De frie fettsyrene vil binde seg til fôrtikler som de senere blir med ut av vom (Hvelplund & Nørgaard 2003).

Fettet som kua spiser består av mye C18:2 og C18:3. Disse umettede fettsyrene vil i stor grad hydrogenes til mettede fettsyrer før de forlater vomma. Frie hydrogen i vom kan bindes til umettede fettsyrer, noe som kalles for hydrogenering av fettsyrer. Dette skjer ved at dobbeltbindingene i fettsyrene brytes og det settes inn ett hydrogen på hvert karbonatom. En hydrogenering forutsetter at lipidene er spaltet fra triglyserider til frie fettsyrer slik at karboksylgruppen er fristilt. Man tror at mikrobenes hydrogenering av umettet fett skyldes at de tåler umettede fettsyrer dårligere enn mettede fettsyrer (Hvelplund & Nørgaard 2003).

Noen av fettsyrene fra fôret tas opp av mikrobene og inngår i deres eget «kroppsfett». En del av fettsyrene i mikrobene kommer direkte fra fôrfettet mens andre syntetiseres de-novo ut fra andre kjemiske komponenter av nedbrutt fôr (Shingfield & Garnsworthy 2012). I mikrobene finner man både fett med partalls og oddetalls antall karbonatomer, og mikrobene lager også forgrenede fettsyrer. Derfor kan vi finne igjen slike fettsyrer i produktene til drøvtyggere (Harstad et al. 2000). Transfettsyrer er også å finne i produkter fra drøvtyggeren, noe som skyldes at transfettsyrer kan dannes av bakterier under anaerobe forhold som vi finner i vom (Rafdal 2011). Mikrobene kan også produsere fettsyrer fra andre kilder enn fett. En stor mengde frie fettsyrer absorbert fra vom er nettopp slike og kalles flyktige fettsyrer. Disse regnes som et avfallsstoff etter mikrobenes omsetning av karbohydrater og består hovedsakelig av eddiksyre (C2), propionsyre (C3) og smørsyre (C4) (Hvelplund & Nørgaard 2003).

### **2.3.2 Absorpsjon av fettsyrer**

Korte fettsyrer fra C2:0 til C12:0 (samt noe C14:0) kan absorberes direkte gjennom vom og tarmvegg til blod som frie fettsyrer. Mellomlange fettsyrer kan også absorberes direkte til blod, men dette skjer i hovedsak kun ved fôring med store mengder av dem. De fleste av de mellomlange fettsyrene transporteres via portåreblodet bundet til albumin (Hvelplund & Nørgaard 2003), men de korteste kan flyte rundt i blod som nøytrale anioner (Van Soest 1982).

Lengre fettsyrer har en mer komplisert prosess for absorpsjon. De passerer løpen hvor miljøet er surt og fôrpartikler blir delt opp ytterligere (McDonald 2011). Mikrobene blir også oppløst her slik at fettsyrer innlemmet i mikrobenes kropp blir tilgjengelige for absorpsjon. Det skjer lite med selve fettene i magesekken. Når surt materiale fra løpen entrer tynntarm tilføres sekreter for å øke pH, og galle fra pankreas tilføres via galleblæren for å fordøye fettene. Galle er kalium- og natriumsalter av gallesyrer som består av en rekke ulike komponenter. Gallesaltene er viktige for emulgering av fett og for å aktivere lipase fra pankreas. Emulgeringen er også viktig fordi den deler større globuler av fett fra magesekken opp i mindre partikler. Dette gjør at lipase fra pankreas lettere kommer til og får spaltet de gjenværende triglyseridene, noe det er svært lite av hos drøvtyggere. Triglyseridene hydrolyseres ikke fullstendig, da de kun spaltes i frie fettsyrer og monoglyserider. Gallen omdanner fettsyrene til små vannløselige partikler, da gallesaltene er bipolare, noe som vil si at de har en fettløselig og en vannløselig del og de ioniserer karboksylgruppen. Når de frie fettsyrene og monoglyseridene er emulgert til små vannløselige partikler går de sammen og danner miceller for å muliggjøre et opptak gjennom tarmvegg. Monoglyserider er viktige for dannelse av miceller, men siden det er lite triglyserider igjen når fettene når tarmen hos drøvtyggere vil det være en begrenset tilgang til slike molekyler. Hos drøvtyggere har et annet molekyl, lysofosfatidyl-kolin erstattet monoglyseridene. Triglyserider kan ikke inngå i slike miceller og noen fettsyrer som stearinsyre kan ikke være med å forme miceller, men kan innlemmes i ferdig dannede micellemolekyler (McDonald 2011). Micellene dannes i tarmlumen og diffunderer passivt gjennom tarmens slimhinne (mucosa). Mucosa har både fett- og vannløselige lag og absorpsjonshastigheten avhenger av konsentrasjonsgradienten av saltene (Hvelplund & Nørgaard 2003). Absorpsjonen av fett foregår i hovedsak i jejunum av tynntarm (McDonald 2011).

#### **2.4 Intermediær omsetning av fett**

Inne i tarmcellene løses micellene opp og det skjer en re-estrisering av fettsyrene i cellens endoplasmatiske retikulum. Der blir de igjen bundet til glyserol, som har blitt laget ut fra glukose i kroppsvevet, og danner blant annet fosfolipider og triglyserider (McDonald 2011). Re-estrisering går langsommere for mettede fettsyrer enn for umettede fettsyrer

(Hvelplund & Nørgaard 2003). Dette kan være en av grunnene til at umettede fettsyrer har bedre fordøyelighet enn mettede fettsyrer. Triglyseridene som er mellomlange og langkjedete kan ikke transporteres via blodet, men de kan gå ut i lymfen som plasmalipider . Før triglyseridene kan gå videre til blod må de derfor innlemmes i lipoproteiner som kylomikroner og very low density lipoprotein (VLDL). Disse består av proteiner og triglyserider og er satt sammen slik at de har en vannløselig ende. Dette gjør det mulig å frakte fett i blod. Lipoproteinene dannes i tarmcellene og levera og går ut i blodsystemet (McDonald 2011).

Korte og mellomlange fettsyrer trenger hverken galle eller miceller for å absorberes. Disse absorberes raskt fra vom og tarmlumen rett over i pårtåren som nevnt i avsnitt 2.3.2.

## **2.5 Dannelse av melkefett**

Fettet i melk består av en blanding av triglyserider med et bredt spekter av mettede og umettede fettsyrer (McDonald 2011). Melkefettets triglyserider produseres hovedsakelig i endoplasmatisk retikulum i juret. Fettdråpene flyttes så til cellemembranen og sekreses inn i melkealveolene som melkefettkuler (Sutton 1989). Fettsyrene som melkefettet settes sammen av kommer fra kuas fettvev gjennom syntese av fett ved omsetning av karbohydrater i vom og direkte fra fôrfett og tilføres juret via blodet (Van Soest 1982). Det er mengden og forholdet mellom disse som bestemmer fettinnhold og fettsyresammensetning i melka.

Fra omsetning av karbohydrater i vom dannes eddiksyre og  $\beta$ -OH-smørsyre som et biprodukt av mikrobene. De brukes i de-novo syntese av fettsyrer der smørsyre er utgangspunktet og elongeres med tilkobling av eddiksyre opp til C16:0. Eddiksyre brukes ikke i produksjon av langkjedete fettsyrer (Van Soest 1982). Eddiksyre og smørsyre fra fermentering i vom blir til C4:0 – C16:0 i melka, men noe C12:0 – C16:0 stammer også direkte fra fôrfett (Sejrsen & Strudsholm 2003). Opptak av langkjedete fettsyrer i juret gir redusert denovo syntese av 4-12 karbon fettsyrer. Derfor kan man ofte ved økt mengde 18 karbon fettsyrer i fôret se en nedgang av korte fettsyrer i melka (Palmquist 1984).

Fôrfett og mobilisert kroppsfett som kommer til juret er innlemmet i lipoproteiner som

---



kylomikroner og VLDL som transporteres med blodet. Omtrent halvparten av fettsyrene som tilføres melka kommer fra langkjedete lipoproteiner fra fôr og fettmobilisering (Hvelplund & Nørgaard 2003). Fettsyrer fra fôret og mobilisering av kroppens fettev er hovedsakelig C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 og C18:3 (Harstad 2007), men også C20 fettsyrer kommer direkte fra fôr. Fôrfettsyrer vil være en viktig del av melkefettet gjennom hele laktasjonen, mens mobilisering av fettvev hovedsakelig er avhengig av kuas hold, laktasjonsstadiet og ytelse. I tidliglaktasjon er det vanlig at kyr mister 0,5-1,0 kilo kroppsfett per dag for å mobilisere energi til melkeproduksjon. Fettet fra mobiliseringen går i stor grad direkte til juret (Shingfield & Garnsworthy 2012). Reaksjonen med fettmobilisering settes i gang av ulike hormoner som epineprin, og undertrykkes av insulin, propionsyre og glukose. Fettvevet hos storfe består hovedsakelig av 16- og 18-karbon fettsyrer, men en stor andel av 18-karbon fettsyrene er enumettet (Van Soest 1982).

Jurvevet inneholder desaturaser som gjør at man får produsert cis-dobbeltbindinger av blant annet C18:0 i juret (Shingfield & Garnsworthy 2012). Eksempelvis vil delta-9-desaturase produsere enumettede 18 karbon fettsyrer (Harstad 2007). Derfor ser man ofte at det er en del enumettede fettsyrer i melka som C14:1, C16:1 og C18:1. Flerumettede fettsyrer syntetiseres ikke av drøvtyggenes kroppsvæv, og innholdet av n-3 og n-6 fettsyrer i melk avhenger derfor av mengden av disse som absorberes i tynntarm. Forsøk har blitt gjort for spesifikt å prøve å øke n-3 fettsyrer i melk. Dette har vist seg å være vanskelig da hydrogenering av flerumettede fettsyrer skjer svært effektivt i vom (Shingfield & Garnsworthy 2012).

## **2.6 Fettinnhold i melk**

Melk fra storfe inneholder vanligvis 13 – 14 % tørrstoff, hvorav 4,7 – 5,0 % er laktose, protein er 3 – 3,5 % og fett utgjør 3,5 – 4,5 %. Melkefett består av triglyserider som er satt sammen av over 400 ulike fettsyrer. Av disse utgjør mettede fettsyrer fra 4 til 18 karboner, C16:1 og C18:1 samt noe C18:2 de fleste fettsyrene. Fettsyresammensetning i melk har fått en del oppmerksomhet de siste årene fordi den inneholder en god del mettede fettsyrer som C12:0, C14:0 og C16:0. Disse kan ha en uheldig innvirkning på kolesterolnivået hos mennesker. Fra mikroorganismenes kroppssyntese av fettsyrer finner vi igjen C15:0 og C17:0

---

i melka (Sejrsen & Strudsholm 2003). I tillegg finner man enumettede transfettsyrer som trC18:1 som sies å gi økt risiko for hjerte- og karsykdommer (Mozaffarian et al. 2006).

Melkefett inneholder også n-6 og n-3 fettsyrer, men de utgjør en svært liten del av fettene. Likevel er de viktige fordi de har mange funksjoner i kroppen. Konjugert linolsyre er en n-3 fettsyre som også kalles CLA (C18:2, c9, t11), og har vist seg å ha en rekke positive egenskaper som for eksempel bekjempelse av kreftceller (Sejrsen & Strudsholm 2003). Forholdet mellom n-6 og n-3 er viktig i menneskers kosthold, og man anbefaler et forhold på under 6:1 i dietten hos en voksen person (Wijendran & Hayes 2004). I en fransk studie var forholdet mer enn 10:1 for både kvinner og menn (Astorg et al. 2004). I melk er forholdet mellom n-6 og n-3 omtrent 2:1, noe som er gunstig (Connor 2000). Bruk av plantefett med mye C18:2 og C18:3 gir økt konsentrasjon av CLA fettsyrer i melka (Shingfield & Garnsworthy 2012), men innholdet av flerumettede fettsyrer i melk er lavt.

**Tabell 2: Typiske verdier for innhold av de viktigste fettsyrene i melk i vekta % (g/100g fettsyrer) (Harstad et al. 2011).**

Fettsyrer	Vekta %
Smørsyre (C4:0)	2,95
Kaprinsyre (C6:0)	2,12
Kaprylsyre (C8:0)	1,30
Kaprinsyre (C10:0)	3,10
Laurinsyre (C12:0)	3,70
Myristinsyre (C14:0)	12,05
Pentadecanoinsyre (C15:0)	1-2*
Palmitinsyre (C16:0)	28,79
Margarinsyre (C17:0)	0,5-1,5*
Stearinsyre (C18:0)	10,98
Palmeteinsyre (C16:1)	1-3*
Vaksensyre (C18:1 t11)	1,42
Oljesyre (C18:1 c9)	19,45
Konjugert linolsyre (C18:2 c9t11)	0,53
Linolsyre (C18:2)	1,34
Alfalinolensyre (C18:3)	0,41

\* Hentet fra «improving the safety and quality of milk» (Griffiths 2010).

## 2.7 Faktorer ved fôret som påvirker innhold og sammensetning av melkefett

Fôrtype, fôringsrutiner og fettsammensetning i fôret påvirker melkas innhold og sammensetning av fett (Hvelplund & Nørgaard 2003). Blant annet kan tildeling av store

mengder kraftfôr på en gang gi ustabil vommiljø som virker negativt på melkeproduksjonen (Sejrsen & Strudsholm 2003). Grovfôrandel i en fôrrasjon påvirker også fett i melk i stor grad. Økt andel kraftfôr over 40 % av energitilførselen vil senke pH i vom ned til < 6, noe som fører til at cellulolytiske bakterier blir mindre effektive i nedbrytning av fiber (Hvelplund & Nørgaard 2003). Dette gir en relativt økt produksjon av propionsyre og senket eddiksyreproduksjon i vom, noe som igjen fører til senket ytelse og fettprosent (Sejrsen & Strudsholm 2003). Andel grovfôr i en rasjon påvirkes mye av grovfôrets kvalitet. Det er ikke uvanlig at man har variert kvalitet på fôret, spesielt ved oppbevaring i rundball, da det er en rekke forhold som kan gi ulike fermenteringsresultater i hver rundballe (Mo 2005). Et tidligere høstetidspunkt vil også gi økt fôropptak. Økt avdrått gir økt fôropptak, men det er funnet store variasjoner mellom kyr (Saue 1983). Energiopptaket fra grovfôr kan variere fra 6 Fem til 12 Fem daglig per ku (Nyhus 2013). Et forsøk gjort med NRF i 2006/2007 viste at fôring med kraftfôr gir en nedgang i grovfôropptak, også kalt substitusjonseffekten (Breivik et al. 2009). Ved tildeling av rundt 8 kilo tørrstoff kraftfôr lå grovfôropptaket rundt 9 kilo tørrstoff ved midtlaktasjon i et forsøk gjort i 1993 (Havrevoll et al. 2002).

Laktasjonsstadiet påvirker fett- og proteinprosent i melka betydelig, og varierer mellom ulike raser. Fettprosent har en tendens til å være høy i starten og mot slutten av en laktasjonsperiode. Dette skyldes en uttynningseffekt fordi laktose er den viktigste osmotiske komponenten i melk. Dersom tilførsel av fett til juret ikke samsvarer med økningen laktosetilførsel vil fettprosenten endres tilsvarende. Ved synkende ytelse mot slutten av en laktasjon vil man derfor se økt fettprosent i melka. Proteinprosenten har like tendenser som fettprosenten, men varierer i mindre grad fordi det er funnet en sammenheng mellom jurets tilgang på aminosyrer og dannelse av laktose (Sejrsen & Strudsholm 2003).

### **2.7.1 Umettet fett og kalsiumsåper**

I humanernæringen er det økende fokus på bruk av mer umettet fett. Siden fettsammensetning i fôr påvirker fettsammensetning i melk kan det å bruke mer rapsolje i fôr til melkeku gi en endret fettsyreprofil i melk som samsvarer med dette ønsket (Kowalski et al. 1999). Fettsyresammensetningen i fettkilder som anvendes i kraftfôret til storfe varierer mye. Man anbefaler fettkilder med lavt innhold av umettede fettsyrer til storfe, da

---

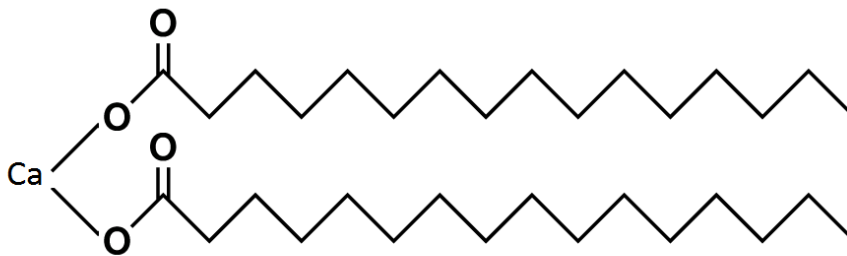
umettet fett kan ha uheldig virkning på vommas funksjon (Hvelplund & Nørgaard 2003). Ved bruk av mettede fettsyrer vil fettprosenten i melka tendere til å øke, mens bruk av umettede fettsyrer ofte gjør at fettprosenten synker (Sutton 1989). Umettet fett kan ha en uheldig påvirkning på mikrobiell omsetning av karbohydrater og protein i vom. Toksitet synker med økt kjedelengde på fettsyren, og stiger med økt umettethet. Det umettede fett har toksisk virkning, spesielt på protozoer, men også på cellulolytiske bakterier. Man vil derfor få en økning i produksjon av propionsyre, mens eddiksyre og smørsyreproduksjonen synker (Hvelplund & Nørgaard 2003). Ved over 5 % umettet fett får man nedsatt fordøyelighet, spesielt av NDF (neutral detergent fiber). Høyt innhold av umettet fett kan også resultere i melkefettdepresjon på grunn av dannelse av transfettsyrer og CLA i vomma. Noen transfettsyrer og CLA-fettsyrer kan gå videre til juret og redusere de novo syntesen av melkefett i jurvevet. Dersom hydrogenering i vom ikke skjer fullstendig kan man få dannet flere ulike C18:2 fettsyrer. En av disse er C18:2, trans-10, cis-12 som er bevist å ha negativ virkning på fettsyntese i juret (Shingfield & Garnsworthy 2012).

Som nevnt i delkapittel 2.3.1 skjer en metting av umettet fett ved hydrogenering i vom. Hydrogeneringen kan man sannsynligvis beskytte mot ved å feste på en kalsiumkomponent på karboksylgruppen i fettsyren, noe som kalles for kalsiumforsåping (Hvelplund & Nørgaard 2003). Det har i tidligere forsøk vist seg at kalsiumsåper av frie fettsyrer, uavhengig av type fettsyrer, blir mindre påvirket av vomomsetningen og påvirker vomma i mindre grad enn triglyserider og frie fettsyrer. Poenget med såpene er at de ikke brytes ned i vomma slik at de kan fordøyas i løpe og tarm. Andre forsøk har vist at fettsyrer av kalsiumsåper har tilnærmet normal fordøyelighet i tarm hos melkekyr (Palmquist 1984). Derfor kan man forvente at en produksjon av kalsiumsåper vil redusere hydrogenering i vom. Man har derimot funnet at såper av umettet fett ikke er spesielt stabile. Økt grad av umettethet gir ofte mer ustabile kalsiumsåper, så såper av flerumettet fett har vist seg å dissosiere i tidligere forsøk (Ferlay et al. 1993). Ved lav pH vil det skje nedbrytning av kalsiumsåper som gjør fettsyrene tilgjengelige for hydrogenering (Kowalski et al. 1999).

Det er funnet direkte korrelasjon mellom synkende pH og oppløsning av kalsiumsåper. Dette skyldes at kalsiumet som brukes til forsåpingen vil byttes ut med frie hydrogenener ved lav pH i

---

vom, noe som gjør fetttsyrene tilgjengelig for hydrogenering. Terskelen for at dette skal skje avhenger av fetttsyrenes struktur og bestemmes av fetttsyrens syrekonstant (pKa). En mer umettet fetttsyre har høyere pKa, og det har vist seg at de er mer utsatt. (Sukhija & Palmquist 1990). Palmquist og Sukhija (1990) fant at kalsiumsåpe med soyaolje var 10 % oppløst ved pH 5,5 mens det for palmeolje ved samme pH ikke ble registrert noen oppløsning av kalsiumsåpene. Den vanligste grunnen til lav pH er fôring med store mengder kraftfôr (>3kg) per tildeling (Sejrsen & Strudsholm 2003).



Figur 3: Kalsiumsåper består av to fetttsyre og ett kalsium festet til fetttsyrenes karboksylgruppe.

### 2.7.2 Kalsiumforsåpet rapsolje

I et forsøk med kalsiumforsåpet rapsolje som fetttilsetning sammenlignet med ingen fetttilsetning i kraftfôr fant Kowalski et al. (1999) økt melkeytelse, noe som også er vist i andre forsøk med kalsiumsåper. Innholdet av melkefett sank med 0,1-0,9 % ved bruk av kalsiumsåper av rapsfetttsyre og innholdet av melkeprotein sank med 0,1-0,7 %.

Fetttsyresammensetning i melka ble signifikant forskjellig ved bruk av kalsiumforsåpet rapsolje sammenlignet med kalsiumforsåpet palmeolje. Andelen mellomlange mettede fetttsyre (C10:0 – C16:0) ble lavere, mens C18:0 og C18:1 økte. Det var ingen signifikante forskjeller for flerumettede fetttsyre i dette forsøket (Kowalski et al. 1999).

Et annet forsøk gjort med kalsiumforsåpet palmeolje og kalsiumforsåpet rapsolje fant ingen forskjell på ytelse (Ferlay et al. 1992). Det ble ikke funnet forskjell i fett eller proteinprosent i dette forsøket, men det ble en økt andel stearinsyre og oljesyre og en lavere andel palmitinsyre i melka ved bruk av kalsiumforsåpet rapsolje. Det har også blitt gjort forsøk for å teste forskjellen mellom kalsiumforsåpet rapsolje i forhold til ubehandlet rapsolje. Her ble det ikke funnet forskjeller på nitrogensyntese i vom, men fordøyeligheten av organisk stoff var lavere ved bruk av kalsiumsåpen (Doreau et al. 1993).

## **3.0 Egne forsøk**

### **3.1 Materiale og metode**

Masteroppgaven er gjennomført som et prosjekt i samarbeid med Norgesfôr og TINE for å finne alternativer til prosessert palmeolje som tilskuddsfett i kraftfôr til melkekyr. Formålet var å teste effekten av kalsiumforsåpet rapsolje (KR) mot prosessert palmeolje (PP) som tilsetningsfett i kraftfôr og roemix på melkeproduksjon og fettsammensetning i melka.

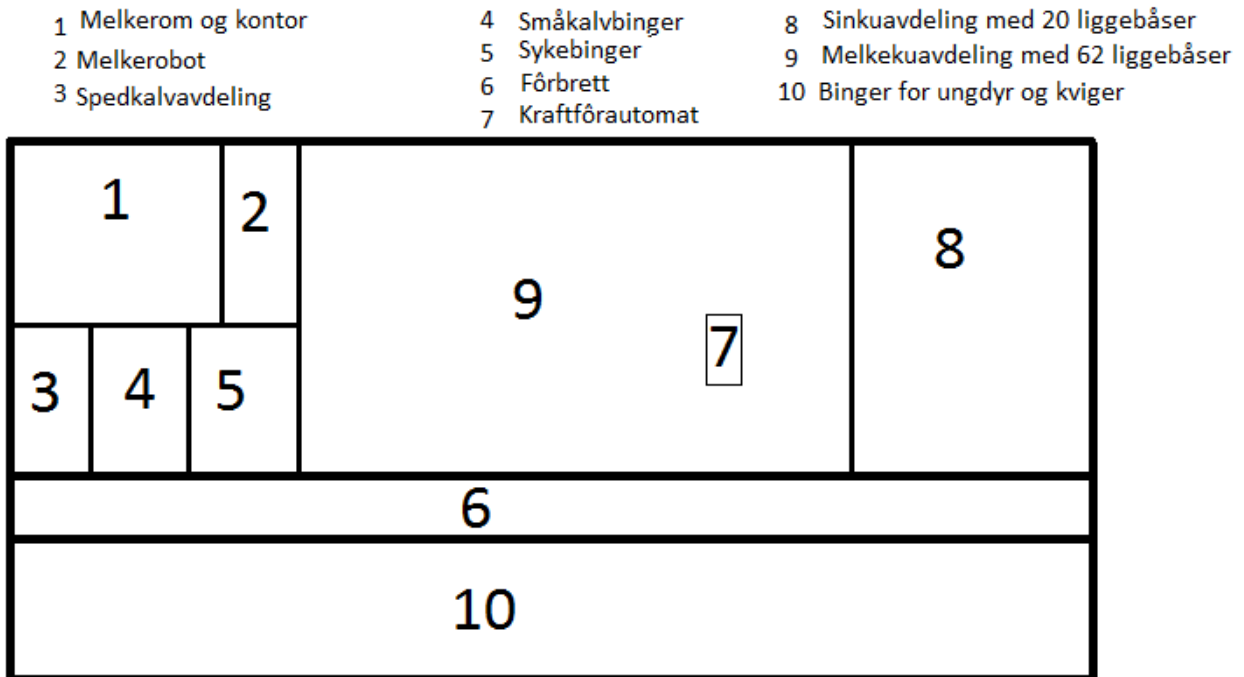
#### **3.1.1 Beskrivelse av fjøs og drift**

Forsøket ble gjennomført på et melkeproduksjonsbruk i Surnadal, Møre og Romsdal. Det er et løsdriftsfjøs med liggebåser til 60 melkekyr, kviger og ungdyr som stod ferdig i 2006. Melking skjer med melkerobot. Fôrbrettet er 2,35m bredt hvor kyr står på en side av fôrbrettet og kviger og kalver er oppstallet på motsatt side (figur 4). I enden lengst fra robot er en kombinert sinku- og kvigeavdeling for drektige kviger ved siden av melkekuavdelingen. Fjøset drives med spredt kalving gjennom året. Kyrne står på tett gulv med gjødselskrape. Melkeroboten er av typen Lely Astronaut og løsdrifta har fri kutrafikk. Kraftfôret til melkekyrne tildeles i både kraftfôrautomat og i melkerobot. Kraftfôrautomaten er en Lely Cosmix S uten bakport og her tildeles fra 200 gram til 2 kg kraftfôr per besøk, avhengig av tid siden sist besøk. Gjennomsnittlig mengde kraftfôr pr besøk i kraftfôrautomat ligger rundt 300 gram. Mengde kraftfôr per besøk i roboten ligger på i overkant av 2 kg, og varierer ut fra ytelse.

Dyra fôres etter standard laktasjonskurve (Tine 2012) der alle fôres likt fram til dag 60 etter kalving, for så å plasseres i høy, middels eller lav laktasjonskurve ut fra ytelse. Standard melkeytelse for 1. kalvskyr er 7000 kg energikorrigert melk (EKM) og for 2. kalvskyr og eldre 8500 kg EKM. Det hjemmeproduserte grovfôret var surfôr av blandingseng lagret i rundballer. Grunnet begrenset grovfôrlager dette året ble det innkjøpt noe grovfôr i rundball. Grovfôret gis etter appetitt og utfôring skjer med fôrutlegger som mater ut seks ganger i døgnet. Grunnet begrensede grovfôrmengder ble det brukt en roemix som et tilleggskraftfôr. I 2014 ble det levert 475 000 liter melk fra gården og gjennomsnittlig avdrått per ku var på 8000 kg EKM (Årsrapport 2014, TINE kukontroll). Buskapen hadde ti tilfeller av mastitt i 2014, men et gjennomsnittlig celletall på 108 000 gjennom året viser ingen store problemer med høye celletall. Ingen tilfeller av melkefeber og ketose ble registrert, noe som

---

indikerer en buskap med god helsestatus. FS-tall på 93 viser til god kontroll på fruktbarheten men kvigene er forholdsvis gamle ved første kalving (29,9mnd alder).



Figur 4: Enkel plantegning av fjøset brukt i forsøket.

### 3.1.2 Forsøksdesign

Fôringsforsøket ble gjennomført i perioden 15. januar- 4. juni 2014. Det ble gjennomført som et ombyttingsforsøk med fire perioder à fem uker, i alt 20 uker. Innen hver periode fikk alle melkekyrne samme kraftfôrblanding og roemix i en tre ukers tilvenningstid og to ukers prøvetakingstid. I første og tredje periode ble det brukt kraftfôr og roemix med PP som fetttilsetning, mens det i andre og fjerde periode ble brukt kraftfôr og roemix med KR som fetttilsetning (tabell 3).

Tabell 3: Forsøksdesign ved bruk av de to typene fetttilskudd.

	P <sup>1</sup> 1	P <sup>1</sup> 2	P <sup>1</sup> 3	P <sup>1</sup> 4
Forsøksfôr	PP	KR	PP	KR
Tilvenningstid, uker	2	2	2	2
Prøvetakingstid, uker	3	3	3	3
Sum, uker	5	5	5	5

<sup>1</sup>P = periode

Ved oppstart av forsøket ble kraftfôrsiloene tømt, og fylt opp med kraftfôr og roemix med PP som fetttilsetning. Etter fem uker ble prosessen gjentatt, men nå med KR som fetttilsetning i kraftfôr og roemix. Kraftfôrsiloer ble tømt ved hvert periodeskifte, slik at dyra fikk riktig forsøksfôr fra første dag i hver forsøksperiode.

Bortsett fra fetttilskuddet var komposisjonen av de to kraftfôrblendingene og de to roemixene tilnærmet lik. De skulle ha likt innhold av FEm, AAT, og PBV. På vektbasis inneholdt begge kraftfôrblendingene ca. 60 % bygg, ca. 15 % soyamel, 5 % roesnitte og tilsetningsstoffer for å bedre pellets-kvalitet og smakelighet, samt mineraler og vitaminer. Fett utgjorde nesten 4 % av ingrediensene på vektbasis og 3,5 % av dette var råfett fra tilskuddsfettet. Dette innebar at man på vektbasis tilsatte litt mer kalsiumforsåpet rapsolje, da deler av dette fettene var mineraler ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Den ene kraftfôrblendingen (PP) inneholdt et palmeoljebasert industriprodukt som inneholder frie fettsyrer i form av minst 80 % palmitinsyre (C16:0), ca. 5 % stearinsyre (C18:0) og ca. 12 % oljesyre (C18:1) og linolsyre (C18:2) (tabell 4). Prosesseringen innebærer at fettsyrene i oljen er mer mettet enn det vil være i naturlig form, og man har fjernet en del fettsyrer slik at man har fått oppkonsentrert andelen palmitinsyre. I det andre kraftfôret (KR) ble det brukt et rapsbasert kalsiumforsåpet fett av frie fettsyrer. Kalkfettet lages ved at rapsfettsyrene og kalsiumhydroksid ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) blandes i en reaktor under omrøring, og det tilsettes litt vann som katalysator. Reaksjonen er eksoterm, så man får stor varmeutvikling slik at vannet fordampes. Produktet blir knust og kjølt ned før det sprayes med antioxidant. Fettsyresammensetning skal være lik som i ubehandlet rapsolje (Jensen, 2014).

Tabell 4: Kjemisk sammensetning og fettsyresammensetning i fetttilsetninger brukt i forsøket.

	KR	PP
Råfett, %	83 - 85 %	99 %
Aske, %	12 - 14 %	
Ca, g	9	
<u>g/100g fettsyrer</u>		
C16:0	2.5 - 7.5	> 80
C18:0	0.8 - 3	Ca. 5
C18:1	51 - 70	} Ca. 12
C18:2	15 - 30	
C18:3	6 - 14	
C22:1	< 4.3	



### **3.1.3 Datainnsamling og analyser**

Noe av datamaterialet ble hentet fra Lely's dataprogram via datamaskinen i fjøset. Dette ble gjort med fjernstyring ved hjelp av programmet Team Viewer. Her ble det hentet ut en rapport kalt «TINE kukontrolldata» med informasjon om besetningsgjennomsnitt for daglig melkeytelse, dyrevekt, kraftfôropptak og laktasjonsdag fra forsøksstart 15. januar til forsøksslutt 4.juni. I tillegg ble det hentet ut data for de samme parameterene via rapporten «Fôreffektivitet» for hvert enkelt dyr hver dag under alle de fire grovfôrveieingene, til sammen 12 ganger. Resultater fra fôranalyser og melkeanalyser ble oversendt via mail fra de ulike analysestedene, og organisert inn i Excel. I Excel ble det beregnet gjennomsnittsverdier for de ulike parameterene for hver av de fire prøvetakingsperiodene.

#### **Grovfôrveieing**

Grovfôrveieing ble gjort første helg i prøvetakingstiden for hver periode. Dette ble gjort for å måle grovfôropptak for senere å kunne beregne fôreffektivitet i besetningen. Veieingen ble gjort morgen og kveld over omtrent 3 døgn der fôrbrett og fôringsutstyr var tømt før veieingen startet. Rundballene ble veid med en vekt som ble hengt opp i traktorgaffelen. Den ble hentet fra Norgesfôr Røv Mølle, og ble kalibrert med 600 kilos fôrsekk. Den viste ikke avvik, og derfor må man anta at vekten er riktig. I vekten var det festet en silograbb som ble brukt for å henge rundballen i. Rundballen ble så løftet opp, med plastikken på, og vekten ble avlest. Etter at plastikken var fjernet ble denne veid for seg selv og trekt fra totalvekten.

Fôrutleggeren fordeler fôret etter prosentvis mengde. Kyrne fikk anslagsvis 55 %-60 % av mengden, og dette ble justert opp og ned etter behov og har derfor blitt tatt med i beregningene. Fôr til ungdyr og sinkyr ble trukket fra den innveide vekten. I tillegg fôres det ut manuelt til de yngste kalvene. Dette ble veid opp og trekt fra innveid fôrmengde. Til slutt ble det estimert fôropptak og korrigert for sinkyr og kviger i melkekuavdelinga.

#### **Fôranalyser**

En prøve av hver kraftfôrblending og roefôrblending ble tatt ut før forsøksstart og deretter ved hver levering til forsøksgården, i alt 3 prøver for hver av kraftfôrblendingene og 3 prøver for hver av roefôrblendingene. Analysene ble gjort av LabNett Stjørdal og omhandlet tørrstoff, råprotein, råfett, råaske, råtrevler, NFE, NDF, kalsium, fosfor og magnesium. NDF er

---

analysert etter van Soest (McDonald 2011). Magnesium og kalsium er basert på ISO 6869. De andre analysene er gjort ut fra EU's direktiv nummer 152 fra 2009. NFE ble definert som restfraksjon. En av prøvene av roemix med rapsolje har ikke blitt analysert, så det er kun to analyser fra denne fôrblandingen.

Det ble tatt ut en grovfôrprøve ved hver grovfôrveiing, i alt fire prøver. Prøvene ble tatt ut av alle rundballer ved innveiing av grovfôret (10-11 stk) og sendt inn som en samleprøve. Dette ble gjort med et prøvebor før bruk av hver rundball. Samleprøven ble holdt fryst mellom veiingene morgen og kveld. Prøvene ble tatt gjennom rundballens plast og helt inn til midten av rundballen så godt det lot seg gjøre. Grovfôrprøver ble analysert ved Eurofins, Moss etter standard analysemetoder for Eurofins (Eurofins 2015a) for NIR-NorFor-pakke og omfattet tørrstoff, aske, råprotein, løselig råprotein, NDF, iNDF, sukker, OMD, melkesyre, eddiksyre, pH og ammoniakk.

### **Melkeanalyser**

Det ble tatt ut to sett med melkeprøver under forsøket. Det ene settet (TINE) ble tatt omtrent en gang i uken av tankbilsjåfør fra samlemelka i melketanken gjennom hele forsøket (ikke fra uke 11 og 17). En standard melkeprøveanalyse ble utført på Tine's distriktslaboratorie i Trondheim. I tillegg ble det foretatt en utvidet analyse av fettsyresammensetning av melkefettet. Analysene ga informasjon om fettprosent, proteinprosent, laktoseprosent, urea, frie fettsyrer, celletall og frysepunkt. Den utvidete analysen av fettsyrer ble oppgitt i prosent av fett, og inneholdt palmitinsyre, stearinsyre og oljesyre, mettede-, enumettede- og flerumettede fettsyrer. Analysen ble utført med FTIR-spektroskopi (fourier transform infrarød spektroskopi), som er basert på lys der man sender mange elektromagnetiske bølger mot en prøve samtidig og registrerer hvilke som trenger gjennom eller reflekteres fra prøve. Hvert materiale har ulik kjemisk sammensetning og får derfor ulike resultater (NTNU 2015).

Det andre settet med melkeprøver (VITAS) ble også tatt fra melketanken av gårdbrukeren. Dette omfattet fem prøver hvorav den første ble tatt som kontrollprøve den 14. januar, mens de fire andre ble tatt midt i prøvetakingstiden for hver periode. Representative melkeprøver ble tatt ut av tanken under omrøring. Prøvene ble tilsatt en bronopoltablett og

---

fryst ned raskt etter prøvetaking slik at alle ble sendt samlet inn til analyse ved forsøkets slutt. På grunn av problemer ved forsendelse til Vitas kunne ikke prøvene fra periode 2 og periode 3 analyseres, så det ble til slutt kun analysert prøver fra periode 1 og 4.

### 3.1.4 Statistisk modell

Som statistikkprogram ble det brukt SAS med en blandet model i prosedyren MIXED.

Modellen som ble brukt er:

$$Y_{ijk} = \mu + f_i + P_{j(i)} + e_{ijk}$$

«f» er fast effekt av fôr og «P» er tilfeldig effekt av periode innen fôr. «e» er tilfeldige feil. Det antas at  $\mu$ , f og e er uavhengige. Vi antar at p og e er normalfordelte variabler. Effekt av kraftfôrtype/roemix med prosessert palmeolje og kalsiumforsåpet rapsolje ble testet på variablene fettprosent, proteinprosent, laktoseprosent, urea, frie fettsyrer, enumettede-, flerumettede- og mettede fettsyrer, palmitinsyre, oljesyre, stearinsyre, dyrevekt, laktasjonsdag, kraftfôropptak og ytelse i kg melk og EKM. Statistisk signifikant nivå ble satt til  $< 0,05$ .

### 3.1.5 Beregninger

#### EKM (Tabell 7)

Beregnet ut fra kilo melk og kjemisk innhold i melka med formelen:

Kg EKM = Melk, kg \* (0,01 + 0,122 \* fett % + 0,077 \* protein % + 0,053 \* laktose %) (Overrein 2012)

#### Fôreffektivitet (Tabell 6)

Beregninger ble gjort i excel. Etter oppveining av grovfôr ble det ved hjelp av fôranalyser beregnet daglig tørrstoffopptak per ku fra grovfôr, roemix og kraftfôr og dette ble delt på ytelse i antall kilo EKM for å finne fôreffektiviteten. Fôreffektivitet er en måte å beskrive hvor mye melk i EKM dyra produserer ut fra mengden fôr inntatt. Det gjøres med å veie alt fôret som tildeles dyra samt å veie ut det som ikke blir spist. Man må ta fôrprøver for å finne tørrstoffprosent og så dele mengde tørrstoff på antall melkekyr. Beregning skjer etter denne formelen (Brodshaug 2011):

$$\text{Fôreffektivitet (kg EKM/kg tørrstoff)} = \frac{\text{Melkemengde (kg EKM pr ku)}}{\text{Mengde fôr (kg tørrstoff pr ku)}}$$

En besetning med fôreffektivitet på 1,50 kg EKM per kg tørrstoff betyr at kyrne i snitt er i energibalanse. Ved fôring etter planlagt avdrått ligger fôreffektiviteten i området 1,45-1,60 kg EKM per kg tørrstoff, der effektiviteten er høyest ved topplaktasjon, og synker utover i laktasjonen (Sandvik 2011). Høyere fôreffektivitet enn 1,50 kg EKM per kg tørrstoff skyldes mobilisering av egne kroppsreserver, eller at kraftfôrmengden er så kraftig at den kan skade vomfunksjonen (Tine 2012). Grovfôr kvaliteten har vist seg å ikke påvirke fôreffektiviteten i stor grad (Sejrsen & Strudsholm 2003).

## 3.2 Resultater

### 3.2.1 Fôrmidlenes kjemiske sammensetning

Kjemisk sammensetning av grovfôret og de to ulike kraftfôr- og roemixblandingene brukt i forsøket er presentert i tabell 5.

**Tabell 5: Kjemisk innhold og standardavvik for grovfôret og i de to kraftfôrblendingene og de to roemixblandingene brukt under forsøket.**

	Grovfôr		Kraftfôr				Roemix			
	St.av		PP		KR		PP		KR	
			St.av		St.av		St.av		St.av	
Antall observasjoner (n)	4		3		3		3		2	
Tørrstoff (TS) %	27.3	±4.2	88	±0.1	88.2	±0.4	88	±0.1	87.8	±0.4
Kjemisk innhold g/kg TS										
Aske	60.8	±6.1	66	±5	73	±2	58	±11	61	±17
Organisk stoff	939.2	-	934	-	927	-	942	-	939	-
Råprotein	150.8	±7.8	177	±1	173	±3	77	±7	81	±8
Råfett	-	-	64	±4	59	±4	44	±4	40	±6
NDF <sup>1</sup>	538	±37	128	±3	119	±9	291	±30	322	±20
iNDF <sup>2</sup>	203.5	±43.5	-	-	-	-	-	-	-	-
NFE <sup>3</sup>	-	-	530	±3	534	±8	540	±9	547	±4
Sukker	41	±38.7	48	-	48	-	76	-	76	-
Gjæringskvalitet										
pH	4.1	±0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
Melkesyre g/kg TS	50	±14	-	-	-	-	-	-	-	-
Eddiksyre g/kg TS	11	±2.6	-	-	-	-	-	-	-	-
Ammoniakk g/kg nitrogen	71.3	±14.4	-	-	-	-	-	-	-	-
Fôrverdier pr kg TS										
OMD % <sup>4</sup>	68.4	±3.2	-	-	-	-	-	-	-	-
FEm <sup>5</sup>	0.8	±0	1.1	-	1.1	-	0.9	-	0.9	-
NEL 20, mJ <sup>6</sup>	5.8	±0.3	-	-	-	-	-	-	-	-
AAT <sup>7</sup>	73.3	±1	127.1	-	126.8	-	78.2	-	77.8	-
PBV <sup>8</sup>	25.8	±8.7	-10.5	-	-10.5	-	-56.3	-	-56.1	-

<sup>1</sup>NDF = neutral detergent fiber

<sup>2</sup>iNDF = ufordøyelig neutral detergent fiber

<sup>3</sup>NFE = nitrogenfrie ekstrakter

<sup>4</sup>OMD = fordøyelig organisk materiale

<sup>5</sup>FEm = fôrenheter melk

<sup>6</sup>NEL = nettoenergi laktasjon

<sup>7</sup>AAT = aminosyrer absorbert i tarm

<sup>8</sup>PBV = proteinbalanse i vom

Grovfôret hadde et tørrstoffinnhold på 27,3 % og lav til middels fordøyelighet (Eurofins 2015b). Råproteininnholdet var under middels, og kun 55,2 % av råproteinet var løselig. NDF innholdet var ikke spesielt høyt, men iNDF nivået tilsa lav fordøyelighet i Eurofins skjema. Askeinnholdet var også svært lavt i følge Eurofins verdier. Sukkerinnholdet i grovfôret hadde svært høyt standardavvik, noe som tyder på stor variasjon mellom prøvene. Det var liten variasjon i pH mellom prøvene. Den var i gjennomsnitt 4,1, men var opp på 4,4 i prøve tatt i mars. Ammoniakkinnholdet varierte noe og lå i snitt på 71,3 g/kg nitrogen (N). Høyest var ammoniakkinnholdet i prøven fra februar med 88 g ammoniakk/kg N, og lavest var det i april med 53 g/kg N. Innholdet av melkesyre i grovfôret varierte mellom 67 g/kg TS i prøven fra februar og 33 g/kg TS i prøven fra april. Eddiksyre varierte mellom 8 g/kg TS i april og 14 g/kg TS i mai. Fordøyeligheten av organisk stoff var litt under middels. I grovfôret lå FEm noe under middels fordøyelighet og varierte lite. Nettoenergi laktasjon lå også på lav fordøyelighet i Eurofins skjema og varierte noe. AAT og PBV verdien var svært lav

Kraftfôrblendingene og roemixene brukt i forsøket hadde svært likt tørrstoffinnhold (tabell 5). Innholdet av næringsstoffer i de to kraftfôrblendingene var tilnærmet likt. Dette gjaldt også ved sammenligning av de to roemixene. Standardavvikene var stort sett lave. Innholdet av protein i kraftfôrblendingene lå mellom 170 til 180 g/kg TS og i roemixene var de rundt 80 g/kg TS. Innholdet av fett i kraftfôrblendingene var rundt 60-65 g/kg TS, og i roemixen var det rundt 40-45 g/kg TS. Innholdet av sukker var helt likt i de to blendingene med kraftfôr og i de to blendingene med roemix, og det var liten variasjon i innhold av NFE. NDF innholdet i de to kraftfôrblendingene var litt ulikt. Det var litt høyere NDF innhold for kraftfôr med PP enn med KR, men forskjellen var ikke spesielt stor. I roemixene var NDF innholdet større ved KR som fetttilsetning sammenlignet med PP som fetttilsetning, og innholdet av NDF varierte noe da standardavviket lå på 30 og 20 for de to blendingene.

### 3.2.2 Fôropptak

Kraftfôropptaket var tilnærmet likt ved bruk av de to ulike fetttilsetningene, og varierte lite mellom de ulike periodene (tabell 6). Opptaket av roemix var likt for de ulike periodene, da dette ble tildelt som en grunnrasjon for alle lakterende dyr. Grovfôropptaket hadde en forskjell på en kilo tørrstoff mellom PP og KR og varierte ganske mye mellom de ulike forsøksperiodene. I de fire grovfôrmålingene som ble gjort varierte opptaket fra 6,2 kg ts i forsøksperiode 1 og 4 til 8 og nesten 10 kg ts i opptak i periode 2 og 3. Fôreffektiviteten var lik for de to fetttilskuddene. Det var ikke en påviselig forskjell i kraftfôropptak ved bruk av de to ulike fetttilskuddene. Dager ut i laktasjon var litt høyere da det ble fôret med kraftfôr og roemix tilsatt KR. Dyras vekt var tilnærmet lik, og lå på rundt 550 kg da det ble fôret med kraftfôr og roemix tilsatt PP, og var i gjennomsnitt omkring 8kg lavere da fôrtypene med KR ble brukt.

**Tabell 6: Daglig opptak av tørrstoff (TS) fra grovfôr, kraftfôr og roemix. Dyravekt og laktasjonsdag og fôreffektivitet i antall kilo energikorrigert melk pr kg tørrstoffopptak.**

	PP			KR			Std.avvik	P-verdi
	P1	P3	Gj.snitt	P2	P4	Gj.snitt		
Antall observasjoner	3	3	6	3	3	6	12	12
Grovfôr, kg TS	6.2	9.9	8.1	8.0	6.2	7.1	1.8	-
Kraftfôr, kg TS	6.9	6.9	6.9	7.0	6.5	6.7	0.3	0.547
Roemix, kg TS	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	0.0	-
Foreffektivitet	1.9	1.5	1.7	1.6	1.8	1.7	0.2	-
Laktasjonsdag	144.7	148.6	146.7	144.2	159.1	151.6	6.8	0.587
Dyravekt, kg	546.6	553.3	550.0	544.1	540.5	542.3	11.9	0.373

### 3.2.3 Kjemisk innhold i melk

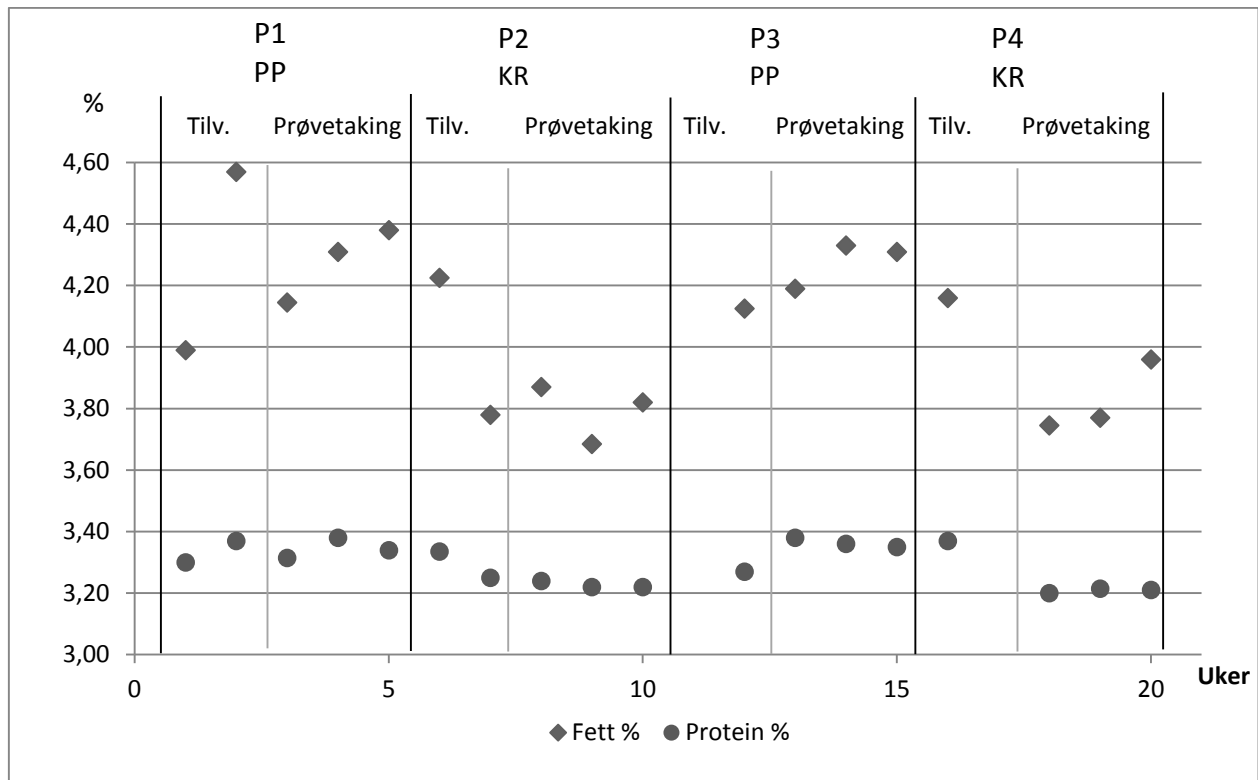
Melkeproduksjon og kjemisk innhold i melka ved bruk av de to ulike fetttilsetningene er presentert i tabell 7. Daglig melkeytelse per ku var helt lik for de to ulike fetttilsetningene og lå på i overkant av 26 kg. Laktoseprosenten var ikke påviselig forskjellig og lå på rundt 4,75 % ved bruk av begge tilskuddsfettene. Ureaverdien i fôret med PP var litt høyere enn i fôret tilsatt KR, mens frie fettsyrer var høyere for kraftfôr og roemix med PP. Hverken urea eller frie fettsyrer viste signifikant forskjell mellom de to fetttilsetningene, selv om man kan se en liten tendens til høyere urea ved fôring med KR som fetttilsetning i kraftfôr og roemix.

**Tabell 7: Daglig melkeytelse per ku og kjemisk innhold i melk i de enkelte perioder og i gjennomsnitt for de to fetttilskuddene.**

	PP			KR			St.avv	P-verdi
	P1	P3	Gj.snitt	P2	P4	Gj.snitt		
Antall observasjoner	3	3	6	3	3	6	12	12
Melkeytelse, kg	26.5	26.2	26.4	27.3	25.4	26.4	0.9	0.998
EKM, kg	27.6	27.2	27.4	26.6	24.8	25.7	1.2	0.204
Fett, %	4.28	4.28	4.28	3.79	3.83	3.81	0.3	0.013
Fett, g	1135	1119	1130	1035	972	1006	72.4	0.013
Protein, %	3.35	3.36	3.36	3.23	3.21	3.22	0.1	0.007
Protein, g	888	880	887	881	815	855	35.2	0.007
Laktose, %	4.77	4.70	4.73	4.78	4.74	4.76	0.0	0.609
Urea	4.19	4.13	4.16	4.70	4.27	4.48	0.5	0.354
Frie fettsyrer, %	0.69	0.43	0.56	0.48	0.38	0.43	0.1	0.450

Kraftfôr og roemix tilsatt PP ga signifikant større fettprosent ( $P = 0.013$ ) og proteinprosent ( $P = 0.007$ ) sammenlignet med kraftfôr og roemix tilsatt KR. Dette førte til at fett og proteinproduksjonen (g/dag) var signifikant høyere ved bruk av PP sammenlignet med KR (tabell 7). Fettprosenten var mer varierende enn proteinprosenten (figur 6). Endringen skjer raskt for både protein- og fettprosent, og at det allerede etter en uke fra fôrskifte var stor forandring i protein- og fettprosent. Figuren viser at både protein- og fettprosent stabiliserte seg etter 2 ukers tilvenning.





Figur 5: Fett- og proteinprosenten i melk gjennom forsøket

### 3.2.4 Fettsyresammensetning i melkefett

Tabell 8 gir en oversikt over innhold av de ulike fettsyrene i melka. Vitas fullstendige fettsyreanalyse viser at det var lite av de kortkjedete fettsyrene i melk, og det var ingen forskjell ved bruk av PP eller KR som fetttilsetning i kraftfôr og roemix. Forskjellene i fettsyrer var ved C16 og C18 fettsyrene. Palmitinsyre (C16:0), stearinsyre (C18:0) og oljesyre (C18:1) ble testet av Tine ved alle tankmelkuttak gjennom forsøket. Ved fôring med kraftfôr og roemix tilsatt PP var over 32 % av fettene C16:0, men ved bruk av kraftfôr og roemix tilsatt KR utgjorde C16:0 litt over 26 % av fettene. Forskjellen er signifikant med en p-verdi på 0,028. Andelen av C18:0 er ikke påviselig forskjellig ( $P = 0,257$ ) mellom de to fettypene og varierer bare med litt over 1 %. C18:1 fikk ikke signifikant utslag i dette forsøket ( $P=0,063$ ), men en forskjell på nesten 4,5 prosentpoeng viste likevel en sterk tendens til forskjell mellom fetttilskuddene. Analysene fra Vitas viser at for C18:2 og C18:3 var forskjellen mellom de to ulike fetttilsetningene mindre, men det var høyere verdier ved bruk av KR som tilsetning i kraftfôr og roemix. Andelen CLA økte relativt mye ved bruk av kraftfôr og roemix tilsatt KR, og gikk i dette forsøket opp fra 0,35 % til 0,51 %. For C20 fettsyrene var det ingen forskjell mellom de to ulike fettkildene.

**Tabell 8: Fettsyresammensetning i melkefett (g/100g fettsyrer) ved bruk av PP eller KR som fetttilsetning i kraftfôr og roemix.**

Fettsyre	TINE		P-verdi	Vitas	
	PP	KR		PP	KR
Antall observasjoner	6	6	12	1	1
Smørsyre (C4:0)				3.80	3.88
Kaprønsyre (C6:0)				2.25	2.27
Kaprylsyre (C8:0)				1.29	1.35
Kaprinsyre (C10:0)				2.85	2.94
Laurinsyre (C12:0)				3.24	3.25
Myristinsyre (C14:0)				10.34	10.61
Myristolinsyre (C14:1 c9)				0.9	0.71
Pentadecanoinsyre (C15:0)				0.88	0.98
Palmitinsyre (C16:0)	32.4	26.2	0.028	37.64	24.19
Palmitolinsyre (16:1 c9)				1.52	0.95
Margarinsyre (C17:0)				0.34	0.5
Stearinsyre (C18:0)	9.9	10.9	0.257	7.27	12.16
(C18:1 t9)				0.13	0.31
(C18:1 t10)				0.16	0.44
(C18:1 t11)				0.72	1.37
Oljesyre C18:1 c9)	19.7	24.0	0.063	14.69	19.33
(C18:1 c11)				0.1	0.27
Linolsyre (C18:2) n-6				1.33	1.65
Konjugert linolsyre (C18:2 c9t11)				0.35	0.51
Linolensyre (C18:3) n-3				0.24	0.41
Arakinsyre (C20:0)				0.12	0.17
Arakidonsyre (C20:4) n-6				0.08	0.08
Eicosapentaesyre EPA (C20:5 n-3)				0.04	0.04
Ukjent rest				4.25	6.14
Mettede fettsyrer	69.6	65.1	0.058	70.02	62.3
Enumettede fettsyrer	22.6	25.9	0.093	33.92	44.81
Flerumettede fettsyrer	2.4	3.6	0.083	2.04	2.69
n-6 fettsyrer				1.41	1.73
n-3 fettsyrer				0.28	0.45
Forhold n-6/n-3				5.04	3.84

Det var en sterk tendens til at fôring med tilskudd av PP ga mer mettede fettsyrer i melka sammenlignet med fôring med tilskudd av KR (  $P = 0.058$ ). Tilskudd av KR tenderte til å gi mer enumettede ( $P = 0.093$ ) og flerumettede ( $P = 0.083$ ) fettsyrer sammenlignet med tilskudd av PP. Forsøket viste at det var mer n-6 og n-3 fettsyrer ved bruk av KR enn PP som fetttilsetning i kraftfôr og roemix. Forholdet mellom n-6 og n-3 var også lavere med KR (3,84/1) sammenlignet med PP (5.04/1) i kraftfôr og roemix.

### 3.3 Diskusjon

Siden forsøket er gjort på en gård, vil resultatene i utgangspunktet kun gjelde for denne gården. Generalisering krever gjentak på flere gårder og generelle konklusjoner kan kun brukes som indikasjoner. Siden man har en tilvenningsperiode vil ikke effekten av fôr virke inn på neste periode. Observasjoner innen samme periode tillates å være korrelerte, mens observasjoner fra ulike perioder er uavhengige. Dette vil si at uker i samme periode ikke antas å ha effekt.

Forsøket var lagt opp slik at ingen andre parametere enn fettkilden skulle være forskjellig ved bruk av de to fetttilsetningene i kraftfôr og roemix. Siden mange parametere påvirker melkens sammensetning på ulike måter var dette en viktig forutsetning for å kunne si at eventuelle effekter skyldes fetttilsetningen, og ikke andre forhold. Forsøket ble gjennomført i et fjøs med mange kyr og spredt kalving. Melkeytelse, laktasjonsdag og dyrevekt er derfor tilnærmet likt i periodene der det ble brukt PP som fetttilsetning i kraftfôr og roemix sammenlignet med der det ble brukt KR (tabell 6 og 7). Dette viser at fetttilsetningene ikke hadde noen effekt på melkeytelse i antall kilo melk.

#### 3.3.1 Fôrmidler og fôropptak

Det var viktig å finne ut om bruk av KR eller PP som fetttilsetning i fôret påvirket grovfôropptaket. I dette forsøket har vi ikke funnet forskjell mellom de ulike fetttilsetningene, noe som gjør at man kan avskrive grovfôropptak som en effekt på melkeproduksjon og melkens kjemiske sammensetning. Noen forsøk har vist nedgang i fôropptak ved mer enn 3 - 9 % fett i totalrasjonen, avhengig av fettype (Choi 1996; Schauff & Clark 1992). Fettprosenten i rasjonen under forsøket lå mellom 5 og 6 % (beregnet ut fra tabell 5 og 6). Siden fettprosenten er lik for begge kraftfôrene og roemixene er det logisk at grovfôropptaket ikke påvirkes av dette. Likevel skulle man kunne tro at umettet fett som i KR kan påvirke vomma og dermed også grovfôropptaket mer negativt enn det mettede fett i PP. Dette tyder på at KR har vært tilstrekkelig beskyttet slik at fordøyelsen av fiber i vom ikke var nevneverdig påvirket.

Grovfôropptaket varierte noe gjennom forsøket, noe som sannsynligvis skyldes litt varierende grovfôrkvalitet. Variasjon i grovfôrkvaliteten kan skyldes at fôret ble lagret i

---

rundball og noe var innkjøpt fôr. Grovfôret har i snitt god gjæringskvalitet, selv om det varierer noe i følge standardavviket (tabell 5). De månedene med lavest grovfôropptak henger til en viss grad sammen med litt dårligere gjæringskvalitet på fôret. Opptaket av grovfôr er ikke spesielt høyt i besetningen, noe som nok skyldes bruk av roemix for å erstatte grovfôr på grunn av lite grovfôrlager dette året.

Kraftfôropptaket var tilnærmet likt ved bruk av de to ulike fettilsetningene i kraftfôr og roemix. Dette viser at smakeligheten ikke har blitt påvirket i negativ grad ved bruk av den ene eller andre typen fett, noe som også tyder på at det umettede fett ikke ble utsatt for oksidering og derfor var tilstrekkelig lagringsstabil. Bortsett fra ulike fettilskudd hadde de to kraftfôrblendingene tilnærmet lik sammensetning. Den største forskjellen mellom de to kraftfôrblendingene var innholdet av aske og NDF. Siden kraftfôret med rapsolje er kalsiumforsåpet vil dette naturligvis føre til en økt andel mineraler i blandingen, og dermed økt askeinnhold. For å kompensere for dette er det et økt NDF-innhold i kraftfôrblendingen med PP.

Fôreffektiviteten var også lik ved bruk av KR eller PP som fettilsetning i kraftfôr og roemix (tabell 6). Dette gjør at vi kan avskrive fôropptak og fôreffektivitet som noe som har påvirket resultatet på melkefett i forsøket. På grunn av at kraftfôr og roemix utgjør en stor del av fôrrasjonen kan man spekulere i om effektene på melkeytelse og kjemisk sammensetning blir sterkere i dette forsøket enn ved fôring med større andel grovfôr som er mer vanlig i norsk melkeproduksjon.

### **3.3.2 Fett og proteinprosent i melk**

Type fettilskudd i kraftfôr og roemix ga store utslag på både fett- og proteinprosent i forsøket. Dette gav økt mengde EKM til tross for at melkeytelse i kilo melk ikke ble endret ved bruk av PP som fettilsetning sammenlignet med KR. Ved KR som fettilsetning var fettprosenten 0,47 prosentpoeng lavere enn ved bruk av PP som fettkilde i kraftfôr og roemix. At kalsiumforsåpet rapsolje har en negativ effekt på fettinnhold i melk ble også funnet av Kowalski et al. (1999). I følge Sutton (1989) skal man ved bruk av umettet fett kunne forvente en nedgang i fettprosent sammenlignet med de mettede fettsyrene i PP.

Siden det umettede fett var kalsiumforsåpet kunne man forvente at nedgangen i fettprosent var liten. At nedgangen i fettprosent var signifikant er noe overraskende, men man kan ikke si at dyra har gått inn i noen form for fettdepresjon. Kowalski et al. (1999) fant en sammenheng med oppløsning av kalsiumsåper ved lavere pH i vom. Det er ingen grunn til å tro at pH skal ha vært spesielt lav under dette forsøket da kraftfôr ble tildelt i små porsjoner og grovfôr var tilgjengelig til enhver tid. Siden palmitinsyre er en fettsyre som er kjent for å gi ekstra høye verdier for fettprosent skal man også forvente en viss nedgang ved overgang til rapsolje. Ut fra forsøket til Ferlay et al. (1992) hvor det ikke ble funnet forskjeller mellom kalsiumsåper av naturlig rapsolje og palmeolje, kan man tenke seg at endringen i fettprosent skyldes at rapsoljen i dette forsøket er umettet, mot at fett fra den prosesserte palmeoljen i hovedsak er mettet. Den store andelen C16:0 i melka ved bruk av PP som fetttilsetning tyder på at C16:0 overføres effektivt til juret og derfor gir økt fettprosent.

Proteinprosenten i melka endret seg signifikant fra tilsetning av KR i kraftfôr og roemix til tilsetning av PP i kraftfôr og roemix. Ved overgang til KR ble det en nedgang i proteininnhold i melka på 0,14 prosentpoeng. I følge Sutton (1989) er dette en naturlig reaksjon ved overgang fra mettet til umettet fett i fôret. Dette er likevel noe overraskende siden det umettede fett skulle være beskyttet i vom. Det er tidligere vist at kalsiumsåper i seg selv ikke påvirker proteinsyntese i vom (Doreau et al. 1993). Andre forsøk har funnet forskjeller i proteinprosent i melk ved bruk av kalsiumsåper med rapsolje sammenlignet med kalsiumsåper av palmeolje i fôret (Kowalski et al. 1999). Man må spekulere i om beskyttelsen av det umettede fett med kalsiumsåper har vært så stabil som man ønsket når man får negativ effekt på både protein og fettprosent i melk. Proteinreduksjonen kan være et tegn på at en del av det beskyttede fett har blitt løst opp i vomma, noe som igjen har ført til at mikrobene har blitt utsatt for umettet fett. Siden mikrobene tåler umettet fett dårlig kan dette ha gitt nedsatt mikrobesyntese og derfor en nedgang i proteinprosent i melka. En økt ureaverdi ved fôring med roemix og kraftfôr tilsatt KR tilsier også at proteinet i fôret ikke er like godt utnyttet som ved bruk av PP som fetttilsetning. Dette understreker at det har skjedd noe uønskelig i vomma ved bruk av KR som fetttilsetning.

### 3.3.3 Fettsyresammensetning i melk

Det er vanskelig å si noe sikkert ut fra melkeprøvene med utvidet fettsyreanalyse fra Vitas, da det kun ble analysert en prøve for hvert fetttilskudd. De tre viktigste fettsyrene (palmitinsyre, stearinsyre og oljesyre) ble analysert av Tine ved de regelmessige tankbiluttak, så her er det sikrere datamateriale for å trekke konklusjoner

Forskjellene i fettsyresammensetning i forsøket omhandler hovedsakelig palmitinsyre, stearinsyre og oljesyre, noe som er forventet da de største forskjellene mellom fettsyrene i PP og KR nettopp er disse fettsyrene. Det er ved C16:0 at man ser størst utslag mellom de to fettkildene. Prøvene analysert av Tine (tabell 8) viser at det er signifikant forskjell i innhold av palmitinsyre i melka ved bruk av PP eller KR som fettkilde i kraftfôret ( $P=0.028$ ). Dette var forventet, spesielt siden PP i forsøket hovedsakelig bestod av palmitinsyre, og samsvarer med tidligere forsøk med rapsolje og palmeolje (Ferlay et al. 1992; Kowalski et al. 1999). Andelen C16:1 øker med rundt en tredel ved bruk av PP i forhold til bruk av KR, noe som kan skyldes økt tilgjengelighet av C16:0 for desaturering i juret.

Innholdet av C18:0 tenderte noe til å være noe høyere ved bruk av KR som fettkilde i fôret, sammenlignet med PP. I tidligere forsøk har man funnet signifikante forskjeller på C18:0 (Ferlay et al. 1992; Kowalski et al. 1999). Innholdet av C18:0 i rapsolje og palmeolje (tabell 1) er relativt likt. Økning i C18:0 i melk ved fôring med naturlig rapsolje skyldes nok at C18:1 blir mettet i vom, og derfor fører til en økt mengde C18:0 som overføres til melk. Ved kalsiumforsåping kan man unngå denne mettingen i vom, og derfor ikke få den økte mengden C18:0 i melka. Dette tyder på at kalsiumforsåpingen har hatt ønsket effekt på fettsyren C18:1.

Innholdet av C18:1 hadde en klar tendens til å være høyere ved bruk av KR i fôret sammenlignet med PP med en forskjell på nesten fem prosentpoeng. Dette samsvarer med tidligere forsøk (Ferlay et al. 1992; Kowalski et al. 1999). I forhold til fettkildenes innhold av C18:1 burde man forvente denne forskjellen mellom rapsolje og palmeolje. At forskjellen ikke var signifikant i dette forsøket kan skyldes for lite datamateriale. Effekten av de to fettkildene på de korte fettsyrene var liten i dette forsøket. Dette er litt overraskende da det

ofte blir en nedgang av korte fettsyrer i melk ved økt mengde C18 fettsyrer i melk (Palmquist 1984), men resultatene kan skyldes at det kun er tatt ut en prøve ved føring av hver fettilsetning.

Forholdet mellom mettede og umettede fettsyrer ble endret ved bruk av KR sammenlignet med PP som fettilsetning. Man ser at mer umettet fett i fôret ga mer umettet fett i melka. Kowalski et al. (1999) fant ingen signifikante forskjeller for flerumettet fett i sitt forsøk, noe dette forsøket også viser. Andelen flerumettet fett i melka var liten ved begge fettilsetningene, noe som samsvarer med Shingfield & Garnsworthy (2012), men KR ga nesten ett prosentpoeng mer flerumettede fettsyrer, så man har en klar tendens til økt mengde flerumettet fett ved bruk av KR i kraftfôr og roemix. Ved bruk av kalsiumforsåpet rapsolje får man en gunstigere fettsyresammensetning med tanke på human helse. N-6/n-3 forholdet er noe høyere i dette forsøket enn det ofte er i melk (Connor 2000), men begge fettkildene gir melk som er innenfor anbefalte nivåer (Wijendran & Hayes 2004). Det er likevel ønskelig at n-6/n-3 forholdet i melk er så lavt som mulig da en del andre matvarer har et høyt forhold mellom n-6- og n-3-fettsyrer. I forsøket ga derfor bruk av KR et gunstigere forhold mellom n-6 og n-3 i melka sammenlignet med PP som fettilsetning.

### **3.4 Konklusjon**

Forsøket viser at en kan påvirke melkas innhold av fett, fettsammensetningen i melkefettet og proteininnholdet ved bruk av ulike fettkilder i kraftfôret. Fetttilskudd i form av PP ga et påviselig høyere innhold av protein og fett i melka enn ved bruk av KR. Melkas fettsyresammensetningen ble mer umettet ved KR som fetttilsetning i forhold til PP. Det ble økt innhold av C18:1 fettsyrer i melk ved KR som fettkilde i kraftfôret. PP i kraftfôret ga økt innhold av C16:0 i melka. Type fett ga ingen effekt på grovfôropptak, kraftfôropptak eller daglig melkeproduksjon i kilo melk. Økt konsentrasjon av protein og fett i melka ga likevel økt produksjon av EKM ved bruk av PP, sammenlignet med KR i kraftfôret.



## 4.0 Litteraturliste

- Astorg, P., Arnault, N., Czernichow, S., Noisette, N. & et al. (2004). Dietary Intakes and Food Sources of n-6 and n-3 PUFA in French Adult Men and Women. *Lipids*, 39 (6): 527-35.
- Breivik, J., Steinshamn, H., Thuen, E. & Volden, H. (2009). Fôropptak, produksjon og energiutnyttelse hos Norsk Rødt Fe (NRF) og Sidet Trønder og Nordlandsfe (STN) i rasjoner med og uten kraftfôr. *Husdyrforsøksmøtet*: 417-420.
- Brodshaug, E. (2011). *Hvor mye kraftfôr kan kyrne tåle?*: Topp Team Fôring. Tilgjengelig fra: <https://kuforing.wordpress.com/2011/10/24/hvor-mye-kraftfor-kan-kyrne-tale/> (lest 24.2.2015).
- Choi, B. R. P., D.L. (1996). High fat diets increase plasma cholecystokinin and pancreatic polypeptide, and decrease plasma insulin and feed intake in lactating cows. *The journal of nutrition*, 126 (11): 2913-2919.
- Connor, W. E. (2000). Importance of n-3 fatty acids in health and disease *Am. J. Clin. Nutr.*, 71 (1): 171-175.
- Doreau, M., Ferlay, A. & Elmeddah, Y. (1993). Organic-matter and nitrogen digestion by dairy-cows fed calcium salts of rapeseed oil fatty-acids or rapeseed oil. *Journal of Animal Science*, 71 (2): 499-504.
- Eurofins. (2015a). *Analyser av grovfôr til melkeproduksjon*. Tilgjengelig fra: [http://www.eurofins.no/media/10599830/analyser\\_til\\_melkeproduksjon\\_2015.pdf](http://www.eurofins.no/media/10599830/analyser_til_melkeproduksjon_2015.pdf) (lest 14.4.2015).
- Eurofins. (2015b). *Veiledning til analysebeviset grovfôr*. Tilgjengelig fra: [http://www.eurofins.no/media/10886679/veiledning\\_grovf\\_r\\_2015.pdf](http://www.eurofins.no/media/10886679/veiledning_grovf_r_2015.pdf) (lest 14.4.2015).
- Fattore, E. & Fanelli, R. (2013). Palm oil and palmitic acid: a review on cardiovascular effects and carcinogenicity. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64 (5): 648-659.
- Ferlay, A., Chilliard, Y. & Doreau, M. (1992). Effects of calcium salts differing in fatty-acid composition on duodenal and milk fatty-acid profiles in dairy-cows. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 60 (1): 31-37.
- Ferlay, A., Chabrot, J., Elmeddah, Y. & Doreau, M. (1993). Ruminant lipid balance and intestinal digestion by dairy-cows fed calcium salts of rapeseed oil fatty-acids or rapeseed oil. *Journal of Animal Science*, 71 (8): 2237-2245.
- Griffiths, M. W. (2010). *Improving the safety and quality of milk*, b. 1. New Delhi, India: Woodhead Publishing Limited. 498 s.
- Harstad, O. M., Ekern, A. H., A. & Havrevoll, Ø. (2000). Fôringas virkning på mengde og kvalitet av fett i mjølk. *Husdyrforsøksmøtet*.
-

- Harstad, O. M. (2007). Hvilke muligheter har vi til å påvirke den ernæringsmessige kvaliteten på mjølka. *Husdyrforsøksmøtet*: 1-4.
- Harstad, O. M., Schei, I. & Taugbøl, O. (2011). Innhold av fettstoffer i norsk mjølk. *Husdyrforsøksmøtet*: 173-176.
- Havrevoll, Ø., Bolstad, T. & Fristedt, C. (2002). Variasjon i opptak av grovfôr hos melkekyr med ulik tildeling av kraftfôr. *Husdyrforsøksmøtet*: 193-196.
- Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (2003). *DJF rapport: Kvægets ernæring og fysiologi, Bind 1*. Foulum: Danmarks JordbrugsForskning. 641 s.
- Kowalski, Z. M., Pisulewski, P. M. & Spanghero, M. (1999). Effects of calcium soaps of rapeseed fatty acids and protected methionine on milk yield and composition in dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 66 (4): 475-487.
- Lin, L., Allemekinders, H., Dansby, A., Campbell, L., Durance-Tod, S., Berger, A. & Jones, P. J. H. (2013). Evidence of health benefits of canola oil. *Nutrition Reviews*, 71 (6): 370-385.
- McDonald, P. (2011). *Animal Nutrition*. Harlow: Prentice-Hall. 692 s.
- Mo, M. (2005). *Surørboka*. 1 utg. Oslo: Tun Forlag AS, Landbruksforlaget. 221 s.
- Mozaffarian, D., Katan, M. B., Ascherio, A., Stampfer, M. J. & Willett, W. C. (2006). Trans fatty acids and cardiovascular disease. *The New England Journal of Medicine*, 354 (15): 1601-1613.
- Nemnda for Norsk landbruksordbok. (1979). *Norsk landbruksordbok band 1*. Oslo: Det Norske Samlaget. 581 s.
- NTNU. (2015). *FTIR-spektroskopi*. Tilgjengelig fra: <http://www.ntnu.no/bat/lab/ftir> (lest 8.4.2015).
- Nuernberg, K., Dannenberger, D., Nuernberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan, N. D., Wood, J. D., Nute, G. R. & Richardson, R. I. (2005). Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*, 94 (1-2): 137-147.
- Nyhus, L. T. (2013). *Nytt kvoteår - hva nå?*: Topp Team fôring. Tilgjengelig fra: <https://kuforing.wordpress.com/2013/03/10/nytt-kvotear-hva-na-2/> (lest 6.3.2015).
- Palmquist, D. L. (1984). Calcium soaps of fatty acids with varying unsaturation as fat supplements for lactating cows. *Canadian journal of animal science*, 64 (5): 240-241.
- Prestløyken, E. (2011). Verdien av havre i fôr til drøvtyggere. *Husdyrforsøksmøtet*.
- Rafdal, S. (2011). *Mikrobølgeassistert metylering av frie fettstoffer, analysert med GC-MS*. Ås: UMB, Husdyr- og akvakulturvitenskap.
- Sandvik, N. (2011). *Også norske melkeprodusenter bør øke fokus på foreffektivitet*. Tilgjengelig fra: <https://kuforing.wordpress.com/2011/12/14/også-norske-melkeprodusenter-bor-oke-fokus-pa-foreffektivitet/> (lest 24.2.2015).
-

- Saue, O. (1983). *Foring av mjølkekyr*. Ås: Landbruksbokhandelen. 184 s.
- Schauff, D. J. & Clark, J. H. (1992). Effects of Feeding Diets Containing Calcium Salts of Long-Chain Fatty Acids to Lactating Dairy Cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 75 (11): 2990-3002.
- Sejrsen, K. & Strudsholm, F. (2003). *DJF rapport: Kvægets ernæring og fysiologi, Bind 2*. Danmark: Danmarks JordbrugsForskning. 411 s.
- Shingfield, K. J., Reynolds, C. K., Hervás, G., Griinari, J. M., Grandison, A. S. & Beever, D. E. (2006). Examination of the Persistency of Milk Fatty Acid Composition Responses to Fish Oil and Sunflower Oil in the Diet of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 89 (2): 714-732.
- Shingfield, K. J. & Garnsworthy, P. C. (2012). Rumen lipid metabolism and its impacts on milk production and quality. *Recent advances in animal nutrition*: 53-93.
- Simopoulos, A. P. (2001). n-3 fatty acids and human health: Defining strategies for public policy. *Lipids*, 36: 83-89.
- Sukhija, P. S. & Palmquist, D. L. (1990). Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. *Journal of Dairy Science*, 73 (7): 1784-1787.
- Sutton, J. D. (1989). Altering Milk Composition by Feeding. *Journal of Dairy Science*, 72 (10): 2801-2814.
- Tine. (2012). *Fôringsstrategier: Tine Rådgiving*. 15 s.
- Tine. (2014). *Tine jobber for mindre fett fra palmeolje i kraftfôr*: TINE Kommunikasjon. Tilgjengelig fra: <http://www.tine.no/presserom/nyheter/tine-jobber-for-mindre-fett-fra-palmeolje-i-kraftf%C3%B4r> (lest 23.4.2015).
- Van Soest, P. J. (1982). *Nutritional Ecology of the ruminant*. 2 utg. New York: Cornell University Press. 476 s.
- Wijendran, V. & Hayes, K. C. (2004). Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. *Annual Review of Nutrition*, 24: 597-615.
- Personlige meddelelser:
- Jensen, C. B. (2015) Ved institutt for Husdyrvitenskap, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Den 02.02.2015 kl 10.30, Ås, Norge.
- Overrein, H. (2012) Forelesningsnotat, ved Høgskolen i Nord-Trøndelag. Den 11.09.2012, Steinkjer, Norge.



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
67 23 00 00  
[www.nmbu.no](http://www.nmbu.no)