

Virkning av gjæringsprodukter i surfôr på fôropptak og produksjon

Effect of silage fermentation products on feed
intake and production

Åshild T. Randby og Sophie J. Krizsan,
Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, UMB
ashild.randby@umb.no

ISBN 82-17-00077-8
ISBN 978-82-17-00077-8



Sammendrag

I løpet av ensileringsprosessen omdannes deler av plantematerialets lett-løselige karbohydrater og ekte protein til syrer, nedbrytningsprodukter av protein, og til en rekke mindre kjente gjæringsprodukter, som estere, aldehyder og alkoholer. Gjæringsproduktene regnes som hovedårsak til at surfôr vanligvis spises i mindre mengder enn det opprinnelige plantematerialet. Likevel oppnås sjelden målbar respons på totalt TS-opptak når de enkelte gjæringsprodukter føres eller infunderes i vom alene, i konsentrasjoner som normalt finnes i surfôr. Det er særlig når flere gjæringsprodukter virker sammen at redusert fôropptak kan påvises. Endringene som skjer i plantematerialet i ensileringsprosessen er høyst variable, og kan begrenses ved å nytte de beste ensileringsmetodene. Hurtig fortørking, tilsetning av effektive ensileringsmidler, samt rask og fullstendig utestenging av luft kan gi surfôr med praktisk talt samme verdi i fôringa som det opprinnelige grasmaterialet.

Summary

Portions of the readily available carbohydrates and true protein of the herbage are converted to fermentation acids and protein degradation products during silage fermentation. Several seldom studied fermentation products like esters, aldehydes and alcohols are also produced in small quantities. The products of fermentation are considered to be responsible for the lower intake by ruminants of silages than of fresh herbage. When single products of fermentation are mixed into the feed, or infused in the rumen, in concentrations that may be found in silages, however, significant reductions in total dry matter intake are seldom reported. It seems to be the total sum of fermentation products that exert the intake depressing effect. The modifications of the crop during silage fermentation are highly variable, and may be restricted by using the best techniques for silage production. These involve rapid wilting, effective additive treatment and complete exclusion of air. Such conditions may produce silages with practically the same feeding value as that of the parent crop.

Innledning

Det er bred enighet om at stoffer som finnes i surfôr, men som ikke var til stede i det opprinnelige plantematerialet, er årsak til at surfôr vanligvis blir spist i mindre mengder

enn ferskt plantemateriale (Dulphy & Van Os 1996, Steen *et al.* 1998, Charmley 2001, Huhtanen *et al.* 2002). Surfôr med svært god gjæringskvalitet blir likevel spist i tilnærmet samme mengde som det friske plantematerialet eller velberga høy fra det samme plantematerialet (Dulphy & Van Os 1996). Dette faktum indikerer at det finnes et potensiale for å konservere fôr så godt, at reduksjonen i surfôropptak og produksjon blir ubetydelig, sammenlikna med fôring med ferskt plantemateriale. Charmley (2001) påviste at dette potensialet allerede er i ferd med å utnyttes, i og med at reduksjonen i opptak av surfôr sammenlikna med ferskt plantemateriale er mye mindre i artikler publisert de siste 15 år, sammenlikna med i publikasjoner fra tidsrommet 1960 til 1989. Hurtig fortørking og bruk av effektive ensileringsmidler kan forklare mye av de siste års framgang.

Fra gras til surfôr

Cushnahan *et al.* (1995) sammenlikna ferskt gras med surfôr ensilert i 21 og 63 døgn. Det daglige surfôropptaket hos mjølkekyr sank fra ca 15,4 kg TS i gras til 14,5 kg TS etter 21 døgns ensilering, og videre til ca 13,2 kg TS etter 63 døgn. I samme tidsrom økte innholdet av smørsyre fra 0 til 4 g/kg TS, og innholdet av $\text{NH}_3\text{-N}$ i % av total N fra 1 til 7. Undersøkelser av denne type er imidlertid svært vanskelige å gjennomføre, siden det ferske grasmaterialet og det konserverte fôret aldri er tilgjengelig til samme tid. Enten må en konservere ferskt fôr, f.eks. ved frysing, eller opptaksundersøkelsene må gjennomføres til ulik tid på året. Begge teknikkene gir resultater med stor usikkerhet. Ved bruk av fryseteknikk for ferskt plantemateriale sammenlikna Randby *et al.* (2002) mjølkekyrs opptak av gras, høy og surfôr (ensilert i rundballer i 82-112 døgn) fra det samme timoteidominerte grasmaterialet, høsta 25. mai 2000, ca 10 døgn før begynnende skyting. Surfôret var fortørka og tilsatt maursyre, og var restriktivt gjæra. Også høyet var av absolutt førsteklasses kvalitet. De 6 kyrne som ble nytta i to latinske kvadrater var nybære og fikk 8 kg kraftfôr pr. dag. Opptaket av henholdsvis gras, høy og surfôr var 10,7, 12,5 og 10,8 kg TS, med tilhørende mjølkeytelser på 32,5, 31,2 og 31,0 kg. Kyrne hadde høgest konsentrasjon av fett og protein i mjølka, og lågest konsentrasjon av laktose, når de fikk surfôr, og lågest innhold av fett og protein da fikk ferskt gras. Dette medførte at ytelsen målt i mengde energikorrigert mjølk

ikke ble forskjellig mellom gruppene, henholdsvis 30,5, 29,8 og 30,7 kg ved fôring med gras, høy og surfôr.

Lågere opptak av ferskt gras enn forventet kan skyldes at graset til tider var svært kaldt, siden det var vanskelig å tine det fullstendig til romtemperatur før fôring uten at det gikk varmt.

I hovedsak regnes velgjæra surfôr for å ha oppnådd stabil kvalitet ca. 60 døgn etter ensilering. Mindre endringer i surfôrets gjæringskvalitet vil likevel ofte foregå seinere i lagringstida. Randby (1996) åpna rundbalesurfôr etter 4 og 11 måneders lagringstid, og fant i dette tidsrommet en økning i eddiksyreinnhold fra 0,45 til 0,53% i TS, i etanol fra 0,54 til 0,92% i TS, og i $\text{NH}_3\text{-N}$, i % av TN, fra 4,4 til 5,0. Det var ingen sikre endringer i de øvrige kvalitetsparametrene. En liten reduksjon i mjølkesyreinnhold (fra 5,25 til 5,19% i TS) sammen med stabilt innhold av både sukker og NDF kan tyde på at mjølkesyre og protein var substrat for disse moderate gjæringsprosessene gjennom 7 vintermåneder.

Gjæringsprodukter i surfôr

Bare et lite antall gjæringsprodukter analyseres rutinemessig for å kvalitetsvurdere surfôr. Mo *et al.* (2001) påviste imidlertid at surfôr ofte inneholder minst 50 gjæringsprodukter i tillegg til de som vanligvis nyttes til å evaluere surfôr-kvalitet. I materialet til Krizsan *et al.* (2006b) ble mange av disse produktene kvantifisert ved hjelp av gasskromatograf og massespektrometri (GC-MS) (tabell 1). Mange av disse gjæringsproduktene er estere, aldehyder og alkoholer. Stoffe som inneholder karbonylgrupper, alkoholer og estere er kjent for å være flyktige lukt- og smaksstoffer i næringsmidler (Henk 1991), og kan derfor tenkes å påvirke dyras fôropptak. Samtlige av disse produktene ble funnet i mengder på mindre enn 1 g/kg TS i surfôret.

Endringene som skjer i plantematerialets sammensetning i løpet av ensileringsprosessen knyttes i hovedsak til den mest løselige delen av karbohydratfraksjonen (sukker, fruktan, og til dels pektin og hemicellulose) og til proteinfraksjonen.

Tabell 1. Gjennomsnitt og variasjon i innhold av kjemiske komponenter i 24 surfôr-kvaliteter og i ferskt grasmateriale, analysert med GC (mg/kg TS) (Krizsan *et al.* 2006b).

	Gj.- snitt	Min.	Maks.	SE	Ferskt gras
Etanal	2,67	0,00	6,14	1,70	3,33
Dimetylsulfid	1,82	0,653	4,57	1,08	1,68
Propanal	0,263	0,00	2,53	0,577	0,889
2-metylpropanal	4,96	1,19	10,4	2,30	2,20
Metyletanoat	1,09	0,00	2,11	0,641	0,00
Etyletanoat	6,95	1,53	13,7	3,42	1,11
Metanol	22,6	9,61	32,2	6,65	20,7
2-metylbutanal	6,09	1,08	12,5	3,10	1,70
3-metylbutanal	9,97	2,97	20,9	4,69	3,14
Etylpropanoat	0,912	0,00	5,36	1,18	0,00
Propyletanoat	4,03	0,00	45,4	9,69	0,00
Metylbutanoat	1,35	0,00	7,29	2,22	0,00
2-Butanol	18,4	1,78	84,3	20,8	0,00
1-Propanol	46,3	3,84	361	83,6	0,00
Etylbutanoat	25,8	0,00	200	52,6	0,00
Butyletanoat	0,531	0,00	6,78	1,53	0,00
Metylpentanoat	1,23	0,00	16,2	3,26	0,00
Propylbutanoat	9,15	0,00	90,6	20,9	0,00
Etylpentanoat	2,32	0,00	21,1	4,75	0,00
Metylhexanoat	0,346	0,00	5,72	1,19	0,00
Butylbutanoat	3,37	0,00	39,9	8,77	0,00
Etylhexanoat	2,68	0,00	37,2	7,65	0,00

Karbohydratfraksjonen

Vannløselige karbohydrater (WSC) omsettes raskt, og noen ganger nokså fullstendig, mikrobielt til syrer. Innholdet av WSC i surfôr er avhengig både av startkonsentrasjonen i plantematerialet og av konserveringa, og viser derfor meget stor variasjon. Syrehydrolyse forårsaket av syre tilsatt i graset, eller syre produsert gjennom gjæring i plantematerialet, kan spalte deler av den ikke-løselige karbohydratfraksjonen (hemicellulose, som inngår i NDF (neutral detergent fiber)-fraksjonen) til mer løselige komponenter som kan nyttes i mikrobiell syregjæring. Mengden av ulike gjæringsprodukter i det ferdige surfôret bestemmes av en hel rekke faktorer, som plantematerialets mikrobielle startflora og kjemiske sammensetning, lufttilgang, temperatur, knusing, kutting, eventuelle tilsetningsmidler mm. Med basis i et ungt, næringsrikt plantemateriale, og ved hjelp av ulike gode og dårlige ensilerings-teknikker produserte Krizsan & Randby (2006) surfôr med 24 ulike gjæringskvaliteter. Middeltall og variasjon i vanlig analyserte gjæringsprodukter er vist i tabell 2. Undersøkelser som har omfattet surfôr

produsert fra helt ulike grasmaterialer har imidlertid vist enda større variasjon i innholdet av gjæringsprodukter (Steen *et al.* 1998, Huhtanen *et al.* 2002).

Tabell 2. Gjennomsnitt og variasjon i innhold av gjæringsprodukter i 24 surfôrkvaliteter og i ferskt grasmateriale (g/kg TS) (Krizsan & Randby 2006).

	Gj.- snitt	Min.	Maks.	SE	Ferskt gras
TS (g/kg)	213	166	237	17,6	207
WSC	33,0	16,3	70,9	15,3	95,3
Etanol	6,8	3,4	13,2	2,40	2,0
pH	4,56	4,01	5,26	0,338	
Maursyre	2,6	0,0	12,7	3,53	2,0
Eddiksyre	28,6	11,5	64,7	14,6	2,2
Propionsyre	1,0	0,0	5,2	1,61	0,0
Smørsyre	6,0	0,0	25,1	8,31	0,0
Total VFA	35,5	11,5	85,8	22,1	2,2
Mjølkesyre (LA)	49,3	2,2	102	23,8	1,5
Totale syrer (TA)	84,9	48,3	142	20,1	3,7
LA/TA	0,584	0,025	0,827	0,235	0,402

Proteinfraksjonen

Mens bare 20-25% av plantematerialets totale nitrogenmengde finnes i løselig form i ferskt plantemateriale, er det typisk 60-80% løselig N i grassurfôr (Rinne *et al.* 1997). Godt konservert surfôr kan likevel ha i underkant av 40% løselig N (Charmley 2001). En stor del av planteproteinet er enzymer som finnes i plantenes kloroplast. Umiddelbart etter slått starter en rask nedbrytning av planteproteinet. Nedbrytningshastigheten er temperaturavhengig. Sakte fortørking under fuktige forhold kan gi meget kraftig nedbrytning av planteproteinet (Givens & Rulquin 2004). Prosessen fortsetter etter ensilering. Det er plantenes egne proteaser som katalyserer denne nedbrytningsprosessen, hvor frie aminosyrer er hovedproduktet. Den eventuelle videre spalting av aminosyrer til aminer og NH₃ er i hovedsak mikrobiell.

Protein nedbrytningen i ensileringa kan begrenses ved hurtig fortørking og rask surgjøring (Charmley 2001). Mjølkesyrebakterier kan i hovedsak ikke spalte aminosyrer til NH₃, men det kan derimot *Clostridium* spp. og enterobakterier. Innholdet av protein og nedbrytningsprodukter av protein i ferskt gras og i surfôr med 24 ulike gjæringskvaliteter er vist i tabell 3 (Krizsan *et al.* 2006b).

Tabell 3. Gjennomsnitt og variasjon i innhold av proteinnedbrytningsprodukter i 24 surfôrkvaliteter og i ferskt grasmateriale (g/kg TS) (Krizsan *et al.* 2006b).

	Gj.- snitt	Min.	Maks.	SE	Ferskt gras
TS (g/kg)	213	166	237	17,6	207
Råprotein ¹⁾	174	163	193	8,69	184
NPN ²⁾	605	461	719	70,5	
(g kg ⁻¹ TN)					
TSP ³⁾	37,0	4,00	75,2	17,5	
(g kg ⁻¹ TN)					
ADIN ⁴⁾	18,9	12,2	28,9	4,90	11,1
(g kg ⁻¹ TN)					
NH ₃ -N ¹⁾	142	62	255	41,5	36,4
(g kg ⁻¹ TN)					
2-fenyl-etylamin	0,101	0,00	0,257	0,083	0,0
Histamin	0,347	0,00	1,43	0,396	0,0
Tryptamin	0,085	0,00	0,643	0,151	0,0
Tyramin	1,49	0,294	2,68	0,650	0,02
Putrescin	1,44	0,174	3,73	0,897	0,06
Cadaverin	1,36	0,122	5,41	1,34	0,03
Totale aminer	4,82	0,975	10,1	3,21	0,11

¹⁾ Korrigerert for N i tilsetningsmiddel

²⁾ Ikke-protein N

³⁾ Bufferløselig ekte protein

⁴⁾ Syreuløselig N (ADF-N)

Hvorfor er gjæringsprodukter uønska?

Det er absolutt ønskelig at surfôr inneholder tilstrekkelig mengde mjølkesyre til å sikre god konservering ved låg pH. Dette er selve grunnsteinen i ensilering som konserveringsmetode. Likevel er mjølkesyre i store konsentrasjoner uønska, da den i likhet med mange andre syrer bidrar til å redusere surfôropptaket. Alle syrer eller gjæringsprodukter som alene, eller i kombinasjon med andre reduserer fôropptaket er uønska når de opptrer i virksomme konsentrasjoner. En nødvendig videre følge av redusert fôropptak blir redusert husdyrproduksjon.

En annen årsak til at gjæringsprodukter kan regnes som uønska, er at organismen som har dannet produktet har uønska egenskaper. Dette gjelder i særdeleshet *Clostridium* spp., som i tillegg til å produsere smørsyre danner sporer i surfôret. Disse kan overføres til mjølk, og ødelegge ost under modningsprosessen. Alkoholene etanol og propanol, samt dimetylsulfid (DMS), har vist seg å redusere mjølkas smakskvalitet, og er

av den grunn uønska (Reddy *et al.* 1967, Randby *et al.* 1999).

Årsaken til at enkelte gjæringsmønstre i surfôr er uønska, kan være at gjæringsprosessen "tapper" surfôret for et ønsket substrat, f.eks. sukker, ekte protein eller mjølkesyre. Eller gjæringsprosessen kan være så energikrevende at surfôret reduseres i energiverdi. Tap av sukker fører til redusert energiforsyning til mikrobene i vomma, og i neste omgang reduserer dette vertsdyrets tilgang til absorberbare aminosyrer. Tap av ekte protein kan også redusere dyrets tilgang til aminosyrer for absorpsjon i tynntarmen. Tap av mjølkesyre kan føre til at pH stiger og fôret blir ustabil, slik at nedbrytningsprosessen akselererer. Mens homofermentativ mjølkesyre-gjæring, ofte ved *Lactobacillus* spp., kan gjennomføres praktisk talt uten energitap, vil gjæring til smørsyre ved *Clostridium* spp. gi betydelige energitap (McDonald *et al.* 1991).

Surfôrgjæring vil bidra til at summen av gjæringsprodukter øker, og en slik opphoping av gjæringsprodukter kan vise seg å være hovedårsaken til mindre opptak av surfôr enn av ferskt gras. Oppkonsentrering av gjæringsprodukter med tilhørende "tapping" av grasmaterialets opprinnelige næringsstoffer, kan også forverre synkroniseringa av protein og energi i vom og intermediaært. Dårlig synkronisering reduserer effektiviteten i mikrobeproteinproduksjonen (Givens & Rulquin 2004) og kan hemme opptaket av fôr. Generelt vil grasmateriale inneholde raskt tilgjengelig protein, en relativt liten, men variabel andel raskt tilgjengelig WSC, og mye seint nedbrytbare karbohydrater (fiber). Kraftig gjæra surfôr, og spesielt feilgjæra surfôr, vil forverre denne næringsstoffsynkroniseringa, siden raskt vomtilgjengelig sukker går tapt i ensileringsprosessen, mens løseligheten av proteinet, og derved passasjen og absorpsjonshastigheten av denne økes ytterligere.

Ulike gjæringsmønstre i surfôr

I størrelsesorden 10-20 kjemiske komponenter nyttes mer eller mindre regelmessig til å beskrive gjæringskvaliteten i surfôr. Med så mange kontinuerlige variable får vi et uendelig antall av ulike gjæringskvaliteter. Huhtanen *et al.* (2002) har beskrevet en metode for å klassifisere surfôr i tre definerte klasser av gjæringsmønstre: (1) restriktiv gjæring med < 80 g/kg TS totale syrer og < 80

g NH₃-N/kg TN, (2) kraftig mjølkesyre-gjæring med > 80 g/kg TS totale syrer og < 100 g NH₃-N/kg TN, og hvor minst 70% av totale syrer må være mjølkesyre (3) feilgjæra surfôr, som inkluderer alle kvalitetene som ikke oppfyller kravene til klasse 1 eller 2.

Ulike grasmaterialer, ulike høsteteknikker, og spesielt tilsetning av ulike doser og typer av ensileringsmidler vil bestemme i hvilke "gjæringsklasse" surfôret vil havne. Et eksempel på hvordan det samme grasmaterialet kan gi surfôr som typisk tilhører de tre "gjæringsklassene" er vist i tabell 4. Arbeid som Krizsan *et al.* (2006b) utførte med PLSR-analyse av 24 surfôr-kvaliteter produsert fra det samme utgangsmaterialet, støtter opp om Huhtanen *et al.* (2002) sin klassifisering av surfôr i ulike grupper, og at disse har ulik virkning på fôropptak.

Tabell 4. Surfôr med ulik gjæringskvalitet (Randby & Kjus 1989).

	Feilgjæra	Kraftig mjølkesyre-gjæra	Restriktivt gjæra
	Langt gras Uten tilsetn.	Knust gras Inokulant	Knust gras Maursyre
TS, g/kg	189	192	204
NH ₃ -N, g/kg TN	121	23	10
pH	4,44	3,63	3,74
<i>g/kg TS:</i>			
Råprotein	145	157	157
Renprotein	57	81	82
Sukker ¹⁾	28	38	66
Mjølkesyre	48	108	60
Maursyre	2	2	20
Eddiksyre	23	7	7
Propionsyre	1	1	0
Smørsyre	12	0	0
Sum syrer	83	115	67
Etanol	22	5	5

¹⁾ Monosakkarider pluss sukrose

Opptak av surfôr med ulik gjæringskvalitet Svært mange faktorer både ved fôret, dyret og miljøet påvirker fôropptaket. Det er derfor ikke overraskende at opptaket av surfôr i enkelte forsøk kan avvike fra det en forventer, og kan være vanskelig å forklare. Den gjennomgående tendensen som er funnet i en rekke norske forsøk med fuktig surfôr, er likevel at surfôr som er restriktivt gjæra spises i større mengder enn surfôr som er kraftig gjæra eller feilgjæra (Kjus *et al.* 1992,

Selmer-Olsen 1994, Randby & Selmer-Olsen 1997a, 1997b, Randby 1998, Randby 1999, Randby 2001, Randby 2002, Randby 2005). Det samme er funnet i tallrike publikasjoner, i hovedsak fra Finland, UK og Irland, oppsummert av Huhtanen *et al.* (2002) ved utarbeidelsen av den finske opptaksindeksen (Silage Dry Matter Intake index (SDMI-index)). Ved ensilering uten tilsetning, eller ved tilsetning av henholdsvis inokulant og stor maursyredosering, oppnådde Shingfield *et al.* (2002) surfôrkvalliteter typisk for Huhtanen *et al.* (2002) sin klassifisering (tabell 5 og 6). Opptaket av feilgjæra surfôr var lågest, og av restriktivt gjæra surfôr høgest. Ytelsen i energikorrigert mjølk (EKM) fulgte fôrøpptaket, men forskjellen i EKM ytelse mellom kraftig og restriktivt gjæra surfôr skyldtes ikke mjølkemengden, men økt fett- og proteinprosent i mjølk produsert på sistnevnte fôr.

Tabell 5. Surfôr med ulik gjæringskvalitet (Shingfield *et al.* 2002).

	Kraftig mjølkesyre- gjæra		Restriktivt gjæra
	Feilgjæra Uten tilsetn.	Inokulant	Maursyre
TS, g/kg	233	241	237
NH ₃ -N, g/kg TN	109	63	38
pH	4,61	4,26	4,19
<i>g/kg TS:</i>			
Råprotein	165	153	160
NDF	512	491	515
Fordøyelig org. stoff	705	709	714
Vannløselige karbohydrater(WSC)	22,6	37,0	62,1
Mjølkesyre	89,8	96,3	32,1
Eddiksyre	22,0	15,8	16,5
Propionsyre	1,77	0,52	0,57
Smørsyre	6,33	1,31	2,85
Iso-smørsyre	0,13	0,05	0,06
Valeriansyre	0,05	0,00	0,00
Iso-valeriansyre	0,27	0,17	0,10
Kapronsyre	0,50	0,00	0,15
Sum syrer	120,9	114,2	52,3
Etanol	8,69	7,57	8,07

Tabell 6. Fôrøpptak og mjølkeytelse. Surfôr med ulik gjæringskvalitet (Shingfield *et al.* 2002).

	Kraftig mjølkesyre- gjæra		Restriktivt gjæra	SEM	Kontraster	
	Feilgjæra Uten tilsetning	Inokulant	Maursyre		Uten vs tilsetn.	Inokulant vs. syre
Surfôr, kg TS	11,8	12,3	12,7	0,13	**	<0,1
Totalt, kg TS	19,4	20,0	20,3	0,13	**	<0,1
Mjølk, kg	26,4	27,0	27,1	0,21	*	
Fett, g/kg	46,7	45,2	47,9	0,40		***
Protein, g/kg	33,4	33,6	34,6	0,16	*	***
Laktose, g/kg	48,9	48,5	48,5	0,09	*	
EKM, kg	28,6	28,7	29,9	0,22	*	**

Høgt innhold av WSC og lågt innhold av mjølkesyre i restriktivt gjæra surfôr fører til økt andel smørsyre og redusert andel propionsyre i vomvæske. Huhtanen *et al.* (1993) infunderte smørsyre i vom på bekostning av isoenergetiske mengder eddik- og propionsyre, og fant økt konsentrasjon av fett og protein i mjølk, men ingen endring i mjølkemengden. Stort opptak av restriktivt gjæra surfôr sammen med god substrattilgang

til mikroorganismene i vom, og liten nedbrytning av protein i fôret, er faktorer som bidrar til å øke dyras absorpsjon av aminosyrer, hvilket stimulerer sekresjonen av mjølkeprotein. Høg fett- og proteinprosent i mjølk er et gjennomgående resultat av fôring med restriktivt gjæra surfôr (Huhtanen 1993). I noen tilfeller stimuleres imidlertid også mjølkemengden av de samme faktorene, slik av mjølkeproteinmengden, men ikke

proteinprosenten, øker ved bruk av restriktivt gjæra surfôr (Randby 2002).

Av 24 surfôrkvaliteter produsert av Krizsan & Randby (2006) kom hele 20 i Huhtanen *et al.* (2002) sin klasse for feilgjæra surfôr, mens 2 var restriktivt gjæra og 2 var kraftig mjølkesyre-gjæra. De 20 "feilgjæra" surfôrkvalitetene rommet imidlertid meget stor variasjon i sammensetning, og for de beste av disse var det kun NH₃-tall noe over 80 g/kg TN som skilte dem fra restriktivt gjæra surfôr. Tre av disse kvalitetene lå svært nær opp til restriktivt gjæra surfôr, og hadde opptak på linje med disse. Opptaket av surfôret hos unge kastrater, i kg TS/100 kg kroppsvekt, var, for restriktivt gjæra surfôr 2,48 (n = 2), for kraftig mjølkesyre-gjæra surfôr 2,28 (n = 2), og for feilgjæra surfôr 2,38 (n = 20). Gjennomsnittlig opptak for denne heterogene gruppen av feilgjæra surfôr var altså ganske høgt, men de mest typisk feilgjæra surfôrtypene ga låge opptak, helt ned til 1,79 kg TS/100 kg vekt for den dårligste kvaliteten. Opptaket av velberga høy produsert fra samme utgangsmaterialet var 2,43 kg TS/100 kg kroppsvekt, hvilket var signifikant dårligere enn de to beste surfôr-kvalitetene (2,61 og 2,65 kg TS/100 kg kroppsvekt), og signifikant bedre enn de 4 dårligste surfôr-kvalitetene.

Evaluering av gjæringsprodukters effekt på surfôr-opptak er også gjennomført ved å føre med væske som er presset ut fra surfôr, da alle surfôrets løselige gjærings- og nedbrytningsprodukter skal finnes der. Clancy *et al.* (1977) observerte forstyrrelser i vomkontraksjonene, og Buchanan-Smith & Phillip (1986) observerte redusert fôr-opptak i det første hovedmåltidet etter pressafttildelinga. Randby (1997a) tildelte velgjæra silopressaft etter appetitt til mjølkekyr i fôringsforsøk i tre år. Reduksjonen i surfôr-opptak som følge av pressaftfôringen utgjorde ca halvparten av TS-mengden som kyrne drakk i pressaft. Samlet TS-opptak, mjølkeytelse og fett, protein og laktoseprosent i mjølk økte når pressaft ble gitt etter appetitt.

Hvilke gjæringsprodukt er uønska?

Jakten på uønska gjæringsprodukter har pågått lenge. Gjæringsprodukter som er forsøkt tilsatt fôret i rein form, eller er infundert i vom, inkluderer mjølkesyre, eddiksyre, propionsyre, smørsyre, kapronsyre, γ -amino-smørsyre, etanol, propanol,

dimetylsulfid, tryptamin, histamin, andre aminer. Stoffene er til dels tilsatt alene, og til dels i kombinasjon. Innholdet av de flyktige fettsyrene (VFA) eddiksyre, propionsyre og smørsyre i surfôr har gitt negativ korrelasjon med surfôr-opptak når ulike surfôr-kvaliteter vurderes (Steen *et al.* 1998, Huhtanen *et al.* 2002). Dette kan til dels skyldes at de er korrelert med andre stoffer som virker negativt, og til dels at de hver for seg har en liten negativ effekt som summerer seg opp når de gis samlet (Dulphy & Van Os 1996). Virkningen av VFA ses tydeligst på det første hovedmåltidet etter fôrtildeling. Opptakshastigheten kan være høg, men måltidet avsluttes tidligere når syreinnholdet i fôret er høgt. Dulphy & Van Os (1996) spekulerte på om en begrensning i spyttsekresjonen, og derved i bufringen i løpet av måltidet, kunne være en begrensende faktor. Propionsyre, som betyr lite kvantitativt i surfôr, ser ut til å ha den tydeligste virkningen på fôr-opptaket. Men virkningen influeres av andre stoffer som føres eller infunderes samtidig (Oba & Allen 2002, 2003a, 2003b, 2003c).

Mjølkesyre har gitt klarere negativ effekt på fôr-opptaket enn VFA. Konsentrasjonene som har gitt utslag har imidlertid vært høge, opp til 180 g/kg TS (Thomas *et al.* 1980), eller mjølkesyra har vært gitt sammen med andre syrer (Miettinen *et al.* 1991). Siden mjølkesyre raskt omsettes til VFA i vom, først og fremst til propionsyre, må reguleringsmekanismen i første rekke være korttidsregulering (Dulphy & Van Os 1996).

Krizsan *et al.* (2006a) tilsatte eddiksyre (54 g/kg TS), kapronsyre (2,2 g/kg TS) og tryptamin (0,91 g/kg TS), alene og i blanding, i fôret til kastrater. Tryptamin og kapronsyre alene ga ingen effekt på fôr-opptaket, mens eddiksyre alene og i blanding reduserte dyras daglige surfôr-opptak med omtrent nøyaktig den samme TS-mengden som eddiksyra utgjorde. Dyras totale TS-opptak ble derved ikke påvirket.

Verken Steen *et al.* (1998) eller Huhtanen *et al.* (2002) fant sammenheng mellom etanol og surfôr-opptak. Dette er i tråd med resultatene til Randby *et al.* (1999), som fôret mjølkekyr med 600 g etanol daglig, innblandet i surfôr. Etanolfôringa ga imidlertid en klar negativ virkning på mjølkesmaken, som ble karakterisert som fôrsmak. Bare 0,2 - 0,3% av tilsatt etanol ble gjenfunnet i mjølk, og

denne etanolmengden var ikke årsak til smaksfeilen.

Propanol er tidligere satt i sammenheng med redusert fôropptak (Steen *et al.* 1998, Mo *et al.* 2001). Resultater fra et forsøk gjennomført på Hellerud høsten 1999, hvor effekten på fôropptak og mjølkesmak av propanol (200 g/d) og dimetylsulfid (DMS)(4 g/d) ble undersøkt er vist i tabell 7 og 8. Dimetylsulfid er ikke løselig i vann, men i alkohol, og ble derfor tildelt i kombinasjon med propanol. Propanol gitt alene, eller med DMS reduserte opptaket av surfôr signifikant, men kun med samme TS-mengde som den tilsatte propanolmengden utgjorde. Totalt TS-opptak var derved helt upåvirket av fôrtilskuddene. Mjølke mengden ble heller ikke påvirket, men både fett- og proteinprosenten ble redusert, og laktoseprosenten svakt økt, når propanol ble tilsatt fôret alene eller med DMS. Surfôr med innblandet fôrtilskudd ble fôret etter morgenmjølking, og smaks kvaliteten på

morgenmjølka ble ikke påvirket. Om kvelden ble fôret tildelt like før, og til dels under mjølking, og propanol ga en klar reduksjon i kveldsmjølka smaks kvaliteten. DMS ga en svak, ikke-signifikant, ytterligere reduksjon i smaks kvaliteten av kveldsmjølka (tabell 8). Dette til tross for at innholdet av DMS i kveldsmjølke (120 ng/ml) var langt over den terskelverdien (19 ng/ml) som tidligere er fastsatt som grense for når smaksfeil kan registreres (Reddy *et al.* 1967). Selv om acetoninnholdet i mjølke lå på analysemetodens deteksjonsgrense, ble det funnet statistisk sikker reduksjon i acetoninnhold både i morgen- og kveldsmjølke ved fôring med propanol. Den glukogene virkningen av propanol som ble observert i mjølkesammensetningen samsvarte godt med en liten, men signifikant økning i andelen propionsyre i vomvæske, og en liten, ikke-signifikant reduksjon i andelen smørsyre i vomvæske.

Tabell 7. Effekt av propanol og dimetylsulfid på fôropptak

	Kontroll	Propanol	Prop+ DMS	SEM	P
Surfôr, kg	33,5 ^a	32,6 ^b	32,8 ^b	0,18	0,02
Surfôr, kg TS	11,27 ^a	10,98 ^b	11,04 ^b	0,06	0,004
Surfôr, kg TS/100 kg vekt	2,02 ^a	1,97 ^b	1,98 ^b	0,010	0,002
Kraftfôr, kg TS	8,56	8,57	8,56		
Propanol, g	0	187	188		
Dimetylsulfid, g	0	0	3,75		
Totalt, kg TS	19,83	19,74	19,78	0,061	NS
Totalt, kg TS/100 kg vekt	3,55	3,54	3,54	0,010	NS

Tabell 8. Effekt av propanol og dimetylsulfid på mjølkeproduksjonen

	Kontroll	Propanol	Prop+ DMS	SEM	P
Mjølk, kg	27,31	27,17	27,47	0,143	NS
EKM, kg	27,63 ^a	27,05 ^b	27,39 ^{ab}	0,144	0,02
Fett %	4,18 ^a	4,07 ^b	4,07 ^b	0,020	<0,001
Protein %	3,29 ^a	3,24 ^b	3,26 ^b	0,008	<0,001
Laktose %	4,52	4,54	4,55	0,008	0,08
Fett, g	1139 ^a	1104 ^b	1115 ^b	6,8	0,003
Protein, g	897 ^a	879 ^b	895 ^a	4,7	0,02
Laktose, g	1236	1233	1249	7,6	NS
<i>Morgenmjølk</i>					
Smakskvalitet, poeng ¹⁾	4,01	3,91	3,92	0,104	NS
Urea, mM	2,56	2,57	2,55	0,044	NS
Aceton, mM	0,031 ^a	0,026 ^b	0,025 ^b	0,001	0,01
<i>Kveldsmjølk</i>					
Smakskvalitet, poeng	3,54 ^a	3,19 ^b	3,05 ^b	0,112	0,01
Frie fettsyrer, m.ekv./l	0,90	0,92	0,85	0,022	0,08
Urea, mM	2,43	2,47	2,41	0,039	NS
Aceton, mM	0,057 ^a	0,049 ^b	0,047 ^b	0,002	<0,001
Propanol, ng/ml	329 ^a	1319 ^b	1183 ^b	164	<0,001
Dimetylsulfid, ng/ml	45,7 ^a	41,8 ^a	119,5 ^b	24,6	0,048

¹⁾ Skala fra 1 til 5, der 5 er føsteklasses mjølk og 1 er mjølk med sterk lukt- og smaksfeil. Mjølk med smaks-poeng under ca 3,5 vil normalt nedklassifiseres til 2. klasse i TINE's betalings-system for mjølk.

Etanol er et lipogent næringsstoff og propanol et glukogent stoff. De gir helt motsatt virkning på mjølkas kjemiske sammensetning, men likevel gir begge smaksfeil i mjølk. Det er derfor grunn til å tro at det er alkoholdelen av molekylene som påfører smaksfeilen, og en bør derfor forvente smaksfeil også ved fôring med andre alkoholer.

Ammoniakk (NH₃) er giftig intermediaært, og omdannes til urea i leveren for deretter og utskilles i urin. Store mengder NH₃ i fôret, som kan oppstå ved tilsetning av store doser urea, eller ved fôring med svært feilgjæra proteinrikt surfôr, er i seg selv negativt for fôropptaket (Thomas *et al.* 1961, Choung *et al.* 1990). Ammoniakk i mindre mengder i fôret, som oppstår f.eks. ved bruk av NH₃-holdige ensileringsmidler, ser ikke ut til å redusere fôropptaket (Selmer-Olsen 1995, Randby 1997b).

Også aminer er toksiske stoffer, og disse har lenge vært antatt å være den egentlige årsaken til redusert opptak av surfôr som har gjennomgått kraftig proteinnedbrytning og derfor har høge NH₃-verdier. Flere aminer er testet i opptaksforsk. Buchanan-Smith (1990) undersøkte putrescin, kadaverin og γ -aminosmørsyre, og McDonald *et al.* (1963) og

Okamoto *et al.* (1964) undersøkte histamin, men redusert fôropptak over flere døgn ble ikke påvist ved realistiske konsentrasjoner for noen av aminene. Dette er i tråd med resultatet til Krizsan *et al.* (2006a) med tryptamin. Det er likevel funnet klare effekter av aminer på korttidsreguleringa. Størrelsen på det første hovedmåltidet ble redusert (Buchanan-Smith & Philip 1986), men vomma tilpasset seg raskt de økte aminkonsentrasjonene, og seinest etter 14 døgn var inntaksreduksjonen borte (Van Os *et al.* 1995a, 1995b, 1997). Selv om nedbrytningen av protein til enklere N-forbindelser ikke reduserer opptaket av surfôr vesentlig, er det sterke indikasjoner på at utnyttelsen av dette sterkt løselige proteinet er dårligere enn av det opprinnelige planteprotein. Peptider kan være en minimumsfaktor for mikrobesyntesen i vom (Newbold *et al.* 1991), slik at et supplement til en surfôr-rasjon både av vomnedbrytbart protein og av ikke-nedbrytbart protein kan gi respons i forutnyttelse (Charmley 2001).

Konklusjon

Studier som søker å kartlegge hvilke faktorer som i størst grad påvirker opptaket av surfôr, har gjennomgående rangert forhold knyttet til plantematerialets utviklingstrinn høgest. Disse faktorene er ulike mål for fordøyelighet,

proteininnhold og fiberinnhold (Gill *et al.* 1988, Rook & Gill 1990, Rook *et al.* 1991, Dulphy & Van Os 1996, Steen *et al.* 1998, Charmley 2001, Huhtanen 2002).

Plantematerialets TS-innhold viser også ofte en positiv sammenheng med surfôropptaket, men det er usikkert om TS-innholdet har en effekt i seg selv. Det synes like sannsynlig at effekten skyldes en sammenheng med god konservering, f.eks. bedre proteinkvalitet pga. rask fortørking (Charmley 2001), lågere innhold av syrer, eller høyere innhold av vannløselige karbohydrater.

Selv om forhold knyttet til plantematerialets utviklingstrinn utøver størst effekt på fôropptaket, viser mange undersøkelser at gjæringskvaliteten har en klar modifierende effekt på opptaket (Gill *et al.* 1988, Rook & Gill 1990, Huhtanen *et al.* 2002, Krizsan & Randby 2006). Ved ensilering av fuktig materiale (<30% TS) kan gjæringsprosessen gi omfattende endringer både i karbohydrat- og proteinfraksjonen i plantematerialet. I nedbørrike land med tradisjon for å ensilere fuktig materiale (Storbritannia, Irland, Finland, Norge) har det vært fokusert på begge disse forholdene, men kanskje aller mest på det som skjer i karbohydratfraksjonen. I fuktig materiale er det også sterk korrelasjon mellom dannelse av uønskede syrer og uønskede nedbrytningsprodukter av protein. Den klareste sammenhengen med fôropptak er imidlertid ofte funnet i mengden av enkelte, eller summen av, syrer i surfôret (Rook & Gill 1990, Huhtanen *et al.* 2002, Krizsan & Randby 2006).

I land med tørt, varmt klima og tradisjon for å ensilere plantemateriale med høgt TS-innhold (USA, Canada, Danmark, Sør-Europa) har det vært stor fokus på nedbrytning av protein, og på ulike analytiske mål for proteinets løselighet (Charmley 2001). Hvor godt proteinet er konservert synes å ha virkning på fôropptaket, men spesielt på utnyttelsen av fôrproteinet. Men det er fortsatt uklart hvilke nedbrytningsprodukter av protein som i størst grad reduserer opptak og utnyttelse. Det faktum at høgt proteininnhold i fôrrasjonen, i alle fall opp til 16-18% stimulerer opptaket, vanskeliggjør arbeidet med å finne de mest betydningsfulle negative nedbrytningsproduktene. Foreløpig er det ikke grunnlag for å gå bort fra det enkle målet NH_3 -N som andel av totalt N som mål for uheldig proteinnedbrytning i surfôr. Dette

til tross for at det er omfattende enighet om at NH_3 i seg selv ikke er hovedproblemet.

Referanser

- Buchanan-Smith, J.G. 1990. An investigation into palatability as a factor responsible for reduced intake of silage by sheep. *Anim. Prod.* 50, 253-260.
- Buchanan-Smith, J.G. & Philip, L.E. 1986. Food intake in sheep following intraruminal infusion of extracts from lucerne silage with particular reference to organic acids and products of protein degradation. *J. Agric. Sci. Camb.* 106, 611-617.
- Charmley, E. 2001. Toward improved silage quality - A review. *Proc. of the 2000 Forage Ruminant Workshop, Winnipeg, Manitoba.*
- Choung, J.J., Chamberlain, D.G., Thomas, P.C. & Bradbury, I. 1990. The effects of intraruminal infusions of urea on the voluntary intake and milk production of cows receiving grass silage diets. *J. Dairy Res.* 57, 455-464.
- Clancy, M., Wangsness, P.J. & Baumgardt, B.R. 1977. Effect of silage extract on voluntary intake, rumen fluid constituents, and rumen motility. *J. Dairy Sci.* 60, 580-590.
- Cushnahan, A., Mayne, C.S. & Unsworth, E.F. 1995. Effects of ensilage of grass on performance and nutrient utilization by dairy cattle. 2. Nutrient metabolism and rumen fermentation. *Anim. Sci.* 60, 347-359.
- Dulphy, J.P. & Van Os, M. 1996. Control of voluntary intake of precision-chopped silages by ruminants: a review. *Reprod. Nutr. Dev.*, 36, 113-135.
- Gill, M., Rook, A.J. & Thiago, L.R.S. 1988. Factors affecting the voluntary intake of roughages by the dairy cow. In: Garnsworthy, P.C. (ed) *Nutrition and lactation of the dairy cow*, pp. 262-279. Butterworths, London, UK.
- Givens, D.I. & Rulquin, H. 2004. Utilisation by ruminants of nitrogen compounds in silage-based diets. *Anim. Feed Sci. and Technology*, 114, 1-18.
- Henk, H., 1991. *Volatile compounds in foods and beverages.* Marcel Dekker, Now York.
- Huhtanen, P. 1993. Forage influences on milk composition. In: Fredeen, A.H. (ed) *Forage:*

Seeding to Feeding. Proc. Nova Scotia Forage Conference, Dartmouth, N.S., Canada October 29-30, pp. 144-162.

Huhtanen, P., Khalili, H., Nousiainen, J.I., Rinne, M, Jaakolla, S, Heikkilä, T. & Nousiainen, J. 2002. Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. *Livestock Production Science* 73, 111-130.

Huhtanen, P., Miettinen, H. & Ylinen, M. 1993. Effect of increasing ruminal butyrate on milk yield and blood constituents in dairy cows fed a grass silage-based diet. *J. Dairy Sci.* 76, 1114-1124.

Kjus, O., Å.T. Randby & Selmer-Olsen, I. 1992. Ensilering av gras i rundballer. Forsøk på Hellerud i 1989. Hellerud forsøks- og eliteavlsgard, Rapport nr. 14.

Krizsan, S.J. & Randby, Å.T. 2006. The effect of fermentation quality on the voluntary intake of grass silage by growing cattle fed silage as sole feed. Submitted.

Krizsan, S.J., Randby, Å.T. & Westad, F. 2006a. The effect of acetic acid, caproic acid and tryptamine on voluntary intake of grass silage by growing cattle. Paper submitted to the XII Int. Symp. Forage Conservation. Brno, Czech Republic. 3-5 April 2006.

Krizsan, S.J., Westad, F., Ådnøy, T., Odden, E., Aakre, S.E. & Randby, Å.T. 2006b. Determination of volatile compounds in grass silage using headspace GC-MS, and evaluation of the relative importance of quantified substances on intake by cattle using partial least-squares regression analysis. Submitted. McDonald, P., Henderson, A.R. & Heron, S.J.E. 1991. *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe publications, Marlow.

McDonald, P., Macpherson, H.T. & Watt, J.A. 1963. The effect of histamine on silage dry matter intake. *J. British Grassl. Soc.* 18. 230-232.

Miettinen, H, Setälä, J. & Moiso, T. 1991. Estimation of the effect of silage quality on silage palatability and intake in dairy cows. In: Pahlow, G. & Honig, H. (eds.) *Forage Conservation towards 2000*. EGF, Fed. Res. Center of Agriculture Braunschweig-Völkenrode, Marlow, Bucks, UK, 408-409.

Mo, M, Selmer-Olsen, I, Randby, Å.T., Aakre, S.E. & Asmyhr, A, 2001. "New" fermentation

products in grass silage and their effects on feed intake and milk taste. Conference proceedings: 10th Int. Symposium. Forage Conservation, 10-12. Sept, 2001. Brno, Czech Republic, 98-99.

Newbold, C.J., Chamberlain, D.G. & Thomas, P.C. 1991. Effect of dietary supplements of sodium bicarbonate with or without additional protein on the utilization of nitrogen in the rumen of sheep receiving a lucerne silage-based diet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 35, 191-198.

Oba, M. & Allen, M.S. 2002. Effects of intraruminal infusion of sodium, potassium, and ammonium on hypophagia from propionate in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 1398-1404.

Oba, M. & Allen, M.S. 2003a. Extent of hypophagia caused by propionate infusion is related to plasma glucose concentration in lactating dairy cows. *American Society for Nutritional Sciences.* 1105-1112.

Oba, M. & Allen, M.S. 2003b. Hypophagic effects of ammonium are greater when infused with propionate compared with acetate in lactating dairy cows. *American Society for Nutritional Sciences.* 1100-1104.

Oba, M. & Allen, M.S. 2003c. Intraruminal infusion of propionate alters feeding behavior and decreases energy intake of lactating dairy cows. *American Society for Nutritional Sciences.* 1094-1099.

Okamoto, M., Waldo, D.R., Miller, R.W. & Moore, L.A. 1964. Amines, aldehydes and keto-acids in silages and their effect on food intake by ruminants. *J. Sci. Food Agric.* 15, 487-492.

Randby, Å.T. 1996. Propionsyre eller maursyre som ensileringsmiddel til rundballer. Hellerud Forsøks- og eliteavlsgard, Skjetten. Rapport nr. 19, 28 s.

Randby, Å. T. 1997a. Feeding of silage effluent to dairy cows. *Acta Agr. Scand. Sect. A, Animal Sci.* 47, 20-30.

Randby, Å.T. 1997b. Virkning av NH₃ tilsatt med et maursyrebasert ensileringsmiddel på kvalitet og smakelighet av surfôret (Surfôr tilsatt *Maursyre* 85% eller *Foraform*). Hellerud Forsøksgård, Rapport nr. 22.

- Randby, Å. T. 1998. Surfôr konserveret med Ensimax eller Foraform til mjølkeku. Husdyrforsøksmøtet, s. 49-54.
- Randby, Å.T. 1999. Virkning av økende dosering med GrasAAT på surfôropptak, og produksjon av mjølk og kjøtt. Hellerud Forsøks- og eliteavlsgard, Skjetten. Rapport nr. 24, 24 s.
- Randby, Å.T. 2001. Surfôrkvalitetens betydning for fôropptak og tilvekst i storfekjøttproduksjonen. Kvithamardagene 2001. Planteforsk. Grønn Forskning nr.4, 89-99.
- Randby, Å.T. 2002. Surfôr med ulik gjæringsintensitet i kombinasjon med kraftfôr med ulikt AAT-innhold til mjølkekyr. Husdyrforsøksmøtet 2002. Inst. for husdyrfag, NLH, 501-504.
- Randby, Å.T. 2005. Grassurfôr tilsatt GrasAAT Eco til kastrater. Husdyrforsøksmøtet 2005, IHA, UMB, Sarpsborg 7-8.02.2005, s. 229-232. ISBN: 82-7479-018-9.
- Randby, Å.T. & Kjus, O. 1989. Ensilering av gras i rundballer. Hellerud Forsøks- og eliteavlsgard, Skjetten. Rapport nr. 2, 40 s.
- Randby, Å. T. & Selmer-Olsen, I. 1997a. Formic acid treated or untreated roundbale grass silage for dairy cows. 8th Int. Symp. Forage Conservation. Brno, Czech Republic, p.160-161.
- Randby, Å. T. & Selmer-Olsen, I. 1997b. Formic acid treated or untreated roundbale grass silage for steers. British Grassland Society, Fifth Research Conf., Univ. of Plymouth, UK, p.31-32.
- Randby, Å.T., Haug, A., Kvam, A.S., Bernhoft, A., Lindstad, P., & Harstad, O.M.. 2002. Fettsyresammensetning i mjølk fra kyr fôra med gras, høy eller surfôr. Husdyrforsøksmøtet 2002. Inst. for husdyrfag, NLH, 553-556.
- Randby, Å. T., Selmer-Olsen, I. & Baevre, L. 1999. Effect of ethanol in feed on milk flavor and chemical composition. J. Dairy Sci. 82, 420-428.
- Reddy, M.C., Bassette, R., Ward, G. & Dunham, J.R. 1967. Relationship of methyl sulfide and flavor score of milk. J. Dairy Sci. 50, 147-150.
- Rinne, M., Jaakkola, S. & Huhtanen, P. 1997. Grass maturity effects on cattle fed silage-based diets. 1. Organic matter digestion, rumen fermentation and nitrogen utilisation. Anim. Feed Sci. Technol. 67, 1-17.
- Rook, A.J. & Gill, M. 1990. Prediction of the voluntary intake of grass silages by beef cattle. 1. Linear regression analyses. Anim. prod. 50, 425-438.
- Rook, A.J., Gill, M., Willink, R.D. & Lister, S.J. 1991. Prediction of voluntary intake of grass silages by lactating cows offered concentrates at a flat rate. Anim. Prod. 52, 407-420.
- Selmer-Olsen, I. 1994. Rundballesurfôr til mjølkekyr og ungdyr. Husdyrforsøksmøtet. NLH. Faginfo, Fagtjenesten nr. 6, s. 134-140.
- Selmer-Olsen, I. 1995. Effect of ammonia applied with a formic acid-based silage additive on feed intake. Proc. 50th Anniversary Meeting of the British Grassland Society, Harrogate 4-6 Dec, 279-280.
- Shingfield, K.J., Jaakkola, S. & Huhtanen, P. 2002. Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on intake, feeding behaviour and milk production of dairy cows. Animal Science 74, 383-397.
- Steen, R.W., Gordon, F.J., Dawson, L.E.R., Park, R.S., Mayne, C.S., Agnew, R.E., Kilpatrick, D.J. & Porter, M.G. 1998. Factors affecting the intake of grass silage by cattle and prediction of silage intake. Animal Science, 66, 115-127.
- Thomas, J.W., Moore, L.A., Okamoto, M. & Sykes, J.F. 1961. A study of factors affecting rate of intake in heifers fed silage. J. Dairy Sci. 44, 1471-1483.
- Thomas, C., Gill, M., Austin, A.R. 1980. The effect of supplements of fish meal and lactic acid on voluntary intake of silage by calves. Grass and Forage Sci. 35, 275-279.
- Van Os, M., Dulphy, J.P. & Baumont, R. 1995a. The effect of protein-degradation products in grass silages on feed-intake and intake behaviour in sheep. Br.J. Nutr. 73,51-64.
- Van Os, M., Dulphy, J.P. & Baumont, R. 1995b. The influence of ammonia and amines

on grass silage intake and intake behaviour in dairy cows. *Ann. Zotech.* 44, 73-85.

Van Os, M., Van Vuuren, A.M & Spoelstra, S.F. 1997. Mechanisms of adaptation in sheep to overcome silage intake depression induced by biogenic amines. *Br. J. Nutr.* 77, 377-415.