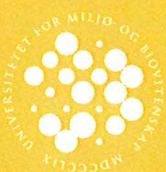


Effekt av ulike fôringsregimer på vekst og utvikling av skjelettet hos NRF kalv

Effect of different feeding regimes on growth and skeletal development in Norwegian Red calves

INGRID NØRSTEBØ LAACHE

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR HUSDYR- OG AKVAKULTURVITENSKAP
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2013



Forord

Denne oppgaven markerer avslutningen på mitt masterstudie ved Instituttet for husdyr- og akvakulturvitenskap (IHA) ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB). Det har vært fem spennende år som har gitt meg mye lærdom. Da det dukket opp en oppgave om kalv var jeg ikke i tvil om at dette var noe jeg ville skrive om. Oppgaven har vært spennende med fordypning om kalven, og hvordan starten på livet kan påvirke senere ytelse. I tillegg har oppgaven vært en god læringsprosess i forsøksarbeid, databearbeiding og statistikk, samt skriveteknikk, ikke minst på engelsk.

En stor takk til Egil Prestløkken som har veiledet meg trygt gjennom hele arbeidet, både med databearbeiding og skriving. For å utfordre meg til å nå nye mål, det var aldri vurdert å skrive på engelsk før Egil foreslo det. Takk til Ragnar Salte, Hilde Lyby og Kristin Sivertsen Storli for å gjøre oppgaven mulig for meg, samt støtte og hjelp under hele arbeidet. Det har vært veldig spennende å sette seg inn i de første månedene av kalven sitt liv. Tilde Sæther for god hjelp under forsøket med mål og innskriving av data. De ansatte ved Senter for husdyrforsk som tok godt vare på kalvene under hele forsøket. Takk til Hege Gjengstø Ottinsen for lån av data til statistikk, korrekturlesning og nyttige diskusjoner underveis. Heidi Skrede som ville dele sin kalvekunnskap med meg. Ellers en stor takk til alle medstudenter for hyggelige lunsjer samt god stemning og nyttige diskusjoner på lesesalen. Takk til Marit Engdal, Kristine Mellem og Sigrun Fredriksen som leste korrektur. Til familien som har støttet meg hele veien. Sist men ikke minst en stor takk til min samboer Håvard Otto som hele veien har stått ved min side, støttet og hjulpet meg for å nå mine mål.

Instituttet for husdyr- og akvakulturvitenskap

Ås, mai 2013

Ingrid Nørstebø Laache

Sammendrag

Kalvene vokser etter sigmoid kurve, med et elastisk vekstpotensial og tilpasser veksten etter fôrmengden de får. Ved fødsel blir kalvene regnet for å være et enmaget dyr da formagene er lite utviklet. Da vil bollerennarefleksen føre melka forbi vomma, og fordøyelsen vil skje enzymatisk i løypemagen. Enzymene er best tilpasset melk, men etter hvert som kalven får tilført grovfôr og kraftfôr til rasjonen vil formagene utvikle seg og mikrobiell fermentering i vomma blir mer viktig. I Norge har det vært vanlig å fôre kalvene med melk tilsvarende 10 % av kroppsvekten hver dag, for at kalvene raskere skal begynne å spise kraftfôr og grovfôr. Får kalvene derimot fri tilgang på melk kan de drikke opp mot ti liter melk og øke tilveksten. Tidligere undersøkelser har vist at økt tilvekst i melkefôringsperioden har positiv effekt på melkeytelse i første laktasjon.

Dette forsøket fulgte okser og kviger fra fødsel til tre måneders alder i fire forskjellige fôringsgrupper. Oksene ble fôret enten ni liter melkeerstatning eller fem liter syrnet helmelk, mens kvigene ble fôret enten ni liter melkeerstatning eller syv liter syrnet helmelk. Alle kalvene fikk 1,3 kg kraftfôr ved siden av melk, bortsett fra oksene på fem liter syrnet helmelk som fikk fri tilgang til kraftfôr. Fra fem til syv ukers alder ble kalvene avvendt. Hver uke ble kalvene veid, og annenhver uke ble det tatt mål av skjelettets utvikling. Uansett melkemengde kalvene fikk før avvenning, spiste de ubetydelige mengder med kraftfôr de første ukene. Oksene hadde høyere daglig tilvekst over hele forsøksperioden sammenlignet med kvigene, mens det var få forskjeller mellom kvigegruppene på vekst. Over hele forsøksperioden var det ingen forskjell mellom oksene på tilvekst. Oksene som fikk fem liter syrnet helmelk vokste derimot saktere før avvenning, både i vekt og skjelettet, sammenlignet med oksene som fikk ni liter melkeerstatning. Etter avvenning økte oksene som fikk fem liter syrnet helmelk tilveksten, og kompenserte for den reduserte veksten før avvenning.

Abstract

Calves growth follows a sigmoid curve with an elastic growth potential, and with increased growth with increased feedintake. At birth, the calves are considered to be a monogastric animals, as the rumen is little developpt. Because of the esophageal groove the milk will pass directly to the abomasum and the digesting is based of enzymes. These digestive enzymes are best adaptet to milk, but as the calves start eating solid feed the development of the rumen will start and the fermentation of the microbes in the rumen becomes more important. In Norway, the recommendation has been to feed the calves milk equivalent to 10 % of body weight. However, calves fed milk ad libitum can drink up to ten litres of milk each day and increase the growth. Earlier studies has showed that increased growth in the milk feeding period will increased the milk yield in first lactation.

This experiment followed bulls and heifers from birth to three months of age in four different feeding groups. The bulls were fed either nine litres milk replacer or five litres acidified whole milk, and the heifers were fed nine litres milk replacer or seven litres acidified whole. All the calves were fed 1.3 kg concentrate except the bulls fed five litres milk that got concentrate ad libitum. The calves were weaned from five to seven weeks of age. Weight were measured weekly, skeletal growth were measured every second week. No matter the amount of milk offered, the calves ate negligible amounts of concentrate the first four weeks. The bulls' weight gains were faster than the heifers' for the whole experimental period, and there were few differences between the heifers groups on growth. For the whole experimental period there were no significant differences between the bull groups on growth. But the bulls fed five litres acidified whole milk had a slower growth both of weight and skeletal before weaning compared to the bulls fed nine litres milk replacer. After weaning however, the bulls fed five litres acidified whole milk had a higher mean daily weight gain.

Innholdsfortegnelse

FORORD	I
SAMMENDRAG	II
ABSTRACT	III
1.0 INNLEDNING	1
2.0 VEKST	2
2.1 KOMPENSASJONSVEKST.....	3
2.2 CELLEVEKST.....	3
3.0 FORDØYELSESSYSTEMETS UTVIKLING	4
3.1 DRØVTYGGERENS FORDØYELSESSYSTEM.....	4
3.2 KALVER SOM ENMAGET DYR.....	5
3.3 FORMAGENES UTVIKLING.....	5
4.0 FØRINGSREGIMER	7
4.1 RESTRIKTIV OG INTENSIV MELKEFØRING.....	8
4.2 FØRINGSMETODER.....	9
4.2.1 <i>Diing</i>	9
4.2.2 <i>Manuell</i>	9
4.2.3 <i>Automat</i>	9
4.3 AVVENNING.....	10
5.0 NÆRINGSBEHOV	10
5.1 ENERGI.....	10
5.2 KARBOHYDRATER.....	11
5.3 FETT.....	11
5.4 PROTEIN.....	12
5.5 VITAMINER.....	12
5.6 MINERALER.....	13
5.7 VANN.....	13
6.0 ALTERNATIVE FØRMIDLER FOR KALV	13
6.1 RÅMELK.....	13
6.1.1 <i>Immunglobuliner</i>	14
6.1.2 <i>Kvalitet</i>	15
6.2 HELMELK.....	15
6.3 SYRNA MELK.....	16

6.4 MELKEERSTATNING	16
6.4.1 Karbohydrater.....	16
6.4.2 Protein.....	17
6.4.3 Fett.....	17
6.4.4 Vitaminer og mineraler.....	18
6.5 KRAFTFØR	18
6.5.1 Næringsinnhold.....	18
6.5.2 Struktur.....	18
6.5.3 Føringensmåte	19
6.6 GROVFØR.....	19
7.0 EFFEKTEN AV ULIKE FØRINGSSTRATEGIER PÅ VEKST OG UTVIKLING OG SENERE MELKEPRODUKSJON	19
8.0 REFERANSER.....	20
9.0 EGNE UNDERSØKELSER (ARTIKKELUTKAST)	30
<i>ABSTRACT</i>	30
1 INTRODUCTION.....	30
2 MATERIALS AND METHODS.....	32
2.1 <i>Animals and management</i>	32
2.3 <i>Treatments</i>	32
2.4 <i>Feeding plans</i>	33
2.5 <i>Registrations</i>	34
2.6 <i>Analytical Procedures</i>	34
2.7 <i>Calculation and statistical analysis</i>	34
3 RESULTS.....	36
3.1 <i>Chemical composition of the feeds</i>	36
3.2 <i>Feed intake</i>	37
3.3 <i>Weight, weight gain, heart girth and gain to feed ratio</i>	40
3.4 <i>Skeletal growth</i>	42
3.5 <i>Correlation between weight and skeletal measurements</i>	45
4 DISCUSSION	47
5 CONCLUSION	50
6 REFERENCES.....	51

1.0 Innledning

I Norge har anbefalingene vært å gi kalvene en daglig melkemengde tilsvarende 10 % av kroppsvekten (Grøndahl et al. 2011). En nylig rapport fra Høgskolen i Nord-Trøndelag anbefaler å gi kvigekalver seks liter råmelk hver dag i to uker, før seks liter helmelk daglig fram til kalven er seks uker gammel (Hansen et al. 2011). Dette tilsvarer omtrent 13 % av kroppsvekten i starten av melkeførringsperioden, og omtrent 10 % ved slutten (Grøndahl et al. 2011). Ved fri tilgang på melk vil kalven imidlertid kunne drikke opp mot ni til ti liter helmelk daglig alt fra en ukes alder (Hammon et al. 2002; Jasper & Weary 2002; Borderas et al. 2009), og opp mot 15 liter melk daglig ved bruk av melkeerstatning (Borderas et al. 2009). Denne mengden vil kalvene nå allerede ved en ukes alder, og ligge stabilt på den mengden resten av melkeførringsperioden. Dette er altså høyere enn hva anbefalingene er i Norge. Begrensningen i melkeførringen som gjøres er ønskelig for at kalven raskere vil begynne å spise kraftfôr og grovfôr (Sehested et al. 2003; Grøndahl et al. 2011). Noe som vanligvis er billigere og lettere håndterlige fôr enn melk. Jasper og Weary (2002) viste at kalver som fikk begrenset tilgang på melk spiste mer kraftfôr og høy fôr avvenning, sammenlignet med kalver som fikk fri tilgang. Etter avvenning ved 40 dagers alder, var det derimot ikke forskjell i opptak av kraftfôr mellom kalvene.

Jasper og Weary (2002) viste også at kalvene som fikk fri tilgang på melk hadde høyere tilvekst i melkeførringsperioden og var 10,5 kg tyngre ved avvenning ved to måneders alder, sammenlignet med kalvene som fikk en melkemengde tilsvarende 10 % av kroppsvekten. I forsøket til Hammon et al. (2002) derimot vokste kalvene som fikk fri tilgang på melk mer den første leveuka, sammenliknet med kalver som fikk restriktiv tildeling av melk, men ved slutten av forsøkestiden på 28 dager var det ingen forskjell i vekten mellom gruppene. Både Diaz et al. (2001) og Bartlett et al. (2006) viste at høyere fôrintensitet ga økt daglig tilvekst, og dermed høyere vekt hos kalvene. I forsøket til Diaz et al. (2001) fikk kalvene det samme fôret, men med forskjellig mengde etter forventet tilvekst. De kalvene som ble fôret mest intensivt nådde 105 kg 50 dager før de som ble fôret mest restriktivt. Vekstgevinsten i forhold til fôrinntaket økte også med økende melkeinntak. Blome et al. (2003) og Bartlett et al. (2006) fant samtidig en økt daglig tilvekst og vekt ved økende proteininnhold i fôret opp til et proteininnhold på 26 % råprotein i melkeerstatningen. Vekstgevinsten økte også med økende

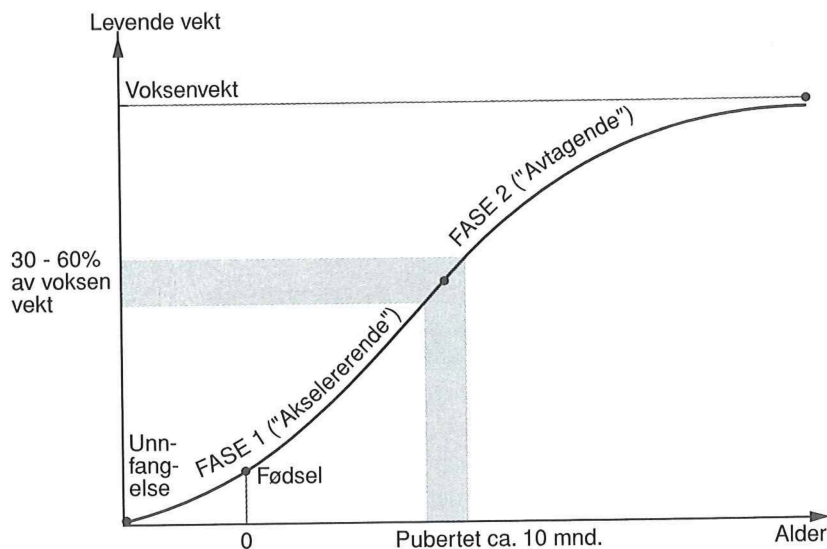
proteininntak, men for Bartlett et al. (2006) var det høyest vektgevinst i forhold til fôret med et proteininnhold på 22 %.

Tidligere litteratursammenstillinger og forsøk har vist at økt tilvekst hos kvigekalver alt i melkefôringsperioden kan gi økt melkeytelse i første laktasjon (Van Amburgh et al. 2008; Engesland 2010; Soberon et al. 2012). I følge Van Amburgh et al. (2008) kan 20 % av variasjonen i melkeytelsen i første laktasjon tilskrives variasjon i tilveksten før avvenning. Melkefôringsperioden kan derfor være et viktig ledd i oppfôringen av kviger også med hensyn til fremtidig melkeproduksjon. Sammenhengen mellom fôrstyrke hos kalver alt fra fødsel og frem til tre måneders alder er lite studert systematisk i Norge. Målet med denne oppgaven er derfor å undersøke veksthastigheten hos kalver fôret tre forskjellige fôringsregimer fra fødsel og frem til tre måneders alder. Oppgaven er en del av et forskningsprosjekt ved Instituttet for husdyr- og akvakulturvitenskap (IHA) ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB). Målet med forskningsprosjektet er å utvikle en økonomisk og ernæringsmessig optimal fôringsstrategi for kvigeoppdrettet i norsk melkeproduksjon. Denne oppgaven er delt inn i en litteraturredel som er skrevet på norsk hvor temaene er vekst hos kalv, fordøyelsessystemets utvikling, fôringsregimer i melkefôringsperioden, næringsbehovet og forskjellige fôrtyper til kalv, samt hvordan melkefôringsperioden påvirker senere laktasjon. Selve forsøket som ble gjort er skrevet som et utkast til en artikkel for tidsskrift, på engelsk. Forventningene til forsøket er økt veksthastighet hos kalvene som ble fôret intensivt på melkeerstatning sammenliknet med kalvene som fikk restriktiv tildeling av syrnet helmelk, og at kalvene som fikk lite melk ville øke kraftfôrinntaket før avvenning.

2.0 Vekst

Veksten hos storfe følger sigmoid kurve (Roy 1980; Owens et al. 1993; Lawrence et al. 2012) (Figur 1). Storfe vokser med økende daglig tilvekst fra fødsel og frem til puberteten, hvorpå tilveksten avtar frem mot voksenalder. Kalvene når puberteten ved en vekt tilsvarende 40 – 60 % av voksenalder, og de er rundt åtte til tolv måneder gammel (Berg & Matre 2001; Sjaastad et al. 2003). Vekten har mer påvirkning på når puberteten inntreffer enn alderen (Sejrsen & Foldager 2003). Etter fødsel vil det i praksis gå noen dager før kalvene begynner å vokse (Berg & Matre 2001). Når kalvene begynner å vokse har de et elastisk vekstpotensial og vil fort tilpasse veksthastigheten etter fôrmengden den får. Oksene har mer skjelettmuskulatur og mindre fett enn kvigene (Berg & Matre 2001; Brameld 2005). I tillegg

er kvigene født med tynnere og færre muskelfibrer enn oksene (Berg & Matre 2001; Brameld 2005; Lawrence et al. 2012). Det gjør at okser blir mer kjøttfyldige og vokser raskere enn kviger. Forskjellen i daglig tilvekst kan være opp til 5 % lavere hos kviger enn okser frem til avvenning (Berg & Matre 2001). Etter avvenningen kan tilveksten være hele 20 – 30 % lavere. Kastrater har et 10 – 20 % lavere vekstpotensial enn det okser har, dette da kastrater også har tynnere muskelfibrer enn okser.



Figur 1: Vekstkurve hos storfe (Berg & Matre 2001).

2.1 Kompensasjonsvekst

Kompensasjonsvekst vil si at kalvene øker veksten og tar igjen det tapte etter en periode med dårlig energitilgang og lavere vekst (Sjaastad et al. 2003; Lawrence et al. 2012). Kompensasjonsvekst er hovedsakelig et resultat av at cellene vokser i størrelse (Owens et al. 1993). I tillegg vil det bli mindre fett og mer protein (Berg & Matre 2001). En av de viktigste årsakene til kompensasjonsvekst er at kalvene har økt appetitt som et resultat av økt fôrinntak (Lawrence et al. 2012). I tillegg vil kalvene etter en periode med dårlig energitilgang og lavere vekt ha mindre behov for energi til vedlikehold, før vedlikeholdsbehovet øker (Berg & Matre 2001). Kompensasjonsveksten øker mest når kalvene bytter fôr eller fôrmengde (Brameld et al. 1998; Lawrence et al. 2012). Da særlig ved overgangen fra beite til innefôring hvor overgangen mellom fôr og fôrmengde kan være stor.

2.2 Cellevekst

På celleplan skjer vekst enten ved hyperplasi (dannelse av nye celler) eller hypertrofi (utvidelse av eksisterende celler) (Owens et al. 1993; Berg & Matre 2001). Kroppen vil først prioritere vekst av nervevev, før skjelett, muskler og til slutt fettvev (Owens et al. 1993; McDonald et al. 2002). Frem til fødsel skjer vekst av musklene ved hyperplasi, etter fødsel

skjer muskelvekst hovedsakelig ved hypertrofi (Berg & Matre 2001; Sjaastad et al. 2003; Brameld 2005). Desto mer energi kalven får, jo mer vil musklene vokse (Berg & Matre 2001). Ved at skjelettet vokser vil musklene også vokse i lengde (Lawrence et al. 2012). Skjelettet vil være delvis bein og delvis bruskk ved fødsel, og det vil skje en kontinuerlig omdanning av bruskk til bein frem til puberteten (Sjaastad et al. 2003). Når beinet vokser i lengden skjer det i bruskkplater, såkalte vekstplater, i enden av beinet (Sjaastad et al. 2003; Lawrence et al. 2012). Bruskk dannes i samme tempo på vekstplatens epityseside som brusken blir omdannet til beinvev på vekstplatens skaft-side. Ved puberteten vil kjønns-hormonene fremme omdanningen av bruskk til bein (Sjaastad et al. 2003). Dermed vil all brusken bli helt omdannet til bein, og skjelettet slutter å vokse i lengderetningen. Antall fettceller er hovedsaklig dannet ved fødsel (Berg & Matre 2001; Sjaastad et al. 2003). Etter fødsel vil fettcellene for det meste vokse ved hypertrofi, men det kan også dannes nye fettceller. De små fettcellene ved fødsel vil raskt øke i størrelse (Lawrence et al. 2012). Fettavleiringen skjer ved at energitilførselen overstiger det kalven trenger til muskelavleiring (Berg & Matre 2001). Okser tåler bedre sterk fôring uten at det blir fettavleiring enn det kviger og kastrater gjør.

3.0 Fordøyelsessystemets utvikling

3.1 Drøvtyggerens fordøyelsessystem

Drøvtyggere skiller seg fra enmagede dyr ved at de har formagene hvor det skjer en mikrobiell fermentering av fôret ved hjelp av bakterier, protozoer og sopp (McDonald et al. 2002; Sjaastad et al. 2003). Formagene omfatter vom, nettmage og bladmage. I tillegg til formagene har drøvtyggerne en kjertelmage som kalles løypemage, og tilsvarer magesekken til et enmaget dyr. Den mikrobielle fermenteringen skjer i vomma og nettmagen. Næringsstoffene til vekst får mikrobene hovedsakelig fra nedbrytning (fermentering) av karbohydrater og protein i fôret (Sjaastad et al. 2003). Når mikrobene kommer til løypemagen blir de fordøyd og utnyttet som proteinkilde av drøvtyggeren (McDonald et al. 2002). Mikrobene er den viktigste proteinkilden til drøvtyggerne, og fordøyes på linje med fôrproteinene som ikke er fermentert av mikrobene. Fermenteringen av karbohydrater vil føre til dannelse av flyktige fettsyrer (VFA), hovedsakelig eddiksyre, propionsyre og smørsyre (Fahey Jr. & Berger 1988; Sjaastad et al. 2003). De flyktige fettsyrene absorberes gjennom vomveggen og er drøvtyggerens viktigste energikilde. Ved høyt stivelsesinnhold i fôret vil det bli dannet mer VFA sammenliknet med fôr med høyt innhold av fiber (McDonald et al. 2002;

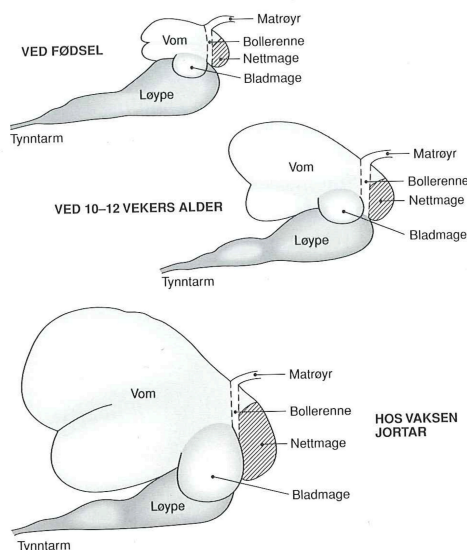
Sjaastad et al. 2003). I tillegg vil stivelsesrikt fôr ha høyre andelen propionsyre mens fôr med høyt fiberinnhold vil gi større andel eddiksyre.

3.2 Kalver som enmaget dyr

Både formagene og løypemagen er dannet ved fødsel, men det er bare løypemagen som er godt utviklet (McDonald et al. 2002; Fuller 2004). Fram til formagene utvikler seg skjer fordøyelsen i løypemagen, og de første leveukene blir kalvene derfor ansett for å være et enmaget dyr (Van Soest 1994; Heinrichs & Lesmeister 2005). Kalvene benytter seg da av enzymatisk fordøyelse hvor enzymene er best tilpasset fordøyelse av melk fra kyr, mens andre næringsstoffer ikke blir like godt fordøyd (Berg & Matre 2001; Tanan 2005). Det er ikke ønskelig at melk havner i formagene da dette kan føre til at laktosen blir omdannet til laktat (Sjaastad et al. 2003). Laktat kan føre til diaré og redusert vekst hos kalvene. Derfor er det i første del av livet en viktig refleks som danner folder i nettmageveggen til et rør, mellom spiserørmunningen og bladmagekanalen, når kalvene drikker melk eller melkeerstatning (Van Soest 1994; Sjaastad et al. 2003). Dette røret heter bollerenna og melka føres direkte over fra spiserøret til løypemagen. Refleksen i bollerenna dannes når det er glukose og salter til stede i melka, og vil forsvinne når kalvene slutter å patte.

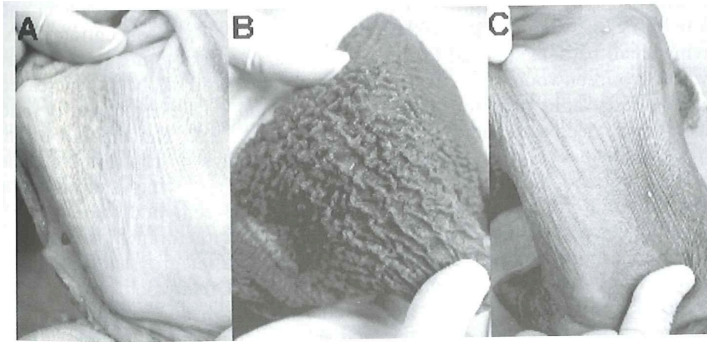
3.3 Formagenes utvikling

Forholdet mellom formagene og løypemagen forandrer seg etter hvert som formagene utvikler seg, og vekten av fôrdøyelsessystemet vil utgjøre en stadig større andel av kroppens totale vekt (Figur 2) (Sidney & Lyford 1988; Berg & Matre 2001). Utviklingen fra enmaget kalv til drøvtygger er ikke først og fremst et resultat av alderen, men mer et resultat av fôringen (Roy 1980; Berg & Matre 2001; Sehested et al. 2003). Får kalvene bare melk vil vomma utvikle seg lite og de forblir lenge et enmaget dyr (Warner et al. 1956). Kalvene vil derimot utvikle seg til å bli drøvtyggere etter hvert som de spiser mer kraftfôr og grovfôr, og den mikrobielle aktiviteten i vomma øker (Sidney & Lyford 1988; Van Soest 1994; Suárez et al. 2006). Bakteriene i vomma vil øke etter hvert som kalvene får kraftfôr og grovfôr inkludert i fôrrasjonen sin (Davis & Drackley 1998; Heinrichs & Jones 2003). Utviklingen av protozoer er derimot mer avhengig av kontakt med andre dyr som har protozoer. Mikrobene er avhengig av rent vann for at ikke veksten skal være begrenset (Heinrichs & Jones 2003). Rent vann som kalvene drikker vil komme til vomma, mens vann i melk vil gå forbi vomma gjennom bollerenna.



Figur 2: Utvikling av formagene til kalven (Berg & Matre 2001).

Epitelet i vomveggen blir først og fremst påvirket av at det blir dannet VFA (Van Soest 1994; Baldwin 1999). Av VFA har smørsyre sterkest påvirkning på utviklingen av epitelet i vomveggen, etterfulgt av propionsyre og eddiksyre (Sander et al. 1959; Van Soest 1994). Forsøk med ulike mengder kraftfôrtildelinger har vist at papillene i vomma blir lengere og tettere ved høyere kraftfôrintak (Stobo et al. 1966). Noller et al. (1962) og Coverdale et al. (2004) viste dessuten at kalver som fikk grovfôr inn i rasjonen, sammen med kraftfôr, hadde høyere fôreffektivitet og høyere tørrstoffinntak, samt en mer utviklet vom i forhold til kalver som ikke får grovfôr i rasjonen. Verken Warner et al. (1956) eller Khan et al. (2011a) fant på sin side signifikant forskjell i utviklingen av epitelcellene i vomma mellom kalvene som fikk grovfôr, kraftfôr eller begge deler. Selve muskelveksten i vomveggen er avhengig av mengde partikler kalvene får tilført, og ikke så mye den fysiske formen på fôret eller produksjon av VFA (Sander et al. 1959; Hamada et al. 1976; Sidney & Lyford 1988; Beharka et al. 1998). Derfor vil NDF og pektin gi mer utviklet vommuskler enn stivelse (Suárez et al. 2006). Khan et al. (2011a) viste at med høy ved siden av kraftfôr i rasjonen ble vomma og nettmagen tyngre. Warner et al. (1956) fant også større vom ved høy i rasjonen i motsetning til hos kalver som ikke hadde høy i rasjonen. I følge Heinrichs og Jones (2003) er det mer på grunn av strekking, og ikke så mye på grunn av vekst, at kalver som får mye grovfôr får en stor vom. Eksempel på forskjell i utvikling av vomveggen mellom kalver som har fått henholdsvis kun melk, eller melk i kombinasjon med kraftfôr eller grovfôr er vist i **Figur 3** (Heinrichs & Lesmeister 2005).



Figur 3: Utviklingen av epitelcellene i vomma ved seks ukers alder hos kalver som har spist A: bare melk, B: melk og kraftfôr og C: melk og grovfôr (Heinrichs & Lesmeister 2005).

Vekten av bladmagen er også påvirket av den fysiske formen på fôret, og fôr malt med høyere malingsgrad vil gi økt vekt (Beharka et al. 1998). Den fysiske formen på fôret gir derimot ikke påvirkning i utviklingen av løypemagen og det er liten forskjell på utviklingen av løypemagen om kalven kun får melk, eller kraftfôr og grovfôr i tillegg (Warner et al. 1956; Stobo et al. 1966; Beharka et al. 1998).

4.0 Fôringsregimer

De fleste kalver vil naturlig begynne å patte i løpet av tre til fem timer etter fødsel (Krohn 2006). Kalvene vil patte kua opp mot åtte ganger i døgnet, og pattingen vil vare i åtte til tolv minutter. Etter som kalvene blir eldre vil de redusere antall patteperioder, og ved seks til åtte måneders alder vil kalvene patte kun morgen og kveld. Naturlig vil kalvene begynne å spise gress ved en til to ukers alder, og større mengder gress vil finnes i vomma ved tre ukers alder (Sidney & Lyford 1988; Krohn 2006). Når kalvene er åtte til tolv måneder gammel vil de bli avskilt fra mora (Fuller 2004; Krohn 2006).

I norsk melkeproduksjon er det vanlig at kalvene blir skilt fra mora umiddelbart etter fødsel (Berg & Matre 2001; Grøndahl et al. 2007). De første ukene blir kalvene holdt individuelt (Grøndahl et al. 2007), men innen de er åtte uker gamle må de være plassert i gruppebinger (Landbruks- og matdepartementet 2004). Anbefalingen har vært å føre kalvene med melk tilsvarende 10 % av kroppsvekten for å få de fortere over på kraftfôr og grovfôr (Grøndahl et al. 2011). Hvis ikke kalvene får gå sammen med mora blir de fôret melk fra bøtte, bøtte med spene, speneflaske eller fra melkeautomat (Berg & Matre 2001). Kalvene blir ofte avvendt ved seks til tolv ukers alder (Nybø 2012).

I andre land blir også kalvene skilt fra mora innen 24 timer etter fødsel (Jasper & Weary 2002; Fuller 2004). Kalvene blir ofte fôret to ganger om dagen og fra bøtte (Jasper & Weary 2002; von Keyserlingk et al. 2006). Det er mest vanlig å fôre kalvene restriktivt med melk tilsvarende rundt 10 % av kroppsvekten (Jasper & Weary 2002; von Keyserlingk et al. 2006; Sweeney et al. 2010; Khan et al. 2011b). Avvenning fra melk skjer når kalvene er fire til åtte uker gamle (Fuller 2004). En undersøkelse fra Sverige (Pettersson et al. 2001) viste at 44 % av de spurte brukene brukte helmelk som fôr til kalvene, mens 42 % brukte melkeerstatning. I gjennomsnitt fikk kalvene to fôringer om dagen à 2,5 liter melk og ble avvendt ved åtte ukers alder. Bøttefôring ble brukt av 77 % av de spurte, 13 % brukte automatisk melkefôring, 4 % smokk på bøtte, 1 % ammetante og 5 % andre metoder. Kalvene i Sverige var i gjennomsnitt fem dager gamle når de fikk høy, 14 dager når de fikk kraftfôr og 60 dager når de fikk surfôr. Vann fikk kalvene når de var i gjennomsnitt 14 dager gammel.

4.1 Restriktiv og intensiv melkefôring

I melkefôringsperioden kan kalvene enten fôres med melkefôr rikt på energi, eller det kan gis mindre melk tilføres kraftfôr og grovfôr slik at kalvene fortere vil bli drøvtyggere (Roy 1980). Restriktivt fôring vil si at kalvene bli fôret mindre melk enn de frivillig ville spist (Fuller 2004). Som nevnt er det vanligst å fôre kalvene restriktivt. Uansett oppfôring bør kalvene få råmelk, dvs. melk fra den første utmelkingen etter kalving, så fort som mulig etter fødsel og minst innen seks timer (Roy 1980; Davis & Drackley 1998). Videre bør kalvene få råmelk de tre første dagene, og deretter helmelk eller melkeerstatning i minst tre uker (Sehested et al. 2003). Dette da kalvene bare i begrenset mulighet kan fordøye annet fôr enn melkefôr. Tidligere forsøk (Foley & Otterby 1978) anbefalte å bruke mest mulig råmelk i hele kalveoppdrettsperioden. Heinrichs og Jones (2003) anbefaler å fôre kalvene med melk tilsvarende 12 % av kroppsvekt, tilsvarende de norske anbefalingene (Hansen et al. 2011). Noe som får kalvene raskere over på kraftfôr og grovfôr (Davis & Drackley 1998; Jasper & Weary 2002; Sehested et al. 2003). Flere forsøk har derimot bevist at uavhengig av mengde melkefôr vil kalven spise ubetydelige mengder kraftfôr de første ukene etter fødsel (Appleby et al. 2001; Jasper & Weary 2002; Borderas et al. 2009). Først fra tre ukers alder vil inntaket av kraftfôr øke (Davis & Drackley 1998). Får kalven fri tilgang på melk kan de drikke opp mot ni til ti liter melk om dagen alt fra en ukes alder (Hammon et al. 2002; Jasper & Weary 2002; Borderas et al. 2009), og 15 liter av melkeerstatning (Borderas et al. 2009). Jasper og Weary (2002) viste at kalvene som har hatt fri tilgang på melk spiste mindre kraftfôr før

avvenning, men dette jevnet seg ut etter avvenning. Det økte melkeinntake øker også tilveksten i melkefôringsperioden.

4.2 Fôringsmetoder

4.2.1 Diing

Kalvene kan gå sammen med mora eller ei ammeku hele eller deler av tiden og die henne. Kalvene som fikk die mora vokse signifikant fortere enn kalvene som fikk melk tilsvarende 10 % av kroppsvekten i forsøket til de Passillé et al. (2008). To uker hvor kalven får die henne vil de være tyngre når de skilles fra mora, sammenlignet med kalver på samme alder som ble skilt fra mora med en gang (Flower & Weary 2001). I forsøket til Grøndahl et al. (2007) hadde kalvene som diet mora naturlig i seks til åtte uker en daglig tilvekst på 1,2 kg per dag opp til de var 13 uker. Den økte tilveksten hos kalvene som diet konkluderte Flower og Weary (2001) med at var mest sannsynlig på grunn av høyere opptak av melk. Derimot resulterte diingen i mer støy/lyd når kalvene ble skilt fra mora (Grøndahl et al. 2007). I forhold til kalver som ble fôret med en melkefôringsautomat i forsøket til Frøberg og Lidfors (2009) spiste kalvene som fikk die mora mindre kraftfôr. Derimot viste kalvene som fikk die mora mer tegn til drøvtygging enn det kalver som ble fôret i en melkefôringsautomat gjorde. Det var ingen forskjell på hvor mye tid kalvene brukte på å suge på spene til kua eller smokken i automaten (Frøberg & Lidfors 2009).

4.2.2 Manuell

Kalvene kan få melk fra bøtte eller smokk som er festet til bøtta eller melkebar (Krohn 2006). Dette er manuell fôring, hvor kalvene får melk når bonden gir kalvene melk. Ved at kalvene blir fôret med smokk vil de få tilfredsstilt suge-behovet bedre. Dermed kan kalvene lettere gå i samme binge uten at det blir for mye suging på hverandre (Appleby et al. 2001). Med smokk bruker kalvene mer tid på å drikke opp melka (Krohn 2006). Bøttefôring vil derimot fører til at kalven drikker opp melka fort. Appleby et al. (2001) viste at kalvene som fikk melk med smokk hadde høyere inntak av melk enn kalvene som fikk melk fra bøtte, mens kalvene som fikk melk fra bøtte spiste mer kraftfôr. Rajala og Castrén (1995) viste at kalver som fikk melk fra bøtte hadde høyere forekomst av diaré enn kalver som fikk melk med spene.

4.2.3 Automat

Smokken kan også være festet til en fôringsautomat hvor kalven kan få melk flere ganger i løpet av dagen uavhengig av når bonden er i fjøset. Enten som fri tilgang eller ved å legge opp til et fôringsregime. Forsøket til Jensen (2006) viste at kalvene fordelte melka utover flere

måltider enn de minimum kunne få, mer enn fire måltider. I tillegg fordelte kvigene melka ut over flere måltider enn det oksene gjorde. Huuskonen og Khalili (2008) viste også at kalver som fikk fri tilgang på melk i melkefôringsautomat drakk mer melk, men spiste mindre kraftfôr og grovfôr enn kalvene som fikk restriktiv fôring på melk. I forsøket til Bøe og Havrevoll (1993) ga fôring med syrna råmelk et lavere inntak hos kalver fôret i melkefôringsautomat, i forhold til kalver fôret med bøtter. I forsøket til Appleby et al. (2001) var det varierende inntak av melk mellom kalvene som ble fôret med en fôringsautomat, og begrunnet dette med at noen av kalvene hadde problemer med å finne melka.

4.3 Avvenning

Kalvene bør ta opp i underkant av en kg kraftfôr om dagen før de blir avvendt fra melk (Davis & Drackley 1998; Nybø 2012). Da er kalvene omtrent to måneder. Hopkins (1997) viste at ved en avvenning når kalvene var 28 dager gamle ble de signifikant lavere enn ved avvenning når kalvene var 56 dager gamle. Derimot økte inntaket av kraftfôr raskere for de som ble avvendt tidligere enn for de som ble avvendt senere. Forsøket til Pettersson et al. (2001) i Sverige viste at 46 % av de spurte brukte alder på når de avvendte kalvene fra melk, mens 18 % brukte kraftfôropptaket som grunnlag for avvenning og 7 % brukte kroppsvekten til kalvene.

Ved gradvis avvenning fra melk vil kalven bedre klare å kompensere den tapte melka ved økt opptak av kraftfôr enn hvis melka blir fratatt raskt (Sweeney et al. 2010). Derimot bør ikke nedtrappingen skje ved at melka blir blandet ut med vann da dette kan føre til at melka kan fordøyas annerledes og påvirke koaguleringen (Davis og Drackley 1998; Nybø 2012). Jasper & Weary (2002) viste i sitt forsøk at når melkeinntaket sank steg kraftfôr inntaket. I Sverige (Pettersson et al. 2001) gjennomførte 21 % av de spurte avvenningen ved bare å stoppe melketilgangen, hos 21 % var avvenningen at kalvene fikk et måltid med melk i stedet for 2, og 19 % ga mindre og mindre melk for hver fôring.

5.0 Næringsbehov

5.1 Energi

Så lenge kalvene er et enmaget dyr er det karbohydrater og fett som er de viktigste energikildene, mens når vomma utvikler seg vil VFA fra mikrobenes fermentering av karbohydrater og protein bli en mer og mer viktig energikilde (Davis & Drackley 1998). De

første ukene er det næringsstoffer fra melk som gir energi til kalvene, men etter som kalvene utvikler seg vil vegetabiliske fôrmidler ha større betydning (Hansen et al. 2011). I Norge har FEm blitt brukt til energiberegning til kalv (Hansen et al. 2011). For en kalv som skal vokse rundt 500 g per dag første måneden er det anbefalt 1,5 FEm/dag (Berg & Matre 2001). For en tilvekst på 700 – 800 g i andre og tredje måned bør kalven få 2 FEm/dag.

5.2 Karbohydrater

Med mest aktivitet av laktase hos nyfødte kalver er den beste karbohydratkilden laktose (Roy 1980; Davis & Drackley 1998; Sehested et al. 2003). Laktose er bygget opp av glukose og galaktose (McDonald et al. 2002). Glukose er derfor en viktig energikilde til kalvene, noe som kan ses på det høye glukosenivået i blodet til kalver i forhold til kyr (Fahey Jr. & Berger 1988). Aktiviteten av laktase vil reduseres etter hvert som kalvene utvikler seg til å bli drøvtyggere (Sehested et al. 2003). Når kalvene er seks uker gamle vil aktivitet av laktase bare være halvparten så stor som ved fødsel. Da vil også viktigheten av glukose som energikilde avta (Fahey Jr. & Berger 1988).

Det er lav produksjon av andre karbohydratspaltende enzymer enn laktase ved fødsel (Davis & Drackley 1998). Siden kalvene da har lav produksjon av amylase og maltase fordøyer de sukrose og stivelse dårlig (Roy 1980; Van Soest 1994; Sehested et al. 2003; Tanan 2005). Fôrmidler med høyt innhold av disse to karbohydratene fordøyes dårlig av unge kalver. Fra tre ukers alder derimot er det en markant økning av kalven sin mulighet til å fordøye stivelse (Heinrichs & Jones 2003). Når kalven blir en drøvtygger vil den også kunne utnytte seg av fiberholdige fôr ved hjelp av mikrobenes fermentering (McDonald et al. 2002).

5.3 Fett

Før kalvene blir drøvtyggere fordøyer de fett godt på over 90 % (Doreau & Chillisd 1997). Kalvene fordøyer best triglyserider med kortkjedete fettsyrer (Tomkins & Jaster 1991). I tillegg fordøyer unge kalver mettet fett godt, men ikke like god umettet fett (Heinrichs & Jones 2003). Derfor fordøyer kalvene melkefett godt, da det inneholder mye kortkjedede, mettede fettsyrer (Herland 1979; Davis & Drackley 1998). I tillegg til melkefettet kan kalvene fordøye fett som kokosfett og stearinsyre godt, i motsetning til blant annet soyafett som fordøyes dårligere. Når kalvene blir drøvtyggere vil glyserol og de frie fettsyrene spaltes (Børsting et al. 2003; Shamay et al. 2005). Glyserol fermenteres til VFA, mens de umettede fettsyrene vil bli mettet av mikrobene i vomma. Så det meste av fettsyrene som kommer til fordøyelse i tynntarmen er mettet.

5.4 Protein

De første ukene av kalvenes liv er enzymapparatet tilpasset fordøyelse av protein fra melk (Heinrichs & Jones 2003). Melkeprotein vil gjerne fordøyes over 95 % i tynntarmen, men varmebehandling av melka vil virke negativt på fordøyelsen (Sidney et al. 1988; Davis & Drackley 1998). Fôrmidler til unge kalver bør derfor være basert på melkeprotein (Heinrichs & Jones 2003). Den høye fordøyeligheten av melkeprotein synker etter hvert som kalvene utvikler seg til å bli drøvtyggere (Sidney et al. 1988; Davis & Drackley 1998; Sehested et al. 2003; Tanan 2005). Fra kalvene er avvendt kan de fordøye de fleste vegetabiliske proteinkilder (Heinrichs & Jones 2003). Når vomma er helt utviklet, omtrent fra fire måneders alder, kan kalvene også utnytte ikke-protein nitrogen. Dette da mikrobene i vomma klarer å bryte ned ikke-protein nitrogen og benytte det til mikrobielt protein som drøvtyggerene kan benytte seg av (McDonald et al. 2002). Når kalvene fordøyer de fleste vegetabiliske proteinkilder er soyabønnemel en god proteinkilde til kalv (Sehested et al. 2003; Hill et al. 2005). Soyabønner må varmebehandles for å ødelegge de giftige stoffer de har i seg før de kan brukes i fôret (Roy 1980; McDonald et al. 2002; Sehested et al. 2003). Dette da soyabønnene er toksiske og kan begrense veksten til kalven .

Til unge kalver vil fordøyelig råprotein være et godt mål for tilgjengelig protein for kalvene opp til de er omtrent 100 kg (Hansen et al. 2011). Så lenge kalvene er betraktet for å være et enmaget dyr vil proteinets biologisk verdi være en passende beregning av proteinkvaliteten. Biologisk verdi for protein er hvor godt aminosyresammensetningen i fôrprotein samsvarer med aminosyrene som dyret trenger (Davis & Drackley 1998). Når kalvene blir drøvtyggere vil tilgjengelig protein være avhengig av både mikrobeprotein og ikke-vomnedbrutt fôrprotein (Hvelplund et al. 2003). Kilder til protein er normalt melke eller vegetabilisk protein (Sehested et al. 2003). Det finnes også animalske proteinkilder, men animalske proteinkilder fra pattedyr er ikke lovlig å bruke i fôr til drøvtyggere (Landbruks- og matdepartementet 2001).

5.5 Vitaminer

Vitaminer er enten fettløselige (A, D, E og K) eller vannløselige (C og B-vitaminene) (Davis & Drackley 1998). Kalvene må få tilført vitaminene A, D, E, K og B-vitaminene gjennom kosten (Berg & Matre 2001; Heinrichs & Jones 2003). Vitamin C klarer kalvene å syntetisere selv i kroppen (Berg & Matre 2001; Heinrichs & Jones 2003). Behovet kalvene har for vitaminer vil være dekket av melk de første ukene (Berg & Matre 2001; Nørgaard &

Hvelplund 2003). Når kalvene har blitt drøvtyggere klarer mikrobene i vomma å danne vitamin K og B-vitaminene og det er ikke lengre nødvendig å tilsette fôret (Heinrichs & Jones 2003).

5.6 Mineraler

Kalvene har de samme behov for mineraler som andre dyr (Heinrichs & Jones 2003). For kalver i vekst er spesielt kalsium (Ca) og fosfor (P) viktig, og forholdet mellom kalsium og fosfor bør være 1,7 – 1,9 (Berg & Matre 2001). Ungt beitegras er fattige på magnesium (Mg) og så blir kalvene sleppet ut på det bør det følges med så ikke kalvene får mangel (Berg & Matre 2001). Av mikromineralene kan unge kalver, som hovedsakelig får melk, få mangel på jern (Fe), men gras, surfôr og høy har et høyt innhold (Berg & Matre 2001).

5.7 Vann

Kalver får det meste av vannet gjennom melkefôret, men det er viktig at kalvene alt fra første leveuke får tilgang på rent vann (NRC 2001; Hansen et al. 2011; Sogstad 2013). Hepola et al. (2008) viste at hvis kalvene hadde fri tilgang på melkeerstatning vil de drikke lite vann. I følge Sogstad (2013) vil opptak av vann øke kalvenes opptak av kraftfôr. Gottardo et al. (2002) fant derimot ingen forskjell i opptak av grovfôr mellom kalver som kun fikk melkeerstatning i forhold til de som fikk vann i tillegg. Kalvene ble heller ikke dehydrert ved ikke å få vann ved siden av melka.

6.0 Alternative fôrmidler for kalv

6.1 Råmelk

Melka som blir produsert de fem første dagene etter kalving blir betegnet som råmelk (Roy 1980; Berg & Matre 2001). Råmelk har et høyt innhold av tørrstoff, fett og spesielt protein, i forhold til helmelk, mens laktoseinnholdet er lavere (Tabell 1) (Foley & Otterby 1978). Det høye innholdet av tørrstoff, fett og protein synker kraftig for hver utmelking etter kalving. Innholdet av de fleste mineralene og vitaminer (spesielt A- og E-vitamin) er det også mer av i råmelka enn helmelk (Foley & Otterby 1978). Råmelk inneholder i tillegg mange vekstfaktorer og hormoner som er viktige for utvikling og funksjon av fordøyelsessystemet (Davis & Drackley 1998). Siden kyrene produserer mer råmelk enn det kalvene trenger, kan resterende råmelk være et godt fôr til andre kalver (Hansen et al. 2011).

Tabell 1: Innhold av næringsstoffer (%) i råmelk fra første utmelking, og helmelk (Utdrag fra Foley og Otterby (1978)).

Næringsstoff	Første utmelking	Helmelk
Tørrstoffinnhold	23,9	12,9
Laktose	2,7	5,0
Fett	6,7	4,0
Protein	14,0	3,1
Immunoglobuliner	6,0	0,09
IgG (g/100 ml)	3,2	0,06

6.1.1 Immunglobuliner

I tillegg til at råmelk er viktig for første næringsstoffene til kalvene etter fødselen, er den også viktig fordi den er rik på immunstoffer, blant annet immunglobulin (Ig) (Davis & Drackley 1998; Norrman 1979). Av de fem Ig som er klassifisert hos melk fra pattedyr er det mest av IgG i melk fra storfe (Eigel et al. 1984; Davis & Drackley 1998; Korhonen et al. 2000). Spesielt melk fra første utmelking etter kalving har et høyt nivå av immunstoffer, mens allerede ved andre utmelking er innholdet redusert med en tredjedel (Foley & Otterby 1978; Roy 1980; Berg & Matre 2001). Utmelking bør skje så fort som mulig etter kalving da Ig-innholdet synker ved lagring i juret (Norrman 1979).

Det er mange faktorer ved kyrene som påvirker Ig-innholdet i melka. Det er ofte lavere hos førstegangskalvere enn hos eldre kyr (Norrman 1979; Heinrichs & Jones 2003; Gulliksen et al. 2008). Det lavere innholdet av Ig hos yngre kyr skyldes at de ikke har fått bygd opp så god immunstatus som eldre kyr (Heinrichs & Jones 2003). Kyrene bør også hatt en sinperiode på minst én måned før kalving, for at antistoffene skal rekke å overføres fra blodet til melka (Norrman 1979; Heinrichs & Jones 2003). I tillegg bør kyrene ha vært i besetningen i minst en måned før kalving, så immunstoffene er tilpasset miljøet (Norrman 1979). Tiden på året påvirker også Ig-innholdet i råmelka, og kyr som kalver om høsten har et høyere innhold av Ig enn kyr som kalver på andre tider av året (Norrman 1979; Heinrichs & Jones 2003; Gulliksen et al. 2008).

Morkakas oppbygging hindrer overføring av immunstoffer fra ku til foster (Norrman 1979; Fuller 2004). Kalvene har derfor dårlig immunitet ved fødsel, og råmelk bør derfor tildeles så

fort som mulig etter fødsel for å bygge opp immunsystemet til kalvene (Hansen et al. 2011). I tillegg klarer kalvene lettere absorbere store molekyler som Ig og andre proteiner gjennom tynntarmen de første 24 – 36 timene etter fødselen, enn hva de gjør senere (Norrman 1979; Davis & Drackley 1998; Heinrichs & Jones 2003). Fra kalvene er tre uker begynner deres egen produksjon av Ig (Norrman 1979).

Om kalvene får gå og die mora er det viktig å passe på at de får i seg råmelka i rimelig tid og ikke stole på at de klarer å kontrollere dette selv, og da spesielt i forhold til melkekyr (Norrman 1979). Dette fordi jurene til melkekyr har blitt så store at kalvene sliter mer med å finne fram til juret i forhold til hvordan de ville leitet seg fram naturlig (Krohn 2006). Derimot om kalvene får kommet tidligere i gang med å patte vil de ofte ha en høyere immunstatus enn kalver som ikke går med mora.

6.1.2 Kvalitet

Det er Ig-konsentrasjonen og bakteriemengden som bestemmer kvaliteten på råmelka (Heinrichs & Jones 2003). I tillegg er det viktig å oppbevare råmelka riktig. Blir den stående for lenge i romtemperatur vil bakteriemengden øke. Råmelka kan fryses inntil et år uten at det har betydning for mengden immunstoffer, men problemet med økt bakteriemengde kan oppstå når frossen råmelk blir tint (Heinrichs & Jones 2003).

6.2 Helmelk

Etter råmelksperioden er helmelk kalvenes naturlige melkefôr, og helmelk passer godt til kalvenes fordøyelse og behov for næringsstoffer (Davis & Drackley 1998; Sehested et al. 2003). Helmelka har høy fordøyelighet og kalvene kan utnytte opp mot 95 – 98 % (Hansen et al. 2011). Innholdet i helmelk er vist i Tabell 1 under kapittel 6.1 Råmelk. Helmelk fra ku inneholder 13 – 18 % tørrstoff, 4,7 – 5,2 % laktose, 3 – 6 % protein og 2 – 10 % fett (Nørgaard & Hvelplund 2003). Innhold av mineralene kalsium, fosfor, magnesium og natrium, samt vitaminene er høyt i helmelk (Nørgaard & Hvelplund 2003).

Siden helmelk har et høyt innhold av fett på opp til 26 – 34 % på tørrstoffbasis, har den ofte et høyere innhold av energi enn melkeerstatninger som ofte inneholder 13 – 23 % fett på tørrstoffbasis (Davis & Drackley 1998; Sehested et al. 2003). Melkefettets sammensetning kan variere sterkt etter hvilket fôrfett kyrene har fått (Hermansen et al. 2003). Melkeprotein inneholder kasein og myseprotein (Hermansen et al. 2003). Kaseinet er det proteinet som under sure tilstander koagulerer, mens myse er det proteinet som er igjen etter at kaseinet er

fjernet (Hermansen et al. 2003; Fuller 2004). Når melka har kommet ned i løypemagen vil den koagulere, det vil si at det meste av kaseinet og fettene danner en fast masse (Davis & Drackley 1998; Heinrichs & Jones 2003). Kasein- og fettfraksjonene i melka vil ved at det koaguleres holdes tilbake i løypemagen og frigis sakte i løpet av 12 – 18 timer (Heinrichs & Jones 2003; Sehested et al. 2003). Myse vil derimot gå direkte til tynntarmen og fordøyes raskt (Davis & Drackley 1998; Heinrichs & Jones 2003).

6.3 Syrna melk

Syrning av melk kan gjøres enten bakteriologisk, ved å blande inn 1 – 2 % kulturmilk (gjerne skummet), eller kjemisk ved tilsetning av maursyre, sitronsyre eller melkesyre (Hansen et al. 2011). Ved bakteriologisk syring vil kulturmilk virke som en startkultur for produksjon av melkesyre. Ved tilsetning av startkulturen bør melka stå i en til to dager før bruk. Både råmelk, helmelk og melkeerstatninger kan syres på denne måten. Ved kjemisk syring av melk faller pH i melka raskt, og det vil gjøre det mulig å lagre melka i temperaturer under 12 °C i to til tre uker. Det vil skje en fordøyelse av proteinet under syringen, og ostestoffet vil falle ut. Syrnet råmelk har samme kvalitet ernæringsmessig som helmelk (Sehested et al. 2003). Jaster et al. (1990) viste at kalvene som fikk søt melkeerstatning hadde samme tørrstoffopptak som kalvene som fikk syrnet melkeerstatning fram til kalvene var 42 dager gamle. Etter det var det en tendens til et høyere tørrstoffopptak for kalvene som fikk syrnet melkeerstatning i motsetning til kalvene som fikk søt melkeerstatning.

6.4 Melkeerstatning

Melkeerstatning er mye brukt som fôr til kalver i Norge (Hansen et al. 2011). Kalvene kan begynne med melkeerstatning fra de er fire til seks dager gamle, men overgangen fra helmelk til melkeerstatning bør være gradvis (Heinrichs & Jones 2003). Mysepulver, skummetmelk-pulver og myseproteinkonsentrat er de mest brukte ingrediensene i melkeerstatninger til kalver (Tanan 2005; Hansen et al. 2011). Fordøyeligheten til melkeerstatning vil være avhengig av hvilke ingredienser som er brukt og spesielt de fire første ukene er det begrenset hva kalven kan fordøye (Roy 1980; Davis & Drackley 1998; Berg & Matre 2001).

6.4.1 Karbohydrater

Laktoseinnholdet i melkeerstatninger er ofte rundt 39 % på tørrstoffbasis (Drackley 2008). Det gir et høyere laktoseinnhold i melkeerstatninger enn i helmelk, men laktoseinnholdet

varierer etter hvor mye fett og protein det er tilsatt i melkeerstatningen (Tanan 2005). Laktose fra myseprodukter er mest vanlig å bruke i melkeerstatninger (Davis & Drackley 1998).

6.4.2 Protein

Proteininnholdet i melkeerstatninger ligger vanligvis mellom 18 og 24 % (Davis & Drackley 1998; Sehested et al. 2003). Ved valg av proteinkilde til melkeerstatninger er det viktig å tenke på fordøyelighet, aminosyreinnhold og innhold av immunstoffer (Davis & Drackley 1998). I minimum de tre første ukene etter fødsel bør proteinkilden i melkeerstatninger være basert på melk, som helst koagulerer (Roy 1980; Davis & Drackley 1998; Sehested et al. 2003). Dette da det ikke er noen god proteinkilde som kan erstatte melkeprotein. Før 1980 ble det hovedsakelig brukt tørrmelk av skummetmelk som proteinkilde, hvor proteinet for det meste var kasein (Davis & Drackley 1998). I dag brukes hovedsakelig mysepulver, men det kan ha nedsatt verdi i melkeerstatning på grunn av at aske- og laktoseinnhold kan være høyt og proteininnholdet lavt (Sehested et al. 2003; Hansen et al. 2011).

Til større kalver har det blitt vanligere med en blanding av mysepulver og vegetabilsk protein i melkeerstatninger (Sehested et al. 2003). Soyaprotein er den beste og mest brukte proteinkilden som erstatning for melkeprotein, siden aminosyresammensetningen er relativt god (Roy 1980; Davis & Drackley 1998; Sehested et al. 2003). I tillegg er soyaprotein lett tilgjengelig i hele verden og en relativt billig proteinkilde.

6.4.3 Fett

Fettinnholdet vil normalt være mellom 13 – 23 % av tørrstoffet. Fettet er mest avgjørende for mengden energi i melkeerstatningen (Sehested et al. 2003). Melkeerstatningen bør helst ikke inneholde mer enn 10 – 15 % fett, men i kaldere klimaer kan det brukes opp mot 20 % fett (Norrman 1979; Davis & Drackley 1998). Å øke innholdet av fett fra 14 % til 23 % vil føre til en lavere daglig tilvekst (fra 14 % – 23 %) (Hill et al. 2009). Kalver føret med melkeerstatning med et lavt innhold av fett vil ha et høyere opptak av kraftfôr enn kalver som blir føret på en melkeerstatning med høyt fettinnhold (Kuehn et al. 1994). Fettet som blir brukt i melkeerstatninger til kalver skal ikke være harskt eller ha for mye frie fettsyrer (Norrman 1979). Hvis det skal brukes en annen form for fett enn melkefett i melkeerstatninger, er det ofte brukt kokosnøttolje eller palmeolje da dette er noe kalven fordøyer bra (Tanan 2005).

6.4.4 Vitaminer og mineraler

Mineraler og vitaminer blir ofte tilsatt melkeerstatninger slik at det tilsvarer nivået i helmelk eller høyere. Alle de essensielle vitaminene og mineralene skal være tilsatt (Davis & Drackley 1998; Sehested et al. 2003).

6.5 Kraftfôr

Kraftfôret til unge kalver bør ha god smakelig og en høy fordøyelighet siden drøvtyggerfunksjonen ikke er godt utviklet (Berg & Matre 2001; Hill et al. 2005). Alle de næringsstoffene som kalvene trenger bør være i kraftfôret og det bør ha høy energikonsentrasjon (Norrman 1979; Sehested et al. 2003). I tillegg bør fôret som blir gitt til kalvene være positivt for utvikling av drøvtyggerfunksjonen (Hill et al. 2005), som er nærmere beskrevet i kapittel 3.3.

6.5.1 Næringsinnhold

Hoveddelen av karbohydratkilden i kraftfôr er ofte korn, og utgjør omtrent 60 – 70 % av blandingen (Sehested et al. 2003; Hill et al. 2005). I tillegg er omtrent 5 % – 10 % av kraftfôrblendingen fiber (Davis & Drackley 1998). Denne kombinasjonen av korn og fiber er bra for god vekst. Kraftfôret bør inneholde minst 16 %, men gjerne 17 – 20 % protein på tørrstoffbasis (Sehested et al. 2003; Hill et al. 2005). Det er lite som tyder på at det er nødvendig med andre proteinkilder enn soyabønne mel som proteinkilde til kalver, da det kombinerer godt med aminosyreinnholdet i korn (Drackley 2008). Normalt soyabønnemel er mer fordøyelig for kalven enn ekstrudert soyabønnemel (Maiga et al. 1994). Det bør være begrensede mengder fett i kraftfôr til kalver for ikke å begrense inntaket og daglig tilvekst (Kuehn et al. 1994; Hill et al. 2005; Drackley 2008).

6.5.2 Struktur

Bach et al. (2007) viste at finmalt fôr ga et høyere fôropptak enn pelletert fôr. Vektutviklingen hos kalvene var derimot den samme. Dermed ga det pelleterte fôret en høyere fôrutnytting enn det malte fôret. Så lenge kalvene ble fôret med grovfôr eller hadde halm i underlaget hadde ikke behandlingen av kornet noe betydning på opptak av kraftfôr før avvenning i forsøkene til Lesmeister og Heinrichs (2004) og Bateman Ii et al. (2009). Etter avvenning ga valset og hele korn et høyere tørrstoffinntak enn kalver som fikk varmebehandlet korn i forsøket til Lesmeister og Heinrichs (2004). Allikevel hadde det høyere inntaket liten påvirkning på vekt og vommas utvikling ved slutten av forsøket.

6.5.3 Fôringsmåte

Fôringsmåten hadde ikke betydning for hvor mye kraftfôr kalvene spiste, og vekta til kalvene ble dermed heller ikke påvirket av om kalvene fikk kraftfôret i bøtte eller spesialdesignet smokk (Hopkins 1997). I forsøket til Bach et al. (2010) derimot var tørrstoffopptaket lavere når kraftfôret ble gitt i bøtte enn i dispenser.

6.6 Grovfôr

Det er begrenset hvor mye grovfôr kalvene klarer å ta opp (Berg & Matre 2001). Hill et al. (2005) konkluderte med at hvis kalvene har halm i bingen er det ikke nødvendig å fôre kalvene med grovfôr før avvenning, men hvis de ikke har halmunderlag bør de fôres med grovfôr også før avvenning. I følge Noller et al. (1962) vil det når kalvene får fri tilgang til høy være noen som ikke spiser høy, eller nesten ingen ting og mener at høyet ofte bør bli tvunget i kalven ved at enten kraftfôrinntaket reduserer eller høy blir puttet inn i kraftfôret. Derfor bør grovfôr til kalver være surfôr eller høy av tidlig slått. Grovfôret bør helst være en blanding mellom kløver og gras, da dette inneholder høye konsentrasjoner av protein og kalsium (Roy 1980). I følge Davis og Drackley (1998) er det ikke ønskelig å gi kalvene grovfôr med lange partikler da de har vanskeligheter for å fordøye det. Forsøket til Montoro et al. (2013) viste at kalvene som blir tildelt grovere hakket høy (3 – 4 cm) sammen med kraftfôr, vil de ha et høyere TS-opptak og høyere fordøyelse, enn kalvene som blir fôret med finere hakket høy (2 mm) i kombinasjon med kraftfôr.

7.0 Effekten av ulike fôringsstrategier på vekst og utvikling og senere melkeproduksjon

Vekst av juret i form av flere melkekjertler vil kunne føre til en økt melkeproduksjon, men hvis vekst av juret skjer i form av mer fett i juret vil det kunne føre til lavere melkeproduksjon (Owens et al. 1993). Hvis veksten før puberteten er for stor kan dette resultere i for mye fett i juret til kviga. I følge anbefalingene til Hansen et al. (2011) med å gi seks liter melk om dagen, vil det tilsvare 600 – 700 g daglig tilvekst. I metaanalysen til Zanton og Heinrichs (2005) ble det konkludert ned at for best mulig melkeytelse og proteininnhold i melk hos Holsteinkviger bør daglig tilvekst før puberteten ligge på rundt 800 g. Kalver som får fri tilgang på melkefôr vil ha et høyere opptak av melk med større tilvekst den første uka, før tilveksten vil jevne seg ut (Huber et al. 1984; Hammon et al. 2002). I forsøket til Grøndahl et al. (2007) var den daglige tilveksten mellom 0,9 – 1,3 kg når kalvene fikk fri tilgang på melk.

Også Bar-Peled et al. (1997) fant en høyere tilvekst hos kaver som fikk die mora i forhold til kalver som fikk normalt restriktivt fôring av melk, med en tendens til høyere melkeytelse.

Som sagt i innledningen viste metaanalysen til Engesland (2010), samt forsøkene til Van Amburgh et al. (2008) og Soberon et al. (2012) at en økte tilvekst i melkefôringsperioden vil kunne øke melkeytelsen i første laktasjon. Moallem et al. (2010) viste at kalver som fikk fri tilgang på helmelk vokste fortere før avvenning og hadde høyere ytelse i første laktasjon i motsetning til kalver som fikk fri tilgang melkeerstatning. I forsøkene til Shamay et al. (2005), Raeth-Knight et al. (2009) og Terré et al. (2009) ga økt tilvekst før avvenning, med høyere fôrstyrke, ingen forskjell i alder ved første kalving eller melkeytelsen i første laktasjon. Terré et al. (2009) begrunnet dette med at det kanskje var for lite datamateriale for å få signifikant forskjell mellom fôringsmetodene. I forsøket til Shamay et al. (2005) derimot hadde kalvene som ble fôret med fri tilgang på helmelk et høyere fettinnhold i melka i forhold til kalvene som ble fôret restriktivt med melkeerstatning.

Soberon et al. (2012) viste at kalver som ble behandlet med antibiotika produserte mindre melk enn de som ikke ble behandlet med antibiotika. I tillegg produserte kalver som blir født om vinteren mindre melk ved første kalving enn kalvene som var født på sommeren. Dette begrunner forfatterne med at kalvene født i den kalde årstiden trenger mer fôr til vedlikehold, så med lik mengde melk, men ulik vedlikeholdsbehov vil de kunne vokse forskjellig. Derfor er det energi-inntaket over vedlikeholdsbehovet som påvirker tilveksten og dermed melkeytelsen.

8.0 Referanser

- Appleby, M. C., Weary, D. M. & Chua, B. (2001). Performance and feeding behaviour of calves on ad libitum milk from artificial teats. *Applied Animal Behaviour Science*, 74 (3): 191-201.
- Bach, A., Giménez, A., Juaristi, J. L. & Ahedo, J. (2007). Effects of Physical Form of a Starter for Dairy Replacement Calves on Feed Intake and Performance. *Journal of Dairy Science*, 90 (6): 3028-3033.
- Bach, A., Ferrer, A. & Ahedo, J. (2010). Effects of feeding method and physical form of starter on feed intake and performance of dairy replacement calves. *Livestock Science*, 128 (1–3): 82-86.

- Baldwin, R. L. (1999). Sheep gastrointestinal development in response to different dietary treatments. *Small Ruminant Research*, 35 (1): 39-47.
- Bar-Peled, U., Robinzon, B., Maltz, E., Tagari, H., Folman, Y., Bruckental, I., Voet, H., Gacitua, H. & Lehrer, A. R. (1997). Increased Weight Gain and Effects on Production Parameters of Holstein Heifer Calves That Were Allowed to Suckle from Birth to Six Weeks of Age. *Journal of dairy science*, 80 (10): 2523-2528.
- Bartlett, K. S., McKeith, F. K., VandeHaar, M. J., Dahl, G. E. & Drackley, J. K. (2006). Growth and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein at two feeding rates. *Journal of Animal Science*, 84: 1454-1467.
- Bateman Ii, H. G., Hill, T. M., Aldrich, J. M. & Schlotterbeck, R. L. (2009). Effects of corn processing, particle size, and diet form on performance of calves in bedded pens. *Journal of dairy science*, 92 (2): 782-789.
- Beharka, A. A., Nagaraja, T. G., Morrill, J. L., Kennedy, G. A. & Klemm, R. D. (1998). Effects of Form of the Diet on Anatomical, Microbial, and Fermentative Development of the Rumen of Neonatal Calves. *Journal of Dairy Science*, 81 (7): 1946-1955.
- Berg, J. & Matre, T. (2001). *Produksjon av storfekjøtt*: Landbruksforlaget. 198 s.
- Blome, R. M., Drackley, J. K., McKeith, F. K., Hutjens, M. F. & McCoy, G. C. (2003). Growth, nutrient utilization, and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein. *Journal of Animal Science*, 81: 1641-1655.
- Borderas, T. F., de Passillé, A. M. B. & Rushen, J. (2009). Feeding behavior of calves fed small or large amounts of milk. *Journal of dairy science*, 92 (6): 2843-2852.
- Brameld, J. M., Buttery, P. J., Dawson, J. M. & Harper, J. M. M. (1998). Nutritional and hormonal control of skeletal-muscle cell growth and differentiation. *Proceedings of the Nutrition Society* 57: 207-217.
- Brameld, J. M. (2005). Physiology of growth. I: Gransworthy, P. C. (red.) *Calf and heifer rearing*, s. 13-29. Nottingham: Nottingham University Press.
- Brown, E. G., VandeHaar, M. J., Daniels, K. M., Liesman, J. S., Chapin, L. T., Keisler, D. H. & Weber Nielsen, M. S. (2005). Effect of Increasing Energy and Protein Intake on Body Growth and Carcass Composition of Heifer Calves. *Journal of Dairy Science*, 88: 585-594.
- Bøe, K. & Havrevoll, Ø. (1993). Cold housing and computer-controlled milk feeding for dairy calves: behaviour and performance. *Animal Behaviour*, 57: 183-191.
- Børsting, C. F., Weisbjerg, M. R. & Hermansen, J. E. (2003). Fedimsætningen i mave-tarmkanalen. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) DJF rapport Husdyrbrug nr. 54.

- Kvæggets ernæring og fysiologi, b. 1 *Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 313-330. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Coverdale, J. A., Tyler, H. D., Quigley, J. D., III & Brumm, J. A. (2004). Effect of Various Levels of Forage and Form of Diet on Rumen Development and Growth in Calves. *Journal of Dairy Science*, 87 (8): 2554–2562.
- Davis, C. L. & Drackley, J. K. (1998). *The development, nutrition, and management of the young calf*. Ames: Iowa State University Press. 339 s.
- de Passillé, A. M., Marnet, P. G., Lapierre, H. & Rushen, J. (2008). Effects of Twice-Daily Nursing on Milk Ejection and Milk Yield During Nursing and Milking in Dairy Cows. *Journal of dairy science*, 91 (4): 1416-1422.
- Diaz, M. C., Van Amburgh, M. E., Smith, J. M., Kelsey, J. M. & Hutten, E. L. (2001). Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105-kilogram body weight. *Journal of Dairy Science*, 84 (4): 830-842.
- Doreau, M. & Chillisrd, Y. (1997). Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *British Journal of Nutrition*, 78 (Suppl. 1): 15-35.
- Drackley, J. K. (2008). Calf Nutrition from Birth to Breeding. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24: 55-86.
- Eigel, W. N., Butler, J. E., Ernstrom, C. A., Farrell, H. M., Harwalkar, V. R., Jenness, R. & Whitney, R. M. (1984). Nomenclature of Proteins of Cow's Milk: Fifth Revision. *Journal of dairy science*, 67 (8): 1599-1631.
- Engesland, M. I. S. (2010). *Effect of intensive calf rearing on average daily gain in the pre-weaning period and first lactation milk yield*: Norwegian university of life sciences, Department of Animal and Aquacultural Sciences. 57 s.
- Fahey Jr., G. C. & Berger, L. L. (1988). Carbohydrate nutrition of ruminants. I: Church, D. C. (red.) *The Ruminant animal*, s. 269-297. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Flower, F. C. & Weary, D. M. (2001). Effects of early separation on the dairy cow and calf: 2. Separation at 1 day and 2 weeks after birth. *Applied Animal Behaviour Science*, 70 (4): 275-284.
- Foley, J. A. & Otterby, D. E. (1978). Availability, Storage, Treatment, Composition, and Feeding Value of Surplus Colostrum: A Review^{1,2}. *Journal of Dairy Science*, 61 (8): 1033-1060.
- Fröberg, S. & Lidfors, L. (2009). Behaviour of dairy calves suckling the dam in a barn with automatic milking or being fed milk substitute from an automatic feeder in a group pen. *Applied Animal Behaviour Science*, 117 (3–4): 150-158.

- Fuller, M. F. (2004). *The encyclopedia of farm animal nutrition*. Wallingford: CABI Pub. 606 s.
- Gottardo, F., Mattiello, S., Cozzi, G., Canali, E., Scanziani, E., Ravarotto, L., Ferrante, V., Verga, M. & Andrighetto, I. (2002). The provision of drinking water to veal calves for welfare purposes. *Journal of Animal Science*, 80: 2362-2372.
- Grøndahl, A. M., Skancke, E. M.-., Mejdell, C. M. & Jansen, J. H. (2007). Growth rate, health and welfare in a dairy herd with natural suckling until 6–8 weeks of age: a case report. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 49 (16).
- Grøndahl, A. M., HJohnsen, J. F. & Mejdell, C. M. (2011). Gi kalven mer melk! *Norsk Vetrinærtidsskrift*, 4: 220-221.
- Gulliksen, S. M., Lie, K. I., Sølverød, L. & Østerås, O. (2008). Risk Factors Associated with Colostrum Quality in Norwegian Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 91 (2): 704-712.
- Hamada, T., Maeda, S. & Kameoka, K. (1976). Factors Influencing Growth of Rumen, Liver, and Other Organs in Kids Weaned from Milk Replacers to Solid Foods. *Journal of Dairy Science*, 59 (6): 1110-1118.
- Hammon, H. M., Schiessler, G., Nussbaum, A. & Blum, J. W. (2002). Feed intake patterns, growth performance, and metabolic and endocrine traits in calves fed unlimited amounts of colostrum and milk by automate, starting in the neonatal period. *Journal of Dairy Science*, 85 (12): 3352-3362.
- Hansen, H. S., Harevoll, Ø., Berg, J., Bævre, L., Nyhus, L. T. & Gulliksen, S. M. (2011). *Melkefôring av kalv: Utredning basert på tilgjengelig litteratur og praktiske erfaringer*. Steinkjer: Høgskolen i Nord-Trøndelag.
- Heinrichs, A. J. & Jones, C. M. (2003). Feeding the Newborn Dairy Calf. The Pennsylvania State University: College of Agricultural Sciences Agricultural Research and Cooperative Extension. 24 s.
- Heinrichs, A. J. & Lesmeister, K. E. (2005). Rumen development in the dairy calf. I: Gransworthy, P. C. (red.) *Calf and heifer rearing*, s. 53 - 65. Nottingham: Nottingham University Press.
- Hepola, H. P., Hänninen, L. T., Raussi, S. M., Pursiainen, P. A., Aarnikoivu, A. M. & Saloniemi, H. S. (2008). Effects of Providing Water from a Bucket or a Nipple on the Performance and Behavior of Calves Fed Ad Libitum Volumes of Acidified Milk Replacer. *Journal of dairy science*, 91 (4): 1486-1496.

- Herland, P. J. (1979). Mjôlkens binding. I: Helmenius, A. (red.) *Mjôlk - Produktion och ekonomi*. s. 54-58 Stockholm: LTs förlag.
- Hermansen, J. E., Nielsen, J. H., Larsen, L. B. & Sejrsen, K. (2003). Mælken sammensætning og kvalitet. I: Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.) DJF rapport, Husbryrbrug nr. 54. Kvæggets ernæring og fysiologi, b. 2 *Fodring og produktion*, s. 341-370. Tjele: Danmarks JordbrugForskning.
- Hill, T. M., Aldrich, J. M. & Schlotterbeck, R. L. (2005). Nutrient sources for solid feeds and factors affecting their intake by calves. I: Garnsworthy, P. C. (red.) *Calf and heifer rearing*, s. 113-133. Nottingham: Nottingham University Press.
- Hill, T. M., Bateman II, H. G., Aldrich, J. M. & Schlotterbeck, R. L. (2009). Effects of fat concentration of a high-protein milk replacer on calf performance. *Journal of Dairy Science*, 92 (10): 5147-5153.
- Hopkins, B. A. (1997). Effects of the Method of Calf Starter Delivery and Effects of Weaning Age On Starter Intake and Growth of Holstein Calves Fed Milk Once Daily. *Journal of dairy science*, 80 (9): 2200-2203.
- Huber, J. T., Silva, A. G., Campos, O. F. & Mathieu, C. M. (1984). Influence of Feeding Different Amounts of Milk on Performance, Health, and Absorption Capability of Baby Calves. *Journal of dairy science*, 67 (12): 2957-2963.
- Huuskonen, A. & Khalili, H. (2008). Computer-controlled milk replacer feeding strategies for group-reared dairy calves. *Livestock Science*, 113 (2-3): 302-306.
- Hvelplund, T., Madsen, J. & Weisbjerg, M. R. (2003). Proteinvurdering. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) DJF rapport Husdyrbrug nr. 54. Kvæggets ernæring og fysiologi b. 1 *Næringsstofomsætning og fodervurdering*. s. 583-601 Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Jasper, J. & Weary, D. M. (2002). Effects of Ad Libitum Milk Intake on Dairy Calves. *Journal of Dairy Science*, 85: 3054-3058.
- Jaster, E. H., McCoy, G. C., Tomkins, T. & Davis, C. L. (1990). Feeding Acidified or Sweet Milk Replacer to Dairy Calves. *Journal of dairy science*, 73 (12): 3563-3566.
- Jensen, M. B. (2006). Computer-Controlled Milk Feeding of Group-Housed Calves: The Effect of Milk Allowance and Weaning Type. *Journal of dairy science*, 89 (1): 201-206.
- Khan, M. A., Weary, D. M. & Von Keyserlingk, M. A. G. (2011a). Hay intake improves performance and rumen development of calves fed higher quantities of milk. *Journal of Dairy Science*, 94 (7): 3547-3553.

- Khan, M. A., Weary, D. M. & von Keyserlingk, M. A. G. (2011b). Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *Journal of dairy science*, 94 (3): 1071-1081.
- Korhonen, H., Marnila, P. & Gill, H. S. (2000). Milk immunoglobulins and complement factors. *The British journal of nutrition*, 84 Suppl 1: S75-80.
- Krohn, C. C. (2006). Kvæg. I: Koch, P. R. (red.) *Husdyrhold - adfærd, velfærd og etik*, s. 65-89. Århus: Landbrugsforlaget.
- Kuehn, C. S., Otterby, D. E., Linn, J. G., Olson, W. G., Chester-Jones, H., Marx, G. D. & Barmore, J. A. (1994). The Effect of Dietary Energy Concentration on Calf Performance. *Journal of dairy science*, 77 (9): 2621-2629.
- Landbruks- og matdepartementet. (2001). *Forskrift om fôrvarer (fôrvareforskriften)*. Tilgjengelig fra: <http://www.lovdatab.no/cgi-wift/ldles?ltdoc=/for/ff-20010704-1164.html> (lest 08.04.13).
- Landbruks- og matdepartementet. (2004). *Forskrift om hold av storfe*. Tilgjengelig fra: <http://www.lovdatab.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20040422-0665.html> (lest 03.04.13).
- Lawrence, T. L. J., Fowler, V. R. & Novakofski, J. E. (2012). *Growth of farm animals*. Wallingford: CABI. 352 s.
- Lesmeister, K. E. & Heinrichs, A. J. (2004). Effects of Corn Processing on Growth Characteristics, Rumen Development, and Rumen Parameters in Neonatal Dairy Calves. *Journal of dairy science*, 87 (10): 3439-3450.
- Maiga, H. A., Schingoethe, D. J., Ludens, F. C., Tucker, W. L. & Casper, D. P. (1994). Response of Calves to Diets That Varied in Amounts of Ruminally Degradable Carbohydrate and Protein. *Journal of dairy science*, 77 (1): 278-283.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. A. (2002). *Animal Nutrition*. 6th utg. Harlow: Pearson Education Limited 693 s.
- Moallem, U., Werner, D., Lehrer, H., Zachut, M., Livshitz, L., Yakoby, S. & Shamay, A. (2010). Long-term effects of ad libitum whole milk prior to weaning and prepubertal protein supplementation on skeletal growth rate and first-lactation milk production. *Journal of dairy science*, 93 (6): 2639-2650.
- Montoro, C., Miller-Cushon, E. K., DeVries, T. J. & Bach, A. (2013). Effect of physical form of forage on performance, feeding behavior, and digestibility of Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 96: 1117-1124.

- Noller, C. H., Dickson, I. A. & Hill, D. L. (1962). Value of Hay and Rumen Inoculation in an Early-Weaning System for Dairy Calves. *Journal of Dairy Science*, 45 (2): 197-201.
- Norrman, E. (1979). Livkalvens utfodring och skötsel. I: Helmenius, A. (red.) *Mjölk - Produktion och ekonomi*, s. 90-99. Stockholm: LTs förlag.
- NRC. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington, D.C.: National Academy Press. 381 s.
- Nybø, K. (2012). Vellykket avvenning. *Buskap*, 64 (5): 32-33.
- Nørgaard, P. & Hvelplund, T. (2003). Drøvtyggernes karakteristika. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) DJF rapport Husdyrbrug nr. 54. Kvægets ernæring og fysiologi, b. 1 *Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 11-37. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Owens, F. N., Dubeski, P. & Hanson, C. F. (1993). Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science*, 71 (11): 3138-3150.
- Pettersson, K., Svensson, C. & Liberg, P. (2001). Housingm Feeding and Management of Calves and Replacement Heifers in Swedish Dairy Herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 42: 465-478.
- Raeth-Knight, M., Chester-Jones, H., Hayes, S., Linn, J., Larson, R., Ziegler, D., Ziegler, B. & Broadwater, N. (2009). Impact of conventional or intensive milk replacer programs on Holstein heifer performance through six months of age and during first lactation. *Journal of dairy science*, 92 (2): 799-809.
- Rajala, P. & Castrén, H. (1995). Serum Immunoglobulin Concentrations and Health of Dairy Calves in Two Management Systems from Birth to 12 Weeks of Age. *Journal of dairy science*, 78 (12): 2737-2744.
- Roy, J. H. B. (1980). *The calf*. London: Butterworths. 442 s.
- Sander, E. G., Warner, R. G., Harrison, H. N. & Loosli, J. K. (1959). The Stimulatory Effect of Sodium Butyrate and Sodium Propionate on the Development of Rumen Mucosa in the Young Calf. *Journal of Dairy Science*, 42 (9): 1600-1605.
- Sehested, J., Pedersen, R. E., Strudsholm, F. & Foldager, J. (2003). Spædkalvens fordøjelsesfysiologi og ernæring. I: Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.) DJF rapport Husdyrbrug nr. 54. Kvægets ernæring og fysiologi, b. 2 *Fodring og produktion*, s. 9-38. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Sejrsen, K. & Foldager, J. (2003). Betydning af foderniveau og kælvningsalder for kvigers ydelseskapalet. I: Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.) DJF rapport Husdyrbrug nr.

54. Kvægets ernæring og fysiologi, b. 2 *Fodring og produktion*, s. 39-56. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Shamay, A., Werner, D., Moallem, U., Barash, H. & Bruckental, I. (2005). Effect of Nursing Management and Skeletal Size at Weaning on Puberty, Skeletal Growth Rate, and Milk Production During First Lactation of Dairy Heifers. *Journal of dairy science*, 88 (4): 1460-1469.
- Sidney, J. & Lyford, J. (1988). Growth and development of the ruminant digestive system. I: Church, D. C. (red.) *The Ruminant animal*, s. 564. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Sidney, J., Lyford, J. & Tal Huber, J. (1988). Digestion, metabolism and nutrient needs in preruminants. I: Church, D. C. (red.) *The Ruminant animal*, s. 564. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Sjaastad, Ø. V., Hove, K. & Sand, O. (2003). *Physiology of Domestic Animals*. Oslo: Scandinavian Veterinary Press. 735 s.
- Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R. W. & Van Amburgh, M. E. (2012). Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of dairy science*, 95 (2): 783-793.
- Sogstad, Å. M. (2013). *Vann til kalven er livsviktig*.
<https://medlem.tine.no/cms/fagprat/oppdrett/kalv/vann-til-kalven-er-livsviktig> (lest 02.04.2013).
- Stobo, I. J. F., Roy, J. H. B. & Gaston, H. J. (1966). Rumen development in the calf. *British Journal of Nutrition*, 20 (02): 171-188.
- Suárez, B. J., Van Reenen, C. G., Gerrits, W. J. J., Stockhofe, N., van Vuuren, A. M. & Dijkstra, J. (2006). Effects of Supplementing Concentrates Differing in Carbohydrate Composition in Veal Calf Diets: II. Rumen Development. *Journal of dairy science*, 89 (11): 4376-4386.
- Sweeney, B. C., Rushen, J., Weary, D. M. & de Passillé, A. M. (2010). Duration of weaning, starter intake, and weight gain of dairy calves fed large amounts of milk. *Journal of dairy science*, 93 (1): 148-152.
- Tanan, K. G. (2005). Nutrient Sources for Liquid Feeding of Calves. I: Garnsworthy, P. C. (red.) *Calf and heifer rearing*, s. 83 - 112. Nottingham: Nottingham University Press.
- Terré, M., Tejero, C. & Bach, A. (2009). Long-term effects on heifer performance of an enhanced-growth feeding programme applied during the preweaning period. *The Journal of dairy research*, 76 (3): 331-339.

- Tomkins, T. & Jaster, E. H. (1991). Preruminant Calf Nutrition. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 7 (2): 557-576.
- Van Amburgh, M. E., Raffrenato, E., Soberon, F. & Everett, R. W. (2008). Early Life Management and Long-Term Productivity of Dairy Calves.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca, N.Y.: Comstock Pub. 476 s.
- von Keyserlingk, M. A. G., Wolf, F., Hötzel, M. & Weary, D. M. (2006). Effects of Continuous Versus Periodic Milk Availability on Behavior and Performance of Dairy Calves. *Journal of dairy science*, 89 (6): 2126-2131.
- Warner, R. G., Flatt, W. P. & Loosli, J. K. (1956). Dietary Factors Influencing the Development of the Ruminant Stomach. *Agricultural and food chemistry*, 4 (9): 788-792.
- Zanton, G. I. & Heinrichs, A. J. (2005). Meta-Analysis to Assess Effect of Prepubertal Average Daily Gain of Holstein Heifers on First-Lactation Production. *Journal of dairy science*, 88 (11): 3860-3867.

9.0 Egne undersøkelser (Artikkelutkast)

Effect of different feeding regimes on growth and skeletal development in Norwegian Red calves

Abstract

This experiment followed bulls and heifers from birth to three months of age in four different feeding groups. The bulls were fed either nine litres milk replacer or five litres acidified whole milk, and the heifers were fed either nine litres milk replacer or seven litres acidified whole milk. All the calves were fed 1.3 kg concentrate except the bulls fed five litres milk that got concentrate ad libitum. The calves were weaned from five to seven weeks of age. Weight were measured weekly, and skeletal growth were measured every second week. No matter the amount of milk offered, the calves ate negligible amounts of concentrate the first four weeks. The bulls' weight gains were faster than the heifers' for the whole experimental period, and there were few differences between the heifer groups on growth. For the whole experimental period there were no significant differences between the bull groups on growth. But the bulls fed five litres acidified whole milk had a slower growth both of weight and skeletal before weaning compared to the bulls fed nine litres milk replacer. After weaning however, the bulls fed five litres acidified whole milk had a higher daily weight gain.

1 Introduction

In Norway, the customary recommendation has been to feed the calves milk equivalent to 10 % of body weight (Grøndahl et al. 2011). In a recently issued report, Hansen et al. (2011) recommended to give heifer calves six litres of colostrum for two weeks and then six litres of whole milk until they are six weeks of age. The milk level recommended corresponds to around 13 % of body weight at the beginning of the milk feeding period, and approximately 10 % of body weight at the end (Grøndahl et al. 2011). However, a calf getting whole milk ad libitum can drink up to nine to ten litres of milk per day (Jasper & Weary 2002; Borderas et al. 2009), and around 15 litres of milk replacer (Borderas et al. 2009). The calves will reach this amount of milk already at one week of age and remain at this level for the rest of the milk-feeding period. Calves fed milk ad libitum will then have a higher intake of milk compared to calves fed a restricted amount of milk. However, by feeding the calves limited

amounts of milk, they will earlier start eating roughages and concentrates (Jasper & Weary 2002; Sehested et al. 2003). In many situations this is more desirable since these feeds usually are cheaper and easier to manage.

Jasper and Weary (2002) found that the calves fed milk ad libitum had a higher daily weight gain, and the body weight was 10.5 kg higher at weaning at 40 days of age compared to the calves fed a restricted amount of milk. Moreover, the body weight was higher for the calves fed milk ad libitum through the whole experimental period until two months of age. In contrast, Hammon et al. (2002) observed that the calves fed milk ad libitum had a higher daily weight gain the first week of life compared to those fed a commonly recommended amount of milk, but by the end of the experimental period of 28 days there were no differences in the total body weight between the calves. Other experiments have also showed that with increased amount of milk fed, the calves will increase the daily body weight gain and the body weight (Diaz et al. 2001; Bartlett et al. 2006). Also the effect of gains to feed increased linearly when milk intake increased. Both Blome et al. (2003) and Bartlett et al. (2006) found that increasing the protein content, at least up to 26 % protein, the daily body weight gains and the body weight increased. The gain to feed ratio increased linearly with the protein content, but Bartlett et al. (2006) had the highest ratio at 22 % protein content.

In milk production, the milk yield of the cow is an important parameter determining the farmers' income. Increased growth before weaning can increase milk yield in the first lactation (Van Amburgh et al. 2008; Moallem et al. 2010; Soberon et al. 2012), and Van Amburgh et al. (2008) showed that growth before weaning could explain 20 % of the variation in milk yield in the first lactation. Thus, feeding of the calves even in an early stage of life is an important part of raising the newborn calves to a high producing dairy cow. The aim of this experiment was to investigate how three different feeding regimes affect the growth of the calves until three months of age. Hypotheses were that the calves fed higher amounts of milk would increase the growth compared to calves with smaller amounts of milk, and the calves fed smaller amount of milk would increase the intake of concentrate before weaning compared to the calves with the highest amount of milk.

2 Materials and methods

2.1 Animals and management

The experiment was conducted at the Animal Production Experimental Centre (SHF) at the Norwegian University of Life Sciences (UMB) and the staff at SHF carried out the daily care of the calves. In total 15 bulls and 40 heifers of Norwegian Red were included in the experiment. All heifer calves born at SHF from 11.11.11, and all calves born from 10.01.12 to 25.04.12 were included until three months of age. The first eight days of life, the calves were individually housed and fed manually four times a day. Eight days after they were born, the calves were group housed and fed milk and concentrate from an automatic feeder from Lely, Vario Kombi, 4.00 with software KalbManagerWIN, 2.00.

2.2 Feed

The milk feeds were acidified whole milk and the milk replacer "Konnnect Kavát" (Felleskjøpet Agri, Gardemoen, Norway). The whole milk was acidified with formic acid to a pH of 4.9. The milk replacer was mixed according to the producer's description, with 150 g powder and 8.5 dl of water at 40 °C. According to the declaration, the milk replacer contained 26 % protein and 16 % fat in the powder. In addition to the milk, all calves were offered concentrate and roughage. The concentrate was FORMEL Múslí start (Felleskjøpet Agri, Gardemoen, Norway) the first week and "FORMEL kalv" (Felleskjøpet Agri, Gardemoen, Norway) for the rest of the experimental period. The roughage consisted of both hay and silage (packed in big plastic balls). There were two different silage qualities that were given to calves, one the first part of the experimental period and one the second part. The first one was ensiled with 4 litres of Gras AAT Plus (ADDCON Nordic AS, Porsgrunn, Norway) for each tons of grass, and the second one was ensiled with 3.8 litres of Ensil 1 (Felleskjøpet Agri, Gardemoen, Norway) for each tons of grass.

2.3 Treatments

Three different feeding regimes were tested on four different groups, two heifer groups and two bull groups. The feeding regimes were milk replacer with high protein level fed nine litres (regime A), acidified whole milk fed seven litres (regime B), and acidified whole milk fed five litres (regime C) (Table 1). The bulls were divided between feeding regimes A (7 bulls) and C (7 bulls). The bulls were allocated to feeding regimes by allocating the five first born to regime A, the five next to regime C and thereafter every second between the two regimes. With respect to the heifers, the 20 first born were allocated to feeding regime B, and

the rest to feeding regime A (17 heifers). Thus, the calves in feeding regime A were divided in group A1 for the bulls and group A2 for the heifers.

Table 1: Feed given to each calf each day with different feeding regimes, and the number of calves with each feeding regime.

Feeding regimes	A1	A2	B	C
Milk (litres)	9	9	7	5
Concentrate (kg)	1.3	1.3	1.3	Ad libitum
Silage/hay	Ad libitum	Ad libitum	Ad libitum	Ad libitum
Milk type	Milk replacer	Milk replacer	Acidified whole milk	Acidified whole milk
Number and sex	7 bulls	17 heifers	20 heifers	7 bulls

2.4 Feeding plans

The calves received two to four litres of high quality thawed colostrum as soon as possible after birth, and totally four litres before they were six hours old. In addition, colostrum was offered to the calves from day two until day five according to birth weight (Table 2).

Table 2: Colostrum offered to the calves each day from day two until day five according to the birth weights. The milk was distributed in four feedings.

Weight	< 30 kg	30 – 35 kg	> 35 kg
Litres of milk	4	5	6

The bulls in feeding regime C received a maximum of five litres colostrum per day, even if the birth weight was over 35 kg. At day six and seven, half of the colostrum was replaced with acidified whole milk for the calves in regime B and C, and milk replacer for the calves in regime A. At day eight the calves in regime A received eight litres of milk replacer, the calves in regime B seven litres of acidified whole milk, and the calves in regime C five litres of acidified whole milk. From day nine until weaning at five weeks of age, the calves followed the feeding plans shown in Table 1. In addition, all animals had free access to water. Weaning started when the calves were five weeks old with reduce the amount of milk each day, and the calves were weaned when they were seven weeks old.

2.5 Registrations

The automatic feeder individually recorded the uptake of concentrate and milk daily. The uptake of forage (silage and hay) was recorded in groups for four days a week (Monday to Thursday). All the calves were weighed weekly using a manually operated balance. Every second week, heart girth, withers and hip height, length from respectively crown and withers to rump, width and length of pelvis, and finally circumference of metacarpus of both foreleg and hindleg were measured.

Heart girth was measured with a band on standing calves using approximately 1 kg pressure when stretching the band. The measurements were taken to closest half centimetre. Withers and hip height were measured with a laser attached to a spirit level. The height measurements were averages of two measurements, with the accuracy of a decimal. All length measurements were measured to the closest half centimetre with band on standing calves. For crown to rump, the calves were standing with their head down and their neck straight forward from the middle of the head to the tail. Withers to rump measurements were taken from shoulders to the tail. Pelvis width and length were measured with closest decimal with a vernier callipers. Circumference of metacarpus of foreleg and hindleg was measured to closest half centimetre with a measuring band.

2.6 Analytical Procedures

For each new batch of acidified whole milk, pH was measured with pH sticks. Samples of acidified whole milk were taken weekly and frozen. Samples were taken from every new batch of milk replacer and frozen. The acidified whole milk and the milk replacer were analyzed for dry matter (DM), ash, protein ($6.25 \times$ Kjeldahl-N), glucose, lactose and fat at Eurofins (Moss, Norway). The concentrate was analyzed for DM, ash, protein, NDF, starch and fat at the lab at the Department of Animal and Aquacultural Sciences (IHA). Silage and hay samples were taken every second week, and silage was analyzed for DM, ash, protein, fat, starch, NDF, indigestible NDF, acid, ammonia nitrogen and pH at Eurofins (Moss, Norway). Hay was analyzed for DM, ash, protein and NDF at Eurofins (Moss, Norway).

2.7 Calculation and statistical analysis

Four calves were omitted from the calculation and the statistical analysis. The four calves were two heifers that had been placed in a bull group, one calf that died during the experiment and one calf died the day after finishing the experiment.

Average daily intake of milk and concentrate were calculated for the period before weaning, after weaning and the whole experimental period. For forages, average daily intake for each calf was first calculated based on group intakes. Thereafter, the average weekly intake was calculated and used for calculation of the average daily intake for the period before weaning, after weaning and the whole experimental period. A few negative measures of feed intake were removed before calculations. Feed intake the first week of living was not included as it was not recorded. Calculation of energy in the feed was done according to Ekern et al. (1991) giving feed units milk (FEm) where 1 FEm equals 6900 kJ net energy lactation (NEL).

For weight and all skeletal measurements, the difference between the first and the last measure before weaning, the first and the last measure after weaning and the first and the last measure for the whole experiment were used to calculate the mean daily rates of change for those three periods. Weight was registered a fixed day once a week. Since calves were not born that day, the weight development was rounded to nearest day of birth compared to day within week when weight measurements were recorded. Gain to feed ratio was calculated as daily weight gain divided by daily feed intake.

Data was analysed with the Mixed procedure in SAS, version 9.3 (2002 - 2010) using contrasts in the least square mean statement (LSmeans). The contrasts were (1) the bulls fed nine litres milk replacer versus the heifers fed nine litres milk replacer (A1 vs. A2), (2) the heifers fed nine litres milk replacer versus the heifers fed seven litres acidified whole milk (A2 vs. B), and (3) the bulls fed nine litres milk replacer versus the bulls fed five litres acidified whole milk (A1 vs. C). Calf was considered as the random effect in the model, whereas and treatment effects were the feeding groups. The model was: $Y_{ij} = \mu + \beta_i + \varepsilon_{ij}$, where Y_{ij} = the response of the variable, μ = mean of the calves, β_i = the effect of the feeding group (treatment), and ε_{ij} the residual error of the i th feeding group and the j th calf. The significance level was set to $p < 0.05$, and considered a tendency if $p < 0.10$. To find how different skeletal measurement can indicate the weight of the calves, the correlation between weight and the differences skeletal measurement were calculated with the Corr procedure in SAS, version 9.3 (2002 - 2010).

3 Results

3.1 Chemical composition of the feeds

The chemical composition, fermentation quality and the feeding value of the different feeds are presented in Table 3 and 4. On DM basis, ash and lactose contents were higher in the milk replacer than in the acidified whole milk (66 g/kg DM vs. 57 g/kg DM and 450 g/kg DM vs. 327 g/kg DM), whereas fat content was more than doubled in the acidified whole milk than in the milk replacer (314 g/kg DM vs. 148 g/kg DM). Calculated energy content was highest in the acidified whole milk (1.85 FEm/kg DM vs. 1.42 FEm/kg DM). There were no substantial differences in digestible protein content between the milk replacer and the acidified whole milk (240 g/kg DM vs. 236 g/kg DM). The concentrate had a slightly lower content of protein on DM basis than the milk feeds (214 g/kg DM vs. 266 and 262 g/kg DM), and lower in energy content (0.98 FEm/kg DM vs. 1.85 and 1.42 FEm/kg DM). There were no differences between the silages on digestible protein and energy content (96 g/kg DM vs. 99 g/kg DM and 0.90 FEm/kg DM vs. 0.89 FEm/kg DM). The hay was lower with 40 g/kg DM of digestible protein and 0.70 FEm/kg DM of energy.

Table 3: Chemical composition and feeding value in acidified whole milk and milk replacer (g/kg dry matter).

	Acidified whole milk	Milk replacer
Chemical composition;		
Dry matter (g/kg)	130	972 ¹ / 146 ²
Ash	57	66
Protein	266	262
Fat	314	148
Glucose	< 3.1	1.3
Lactose	327	450
Feeding value;		
Digestible protein ³	240	236
FEm (/kg DM)	1.85	1.42

1: Dry matter in powder, 2: Dry matter in liquid milk, 3: Digestibility of protein was set to 0.9 (*Förtabellen* 2008).

Table 4: Chemical composition, fermentation quality and feeding value in concentrate and forage (g/kg dry matter).

	Concentrate	Hay	Silage 1	Silage 2
Chemical composition;				
Dry matter (g/kg)	954	858	317	249
Ash	80	46	71	91
Protein	214	80	155	156
Fat	58	-	39	39
Starch	266	-	0	0
NDF	164	664	543	469
Indigestible NDF (g/kg NDF)	-	-	142	193
Residual CHO	218	210	144	173
Fermentation quality;				
Total acids	-	-	32	56
Lactic acid	-	-	29	51
Acetic acid	-	-	2	4
Propionic acid	-	-	1	1
Butyric acid	-	-	0	0
Ammonia nitrogen (g N/kg N)	-	-	48	48
pH	-	-	4.2	4.5
Feeding value;				
Digestible protein ¹	176	40	96	99
FEm (/kg DM)	0.98	0.70	0.90	0.89

1: Digestibility of the protein set to 0.82 in concentrate, and 0.68 in silage (*Förtabellen* 2008).

3.2 Feed intake

Daily intake of DM from milk, concentrate, silage and hay before and after weaning are presented in Table 5, whereas calculated intake of DM, energy and protein before weaning, after weaning and as the means for the total experimental period are presented in Table 6. The intake of milk varied from 1.052 kg DM/d in the bull group fed nine litres milk replacer to 0.520 kg DM/d in the bull group fed five litres acidified whole milk. For the heifers, the intake of milk was 0.35 kg DM/d higher ($p=0.001$) for the milk replacer group than for the acidified whole milk group, whereas the intake of solid feeds was highest (0.390 kg DM/d higher, $p=0.009$) for the group fed acidified whole milk. No significant difference were

observed on DM and digestible protein intake, whereas energy intake before weaning tended to be higher for the heifers fed seven litres acidified whole milk (1.98 FEm/d vs. 1.74 FEm/d, $p = 0.07$). Mean daily intake of DM, energy and digestible protein for the total experimental period was not significantly different between the bulls' feeding regimes, but the bulls fed five litres acidified whole milk had a lower intake before weaning, and a higher intake after weaning compared with the bulls fed nine litres milk replacer. All the calves ate negligible amounts of concentrate the first four weeks. After weaning the calves, except the bulls offered concentrate ad libitum, reached the upper limit of 1.3 kg/d concentrate (Figure 1). The bulls with free access to concentrate increased the intake through the experiment period and ate close to 3 kg/d at the end of the experiment. On average, these bulls ate 2.69 kg/d after weaning.

Table 5: Daily dry matter intake (kg) of milk, concentrate, silage and hay for calves in four different feeding groups¹. LSmeans are given for before and after weaning (seven weeks).

	Feeding groups				Root MSE ²	Main effect	Contrasts		
	A1	A2	B	C			A1-A2	A2-B	A1-C
Before weaning									
Milk	1.052	0.995	0.644	0.520	0.120	0.001	0.296	0.001	0.001
Concentrate	0.283	0.231	0.444	0.150	0.200	0.138	0.565	0.040	0.233
Silage	0.122	0.091	0.264	0.102	0.128	0.078	0.599	0.011	0.776
Hay	0.055	0.051	0.097	0.006	0.040	0.010	0.828	0.028	0.032
Solid feed	0.521	0.425	0.815	0.311	0.283	0.041	0.457	0.009	0.185
After weaning									
Concentrate	1.255	1.259	1.002	2.692	0.329	0.001	0.973	0.127	0.001
Silage	0.917	0.952	1.228	0.293	0.258	0.001	0.767	0.039	0.001
Hay	0.103	0.077	0.039	0.058	0.027	0.001	0.040	0.009	0.005

¹ A1: Bulls fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, A2: Heifers fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, B: Heifers fed seven litres acidified whole milk and 1.3 kg concentrate each day, C: Bulls fed five litres acidified whole milk and concentrate ad libitum each day. ² MSE = mean square error of LSmeans.

Table 6: Daily intake of dry matter, Feed Units milk (FEm) and digestible protein for calves in four different feeding groups¹. LSmeans are gives for before and after weaning (seven weeks), and for the total experimental period (0 – 3 month).

	Feeding groups				Root MSE ²	Main effect	Contrasts		
	A1	A2	B	C			A1-A2	A2-B	A1-C
Dry matter (kg/d):									
Before	1.54	1.39	1.47	0.80	0.256	0.001	0.198	0.541	0.001
After	2.29	2.34	2.25	2.97	0.422	0.012	0.810	0.688	0.005
Total	1.97	1.91	1.90	1.97	0.278	0.941	0.666	0.977	0.923
FEm (/d):									
Before	1.93	1.74	1.98	1.18	0.248	0.001	0.124	0.070	0.001
After	2.14	2.19	2.09	2.88	1.079	0.003	0.784	0.650	0.002
Total	2.04	1.98	2.05	2.08	0.266	0.853	0.631	0.631	0.807
Digestible protein (g/d):									
Before	314	287	266	162	38.4	0.001	0.120	0.290	0.001
After	318	327	299	490	67.1	0.001	0.777	0.409	0.001
Total	317	309	286	334	42.4	0.335	0.687	0.280	0.465

¹ A1: Bulls fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, A2: Heifers fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, B: Heifers fed seven litres acidified whole milk and 1.3 kg concentrate each day, C: Bulls fed five litres acidified whole milk and concentrate ad libitum each day. ² MSE = mean square error of LSmeans.

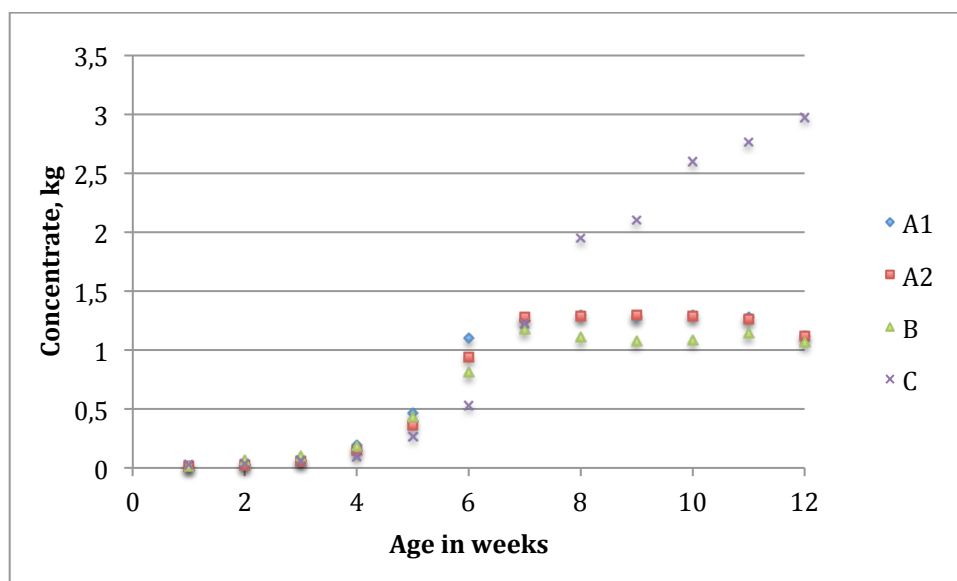


Figure 1: Intake of concentrate for A1: bulls fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate, A2: heifers fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate, B: heifers fed seven litres acidified whole milk

and 1.3 kg concentrate, C: bulls fed five litres acidified whole milk and concentrate ad libitum. The calves were weaned from five to seven weeks of age.

3.3 Weight, weight gain, heart girth and gain to feed ratio

There were no differences in the birth weight between the calves in the different feeding groups (Table 7). No differences were detected between the bulls and the heifers fed nine litres milk replacer, or between the heifer groups on weight at weaning or three months of age. At weaning the bulls fed nine litres milk replacer were 8.8 kg heavier (79.6 kg vs. 70.8 kg, $p=0.015$) than the bulls fed five litres acidified whole milk, nonetheless there were no differences between the bull groups at three months of age.

Table 7: LSmeans of weight (kg) at birth, weaning and three months of age for calves in four different feeding groups¹.

	Feeding groups				Root MSE ²	Main effect	Contrasts		
	A1	A2	B	C			A1-A2	A2-B	A1-C
Birth	36.8	37.8	37.1	38.9	4.84	0.882	0.649	0.758	0.433
Weaning	79.6	76.3	76.2	70.8	6.32	0.094	0.254	0.985	0.015
3 month	118.3	112.9	107.4	116.8	8.60	0.220	0.178	0.331	0.760

¹ A1: Bulls fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, A2: Heifers fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, B: Heifers fed seven litres acidified whole milk and 1.3 kg concentrate each day, C: Bulls fed five litres acidified whole milk and concentrate ad libitum each day. ² MSE = mean square error of LSmeans.

The development of the weight of the calves is presented in Figure 2 and the daily weight gain and heart girth gain are presented in Table 8. During the total experimental period there was significantly higher daily weight gain for the bulls compared to the heifers fed nine litres milk replacer (0.902 kg/d vs. 828 kg/d, $p=0.044$), and before weaning there was a tendency for faster growth for the bulls (0.084 kg/d higher, $p=0.053$). There were no significant differences on daily weight gain between the heifer groups. For the whole experiment period there were no significant differences between daily weight gain for the bull groups. However, the bulls fed nine litres milk replacer grew faster before weaning (0.887 kg/d vs. 0.653 kg/d, $p<0.001$) and the bulls fed five litres acidified whole milk grew faster after weaning (0.926 kg/d vs. 1.109 kg/d, $p=0.004$). The only difference in heart girth was a tendency to faster growth for bulls after weaning compared to heifers fed nine litres milk replacer.

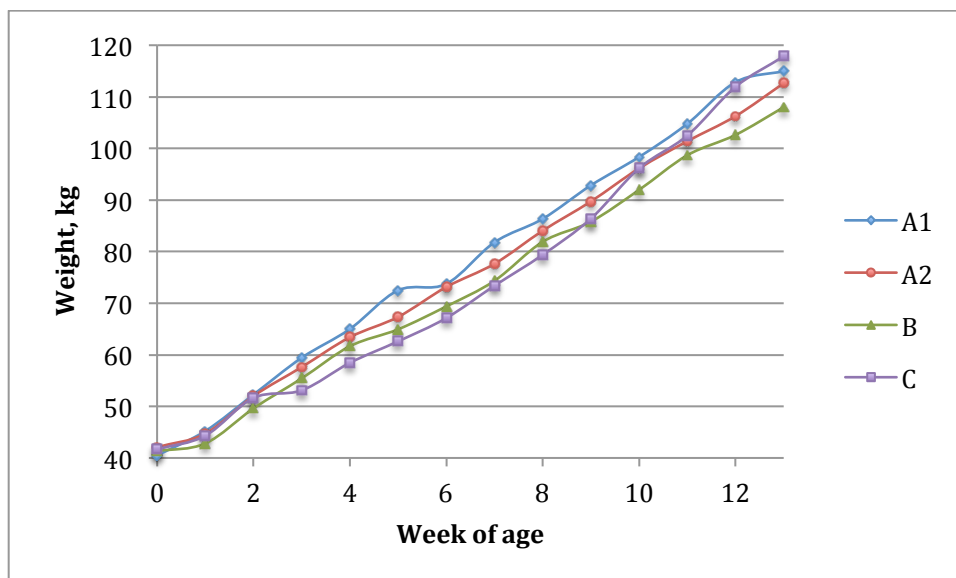


Figure 2: Weight growth for A1: bulls fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate, A2: heifers fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate, B: heifers fed seven litres acidifies milk and 1.3 kg concentrate, C: bulls fed five litres acidified whole milk and concentrate ad libitum. The calves were weaned from five to seven weeks of age.

Table 8: Daily weight and heart girth growth for calves in four different feeding groups¹. LSmeans are givens for before and after weaning (seven weeks), and for the total experimental period (0 – 3 month).

	Feeding groups				Root MSE ²	Main effect	Contrasts		
	A1	A2	B	C			A1-A2	A2-B	A1-C
Weight (kg/d)									
Before	0.887	0.803	0.808	0.653	0.095	0.001	0.053	0.913	0.001
After	0.926	0.856	0.774	1.109	0.110	0.001	0.164	0.138	0.004
Total	0.902	0.828	0.795	0.862	0.077	0.081	0.044	0.409	0.367
Heart girth (cm/d)									
Before	0.354	0.320	0.344	0.294	0.084	0.600	0.366	0.592	0.184
After	0.306	0.252	0.280	0.365	0.071	0.012	0.095	0.466	0.138
Total	0.327	0.308	0.303	0.341	0.038	0.214	0.266	0.793	0.505

¹ A1: Bulls fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, A2: Heifers fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, B: Heifers fed seven litres acidified whole milk and 1.3 kg concentrate each day, C: Bulls fed five litres acidified whole milk and concentrate ad libitum each day. ² MSE = mean square error of LSmeans.

The bulls fed five litres acidified whole milk had better gain to feed ratio for DM before weaning compared to the bulls fed nine litres milk replacer (0.765 kg growth/kg DM vs. 0.583

kg growth/kg DM, $p=0.016$) (Table 9). Except for that, there were no differences on gain to feed ratio between the feeding groups.

Table 9: Gain to feed for dry matter and Feed Units milk (FEm) for calves in four different feeding groups¹. LSmeans are given for before and after weaning (seven weeks), and for the total experimental period (0 – 3 month).

	Feeding groups				Root MSE ²	Main effect	Contrasts		
	A1	A2	B	C			A1-A2	A2-B	A1-C
Gain:Feed - Dry matter (kg growth/kg DM)									
Before	0.583	0.601	0.577	0.765	0.123	0.046	0.762	0.716	0.016
After	0.414	0.380	0.345	0.408	0.083	0.464	0.367	0.407	0.891
Total	0.463	0.443	0.422	0.456	0.073	0.764	0.533	0.574	0.859
Gain:Feed – FEm (kg growth/FEm)									
Before	0.464	0.470	0.416	0.529	0.077	0.155	0.879	0.170	0.131
After	0.444	0.405	0.371	0.423	0.088	0.500	0.333	0.439	0.666
Total	0.446	0.425	0.390	0.431	0.063	0.476	0.469	0.284	0.660

¹ A1: Bulls fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, A2: Heifers fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, B: Heifers fed seven litres acidified whole milk and 1.3 kg concentrate each day, C: Bulls fed five litres acidified whole milk and concentrate ad libitum each day. ² MSE = mean square error of LSmeans.

3.4 Skeletal growth

Rates of daily change of skeletal growth are presented in Table 10 (height), Table 11 (body length), Table 12 (pelvis width and length), and Table 13 (circumference of metacarpus), respectively. At nine litres milk replacer, growth of pelvis width (0.134 cm/d vs. 0.088 cm/d, $p=0.018$) and circumference of metacarpus of foreleg (0.028 cm/d vs. 0.016 cm/d, $p=0.033$) before weaning were faster in the bulls than in the heifers, whereas the heifers had a tendency to fastest growth of pelvis length before weaning (0.138 cm/d vs. 0.096 cm/d, $p=0.058$). The heifers fed nine litres milk replacer had a higher growth of withers height over the whole experimental period (0.216 cm/d vs. 0.168 cm/d, $p=0.001$), and for circumference of metacarpus on hindleg before weaning (0.029 cm/d vs. -0.002 cm/d, $p=0.014$) compared to the heifers fed seven litres acidified whole milk. For the whole experimental period, there were no differences between the bull groups in skeletal growth, but before weaning the bulls fed five litres acidified whole milk grew slower on withers height (0.190 cm/d vs. 0.293 cm/d, $p=0.017$), hip height (0.210 cm/d vs. 0.359 cm/d, $p=0.012$), pelvis width (0.080 cm/d vs.

0.134 cm/d, $p=0.026$), and circumference of metacarpus on foreleg (0.008 cm/d vs. 0.028 cm/d, $p=0.008$) compared with the bulls fed nine litres milk replacer. Whereas it was opposite after weaning with fastest growth of pelvis width (0.124 cm/d vs. 0.063 cm/d, $p=0.006$), pelvis length (0.113 cm/d vs. 0.062 cm/d, $p=0.005$), and circumference of metacarpus on both foreleg (0.043 cm/d vs. 0.018 cm/d, $p=0.002$) and hindleg (0.052 cm/d vs. 0.026 cm/d, $p=0.044$) for the bulls fed five litres acidified whole milk.

Table 10: Daily gain of withers height and hip height for calves in four different feeding groups¹. LSmeans are givens for before and after weaning (seven weeks), and for the total experimental period (0 – 3 month).

	Feeding groups				Root MSE ²	Main effect	Contrasts		
	A1	A2	B	C			A1-A2	A2-B	A1-C
Withers height (cm/d)									
Before	0.293	0.267	0.229	0.190	0.071	0.041	0.432	0.348	0.017
After	0.212	0.271	0.170	0.329	0.369	0.915	0.719	0.607	0.561
Total	0.228	0.216	0.168	0.217	0.024	0.001	0.280	0.001	0.415
Hip height (cm/d)									
Before	0.359	0.277	0.303	0.210	0.089	0.077	0.113	0.650	0.012
After	0.179	0.178	0.162	0.211	0.084	0.813	0.986	0.721	0.486
Total	0.222	0.213	0.185	0.195	0.042	0.526	0.693	0.322	0.303

¹ A1: Bulls fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, A2: Heifers fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, B: Heifers fed seven litres acidified whole milk and 1.3 kg concentrate each day, C: Bulls fed five litres acidified whole milk and concentrate ad libitum each day. ² MSE = mean square error of LSmeans.

Table 11: Daily body length growth from crown to rump and withers to rump for calves in four different feeding groups¹. LSmeans are givens for before and after weaning (seven weeks), and for the total experimental period (0 – 3 month).

	Feeding groups				Root MSE ²	Main effect	Contrasts		
	A1	A2	B	C			A1-A2	A2-B	A1-C
Crown to rump (cm/d)									
Before	0.558	0.491	0.484	0.414	0.167	0.455	0.372	0.944	0.130
After	0.347	0.344	0.336	0.473	0.243	0.696	0.974	0.951	0.344
Total	0.428	0.397	0.365	0.425	0.077	0.473	0.376	0.424	0.939
Withers to rump (cm/d)									
Before	0.294	0.350	0.325	0.240	0.126	0.299	0.328	0.711	0.458
After	0.231	0.124	0.324	0.007	0.257	0.273	0.353	0.149	0.116
Total	0.261	0.236	0.256	0.240	0.050	0.719	0.285	0.461	0.463

¹ A1: Bulls fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, A2: Heifers fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, B: Heifers fed seven litres acidified whole milk and 1.3 kg concentrate each day, C: Bulls fed five litres acidified whole milk and concentrate ad libitum each day. ² MSE = mean square error of LSmeans.

Table 12: Daily pelvis width and length growth for calves in four different feeding groups¹. LSmeans are givens for before and after weaning (seven weeks), and for the total experimental period (0 – 3 month).

	Feeding groups				Root MSE ²	Main effect	Contrasts		
	A1	A2	B	C			A1-A2	A2-B	A1-C
Pelvis width (cm/d)									
Before	0.134	0.088	0.091	0.080	0.045	0.058	0.018	0.877	0.026
After	0.063	0.071	0.071	0.124	0.032	0.021	0.663	1.000	0.006
Total	0.090	0.080	0.095	0.100	0.022	0.168	0.317	0.195	0.411
Pelvis length (cm/d)									
Before	0.096	0.138	0.122	0.117	0.045	0.266	0.058	0.541	0.435
After	0.062	0.064	0.079	0.113	0.032	0.007	0.893	0.377	0.005
Total	0.093	0.101	0.176	0.106	0.105	0.510	0.879	0.179	0.836

¹ A1: Bulls fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, A2: Heifers fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, B: Heifers fed seven litres acidified whole milk and 1.3 kg concentrate each day, C: Bulls fed five litres acidified whole milk and concentrate ad libitum each day. ² MSE = mean square error of LSmeans.

Table 13: Daily growth of circumference of metacarpus, on foreleg and hindleg, for calves in four different feeding groups¹. LSmeans are given for before and after weaning (seven weeks), and for the total experimental period (0 – 3 month).

	Feeding groups				Root MSE ²	Main effect	Contrasts		
	A1	A2	B	C			A1-A2	A2-B	A1-C
Circumference of metacarpus, foreleg (cm/d)									
Before	0.028	0.016	0.008	0.008	0.014	0.008	0.033	0.248	0.008
After	0.018	0.021	0.016	0.043	0.014	0.005	0.638	0.512	0.002
Total	0.022	0.014	0.018	0.023	0.011	0.190	0.110	0.447	0.830
Circumference of metacarpus, hindleg (cm/d)									
Before	0.035	0.029	-0.002	0.021	0.022	0.020	0.528	0.014	0.277
After	0.026	0.041	0.025	0.052	0.022	0.173	0.141	0.163	0.044
Total	0.029	0.025	0.020	0.034	0.010	0.186	0.397	0.399	0.418

¹ A1: Bulls fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, A2: Heifers fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate each day, B: Heifers fed seven litres acidified whole milk and 1.3 kg concentrate each day, C: Bulls fed five litres acidified whole milk and concentrate ad libitum each day. ² MSE = mean square error of LSmeans.

3.5 Correlation between weight and skeletal measurements

The correlation between the body weight and the different measurements on growth and body size used in the experiment is presented in Table 14. For heart girth and withers height all observations are plotted against the weight and presented in Figure 3 and Figure 4, respectively. The correlation was highest for heart girth (0.964) and lowest for pelvis width (0.704).

Table 14: The correlations between weight and different skeletal growth measurements of calves up to three months of age.

	Correlation	P
Heart girth	0.964	<0.001
Withers height	0.935	<0.001
Hip height	0.905	<0.001
Withers to rump	0.860	<0.001
Circumference of metacarpus, hindleg	0.822	<0.001
Crown to rump	0.821	<0.001
Pelvis length	0.771	<0.001
Circumference of metacarpus, foreleg	0.710	<0.001
Pelvis width	0.704	<0.001

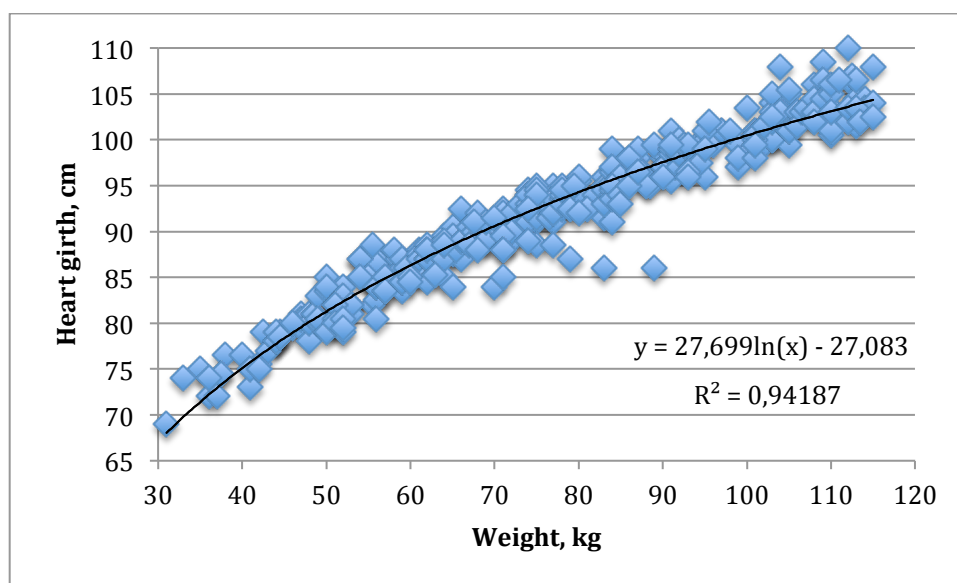


Figure 3: The correlation between weight and heart girth for calves up to three month of age.

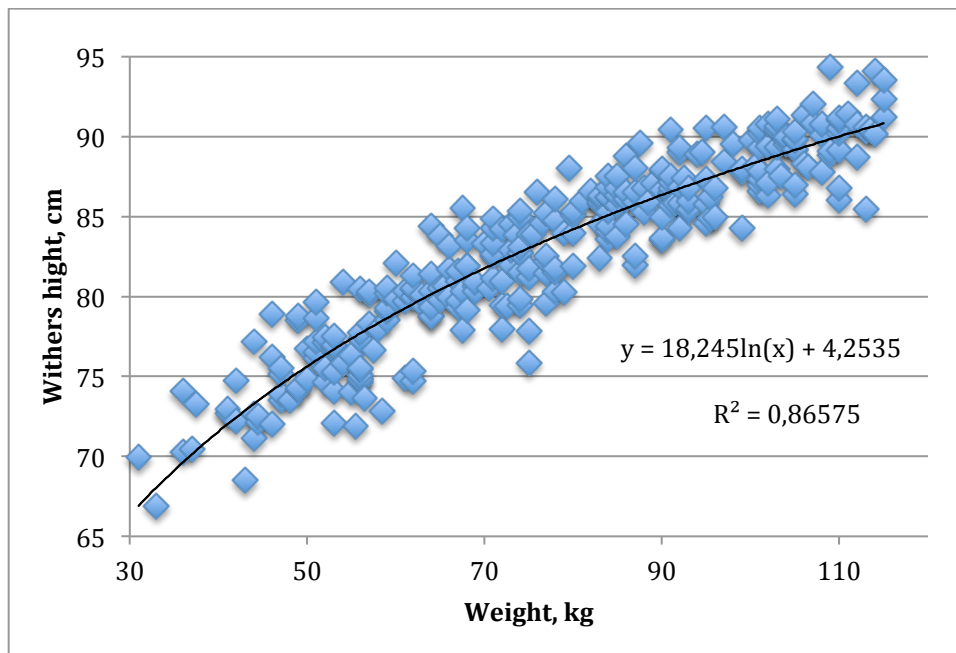


Figure 4: The correlation between withers height and weight for calves up to three month of age.

4 Discussion

The experimental setup allows discussion of three treatment contrasts: (1) bull versus heifer calves fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate, (2) heifer calves fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate versus heifer calves fed seven litres acidified whole milk and 1.3 kg concentrate, and (3) bull calves fed nine litres milk replacer and 1.3 kg concentrate versus bull calves fed five litres acidified whole milk with free access to concentrate supplement.

This experiment showed a significantly higher daily weight gain ($p=0.044$) for the total experimental period, a tendency to higher daily gain of heart girth ($p=0.095$) after weaning, a faster growth in pelvis width ($p=0.018$) and the circumference of the metacarpus ($p=0.033$) before weaning for bulls compared to the heifers. Faster growth in bull calves than in heifer calves is in agreement with earlier studies on growth in bulls versus heifers (Koch et al. 1959; Brinks et al. 1961; Koch et al. 1973). There were no observed difference in energy and protein intake between the bull and the heifer calves fed nine litres milk replacer (Table 6). This implies that the increased growth in the bull calves is not directly linked to higher feed intake, but must be related to differences in nutrient utilization or genetic potential of growth. Hedrick et al. (1969) showed that bulls had a better nutrient utilization compared to heifers. Bulls also have ticker muscle and several muscle fibres, and studies have showed that testosterone stimulates the muscular development (Florini 1985; Brameld et al. 1998). This,

together with better nutrient utilization gives bulls more skeletal muscle and less fat compared to heifers (Brameld 2005).

Increased growth before weaning is positively correlated with milk yield in first lactation (Van Amburgh et al. 2008; Moallem et al. 2010; Soberon et al. 2012). Thus, one of the main aims of this experiment was to study the effect of different feeding regimes on heifers growth before weaning. In the present experiment, the heifers fed nine litres milk replacer had a significantly higher growth of withers height ($p < 0.001$) for the whole experimental period, and circumference of metacarpus on hindlegs ($p = 0.014$) before weaning compared with the heifers fed seven litres acidified whole milk. Otherwise there were no differences between the heifer groups in body weight, daily weight gain or skeletal growth. The lack of clear differences in growth was not expected as earlier experiments have shown that higher milk intake increased body weight in both in bull and heifer calves (Diaz et al. 2001; Jasper & Weary 2002; Bartlett et al. 2006). The lack of response may partially be explained by no substantial differences between the heifer groups on total intake of energy and digestible protein. Although the milk intake was lower, there was a tendency to higher energy intake ($p = 0.070$) of the heifers fed seven litres acidified milk compared to the heifers fed nine litres milk replacer. The higher energy intake was because the acidified whole milk had a higher energy content than the milk replacer. In addition, the heifers fed seven litres acidified milk ate more concentrate ($p = 0.040$) compared to the heifers fed nine litres milk replacer. The higher energy content in acidified whole milk is explained by higher fat content than the milk replacer, whereas the milk replacer had a higher lactose content. Tikofsky et al. (2001) did not observe any change in daily gain of body weight when changing from carbohydrate to fat as an energy source in the milk replacer, while Hill et al. (2009) found decreased daily weight gain when increasing fat content in the milk replacer from 14 to 16 % of DM. However, Moallem et al. (2010) showed that heifers fed whole milk were heavier than heifers fed milk replacer. These studies imply that fat in whole milk has other effects on the calf growth than fat in milk replacer, and is supported by the fact that the heifers fed seven litres acidified whole milk was able to reach the same weight as the heifers fed nine litres milk replacer.

A question of concern when discussing digestion and utilisation of energy is that the energy content of the feeds were calculated as feed units milk (FEm), using the formulas valid for dairy cows (Ekern et al. 1991). Moreover, the digestive system of calves differs from adult cows during the first weeks of life, and in this period calves digest carbohydrates, protein and

fat of milk origin better than carbohydrates, protein and fat of vegetable origin (Davis & Drackley 1998). Thus, the feeding value of acidified whole milk compared to milk replacer is probably even better than described in Table 6, especially during the first weeks of the calves' life.

A practical observation of importance that supports higher energy value of the acidified whole milk than the milk replacer is that the cleanness of pens with calves fed acidified whole milk was much better than the cleanness in pens with calves receiving milk replacer. The daily amount of milk replacer fed to the calves, was at highest recommended level from the milk replacer distributor. Lister and Lodge (1973) showed that the calves fed whole milk supplemented with glucose gave more diarrhoea than calves fed whole milk, and the presence of diarrhoea increased with supplemented glucose. Although young calves are designed for digesting lactose, considerably higher content of lactose in the milk replacer compared to acidified whole milk may have resulted in undigested lactose entering the large intestine available for microbial fermentation. In addition to softer faeces and dirtier pens, fermentation of digestible nutrients in the large intestine will result in reduced energy utilization of the diet (McDonald et al. 2002).

The bulls fed five litres acidified whole milk and free access to concentrate had a lower weight ($p=0.015$) at weaning and lower daily weight gain ($p=0.001$) and skeletal growth before weaning than the bulls fed nine litres milk replacer. This was related to the lower intake of energy and digestible protein (Table 6) as earlier experiments have shown that increased intake of energy and protein increases the growth (Blome et al. 2003; Brown et al. 2005; Bartlett et al. 2006). However, opposite to Bartlett et al. (2006) who found increased gain to feed ratio with increased milk intake increased, the bulls fed five litres acidified whole milk had a higher gain to feed ratio for DM ($p=0.016$) before weaning. However, there was no difference in the gain to feed ratio for energy, which can be explained by the higher energy content in the acidified whole milk compared to the milk replacer.

The current Norwegian recommendation is that the calves should have a low intake of milk to increase the intake of solid feeds before weaning (Grøndahl et al. 2011; Hansen et al. 2011). In the present experiment the bulls fed five litres acidified whole milk did not differ from the bulls fed nine litres milk replacer in intake of concentrate before weaning. In addition all the calves ate negligible amounts of concentrate the first weeks of life, same have been observed

in earlier experiments (Appleby et al. 2001; Jasper & Weary 2002; Borderas et al. 2009). Borderas et al. (2009) concluded that the calves fed restrictive amount of milk are not able to compensate this with concentrate the first weeks. However, Jasper and Weary (2002) and Jensen (2006) found a higher intake of concentrate before weaning for the calves fed after restrictive amount of milk in automate compared to the calves fed milk ad libitum. The hypothesis that the bulls fed five litres acidified whole milk would compensate with increased the intake of concentrate was not supported by the present experiment. However, there was large individually difference in intake of concentrate between calves within the groups. Appleby et al. (2001) argued that the differences on intake of milk between the calves fed with teat could be because some of the calves find it easier to find and drink milk than others. The same conditions may have influenced intake of concentrate in the present experiment. Also, the group sizes were small with only seven bulls in each group, and one calf with problems in the automatic feeder would have great impact on group results.

As expected the bulls fed five litres acidified whole milk increased the intake of concentrate after weaning (concentrate ad libitum) (Figure 1). The increased intake of energy and digestible protein after weaning compensated for the low weight gain observed before weaning. Compensatory growth is a well known phenomenon in grazing animals (Lawrence et al. 2012). Together with the high concentrate intake this resulted in no difference in weight between the bull groups at three months of age. Even though the bulls fed five litres acidified whole milk grew fast after weaning, there were no effects on height or length of the increased intake of concentrate after weaning. Earlier experiments have given variable response of feed intake on growth of height and length (Bartlett et al. 2006; Blome et al. 2003; Brown et al. 2005; Hill et al. 2008).

5 Conclusion

There were few differences between the heifers fed nine litres milk replacer and the heifers fed seven litres of acidified whole milk concerning growth. No matter the amount of milk offered the calves ate negligible amounts of concentrate the first four weeks, and there were lack of compensation for higher concentrate intake before weaning regarding the bulls fed five litres acidified whole milk. During the whole experimental period there were no differences in growth between the bulls fed nine litres milk replacer and the bulls fed five litres acidified whole milk. However, lower growth was registered before weaning for the bulls fed five litres acidified whole milk, with compensatory growth after weaning.

6 References

- Appleby, M. C., Weary, D. M. & Chua, B. (2001). Performance and feeding behaviour of calves on ad libitum milk from artificial teats. *Applied Animal Behaviour Science*, 74 (3): 191-201.
- Bartlett, K. S., McKeith, F. K., VandeHaar, M. J., Dahl, G. E. & Drackley, J. K. (2006). Growth and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein at two feeding rates. *Journal of Animal Science*, 84: 1454-1467.
- Blome, R. M., Drackley, J. K., McKeith, F. K., Hutjens, M. F. & McCoy, G. C. (2003). Growth, nutrient utilization, and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein. *Journal of Animal Science*, 81: 1641-1655.
- Borderas, T. F., de Passillé, A. M. B. & Rushen, J. (2009). Feeding behavior of calves fed small or large amounts of milk. *Journal of dairy science*, 92 (6): 2843-2852.
- Brameld, J. M., Buttery, P. J., Dawson, J. M. & Harper, J. M. M. (1998). Nutritional and hormonal control of skeletal-muscle cell growth and differentiation. *Proceedings of the Nutrition Society* 57: 207-217.
- Brameld, J. M. (2005). Physiology of growth. In Gransworthy, P. C. (ed.) *Calf and heifer rearing*, pp. 13-29. Nottingham: Nottingham University Press.
- Brinks, J. S., Cark, R. T., Rice, F. J. & Kieffer, N. M. (1961). Adjusting birth weight, weaning weight, and preweaning gain for sex of calf in Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, 20: 363-367.
- Brown, E. G., VandeHaar, M. J., Daniels, K. M., Liesman, J. S., Chapin, L. T., Keisler, D. H. & Weber Nielsen, M. S. (2005). Effect of Increasing Energy and Protein Intake on Body Growth and Carcass Composition of Heifer Calves. *Journal of Dairy Science*, 88: 585-594.
- Davis, C. L. & Drackley, J. K. (1998). *The development, nutrition, and management of the young calf*. Ames: Iowa State University Press. 339 pp.
- Diaz, M. C., Van Amburgh, M. E., Smith, J. M., Kelsey, J. M. & Hutten, E. L. (2001). Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105-kilogram body weight. *Journal of Dairy Science*, 84 (4): 830-842.
- Ekern, A. Et al. (1991). A new system of energy evaluation of food for ruminants. *Norsk landbruksforskning*, 5: 273-277.
- Florini, J. R. (1985). Hormonal control of muscle cell growth. *Journal of Animal Science*, 61: 21-38.
- Førtabellen. (2008). <http://statisk.umb.no/iha/fortabell/index.php> (accessed: 01.2013).

- Grøndahl, A. M., HJohnsen, J. F. & Mejdell, C. M. (2011). Gi kalven mer melk! *Norsk Vetrinærtidsskrift*, 4: 220-221.
- Hammon, H. M., Schiessler, G., Nussbaum, A. & Blum, J. W. (2002). Feed intake patterns, growth performance, and metabolic and endocrine traits in calves fed unlimited amounts of colostrum and milk by automate, starting in the neonatal period. *Journal of Dairy Science*, 85 (12): 3352-3362.
- Hansen, H. S., Harevoll, Ø., Berg, J., Bævre, L., Nyhus, L. T. & Gulliksen, S. M. (2011). *Melkeføring av kalv: Utredning basert på tilgjengelig litteratur og praktiske erfaringer*. Steinkjer: Høgskolen i Nord-Trøndelag.
- Hedrick, H. B., Thompson, G. B. & Krause, G. F. (1969). Comparison of Feedlot Performance and Carcass Characteristics of Half-Sib Bulls, Steers and Heifers. *Journal of Animal Science*, 29: 687-694.
- Hill, S. R., Knowlton, K. F., Daniels, K. M., James, R. E., Pearson, R. E., Capuco, A. V. & Akers, R. M. (2008). Effects of Milk Replacer Composition on Growth, Body Composition, and Nutrient Excretion in Prewaned Holstein Heifers. *Journal of Dairy Science*, 91: 3145-3155.
- Hill, T. M., Bateman II, H. G., Aldrich, J. M. & Schlotterbeck, R. L. (2009). Effects of fat concentration of a high-protein milk replacer on calf performance. *Journal of Dairy Science*, 92 (10): 5147-5153.
- Jasper, J. & Weary, D. M. (2002). Effects of Ad Libitum Milk Intake on Dairy Calves. *Journal of Dairy Science*, 85: 3054-3058.
- Jensen, M. B. (2006). Computer-Controlled Milk Feeding of Group-Housed Calves: The Effect of Milk Allowance and Weaning Type. *Journal of dairy science*, 89 (1): 201-206.
- Koch, R. M., Gregory, K. E., Ingalls, J. E. & Arthaud, R. I. (1959). Evaluating the influence of sex on birth weight and preweaning gain in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 18: 738-744.
- Koch, R. M., Cundiff, L. V., Gregory, K. E. & Dickerson, G. E. (1973). Genetic and Phenotypic Relations Associated with Prewaning and Postweaning Growth of Hereford Bulls and Heifers. *Journal of Animal Science*, 36: 235-239.
- Lawrence, T. L. J., Fowler, V. R. & Novakofski, J. E. (2012). *Growth of farm animals*. Wallingford: CABI 352 pp.

- Lister, E. E. & Lodge, G. A. (1973). Effects of increasing the energy value of a whole milk diet for calves. II. Growth, feed utilization, and health *Canadian Journal of Animal Science*, 53 (2): 317-325.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. A. (2002). *Animal Nutrition*. 6th utg. Harlow: Pearson Education Limited 693 pp.
- Moallem, U., Werner, D., Lehrer, H., Zachut, M., Livshitz, L., Yakoby, S. & Shamay, A. (2010). Long-term effects of ad libitum whole milk prior to weaning and prepubertal protein supplementation on skeletal growth rate and first-lactation milk production. *Journal of dairy science*, 93 (6): 2639-2650.
- SAS. (2002 - 2010). *Statistical Analysis System*, 9.3 M1. Cary, North Carolina , USA: SAS Institute Inc.
- Sehested, J., Pedersen, R. E., Strudsholm, F. & Foldager, J. (2003). Spædkalvens fordøjelsesfysiologi og ernæring. In Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (eds) DJF rapport Husdyrbrug nr. 54. Kvægets ernæring og fysiologi, vol. 2 *Fodring og produktion*, pp. 9-38. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R. W. & Van Amburgh, M. E. (2012). Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of dairy science*, 95 (2): 783-793.
- Tikofsky, J. N., Van Amburgh, M. E. & Ross, D. A. (2001). Effect of varying carbohydrate and fat content of milk replacer on body composition of Holstein bull calves. *Journal of Animal Science*, 79: 2260-2267.
- Van Amburgh, M. E., Raffrenato, E., Soberon, F. & Everett, R. W. (2008). Early Life Management and Long-Term Productivity of Dairy Calves.