

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



Forord

Med denne masteroppgaven avsluttes et fem år langt studie ved Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap ved Universitetet for miljø- og biovitenskap. Det har vært fem lærerike, og ikke minst sosiale år som jeg kan se tilbake på fylt av gode minner. Dyr og særlig drøvtyggere har alltid interessert meg, og i løpet av studietiden her på Ås har det komplekse systemet i vomma fascinert meg. Valget om å skrive en master i drøvtyggerernæring ble derfor ikke vanskelig, og da jeg fikk tilbudet om å få være med på et feltforsøk, takket jeg selvfølgelig ja.

I forbindelse med arbeidet med masteroppgaven, er det mange som fortjener en takk. Først og fremst vil jeg takke min hovedveileder Åshild T. Randby for god hjelp og konstruktive tilbakemeldinger. En stor takk rettes også til Ingunn Schei for uvurderlig hjelp med uthenting av data og statistisk behandling, i tillegg til gode tips og råd gjennom hele skriveprosessen.

Takk til alle som finansierte rundballeforsøket; TINE, Produx, Addcon Nordic, Felleskjøpet Agri, og Norsk Landbruksrådgiving, og til de som deltok på forsøket; Erik Brodshaug, Søren Lund og gårdbrukerne Jens Erik Westberg og Kai Olseng som disponerte både utstyr og tid. Personalet på laboratoriet ved Humbolt Universitetet i Berlin tok imot meg med åpne armer, og fortjener en takk for å ha avsatt tid til å vise meg rundt og la meg være med på å analysere fôrprøvene.

Jeg ønsker også å takke mor og far for god støtte gjennom hele studietiden, og særlig til mor for korrekturlesing til tross for et uforståelig innhold. Sist men ikke minst; tusen takk Arild for all hjelp med skriving og diskusjoner av resultater. Takk for at du har holdt motivasjonen min oppe!

Ås, 14. Mai 2012

.....
Marita Holte

Sammendrag

Surfôrkvaliteten påvirkes av mange faktorer, hvor blant annet bruk av tilsetningsmidler er et viktig element med tanke på å sikre ei vellykka gjæring. Det finnes flere typer ensileringsmidler som har ulik virkning på ensileringsprosessen. Mange velger imidlertid å kutte kostnaden forbundet med ensileringsmidler, særlig ved høyt tørrstoffnivå. Selv om høy tørrstoffprosent i seg selv vil begrense faren for feilgjæring, vil problemer knyttet til den hygieniske kvaliteten, som mugg- og gjærsopp, lettere kunne utvikle seg i fôret.

Flere bønder har i det siste hatt problemer med mjølkekvaliteten som har blitt sporet tilbake til surfôr-kvaliteten, enten på grunn av etanolgjæring eller høyt innhold av sporer i surfôr med høyt tørrstoffnivå. Det ble i den forbindelse satt i gang et ensileringsforsøk for å finne eventuelle ensileringsmidler som kan begrense disse problemene i sterkt fortørka rundballesurfôr (>40 % TS). Det ble brukt fire ensileringsledd; Kontroll (uten tilsetning), Sil-All (inokulant), Kofasil Ultra (propionsyre, benzoesyre, heksametylentetramin og natriumnitritt) og Ensil Pluss (maursyre og propionsyre). Gjæringskvaliteten var god for alle ensileringsleddene. Det ble ikke funnet høye etanolverdier, men alle ensileringsmidlene reduserte innholdet i forhold til Kontroll. Innholdet av gjærsopp var imidlertid høyt i Kontroll og ved ensilering med Sil-All, men ble signifikant redusert ved bruk av Kofasil Ultra. Kofasil Ultra førte derimot ikke til noen forbedring av den aerobe stabiliteten i forhold til Kontroll, mens både Ensil Pluss og Sil-All ga surfôr som var signifikant mer stabilt ved åpning.

Det ble i tillegg til dette forsøket gjennomført en sammenstilling av alle gjæringsanalyser fra FAS, som er NorFor sin database for grovfôranalyse fra perioden 2007 – 2011. Hensikten var å undersøke effekten av praktisk bruk av ulike ensileringsmidler ved ulike tørrstoffnivåer, og ved ensilering i ulike lagringssystemer. Rene maursyrebaserte ensileringsmidler hadde klart best effekt, særlig ved lave tørrstoffnivåer og ved ensilering i tårn- og plansilo. Det ble i denne studien ikke påvist noen bedre effekt ved bruk av propionsyre i tillegg til maursyre eller bruk av Kofasil Ultra i fortørka surfôr, slik som forventet. Her har imidlertid kun gjæringskvaliteten blitt vurdert, slik at en eventuell forbedring av den hygieniske kvaliteten ikke er tatt i betraktning. Inokulering ga svært usikre resultater ved lavt tørrstoffnivå, og i tårn- og plansilo. Ensilering i rundballer ga i denne undersøkelsen god gjæring for alle ensileringsmidlene.

Den faktoren som i størst grad påvirket gjæringskvaliteten var tørrstoffinnholdet, og valg av ensileringsmiddel bør derfor først og fremst skje ut fra graden av fortørking. Rundballer har også et mindre behov for ensileringsmidler fordi det på mange måter kan betegnes som en «ideell silo» som fylles og pakkes med en gang, slik at den aerobe fasen blir så kort som mulig. Eventuelle problemer knyttet til sporer og etanolgjæring må også tas i betraktning ved valg av ensileringsmidler.

Abstract

The quality of grass silage is affected by many factors. The use of silage additives is important in order to ensure a successful fermentation in the silo. There are several types of additives which have different impacts on the fermentation process. However, many choose to cut costs related to the use of additives, especially in silage with high dry matter (DM) content. High dry matter content will limit the risk of fermentation failure, but there will be a greater problem related to the hygienic quality, like the growth of mold and yeast.

Several farmers have recently had problems with the milk quality, which was a result of ethanol fermentation or high levels of spores in silage with high DM. Research was then carried out to try to find an additive that could have a positive effect against these problems in wilted roundbale grass silage (>40 % DM). The silage was treated with three different additives: Sil-All (inoculant), Kofasil Ultra (propionic acid, benzoic acid, hexamethylenetetramin and sodium nitrite) and Ensil Pluss (formic acid and propionic acid), or left untreated (control). All silages were well fermented. No high levels of ethanol were found, but all additives reduced the content compared to control. High levels of yeast were found in control and silage treated with Sil-All, but was significantly reduced by the use of Kofasil Ultra. However, Kofasil Ultra did not improve the aerobic stability of the silage compared to control, while both Ensil Pluss and Sil-All was significantly more stable after opening.

In addition, an examination of all fermentation analysis from 2007-2011 of grass silage in FAS (feed analysis system in NorFor) was analyzed. This was done to find the effect of practical use of different additives at different dry matter levels and in different storage systems. Additives with pure formic acid were clearly most effective, especially in low dry matter level and in tower- and bunker silos. It was expected that Kofasil Ultra and other additives with propionic acid should improve the quality compared to pure formic acid in wilted silage. However, no improved efficacy was found. Only the fermentation quality was examined in this study, so any possible improvements of hygienic quality have not been taken into account. The use of inoculant gave very uncertain results at low DM silage and in tower- and bunker silos. The use of a roundbale as storage system gave silage of good fermentation quality for all additives.

The dry matter content of the silage has a big influence on the fermentation quality. The choice of silage additive should therefore be based on the degree of wilting. Roundbales are in many ways an “ideal silo” because the filling and packing are done very quickly, so that the aerobic phase becomes very short. That is why this storage system has a bigger chance to provide a good fermentation without any use of additives. However, problems related to spores and/or ethanol fermentation must also be taken into consideration.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	IV
Innholdsfortegnelse	VI
1.0 Innledning.....	1
2.0 Ensilering	3
2.1 Grasmaterialets betydning.....	3
2.1.1 Botanisk sammensetning.....	3
2.1.2 Bufferkapasitet	4
2.1.3 Fenologisk utviklingstrinn.....	4
2.2 Ensileringsprosessen og mikroorganismene i plantematerialet	6
2.2.1 Mjølkesyrebakterier	7
2.2.2 Enterobakterier	8
2.2.3 Klostridier.....	9
2.2.4 Bacilli	10
2.2.5 Mugg- og gjærsopp	11
2.3 Fortørking.....	11
2.4 Ensileringsmidler	13
2.4.1 Gjæringshemmere	13
2.4.2 Gjæringsstimulatorer	15
2.5 Lagringssystemer	16
2.5.1 Tårnsilo.....	16
2.5.2 Plansilo	16
2.5.3 Rundballer	17
3.0 Surfôr kvalitet.....	19

3.1	Næringsverdi	19
3.2	Gjæringskvalitet	21
3.3	Hygienisk kvalitet	23
3.4	Aerob stabilitet	24
4.0	Materiale og metoder	26
4.1	Rundballeforsøk (RB-24)	26
4.1.1	Forsøksfeltet, botanisk sammensetning og utviklingstrinn	26
4.1.2	Forsøksdesign	28
4.1.3	Praktisk gjennomføring	29
4.1.3.1	<i>Høsteteknikk</i>	29
4.1.3.2	<i>Registreringer</i>	29
4.1.3.3	<i>Prøveuttak og åpning av ballene</i>	29
4.1.4	Fôranalyser	30
4.1.4.1	<i>LabTek, IHA</i>	30
4.1.4.2	<i>Eurofins</i>	31
4.1.4.3	<i>Berlin</i>	32
4.1.4.4	<i>Aerob stabilitet</i>	32
4.1.5	Statistisk behandling	33
4.2	Data fra NorFor sin database for grovfôranalyser (FAS)	34
4.2.1	Databearbeiding	34
4.2.2	Statistisk behandling	37
5.0	Resultat	39
5.1	Rundballeforsøk (RB-24)	39
5.1.1	Botanisk sammensetning og utviklingstrinn	39
5.1.2	Kjemisk sammensetning, bufferkapasitet og hygienisk kvalitet på graset	39
5.1.3	Næringsverdi	40

5.1.4 Gjæringskvalitet	41
5.1.5 Hygienisk kvalitet	44
5.1.6 Aerob stabilitet	46
5.2 Data fra NorFor sin database for grovfôranalyser (FAS).....	47
5.2.1 Næringsverdi og gjæringskvalitet	47
5.2.2 Generelle betraktninger til den statistiske analysen	48
5.2.3 Effekt av ensileringsmiddel på gjæringskvaliteten ved ulike tørrstoffnivå.....	49
5.2.4 Effekt av ensileringsmiddel på gjæringskvaliteten i ulike lagringssystemer	52
6.0 Diskusjon.....	56
6.1 Rundballeforsøk (RB-24).....	56
6.2 Data fra NorFor sin database for grovfôranalyse (FAS)	60
6.2.1 Effekt ved ulike tørrstoffnivå	60
6.2.2 Effekt ved ulike lagringssystem	62
7.0 Konklusjon	66
8.0 Litteraturliste	67

1.0 Innledning

Konservering av grovfôr er viktig med tanke på å skaffe husdyra fôr også på vinteren da det ikke er tilgang på ferskt fôr. Tørking av gras til høy har vært den tradisjonelle konserveringsmetoden her i landet, og det var ikke før på siste halvdel av 1900-tallet at ensilering av gras til surfôr ble en vanlig konserveringsmetode (Mo 2005).

Det er mange faktorer som påvirker surfôrkvaliteten, blant annet graset utviklingstrinn, kutting, fortørking, artssammensetning, gjødsling, pakking og bruk av ensileringsmidler. Mange velger å unngå kostnaden ved bruk av ensileringsmidler, særlig i rundballer og ved høyt tørrstoffnivå. Selv om et høyt tørrstoffinnhold (>30 %) i grasrundballer reduserer behovet for ensileringsmidler med tanke på å oppnå god gjæringskvalitet, viser forsøk at tilsetning av ensileringsmidler ikke bare øker fôropptaket og tilveksten, men også mjølkemengden og proteinprosenten i mjølka (Randby 1999).

Det har blitt utført flere forsøk med bruk av ensileringsmidler i direktehøsta og moderat fortørka surfôr. Resultatene herfra gir anbefalinger om bruk av maursyrebaserte ensileringsmidler ved lavt tørrstoffnivå for å begrense gjæringsintensiteten. Ved høyere tørrstoffverdier anbefales i tillegg også propionsyre og/eller benzoesyre på grunn av større fare for muggvekst (Randby 2005).

I den siste tiden har vi sett flere problemer med mjølkekvaliteten som etter hvert har blitt sporet tilbake til surfôr-kvaliteten. Blant annet var det tre nabobønder i Skjeberg i Østfold som opplevde disse problemene – de fikk alle fôrsmak på mjølka grunnet etanolgjæring. Hele lass med mjølk ble kassert, og noen av bøndene fikk i perioder leveringsstopp fra TINE. Førsteslått med et innhold opp mot 35 gram etanol per kg tørrstoff, men som ellers var av god kvalitet, kunne ikke brukes som fôr til mjølkekyrner. Ulike tiltak som lufting av fôret i ett til to døgn før fôring ble prøvd ut, men uten resultater. Problemet med etanolgjæring er et relativt nytt problem som det har vært lite erfaring med tidligere, og det ble derfor viktig å prøve å finne metoder for å unngå dette til neste innhøstingssesong.

Felles for disse bøndene var at de fortørket graset til et høyt tørrstoffnivå (> 40 %). I moderat fortørka surfôr (30 – 35 % TS) har det blitt vist at Kofasil Ultra har en hemmende effekt på etanolproduksjonen (Randby 2010a; Randby 2010b). Lite arbeid har derimot blitt gjort for å finne effekten av ulike ensileringsmidler i sterkt fortørka surfôr. Det ble derfor i juni 2011

utført et rundballeforsøk hvor formålet var å teste effekten av tre ulike ensileringsmidler på gjæringskvalitet med særlig vekt på etanol. Dette forsøket var basis for denne oppgaven.

I tillegg ønsket jeg å sammenligne gjæringsanalyser av surfôrprøver fra hele landet for å undersøke effekten av praktisk bruk av ulike ensileringsmidler ved ulike tørrstoffnivåer og i ulike lagringssystemer. Til dette arbeidet ble det hentet data fra FAS, som er NorFor sin database for grovfôranalyse, og som fra norsk side eies og driftes av TINE Rådgiving.

Denne masteroppgaven består av to deler. Første del er en teoridel som omhandler ensileringsprosessen, faktorer som påvirker den, samt ulike kvalitetsmål. Andre del av oppgaven består av egne undersøkelser. Hovedformålet her var å finne ut hvilken effekt ulike ensileringsmidler har på sterkt fortørka surfôr, og hvilken effekt de gir ute hos den vanlige gårdbruker ved ulike tørrstoffnivå og i ulike lagringssystem.

2.0 Ensilering

Ensileringsprosessen vil alltid føre til et visst tap av næringsstoffer. Her vil selve ensileringsprosessen bli beskrevet, i tillegg til ulike faktorer som påvirker kvaliteten, både før, under og etter ensilering.

2.1 Grasmaterialets betydning

Det ferdige ensilerte produktet vil aldri kunne bli bedre enn utgangspunktet, derfor er kvaliteten og næringsverdien på det stående grasmaterialet viktig for hvordan det ferdig ensilerte surfôret blir.

2.1.1 Botanisk sammensetning

Næringsverdien i det ferske graset vil i stor grad gjenspeiles i surfôret. Bortsett fra innholdet av sukker, vil ikke den kjemiske sammensetningen av graset endres noe særlig under en vellykket ensileringsprosess (Søegaard et al. 2003). Det er forholdsvis liten forskjell på næringsverdien mellom våre vanligste grasarter dersom de høstes under like forhold og ved samme utviklingstrinn. Unntaket er raigras som har et høyere sukkerinnhold på grunn av mer bladmateriale i forhold til de andre grasartene (Søegaard et al. 2003). Derimot er det relativt stor forskjell på den kjemiske sammensetningen og næringsinnholdet mellom grasarter og belgvekster (kløver). Kløver har et høyere innhold av protein og mineraler (aske) og et lavere innhold av nøytralt løselig fiber (NDF), men en høyere andel ufordøyelig NDF (iNDF) sett i forhold til grasartene (Mo 2005). Som tabell 1 viser, vil innslag av kløver i enga derfor øke næringsverdien og fordøyeligheten av surfôret.

Tabell 1. Kjemisk innhold i blandingseng med ulik kløverandel (NorFor 2012).

		Gras, blandingseng < 35 % kløver	Gras, blandingseng > 35 % kløver
Aske	g/kg TS	77	90
Råprotein	g/kg TS	143	166
NDF	g/kg TS	572	485
iNDF	g/kg NDF	179	200
NEL₂₀¹	MJ/kg TS	5,84	6,07
FEm²	pr. kg TS	0,85	0,88

¹ NEL₂₀ = nettoenergi laktasjon ved et fôropptak på 20 kg TS.

² FEm = fôrenheter mjølk

Innslag av kløver i fôret vil øke tørrstoffopptaket. Dewhurst et al. (2003) viste også at surfôr av hvitkløver økte mjølkeproduksjonen med 6 kg per dag sammenlignet med grassurfôr. Årsaken til det økte fôropptaket ved fôring med mye kløver kommer av at belgvekstene har lite struktur (NDF) sammenlignet med grasartene, og gir dermed lavere fyllingsgrad i vom og høyere passasjehastighet på grunn av mer lettløselige stoffer (Weisbjerg et al. 2003).

2.1.2 Bufferkapasitet

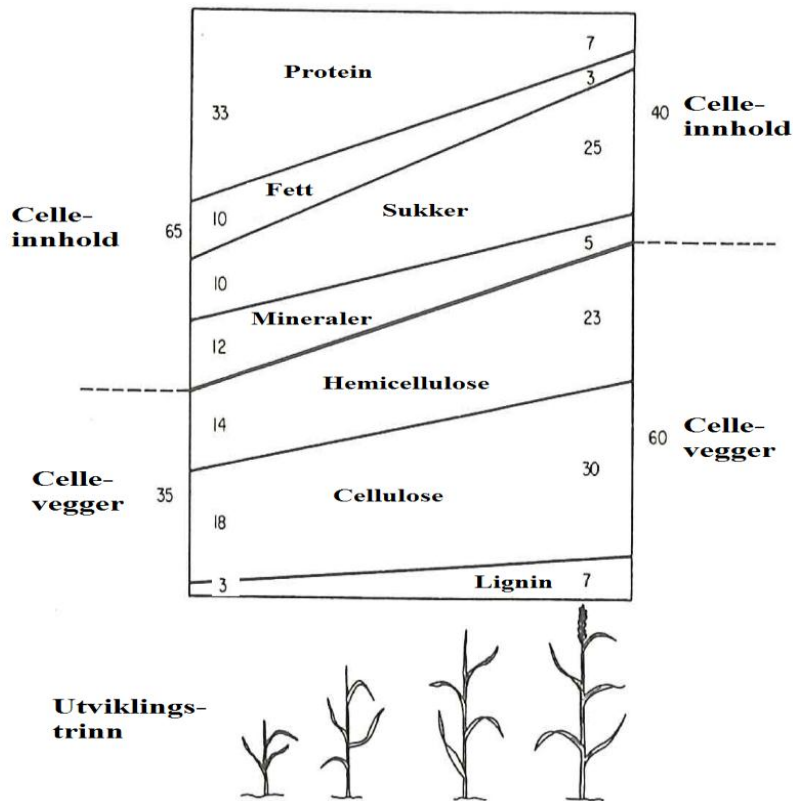
Bufferkapasitet er et mål på hvor mye syre som må til for å senke pH i grasmassen fra 6 til 4. Vanlige verdier ligger mellom 200 og 400 milliekvivalenter (mEq) (Mo 2005), hvor en lav bufferkapasitet (<250 mEq) indikerer at surfôret er veldig lett å ensilere (Søgaard et al. 2003). Bufferkapasiteten avhenger sterkt av innholdet av anioner (salter av organiske syrer, sulfater, nitrater og klorider) i plantene. I tillegg bidrar også proteininnholdet noe på bufferkapasiteten, med høy bufferkapasitet ved et høyt proteininnhold (Mo 2005). Lik mengde syre tilsatt ulike plantematerialer fører derfor til ulik pH-forandring, på grunn av forskjeller i den kjemiske sammensetningen.

Selv om en høy kløverandel i surfôret øker næringsverdien av surfôret, er det vanskeligere å få en vellykket gjæring dersom grasmaterialet inneholder mye belgvekster. Dette kommer hovedsakelig av det høye innholdet av organiske syrer og protein i kløverartene (McDonald et al. 1991). Kløverrikt gras trenger derfor mer syre for å senke pH tilstrekkelig for å få en god surfôrgjæring.

I tillegg vil også nitrogengjødsling og graset utviklingstrinn påvirke bufferkapasiteten. Gjødsling fører til et høyere innhold av protein og nitrater, mens utsatt høsting og økt utviklingstrinn fører til at innholdet av organiske syrer, protein og salter avtar og bufferkapasiteten går ned (Mo 2005).

2.1.3 Fenologisk utviklingstrinn

Høstetidspunktet, eller graset utviklingstrinn ved høsting er den faktoren som har størst betydning på næringsverdien (Mo 2005). Det har lenge vært kjent at næringsverdien både på gras og kløver minker ved økende utviklingstrinn. Figur 1 viser hvordan den kjemiske sammensetningen til graset forandres ved økende utviklingstrinn. Denne nedgangen er imidlertid ikke lik for alle planteartene, idet fordøyeligheten av gras synker raskere ved økende utviklingstrinn sammenlignet med kløver (Thomas et al. 1981).



Figur 1. Endring i kjemisk sammensetning ved økende utviklingstrinn hos gras (modifisert etter Holmes 1980).

Karbohydratene i celleveggene er plantenes reisverk, og består av relativt tungtfordøyelige substanser, som cellulose, hemicellulose og lignin. Lignin er ikke et karbohydrat, men binder seg til celleveggskarbohydratene med bindinger som verken drøvtyggere eller mikrobene i vomma kan bryte ned eller fordøye (Søgaard et al. 2003).

De karbohydratene som er i celleinnholdet er lettløselige og tilnærmet 100 % fordøyelige (Mo 2005). Etter hvert som plantene vokser, vil de produseres mer celleveggstoffer på bekostning av celleinnholdet, og fordøyeligheten går dermed ned. På beitestadiet består graset av 65 % celleinnhold og 35 % er cellevegger (figur 1). Ved blomstring har celleinnholdet blitt redusert til 40 %, mens celleveggstoffene har økt til 60 %. Selv om karbohydratene som utgjør celleveggene potensielt kan fordøyas av mikroorganismene i vomma, vil den økende graden av lignifisering føre til at en mindre andel av celleveggstoffene kan fordøyas (Weisbjerg & Hvelplund 2003). Nedgangen i næringsverdi ved økende utviklingstrinn skyldes altså at en større andel av karbohydratene er cellevegger og at fordøyeligheten av disse karbohydratene går ned. I tillegg viser figur 1 også at innholdet av vannløselige karbohydrater (sukker + fruktan) øker

derimot jo senere plantene høstes på grunn av at plantene skaffer seg opplagsnæring. Denne økningen skjer imidlertid først og fremst i stengelen, og kan være noe utilgjengelig for dyret (McDonald et al. 2002).

2.2 Ensileringsprosessen og mikroorganismene i plantematerialet

Formålet med ensilering er på best mulig måte å bevare de næringsstoffene som finnes i utgangsmaterialet. For å unngå store næringsstap under selve ensileringen og oppnå god gjæringskvalitet, er det to hovedfaktorer som er avgjørende (Selmer-Olsen 1994):

- Oppnå anaerobe forhold så raskt som mulig for å hindre respirasjon av plantene og utvikling av aerobe mikroorganismer.
- Senke pH for å hindre proteolyse av proteiner og utvikling av uønska anaerobe bakterier.

Plantene skaffer seg energi ved å oksidere lettløselige karbohydrater (sukker) til vann, karbondioksid (CO_2) og energi i form av adenosin trifosfat (ATP). Etter at graset er høstet vil denne respirasjonen fortsette, men energien vil nå gå tapt i form av varme fordi plantene mangler essensielle substrater (McDonald et al. 1991). Det vil også foregå en nedbrytning av proteiner (proteolyse) av plantenes egne enzymer, hvor planteproteinet blir omdannet til aminosyrer og ammoniakk (NH_3) (Mo 2005). Disse forandringene reduserer næringsverdien på surfôret, og så lenge det er oksygen og nok substrat til stede vil disse prosessene fortsette. Det gjelder derfor å begrense lufttilgangen og skape anaerobe forhold så raskt som mulig for å hindre respirasjon, og at tapet av karbohydrater blir minst mulig. Rask fortørking og lav pH vil også hindre tap av karbohydrater og protein idet respirasjonen stopper og enzymaktiviteten hemmes når pH senkes og/eller vanninnholdet kommer ned i 40 % (60 % tørrstoff) (Selmer-Olsen 1994).

I tillegg til plantene selv, er det også mange aerobe og fakultativt anaerobe (kan leve både med og uten oksygen) mikroorganismer som deltar i denne åndinga. Den mikrobefloraen som finnes naturlig på graset ved slått kalles epifyttfloraen, og består av både ønskede og uønskede mikroorganismer (Mo 2005). De fleste er imidlertid aerobe, og dør så fort oksygenet i siloen har forsvunnet og det oppstår anaerobe forhold (Phalow et al. 2003). Hvilke næringssubstrater de bruker, og hvilke sluttprodukter de produserer varierer og er avgjørende for om de er ønsket i grasmassen eller ikke. Tabell 2 viser hvilke grupper bakterier og sopp som naturlig finnes på graset ved høsting. Bestanden av eddik- og propionsyrebakterier er liten, og bidrar

ikke til noen gjæring av surfôret, og det meste av eddik- og propionsyra som finnes i det ferdige surfôret er et resultat av annen gjæring (Mo 2005).

Tabell 2. Oversikt over typiske mikroorganismer i epifyttfloraen (Phalow et al. 2003).

Gruppe mikroorganismer	cfu/g ¹
Aerobe bakterier	> 10 ⁷
Mjølkesyrebakterier	10 – 10 ⁶
Enterobakterier	10 ³ – 10 ⁶
Gjær og gjærlignende sopp	10 ³ – 10 ⁵
Muggsopp	10 ³ – 10 ⁴
Klostridier (endosporer)	10 ² – 10 ³
Bacilli (endosporer)	10 ² – 10 ³
Eddiksyrebakterier	10 ² – 10 ³
Propionsyrebakterier	10 - 10 ²

¹ Antall kolonidannende enheter per gram

2.2.1 Mjølkesyrebakterier

Mjølkesyrebakteriene er den ønskede bakteriegruppen i grasmaterialet fordi de bidrar til den ønskede gjæringen av graset (Phalow et al. 2003). Særlig ved konservering uten ensileringsmiddel er disse bakteriene viktig for å få en vellykket gjæring. Antallet mjølkesyrebakterier på graset kan imidlertid variere betydelig (tabell 2).

Mjølkesyrebakteriene kan deles i to ulike grupper; homo- og heterofermentative. De homofermentative mjølkesyrebakteriene bruker et glukose-molekyl til å produsere to molekyler mjølkesyre og to molekyler ATP. De heterofermentative derimot, produserer i tillegg til mjølkesyre også etanol, eddiksyre og CO₂ med utgangspunkt i glukose (Mo 2005). De homofermentative mjølkesyrebakteriene fører dermed til et mindre tap av tørrstoff og en raskere surgjøring av grasmassen i forhold til de heterofermentative.

Det er flere grunner til at mjølkesyrebakteriene er de ønskede mikroorganismene i surfôret.

For det første fører denne gjæringa til at det skjer kun et lite tap av næringsstoffer.

Omdannelsen av sukker til mjølkesyre utgjør et tap på 0-24 % av tørrstoffet og 0,7-1,7 % av bruttoenergien, mens omdannelsen av sukker til smørsyre utgjør et tap på 51 % av tørrstoffet og 21 % av bruttoenergien (Volden 2000). Mjølkesyre er også ei sterkere syre enn de andre

syrene som blir produsert i surfôret, noe som bidrar til at pH senkes hurtigere ved produksjon av mjølkesyre i forhold til andre syrer (McDonald et al. 1991).

Mjølkesyrebakteriene er ikke sporedannende og veldig lite bevegelige. På plantematerialet finnes de naturlig nederst på plantene, i bladslirene og på dødt, visst materiale, mens næringen finnes inne i selve plantecellene. I starten av ensileringa er det derfor viktig med en god fordeling av de ulike plantedelene, og opphacking av plantene slik at næringa blir tilgjengelig. Etter noen dager vil plantecellene sprekke og næringa blir mer tilgjengelig. Antallet mjølkesyrebakterier øker betraktelig de første dagene, produksjonen av mjølkesyre øker og pH synker. I motsetning til de andre bakteriene på surfôret kan de produsere syrer helt til pH kommer ned til 3,5. Mjølkesyrebakteriene utkonkurrerer dermed de andre bakteriene etter som pH synker (Mo 2005).

2.2.2 Enterobakterier

Enterobakteriene er vanligvis den største bakteriegruppen etter mjølkesyrebakteriene i epifytfloraen (tabell 2). De artene av enterobakterier som finnes i surfôr blir definert som Gram-negative, stavformede, ofte bevegelige, fakultative anaerobe bakterier. Under aerobe forhold kan de bruke N-holdige organiske stoffer som energikilde, mens under anaerobe forhold bruker de kun vannløselige karbohydrater (sukker). De konkurrerer dermed med mjølkesyrebakteriene om energisubstrat (Phalow et al. 2003).

Dette er en hardfør bakteriegruppe som tåler overvintring godt, og antallet kan være stort ved høsting i fuktig vær. I tillegg øker ofte bestanden av enterobakterier ved fortørking i forhold til andre mikroorganismer. I forhold til de strikt anaerobe bakteriene som må bruke tid på å utvikle seg i siloen, har enterobakteriene en fordel av å være fakultativt anaerobe. De får derfor et forsprang og øker betraktelig de første dagene etter innlegging i siloen (Phalow et al. 2003). De bruker hovedsakelig karbohydrater som energikilde og produserer eddiksyre i tillegg til noe maursyre, etanol og 2,3-butandiol (McDonald et al. 1991), men noen kan også bryte ned protein og redusere nitrat (NO_3) til ammoniakk (Spoelstra 1987).

Produktene som enterobakteriene lager bidrar ikke til noen særlig konservering av graset. I tillegg konkurrerer de med mjølkesyrebakteriene om substrat, og er derfor en uønsket bakteriegruppe. De er imidlertid følsomme for lav pH og forsvinner vanligvis dersom pH kommer under 4,5 (Phalow et al. 2003). Tilsetning av syrer eller en effektiv mjølkesyregjæring vil derfor raskt begrense veksten av enterobakteriene. På grunn av at

eddiksyre er hovedproduktet, kan mye eddiksyre i surfôret være et tegn på at det har tatt tid å senke pH tilstrekkelig, slik at enterobakteriene har fått utvikle seg (Anderssen 2011).

2.2.3 Klostridier

Klostridier er en Gram-positiv, sporedannende bakteriegruppe som består av mange ulike arter, blant annet smørtsyrebakterier. De fleste er strengt anaerobe, men noen kan også leve selv om det er noe oksygen tilstede (Phalow et al. 2003). Det er lite klostridier på plantematerialet i utgangspunktet, men graset kan bli forurenset ved jordinnblanding under innhøstinga og ved gjødsling med husdyrgjødsel (Mo 2005).

Klostridiene kan deles inn i to grupper etter hvilke substrater de bruker som energikilde; proteolytiske og sakkarytiske. Noen arter kan også klassifiseres i begge gruppene. De proteolytiske bruker aminosyrer som energikilde og danner ammoniakk (NH_3), i tillegg til en organisk syre (eddiksyre, propionsyre eller smørtsyre). De kan også spalte av CO_2 fra aminosyrene og danne ulike aminer, noe som vil sette ned kvaliteten på proteinet (Mo 2005).

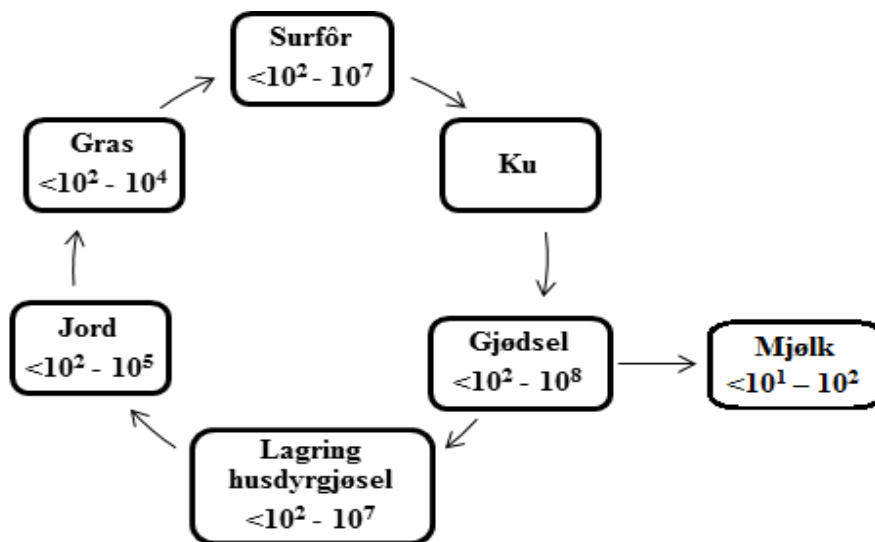
De sakkarytiske klostridiene består av to typer bakterier; *Clostridium butyricum* som bruker karbohydrater (sukker) til å danne smørtsyre og eddiksyre, og *Clostridium tyrobutyricum* som benytter seg av mjølkesyre til å produsere smørtsyre (Phalow et al. 2003). Bruk av mjølkesyre som energikilde bidrar til å forhindre den ønskede gjæringa og pH senkninga i surfôret fordi en sterk syre (mjølkesyre) blir omdannet til en svakere syre (smørtsyre) (Mo 2005).

Clostridium tyrobutyricum kan dermed, særlig i tilfeller hvor det er for lite sukker til å senke pH, føre til smørtsyregjæring.

Den gjæringa som klostridiene står for i surfôret fører til et stort tap av både tørrstoff og energi, og er derfor svært uønsket i surfôret. Gjæringsproduktene setter ned både smakeligheten og næringskvaliteten på surfôret betraktelig (Gibson 1965). Innholdet av smørtsyre og ammoniakk i surfôret er derfor de viktigste parameterne for å bedømme gjæringskvaliteten (Mo 2005).

En rask senkning av pH ved for eksempel tilsetning av en sterk syre, eller fortørking til et nivå hvor klostridiene hemmes, er viktig for å unngå denne type bakterier i grasmaterialet. Ved et tørrstoffinnhold over 45 %, vil ikke smørtsyrebakteriene kunne formere seg (Mo 2005), og allerede ved 30 % tørrstoff vil de være sterkt hemmet (McDonald et al. 1991). Det er likevel viktig å huske på at denne gruppen bakterier er sporedannende, noe som vil si at de under

aerobe forhold, ved lavt tørrstoffnivå og/eller ved lav pH (< 4,5) blir inaktive i form av sporer. Selv om fôret ikke har tegn til smørsyregjæring, kan det likevel ha et høyt innhold av smørsyresporer som kan skape store problemer når de kommer på fôrbrettet. Sporene er veldig hardføre og overlever fordøyelseskanalen og oppkonsentreres i gjødsla. Husdyrgjødsel med høyt innhold av sporer øker sporeinnholdet i jorda, som igjen øker faren for forurensning av graset ved neste innhøsting. Dette er skjematisk framstilt i figur 2. Forurensning fra gjødsl til mjølk kan gi sporer i mjølka, og gi dårlig klassifisering på mjølka og redusert ostekvalitet (Mo 2005).



Figur 2. Skjematisk framstilling av smørsyresporenes syklus (modifisert etter Phalow et al. 2003).

De tiltakene som er nevnt ovenfor vil ikke fullt og helt ta knekken på smørsyresporene. Tilsetning av ensileringsmidler som inneholder og avgir natriumnitritt vil likevel begrense klostridienes vekst helt fra starten av ensileringsprosessen (Mo 2005).

2.2.4 Bacilli

Bacilli-bakterier ligner klostridier ved at de er sporedannende, Gram-positive stavbakterier. Bacilli kan imidlertid skilles fra klostridiane ved at de alle er aerobe, noen også fakultativt anaerobe. De bruker karbohydrater som energikilde og produserer organiske syrer, etanol, 2,3-butanediol og glyserol (Phalow et al. 2003), og er derfor også uønsket i grasmaterialet.

Bacillus-sporer finnes i jord og husdyrgjødsel (Anderssen 2011), og graset blir forurenset på samme måte som klostridiane (figur 2). Etter at siloen er åpnet og andre aerobe bakterier har

økt pH-en i surfôret, kan de aerobe bacilli-bakteriene være med på å utvikle varmgang, noe som vil bli beskrevet senere i oppgaven.

2.2.5 Mugg- og gjærsopp

Muggsopp er helt avhengig av oksygen og noe fuktighet for å vokse, men det er likevel noen arter som kan klare seg med veldig lite oksygen til stede (Eurofins 2012b). En rask og varig lufttetting vil derfor være det mest effektive tiltaket mot muggvekst i siloen.

Vanlig gjærsopp kan leve både med og uten oksygen. Under anaerobe forhold bruker de karbohydrater (sukker) som energikilde til å produsere etanol og CO₂ (Randby 2011). I tillegg kan gjærsoppen også produsere små mengder av andre alkoholer og organiske syrer under anaerobe forhold (McDonald et al. 1991) Mugg- og gjærsopp blir videre omtalt under den hygieniske kvaliteten og aerobe stabiliteten av surfôret.

2.3 Fortørking

Fortørking eller fjerning av vann vil redusere tørrstofftapet på to måter; mindre pressaft, og færre gjæringsprodukter på grunn av en svakere gjæring (Mo 2005). Tap i form av pressaft kan ved lave tørrstoffprosenten være betydelig, men vil ikke bli diskutert i denne oppgaven. Det kan likevel nevnes at disse problemene forsvinner når tørrstoffprosenten kommer opp mot 30-35 % (Kingsrød 2008).

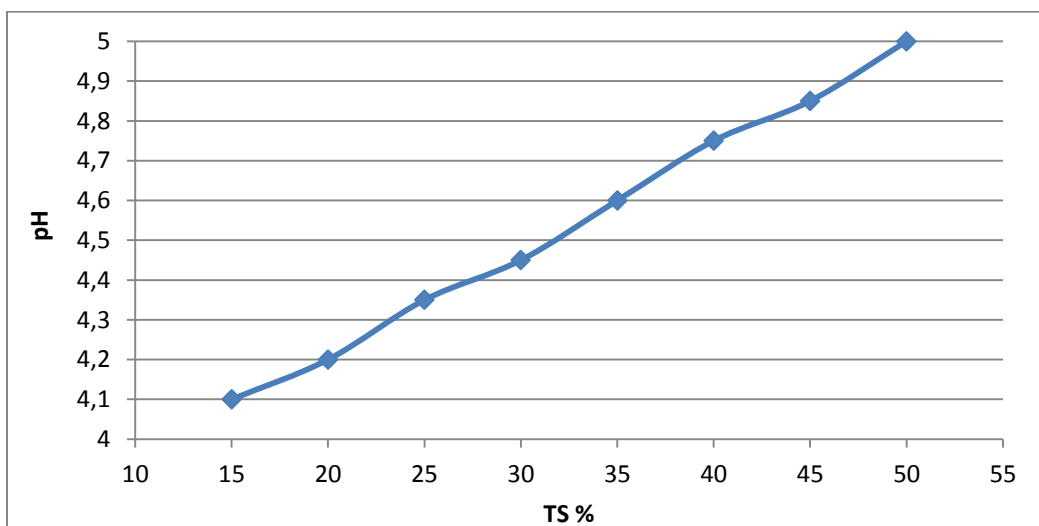
Fortørking vil også føre til et visst tap av næringsstoffer. Grasmaterialet blir liggende lenge med lufttilgang, noe som fører til at åndinga fortsetter så lenge tørrstoffprosenten er under 40 %. Regn under fortørkinga kan også føre et betydelig tap ved at de lettløselige næringsstoffene blir vasket ut. Når graset har begynt å tørke, vil celle sprekk opp og næringsstoffene lekker ut. Et regnskyll etter at graset har begynt å tørke vil derfor føre til et større tap av næringsstoffer enn hvis regnet kommer rett etter slått. Det mest næringsrike bladmaterialet tørker raskest og har derfor lettere for å gå tapt ved behandling av graset under fortørkinga (Mo 2005).

Vannaktivitet, a_w , er et mål på konsentrasjonen av oppløste næringsstoffer i vannet. For destillert vann er denne verdien 1,0 og den synker når konsentrasjonen av oppløste næringsstoffer øker (Muck et al. 2003). For at bakteriene skal få nyttiggjøre seg sukkeret i plantene som energisubstrat, må det være oppløst i vannfasen hvor bakteriene også befinner seg. Når fôret blir fortørket og vannet fordamper, vil de oppløste næringsstoffene

oppkonsentreres, vannaktiviteten går ned og næringsstoffene blir mindre tilgjengelige for bakteriene (Greenhill 1964).

De ulike bakteriegruppene i grasmassen har ulik toleranse ovenfor lav vannaktivitet. Klostridiene blir tidlig hemmet av høyt tørrstoffinnhold (> 30 % TS) og lav vannaktivitet (McDonald et al. 1991). Mjølkesyrebakteriene klarer derimot å overleve helt opp til ca. 70 % tørrstoff (Muck et al. 2003). Fortørking fører dermed til en favorisering av mjølkesyrebakteriene selv om de også til en viss grad blir hemmet. Produksjonen av syrer og andre gjæringsprodukter blir dermed mindre i fortørka enn i direktehøsta, vått surfôr.

Lav vannaktivitet fører også til at bakteriene får dårligere toleranse overfor lav pH (Muck et al. 2003). Det er derfor mindre behov for ensileringsmidler i fortørka surfôr for å senke pH nok til å hemme de uønska bakteriene. Figur 3 viser hvordan den kritiske pH-verdien for å stoppe smørsyregjæringa øker i takt med tørrstoffprosenten i graset.



Figur 3. pH og tørrstoffprosent som hemmer vekst av klostridier (modifisert etter Anderssen 2011).

Hvordan graset blir tørket, er også av betydning for ensileringsprosessen. Tørking i brei streng vil gi jevnere tørrstoff i hele grasmassen og dermed en mer lik gjæring. Ved tørking i smal streng med mye fôr i strengen, kan det bli stor forskjell på tørrstoffinnholdet i det øverste og nederste laget. Dette er spesielt viktig ved ensilering i rundballer fordi graset da ikke blir blandet, og innblandingen av eventuelle ensileringsmidler også blir vanskelig å fordele (Kval-Engstad 2011).

Høyt tørrstoffnivå vil også gjøre graset vanskeligere å pakke på grunn av at porevolumet blir stort. Fordi luft da lettere vil trenge inn i surfôrmassen, vil fôret være mer utsatt for skade av

aerobe bakterier i utføringsfasen (Mo 2005). I den forbindelse er god kutting av graset viktig for å minke porevolumet og oppnå en bedre pakking.

2.4 Ensileringsmidler

En rask pH-senkning i grasmassen er viktig for å stoppe veksten av uønskede mikroorganismer (Mo 2005). Det finnes flere typer ensileringsmidler som har ulik effekt på ensileringsprosessen, men alle har som formål å senke pH, skape et konkurransefortrinn til mjølkesyrebakteriene, gi minst mulig tap av næringsstoffer og sikre en vellykket gjæring.

2.4.1 Gjæringshemmere

Ensileringsmidler som karakteriseres som gjæringshemmere, er kjemiske og virker ved at de hemmer gjæringa og/eller aerob nedbrytning (Kung et al. 2003).

Uorganiske syrer som saltsyre (HCl), svovelsyre (H₂SO₄) og fosforsyre (H₂PO₄) ble tidligere brukt som ensileringsmiddel, men er i dag tatt ut av bruk (Mo 2005). Dette er alle sterke syrer som førte til en kraftig senkning av pH. Gjæringsprosessen ble dermed svært hemmet, innholdet av vannløselige karbohydrater (WSC) ble bevart og proteolysen forhindret (Kung et al. 2003). De uorganiske syrene har imidlertid kun en surgjørende effekt, og har ikke vist seg å ha noen antimikrobiell effekt (Woolford 1978).

Organiske syrer har i tillegg til evnen til en rask pH senkning, også en antimikrobiell effekt (Kung et al. 2003). Maursyre er den sterkeste av de organiske syrene, og senker pH i grasmassen effektivt (McDonald et al. 1991). Dette vil føre til en favorisering av mjølkesyrebakteriene, ved at enterobakteriene og de aerobe bakteriene blir hemmet. Ren maursyre er imidlertid ikke like effektiv mot uønskede bakterier, mugg og gjær som andre uorganiske syrer. I enkelte tilfeller har maursyre vist å øke mikrobebestanden, og det må relativt store mengder til for at det skal ha noen positiv effekt (McDonald et al. 1991). Bruk av maursyre kan også øke faren for etanolgjæring (Mo 2005), noe som også ble vist i et forsøk av Randby (2010a) ved bruk av Ensil 1 (75 % ren maursyre). En annen negativ effekt ved maursyra er at den ofte øker pressaftavrenninga i vått gras. Dette fordi plantecellene kolliderer i det sure miljøet som tilsetning av maursyre fører til (Kung et al. 2003).

Formaldehyd i form av formalin ble tidligere brukt som ensileringsmiddel i Norge, men ble forbudt på grunn av innholdet av allergener og kreftfremkallende stoffer (Mo 2005). Dette var et effektivt produkt som bevarte innholdet av WSC og hindret nedbrytning av planteproteiner

både i siloen og i vomma (Kung et al. 2003). I stedet for formalin, brukes i dag hexametylentetramin, som i et surt miljø vil frigjøre formaldehyd og virke på samme måte (Mo 2005).

Bruk av ren maursyre har vist seg å gi god kvalitet på surfôr ved lavt tørrstoffnivå (Nordang 1990; Jaakkola et al. 2006), men varierende resultater ved høyere tørrstoffnivåer med blant etanolgjæring (Randby 2010a). For å gi bedre effekt av ensileringsmidler ved høyere tørrstoffnivåer med tanke på uønskede bakterier og aerob stabilitet, blir maursyre ofte brukt i kombinasjon med andre organiske syrer. Propionsyre og benzoesyre er kjent for å ha en hemmende effekt både på mugg- og gjærsopp (Kung et al. 2003). Denne egenskapen har de kun i udisosiert (bundet) form, og har derfor best effekt ved lav pH. Hele 90 % av benzoesyra er udisosiert ved pH 3, og nesten 0 % ved pH 7 (Mo 2005). Disse syrene fungerer derfor best i blanding med sterke syrer, og i Norge er derfor maursyre i blanding med propionsyre og/eller benzoesyre, som GrasAAT Plus og Ensil Pluss, veldig vanlige ensileringsmidler.

Organiske syrer er flyktige, korroderende på utstyr og ubehagelige å jobbe med. Det har derfor blitt utviklet ulike salter av disse syrene. For maursyre blir det ofte brukt natrium- og kaliumformiat, og for propionsyre; natriumpropionat. Disse preparatene fungerer på samme måte som de rene syrene, ved at syredelen frigjøres når forholdene forandres i siloen (Mo 2005). Likevel er disse preparatene mindre effektive enn deres respektive syrer, og må derfor tilsettes i litt større doser for å få den samme syreeffekten (Henderson 1993). Saltenes løselighet i vann, og hvor sterkt saltene er bundet til syrene bestemmer hvor effektive de er. Ammonium- og natriumpropionat har en løselighet på henholdsvis 900 og 250 g/liter (Kung et al. 2003).

Nitrat og nitritt er vist å ha en inhiberende effekt på klostridier ved at de avgir nitrøse gasser under ensilering. Disse brukes ofte i form av salter når de tilsettes i ensileringsmidler, som natriumnitritt (Mo 2005). En blanding av hexametylentetramin og natriumnitritt brukes i dag i ensileringsmidler (Kofa), og har vist seg å gi gode resultater i fortørka surfôr (Randby 2010a; Randby 2010b). Dette er ensileringsmidler som ikke kan karakteriseres å ha en gjæringshemmende effekt, selv om de også ofte inneholder en liten mengde propion- og/eller benzoesyre.

2.4.2 Gjæringsstimulatorer

Inokulanter i form av mjølkesyrebakterier og/eller enzymer og melasse er ensileringsmidler som stimulerer gjæring (Kung et al. 2003).

Bakteriebaserte ensileringsmidler er ofte bestående av ulike homofermentative mjølkesyrebakterier. De ulike bakteriestammene har ulik evne til å motstå ulike miljøpåvirkninger som høyt tørrstoffinnhold, og ulik temperatur- og pH variasjoner (Kung et al. 2003). En blanding av flere ulike bakteriestammer i ensileringsmidlet vil derfor være fordelaktig.

Det å bruke bakteriekultur som ensileringsmiddel har blitt mer populært i det siste. Disse preparatene er ufarlige å håndtere, har ingen skadelig effekt på utstyr eller miljø, blir sett på som et naturlig produkt, og skal i teorien også sikre en effektiv utnyttelse av WSC til produksjon av mjølkesyre og en rask senkning av pH (Weinberg & Muck 1996). I forhold til naturlig gjæring uten bruk av ensileringsmidler, fører inokulering til en tilførsel av robuste bakterier som raskt får overtaket i grasmassen, og de uønskede bakteriene blir raskere utkonkurrert (Kung et al. 2003).

Ulike ensileringsforsøk med inokulant har vist varierende resultater. I sterkt fortørka surfôr (>40 % TS) har Driehuis et al. (1997) bekreftet at tilsetning av mjølkesyrebakterier både øker gjæringshastigheten og mengden gjæringsprodukter i forhold til naturlig gjæring. Dette førte til en raskere nedgang i pH og et lavere tørrstofftap. Andre forsøk har imidlertid ikke vist noen positiv effekt ved bruk av inokulant (Kennedy 1990). Mengden mjølkesyrebakterier i epifyttfloraen varierer, og kan være naturlig høy (tabell 2). Dersom forholdene ligger til rette for en god gjæring også uten noen form for tilsetning, vil ikke inokulering ikke gi noen ekstra positiv effekt (Mo 2005). Andre undersøkelser har også vist dårligere gjæringskvalitet med høye verdier av både smørsyre, mjølkesyre og ammoniakk ved bruk av inokulant i forhold til naturlig gjæring. Nordang (1990) gjorde en feltundersøkelse hvor ensilering med bakteriekultur (Natufarm) i direktehøsta surfôr også viste økende problemer med varmgang.

I direktehøsta, vått gras kan ensilering med inokulant gi så kraftig gjæring at det vil gå utover fôropptaket (Randby 2002). En homofermentativ mjølkesyregjæring vil gi mye mjølkesyre og lite eddiksyre, noe som kan gi gode forhold for gjærsopp som kan nyttiggjøre seg av mjølkesyre som energikilde (Mo 2005). Dette surfôret kan derfor lett være utsatt for varmgang etter åpning. Driehuis et al. (2001) har derimot vist at inokulering kan gi en bedret

aerob stabilitet. Her ble den heterofermentative mjølkesyrebakterien *Lactobacillus buchneri* brukt i blanding med de tradisjonelle bakteriene. Denne bakterien produserer i tillegg også eddiksyre som har en hemmende effekt på uønskede bakterier (Mo 2005).

I tillegg til de bakteriebaserte ensileringsmidlene, finnes det også andre gjæringsstimulatorer. Mjølkesyrebakteriene er avhengig av sukker for å kunne produsere syrer. Enzymer og melasse kan enten bli brukt som eneste tilsetning for å gi energi til bakteriene i epifyttfloraen, eller det kan bli brukt i kombinasjon med inokulant. Teorien bak dette er at enzymer som cellulaser og hemicellulaser skal frigjøre energisubstrater fra plantecellene. Bruk av suktermelasse skal også gi en lett tilgjengelig energikilde for bakteriene (Mo 2005).

2.5 Lagringssystemer

De ulike lagringssystemene har alle som formål å skape anaerobe forhold og sikre en vellykket gjæringsprosess. Samtidig skal de kunne lagre fôret gjennom hele innefôrings sesongen uten at surfôr kvaliteten forringes. Her vil de tre mest vanlige lagringstypene i Norge kort bli omtalt; tårnsilo, plansilo og rundballer.

2.5.1 Tårnsilo

Tårnsilo er et vertikalt lagringssystem; ofte sylindrisk, med forholdsvis liten grunnflate i forhold til høyde. Størrelsen på grunnflaten er viktig i forhold til hvor mye gras som bør legges i siloen per dag, og hvor stor besetningen er i forhold til mye fôr som bør ut av siloen daglig. For stor grunnflate i forhold til disse faktorene vil føre til at fôret blir liggende for lenge med lufttilgang, noe som kan føre til forringelse av surfôr kvaliteten (Mo 2005).

Tre og betong var vanlig å bruke til tårnsiloer tidligere, og de ble vanligvis bygget inne i fjøset, under tak. Senere ble det vanlig å bruke stål, og de står gjerne ute. I de nyere tårnsiloene er det ofte installert en fylltømmer som fordeler fôret ved innlegging og river det løst ved utfôring. Det viser seg imidlertid at pakkinga kan bli litt ujevn i slike fylltømmere, og mange får problemer med muggent fôr i kantene på grunn av for dårlig pakking (Mo 2005).

2.5.2 Plansilo

Plansilo er et horisontalt lagringssystem, ofte bestående av støpte gulv og vegger, men det kan også legges rett på bakken (stakksilo). Bredden bør være brei nok til at pakking kan foregå med traktor. På grunn av at traktorer, både de som kjører lass og de som pakker, kjører mye ut og inn av plansiloen ved innleggelse, vil faren for smitte av jordbakterier (klostridier) være

stor. Ved sterkt fortørka gras, kan det også være problemer med å få pakket surfôret tilstrekkelig, særlig dersom det blir lagt for tykke lag mellom hvert lass. Kuttelengden vil i slike tilfeller være viktig for å minke porevolumet (Mo 2005).

På grunn av stor overflate i en plansilo i forhold til en tårnsilo, er det viktig at innleggelsen skjer relativt fort for å unngå unødvendig høyt åndingstap (Savoie & Jofriet 2003). Av samme grunn blir det også anbefalt å bruke ensileringsmidler som hemmer muggvekst (Schieldrop 2002). Uttaket bør i tillegg være på minst 12 cm daglig for å redusere faren for varmgang. Fine snitt er også viktig for at lufta ikke skal få slippe for langt inn i silomassen (Mo 2005).

I en studie gjort på ulike lagringssystemer i USA, ble det funnet høyere verdier av ikke-protein-nitrogen (NPN), ammoniakk (NH₃), eddiksyre og smørsyre i plansiloer i forhold til tårnsiloer (Luchini et al. 1997). Surfôr lagret i plansilo hadde derfor en lavere fôrverdi og var av lavere kvalitet enn surfôr lagret i tårnsilo. Denne undersøkelsen ble imidlertid gjort på surfôr av luserne, men forfatterne konkluderte med at noe av denne forskjellen mellom lagringssystemene kunne komme av at det først og fremst var de største farmene som benyttet seg av plansilo. Det ble dermed brukt mindre tid på silolegginga enn det som måtte til for å oppnå god nok kvalitet. Det er litt vanskelig å si om dette forsøket kan sammenlignes med norske forhold, men konservering i plansilo krever raskere innlegging på grunn av stor grunnflate, og god pakking på grunn av at det ofte blir kjørt inn store lass om gangen. Bruk av kastevals kan være til god hjelp for at det ikke skal legges for store lag som blir vanskelig å pakke (Mo 2005).

2.5.3 Rundballer

Rundballer har blitt en veldig vanlig ensileringsmetode i Norge de siste årene. Noen av fordelene er at det er både lett vint, fleksibelt, og fôr av ulik kvalitet lett kan sorteres og gis til ulike dyregrupper. I tillegg krever det heller ingen faste installasjoner. Ulempen er først og fremst at det har veldig lett for å gå hull på plasten, noe som kan skape gode forhold for aerobe organismer.

Denne metoden å ensilere gras på har gode forutsetninger for å oppnå god kvalitet. Dette på grunn av at graset blir fylt og pakket med en gang, og kan derfor betegnes som en «ideell silo». Likevel viser det seg at kvaliteten i praksis kan gi svært ulik kvalitet. Grunnen til dette har blitt sporet tilbake til at det ofte ikke blir brukt ensileringsmidler. Både ved lave og høye tørrstoffnivåer er bruk av ensileringsmidler viktig for å øke sikkerheten på gjæringa. Ved høyt

tørrstoffinnhold er man bedre rustet for en vellykket gjæring uten ensileringsmidler, men da utgjør gjær- og muggsopp en større trussel, særlig dersom det blir hull på plasten noe som er et stort problem ved rundballeensilering (Rivedal 2002).

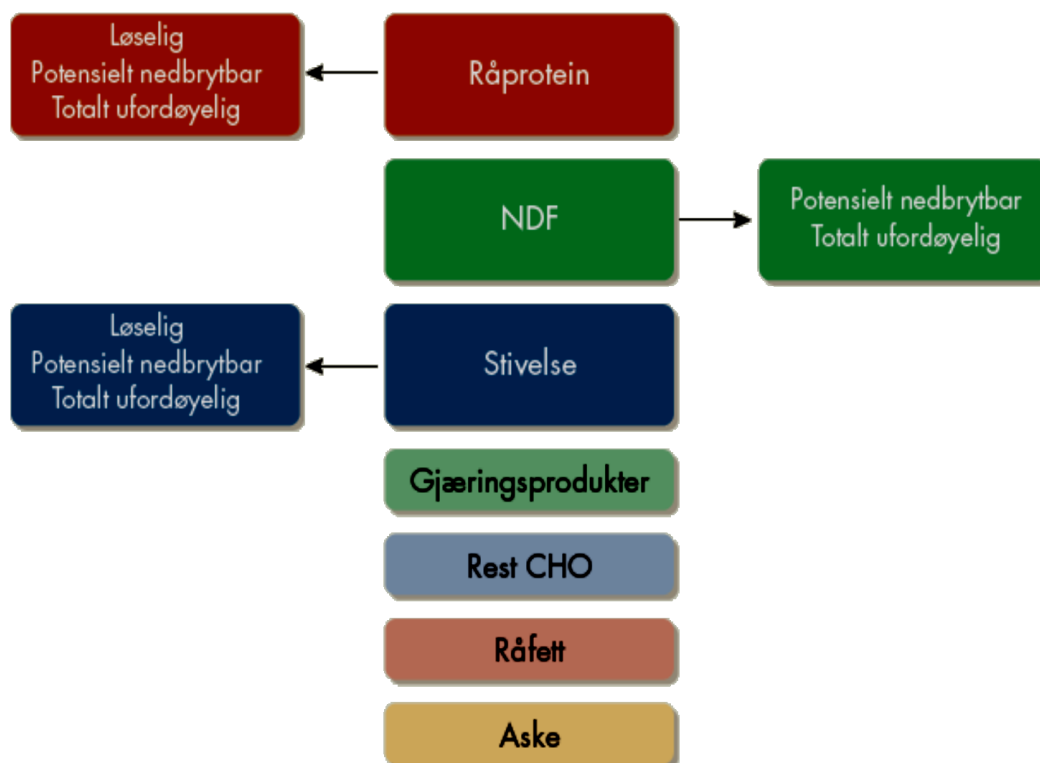
Kvaliteten på rundballeplaten er et viktig element for å oppnå gode resultater. Anbefalingene ligger på minst seks lag plast, og gjerne mer ved sterkt fortørka surfôr. Plasten bør dessuten også ha god overlapping for å hindre at luft trenger gjennom. Rask innpakking etter pressing og skånsom behandling av ballene etter pakking er også viktige faktorer (Mo 2005).

I et forsøk av Selmer-Olsen (1992) ble surfôr ensilert i rundballer og tårnsilo sammenlignet. Silotypene ble tilsatt samme ensileringsmiddel (Foraform), og ble brukt i fôringsforsøk til mjølkekyr og ungdyr. Resultatene viste større kassering av fôr på grunn av muggvekst i surfôr ensilert i tårnsilo. Dette viser at det er lettere å pakke fôret lufttett ved ensilering i rundballer. Et høyere sukkerinnhold i rundballeurfôret kan også bekrefte en rask og effektiv pakking. Det var likevel ingen forskjell i mjølkeytelse mellom silotypene, men tilveksten på kvigene var noe høyere ved fôring av rundballeurfôr. Randby & Nordang (2007) viste også mindre gjæringsprodukter og et høyere sukkerinnhold i surfôr fra rundballer i forhold til plansilo. Det ble imidlertid observert et høyere fôropptak og større mjølkeytelse med surfôr fra plansilo. Dette settes i sammenheng med kortere kuttelende på surfôret fra plansiloen, og forfatterne regnet med andre resultater dersom begge silotypene hadde blitt kuttet på lik måte.

3.0 Surfôrkvalitet

3.1 Næringsverdi

Med næringsverdi menes her den kjemiske sammensetningen, og fôrets innhold av ulike næringsstoffer. I NorFor-systemet blir hovednæringsstoffene delt opp i 7 fraksjoner (Volden 2011); råprotein, NDF, stivelse, råfett, gjæringsprodukter, aske og en restfraksjon bestående av sukker og pektiner (figur 4).



Figur 4. Kjemisk fraksjonering av fôret i NorFor Plan (Volden 2011).

Protein, NDF og stivelse er videre delt inn i to fraksjoner; en potensiell nedbrytbar og en totalt ufordøyelig del. Protein og stivelse har i tillegg også en løselig fraksjon. Disse fraksjonene beskriver hvordan de ulike næringsstoffene brytes ned i vomma. Den løselige fraksjonen vil umiddelbart bli brutt ned, mens det ufordøyelige vil passere ufordøyd gjennom hele fordøyelsessystemet. Den potensielle nedbrytbare delen kan bli brutt ned av mikrobene i vomma, men hvor mye som blir brutt ned avhenger av nedbrytningshastigheten (% per time) og oppholdstid i vom. I grassurfôr bestemmes disse verdiene i stor grad av de ulike faktorene som er beskrevet tidligere; fenologisk utviklingstrinn, botanisk sammensetning, gjødsling

osv., og varierer lite ved bruk av ulike ensileringsmidler. Både fordøyeligheten og næringsverdien synker ved økende utviklingstrinn, noe som går fram av tabell 3.

Tabell 3. Næringsverdien til fem ulike surfôrtyper i NorFor tabellen, kløverandel < 25 %, ulik høstetidspunkt og fordøyelighet (Eurofins 2012a; NorFor 2012).

Høstetidspunkt		Blad- stadiet	Før beg. skyting	Skyting	1-2 uker etter skyting	Blomstring
Fordøyelighet		Svært høy	Høy	Middels	Lav	Svært lav
Protein	g/kg TS	184	173	159	144	136
Løselig protein	g/kg Protein	675	668	655	628	559
NDF	g/kg TS	431	501	560	597	626
iNDF	g/kg NDF	85	112	158	207	248
Aske	g/kg TS	94	83	74	67	61
AAT ₂₀ ¹	g/kg TS	79	80	79	75	73
PBV ₂₀ ²	g/kg TS	62	49	38	28	23
NEL ₂₀	MJ/kg TS	7,00	6,69	6,26	5,74	5,30
OMD ³	% av TS	81,1	76,5	71,4	66,5	61,9
Fylleverdi	pr.kg TS	0,45	0,50	0,54	0,58	0,60
Tyggetid	min/kg TS	58	68	79	87	94
Gammel fôrmedelvurdering:						
FEm	pr.kg TS	1,00	0,91	0,84	0,75	0,67
PBV	g/kg TS	63	51	35	18	9

¹ AAT₂₀ = aminosyrer absorbert i tarm ved et fôrnivå på 20 kg TS

² PBV₂₀ = proteinbalanse i vom ved et fôrnivå på 20 kg TS

³ OMD = fordøyelighet av organisk stoff

Tabell 4 viser ønsket nivå for enkelte nye og gamle næringsverdiparametere i henhold til NorFor/Eurofins. Fordøyelsen av de ulike næringsstoffene er et komplekst samspill mellom fôr, ku og vommikrober. Tallene i tabell 4 er derfor satt slik at fôropptaket blir størst mulig, men uten at det får negativ innvirkning på vommiljøet på grunn av for lite fiber og/eller gir for lite/mye protein (Eurofins 2012a).

Tabell 4. Ønskede verdier av enkelte næringsverdiparametere (Eurofins 2012a).

Protein	NDF	iNDF	Fylleverdi	NEL ₂₀	FEm
g/kg TS	g/kg TS	g/kg NDF	pr. kg TS	MJ/kg TS	per kg TS
140 – 160	480 – 520	80 – 120	0,47 – 0,50	> 6,30	> 0,85

3.2 Gjæringskvalitet

De ulike endeproduktene som produseres under ensileringa brukes som mål på gjæringskvaliteten. Det har blitt identifisert over 50 ulike gjæringsprodukter som dannes under surfôrgjæringa (Mo et al. 2000), men kun de mest dominerende blir brukt i kvalitetsbedømmelsen. Tabell 5 viser de viktigste gjæringsparameterne, samt hvilke verdier de bør ligge på i et surfôr med tørrstoffprosent under 25 %.

Tabell 5. Normalt nivå for god gjæringskvalitet ved TS < 25 % (Eurofins 2012a).

pH	NH ₃ N	Mjølke-syre	Eddik-syre	Smør-syre	Propion-syre	Maursyre	Etanol	Totale syrer
	g/kg N	g/kg TS						
<4,2	<81	40 – 80	12 – 30	<4,0	<2 el. 6–12 ¹	<2 el. >8 ²	<8,0	<100

¹ <2 dersom det ikke har blitt tilsatt ensileringsmiddel som inneholder propionsyre, ellers er normalt innhold 6-12 g/kg TS

² <2 dersom det ikke har blitt tilsatt ensileringsmiddel som inneholder maursyre, ellers er normalt innhold >8 g/kg TS

Som beskrevet ovenfor vil gjæringsintensiteten avta ved høye tørrstoffnivåer, og de ulike mikroorganismene har ulik toleranse ovenfor både lav vannaktivitet (høyt tørrstoffnivå) og pH. Ved høyere tørrstoffverdier enn 25 %, kan derfor pH være høyere uten at det tilsier at surfôret er av dårlig kvalitet. Innholdet av organiske syrer bør også vise lavere verdier ved høyere tørrstoffverdier.

Mengden gjæringsprodukter i surfôret har stor påvirkning på fôropptaket. Huhtanen et al. (2002) studerte publiserte data fra lakterende kyr for å finne en sammenheng mellom gjæringsprodukter og fôropptak. De fant en positiv korrelasjon mellom innhold av WSC i surfôret og «silage dry matter intake» (SDMI) hos kyrne, mens innholdet av de ulike syrene var alle negativt korrelert med SDMI. Hvor sterk denne korrelasjonen var varierte med de ulike syretypene. VFA (eddiksyre, smørsyre og propionsyre) hadde en sterkere negativ effekt på SDMI enn mjølkesyre, og reduserte SDMI med 25,6 og 13,0 g/kg TS for henholdsvis VFA og mjølkesyre. Likevel var det innholdet av totale syrer som alene var den faktoren som hadde størst betydning for nedgangen i SDMI. Det er usikkert hva som er den biologiske årsaken til denne nedgangen i tørrstoffopptak ved økende mengde syrer i surfôret, men mye tyder på at smakelighet, i tillegg til ulike metabolske effekter har en innvirkning (Huhtanen et al. 2002; Ingvarsen & Kristensen 2003).

Resultatene fra Huhtanen et al. (2002) ble brukt til å lage en «relative silage dry matter intake (SDMI) index» (Huhtanen et al. 2002; Huhtanen et al. 2007). Dette systemet er også grunnlaget for beregning av fôropptak i NorFor-systemet. Her blir sammenhengen mellom gjæringsprodukter og fôropptak tatt hensyn til ved at alle fôrmidlene får sin egen fylleverdi, og alle dyr har sin opptakskapasitet. Fylleverdien bestemmes både av innholdet av «fyllende» næringsstoffer som NDF og iNDF (Volden et al. 2011), og innholdet av gjæringsprodukter (Volden 2011).

Innholdet av smørsyre er kanskje den viktigste enkeltfaktoren når det gjelder gjæringskvalitet. Denne verdien bør alene være lav, idet mye smørsyre både gir dårlig smakelighet, er et tegn på at mye næring har gått tapt under ensileringa og betyr at fôret rett og slett er feilgjæra (Mo 2005). Et høyt innhold av ammoniakk viser også negativ korrelasjon med tørrstoffopptaket (Huhtanen et al. 2002), og er satt til en maks verdi på 80 g/kg N i NorFor (tabell 5). En høy ammoniakkkonsentrasjon tyder på at mye av proteinet i graset har blitt brutt ned. Noe omdanning av proteinet er uunngåelig, men likevel ikke ønskelig da kvaliteten på proteinet reduseres på grunn av at en større del blir løselig og AAT-verdien reduseres (Mo 2005).

Ulike alkoholer er også vanlige gjæringsprodukter i surfôr. Innhold av både etanol, metanol og propanol har vist å gi fôrsmak på mjølk (Mo et al. 2000). Dette bekreftes av Randby (2007) som i et fôringsforsøk med tilsetning av 200 gram ren propanol i fôr til mjølkekyr registrerte fôrsmak på mjølka. Etanolgjæring er også en relativt ny erfaring (Randby et al. 1999; Goplen 2011; Ulberg 2011). Foreløpig er det lite kunnskap om hva som er årsaken til at enkelte får så høye etanolverdier, og hvorfor dette setter smak på mjølka (Ulberg 2011). Huhtanen et al. (2002) fant ingen sammenheng mellom etanolnivå og tørrstoffopptak i sin studie. Det fant heller ikke Randby et al. (1999) i en studie hvor 600 gram ren etanol ble tilsatt fôret til mjølkekyr daglig. Det har heller ikke blitt funnet noen sammenheng mellom forekomst av etanol og innhold av andre gjæringsprodukter, da både surfôr av god gjæringskvalitet og feilgjæret surfôr kan inneholde høye etanolverdier (Randby 2011). Det viser seg imidlertid at etanolgjæring krever at det er nok sukker til stede i grasmassen. Sukkerinnholdet i gras som ga etanolgjæring i det ferdige surfôret, var i en studie av Driehuis & van Wikselaar (2000) den eneste parameteren som var signifikant høyere i forhold til gras som utviklet seg ved «normal» mjølkesyre-gjæring og lite etanol. Mye tyder også på at dersom det er nok sukker igjen etter at mjølkesyrebakteriene har skapt et stabilt miljø, kan gjærsoppen

gjøre seg nytte av dette sukkeret til å produsere etanol (Randby 2011), og dermed gi etanolgjæring selv om surfôret ellers er av god kvalitet. Normalt innhold av etanol varierer mellom 0-40 g/kg TS, men dersom nivået kommer over 8-12 g/kg TS kan det gi smak på mjølka (Eurofins 2012a).

3.3 Hygienisk kvalitet

Den hygieniske kvaliteten på fôret omfatter i all hovedsak mugg- og gjærsopp, i tillegg til ulike bakterier og sporer som finnes på fôret etter at det er ferdig ensilert. Ved fôring av hest er dette et stort problem, og er beskrevet i flere artikler (Wichert et al. 2008; Seguin et al. 2010). Mest litteratur finnes derfor på dette området, selv om hygienisk kvalitet stadig får mer oppmerksomhet også i fôr til mjølkeproduksjon. Det har i de senere årene blitt mer og mer vanlig å konservere fôret i rundballer, noe som har ført til at flere fortørker graset for å få mest mulig tørrstoff inn i hver ball, og på den måten sparer kostnader. Høyt tørrstoffinnhold vil redusere problemene med klostridiebakterier og smørsyregjæring, men fôret vil da bli mer utsatt for mugg. Dette fordi bakterier er følsomme ovenfor lav vannaktivitet, mens mugg- og gjærsopp ikke blir hemmet av dette i like stor grad (Muck et al. 2003). Høyt tørrstoffinnhold gjør det også vanskeligere å pakke fôret for å få ut lufta, samtidig som økt fortørking kan øke floraen av muggsopp på grasmaterialet (Selmer-Olsen 2005).

Tabell 6 viser nivået av mugg- og gjærsopp, enterobakterier, koliforme bakterier, bacillussporer og smørsyresporer i godt og dårlig ensilage til hest. Det forventes imidlertid ikke at forskjellene i kvalitetskrav for hygienisk kvalitet er så store mellom hest og ku.

Tabell 6. Krav til hygienisk kvalitet i ensilage til hest (log cfu/g¹) (Anderssen 2011).

	< 35 % TS		> 40 % TS	
	Bra	Dårlig	Bra	Dårlig
Mugg	< 2,5	> 4,0	< 3,0	> 4,5
Gjærsopp	< 3,0	> 4,5	< 4,0	> 6,0
Enterobakterier	< 2,0	> 4,0	< 2,0 ²	> 6,0
Koliforme bakterier 44°C	< 1,0	> 2,0	< 1,0	> 3,0
Bacillussporer	< 4,0	> 5,0	< 4,0	> 5,0
Smørsyresporer	< 1,2	> 2,4	< 1,2	> 2,5

¹ kolonidannende enheter per gram

² I ensilage med høyere TS innhold er det akseptabelt med noe høyere nivå

Gjærsoppen tåler både fortørking og lav pH godt, og mye fokus har i det siste blitt gitt til gjærsoppen og dens bruk av karbohydrater til å produsere etanol og CO₂, da den mistenkes for å stå bak de økende problemene med etanolgjæring (Randby 2011). Soppen kan også ha flere negative egenskaper i tillegg til å gi etanolgjæring. Dårlig tetting fører ofte til utvikling av mugg og mycel som gjerne ikke vises i de underliggende lag. Dette kan føre til utvikling av mykotoksiner eller giftstoffer, som kan gjøre store skader både hos dyr og mennesker (McDonald et al. 1991). Eksempler på slike problemer er abortering, nedsatt fôropptak, hormonell ubalanse og/eller nedsatt immunforsvar, særlig er dette et problem hos hest (Mo 2005). Det vil også skje en pH-stigning når muggsoppen utvikler seg, noe som vil skape gode forhold for listeriabakterien. Dette kan i verste fall forårsake hjernehinnebetennelse eller kasting både hos sau, geit og storfe (McDonald et al. 2002).

Enterobakterier er fakultativt anaerobe, men samtidig pH sensitive. I sterkt fortørka surfôr med restriktiv gjæring, kan de ha en fordel fordi det blir produsert lite syrer og pH er høy. Mengden enterobakterier i surfôret viser hvor vellykket konserveringa har vært fordi de vil være helt borte dersom pH raskt har blitt senket (Anderssen 2011). Koliforme bakterier 44°C er en samlebetegnelse på en gruppe enterobakterier som kan leve opp til 44°C. Dette er bakterier som hovedsakelig finnes i gjødsel, og derfor også i jord som plantene kan bli forurenset fra. *Escherichia coli* (E.coli) er kanskje den mest kjente bakteriegruppen, der noen av dem kan forårsake problemer, særlig i forbindelse med mastitt (Anderssen 2011).

Bacilli- og smørsyrebakterier som har gått over i sporeform kan være et stort problem ved at de kan komme over i mjølka og gi dårlig kvalitet (Anderssen 2011). Bakteriene er da inaktive, men når vekstforholdene blir gunstige (høy pH og lavt tørrstoff), kan de gå over i vegetativ fase igjen. Sporene er veldig hardføre og tåler både lav pH, lav vannaktivitet og høye temperaturer godt. Dette gjør at deres respektive bakterier kan overleve lange perioder også ved ugunstige miljøpåvirkninger (Phalow et al. 2003).

3.4 Aerob stabilitet

Aerob stabilitet er et mål på hvor lenge siloen holder seg stabil etter at den har blitt utsatt for luft. Dette måles ofte i den tiden det tar før temperaturen i grasmassen stiger over omgivelsestemperaturen. Ved åpning av siloen for utfôring, eller dersom det skjer en skade slik at det kommer luft til, vil det anaerobe miljøet skifte til et aerobt miljø. I starten er det de mest syretolerante organismene som utvikler seg. Gjærsoppen er da den mest dominerende

arten, men også noen typer bakterier vil være til stedet, som eddiksyre- og bacillibakterier. Disse bruker hovedsakelig sukker og gjæringsprodukter som mjølkesyre, eddiksyre og etanol for å skaffe seg energi. Under denne oksidasjonen blir det produsert varme, og det skjer en temperaturstigning i grasmassen. I tillegg vil også pH øke på grunn av at syrene blir brukt som energikilde. Dette fører til at andre arter som har en høyere temperatur- og pH-optimum, som muggsopp, også får gode vekstvilkår og bidrar til videre nedbrytning av næringsstoffene i surfôret (Phalow et al. 2003). Disse forandringene er imidlertid sterkt avhengig av omgivelsestemperaturen, idet disse prosessene vil foregå veldig sakte i kuldegrader (Mo 2005).

Det er stor variasjon i hvor lang tid det tar før det skjer en varmetvikling i siloen. Noen siloer viser varmgang allerede noen få timer etter åpning, mens andre kan holde seg stabile flere dager eller uker (Mo 2005). Mengden gjærsopp på utgangsmaterialet kan være noe av grunnen til disse forskjellene. Fortørking vil blant annet være med på øke populasjonen av gjærsopp i grasmassen og siloen kan bli mer utsatt for forringelse ved åpning (Woolford 1990).

Effekten av ensileringsmidler på den aerobe stabiliteten er godt dokumentert (Randby 2010a; Randby 2010b). Det viser seg at propionsyre har en antimikrobiell effekt og gir det mest stabile fôret. Maursyre er en sterkere syre og senker pH effektivt, den forbedrer den aerobe stabiliteten i forhold til ingen tilsetning, men har ingen hemmende effekt på gjærsoppen (Henderson et al. 1972). Et forsøk med økende mengde propionsyre i kombinasjon med maursyre viste at den aerobe stabiliteten økte med andelen propionsyre (Randby 2010b). Grunnen til dette er dissosiasjonsegenskapene til de ulike syrene, som avhenger av syrenes dissosiasjonskonstanter (pK). Mjølkesyre, propionsyre og eddiksyre har pK-verdier på henholdsvis 3,75, 4,87 og 4,76 (Phalow et al. 2003). Jo lavere pK er, jo sterkere er syra fordi den har en sterkere tendens til å dissosiere (Mathews et al. 2000). På grunn av at syrene kun har antimikrobiell effekt i udisosiert form (Mo 2005), vil de svake syrene være effektive mot mugg og gjær i blanding med sterke syrer som senker pH effektivt.

Den beste måten å forhindre varmgang og forringelse av siloen etter åpning, er å sørge for at fôret blir brukt opp så fort som mulig. På den måten vil den tida fôret utsettes for luft bli så kort som mulig. I tillegg vil også god pakking være viktig med tanke på at lufta får trenge minimalt inn i grasmassen fra overflaten.

4.0 Materiale og metoder

4.1 Rundballeforsøk (RB-24)

Dette forsøket ble gjennomført i samarbeid med TINE, Felleskjøpet Agri, Addcon Nordic, Probus og Norsk Landbruksrådgiving (LR).

4.1.1 Forsøksfeltet, botanisk sammensetning og utviklingstrinn

Det ble i utgangspunktet planlagt å gjennomføre forsøket på tre ulike gårder, men på grunn av dårlig vær var det kun mulig å gjennomføre det på den ene gården. Av samme årsak ble forsøket også utført ved et senere utviklingstrinn enn det som var ønskelig i utgangspunktet.

Forsøksenga ble overflatespredt med 2,5 - 3 tonn husdyrgjødsel per daa 25. april og 9 kg nitrogen (N34) 26. april 2011. Undersøkelser av enga med tanke på botanisk sammensetning og utviklingstrinn ble utført torsdag 2. juni 2011. Selve forsøket med pressing ble gjort søndag 5. juni 2011.

Forsøksfeltet var et relativt enkelt, rektangulært engstykke som ga lange og rette strenger. Det var brukt Spire Surfôr såfrøblanding med 50 % timotei, 30 % engsvingel, 10 % raigras og 10 % rødkløver ved siste fornying i 2007. Alderen på enga (4. års eng) hadde gjort at den enkelte steder var relativt tynn og den botaniske sammensetningen hadde endret seg. Det daværende innholdet av timotei og rødkløver ble anslått «på skjønn» etter en befaring i enga.

For å finne det gjennomsnittlige fenologiske utviklingstrinnet på enga ble det brukt en gammel, men kjent metode. Det ble høstet to felt på 20 x 20 cm hvor bestanden av henholdsvis timotei og rødkløver var høy. Timoteistråene ble så sortert etter følgende utviklingstrinn (figur 5):

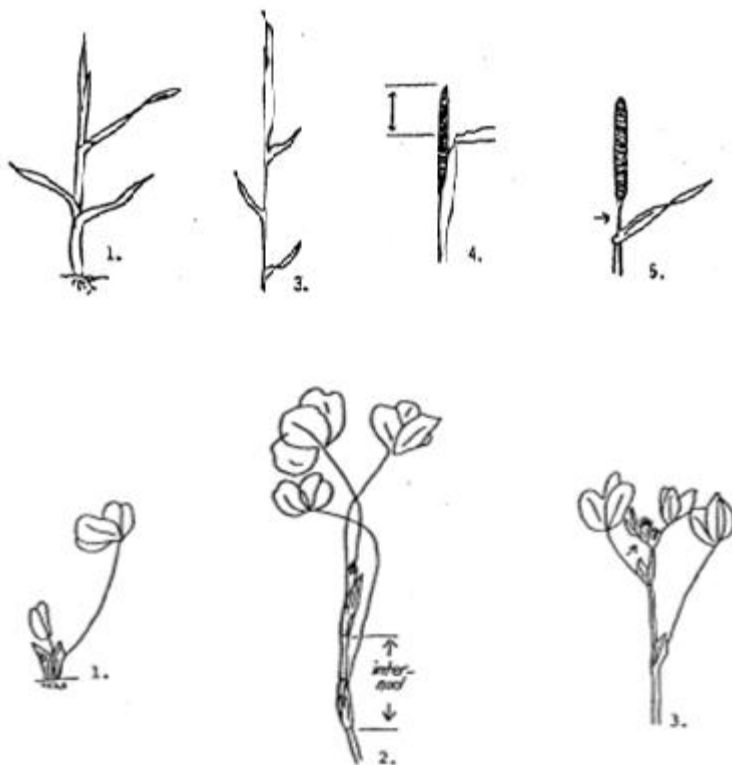
1. Bladstadiet: bare blad og bladslirer
2. Stengelstrekking: minst ett synlig nodium på strået, men ser ikke noe til akset
3. Begynnende skyting: en liten del av akset er synlig
4. Skyting: halve akset er synlig over flaggbladet
5. Full skyting: det aksbærende strået er synlig mellom flaggbladet og akset

Timoteien ble anslått til å være i bladstadiet, stengelstrekking, begynnende skyting, skyting eller full skyting dersom andelen i de ulike gruppene minst var henholdsvis 100, 50, 10, 50 og 50 %.

Rødkløveren ble oppdelt i følgende grupper/stadier (figur 5):

1. Bladstadie: bare blad og bladstilker
2. Stengelstrekking: internodiene er synlige, det vil si at det er minst 1 cm mellom bladfestene.
3. Begynnende knopping: knoppsamling på hovedstilken er synlig.

Rødkløveren i enga ble anslått til å være i stengelstrekking eller begynnende knopping dersom andelen i de to gruppene minst var henholdsvis 100, 50 og 10 %. Dersom andelen ikke kom opp på dette nivået, men de fleste besto av blad og bladstilker, ble rødkløveren vurdert til å være på bladstadiet.



Figur 5. Utviklingsstadium hos gras (timotei) og engbelgvekster (rødkløver) (modifisert etter Norsk Institutt for Planteforskning 1995).

4.1.2 Forsøksdesign

Forsøket var lagt opp som et blokkforsøk med seks blokker totalt og fire ensileringsledd per blokk:

Negativ kontroll, uten tilsetning

Inokulant, Sil-All 4x4

Kofasil Ultra

Ensil Pluss

Totalt antall rundballer ble $4 \times 6 = 24$, og hvert ensileringsmiddel ble brukt på seks baller. Rekkefølgen på hva som skulle tilsettes de enkelte ballene innen hver blokk ble bestemt ved tilfeldig utvalg med loddtrekking før forsøksstart. På grunn av fare for utfelling av partikler som tetter syreutstyret, ble syreapparatet renset med vann før og etter pressing av baller med Kofasil Ultra.

Tabell 7 viser det kjemiske innholdet av de ulike ensileringsmidlene som ble brukt i forsøket. I tillegg til de bakteriene som er oppgitt i tabellen, inneholder Sil-All også fire enzymer; α -amylase, cellulase, hemicellulase og xylase.

Tabell 7. Kjemisk innhold i de ulike ensileringsmidlene brukt i forsøket.

Kofasil Ultra	Ensil Pluss	Sil-All 4x4
Natriumnitritt 8-13 %	Maursyre 54 %	<i>Lactobacillus plantarum</i>
Heksametylentetramin 5-9 %	Propionsyre 18 %	<i>Pedicoccus acidilactici</i>
Natriumpropionat 3,5–5,5 %	Natrium 8 %	<i>Lactobacillus salvarus</i>
Natriumbenzonat 10-15 %		<i>Enterococcus faecium</i>
		Dextrose
		Gjærekstrakt

Den planlagte doseringen av de ulike ensileringsmidlene går frem av tabell 8.

Tabell 8. Planlagt dosering av de ulike ensileringsmidlene.

Ensileringmiddel	Dosering l/tonn	Tetthet	Dosering kg/tonn
Kofasil Ultra	3,0	1,18	3,54
Ensil Pluss	5,0	1,256	6,28
Sil-All 4x4	5,0	1,0	5,0

4.1.3 Praktisk gjennomføring

4.1.3.1 Høsteteknikk

Enga ble slått i breistreng på ettermiddagen/kvelden torsdag 2. juni 2011. Graset ble ikke spredt eller vendt i tørkeperioden, men tørket i strengen i tre døgn for å oppnå en tørrstoffprosent på minst 40. To og to grasstrenger ble så raket sammen ved hjelp av en høyvender av typen Kuhn GA8532, like før pressing.

Høstestyret besto av separat presse og pakker. Selve pressingen startet på ettermiddagen søndag 5. juni 2011. Det ble brukt ei rundballepresse med variabelt kammer av typen Feraboli Sprinter 165. Innstillingen av syreapparatet på pressa ble gjort ved å kjøre vann gjennom pumpa på ulikt turtall og ulik innstilling på syreapparatet, for deretter å veie mengden vann som kom ut av syrepumpa. Rundballepakkeren som ble brukt i forsøket var en Auto Wrap 1300. Forsøksballene ble pakket inn med åtte lag plast av typen Triowrap.

Ballene ble lagret enkeltvis på kanten av forsøksfeltet, til de ble åpnet 16 – 20 uker etter ensilering i september/oktober.

4.1.3.2 Registreringer

Kannene med ensileringsmidler ble veid før og etter hver ball for å finne kg ensileringsmiddel brukt per ball. Alle ballene ble veid uten plast, og kg ensileringsmiddel per tonn ble regnet ut og notert på eget ark. Dersom dette ga for stort avvik fra de anbefalte doseringene (tabell 8), ble rundballen tatt ut av forsøket og erstattet med en ny ball med samme ensileringsmiddel. Det ble tolerert et avvik på +/- 1kg/tonn, men i gjennomsnitt bør ballene ligge rundt anbefalt nivå.

Ved pressing ble klokkeslett, hastighet (km/t), innstilling på syreapparat og tid brukt på hver ball registrert for lett å kunne gjøre eventuelle justeringer dersom det ble for store avvik i doseringa. Hver ball ble merket med ballenummer med en merkelapp på nettet med en gang de var kommet ut av kammeret og med sprittusj på plasten etter at de var innpakket.

4.1.3.3 Prøveuttak og åpning av ballene

Det ble i forbindelse med uttak av prøver til bestemmelse av fenologisk utviklingstrinn før slått, også tatt ut en prøve av det ferske grasmaterialet tilfeldig rundt i enga. Dette ble lagt i fryseren i påvente av bearbeiding og analyse.

Like etter pressing, men før innpakking i plast ble det tatt ut en prøve fra hver ball med et manuelt prøvebor. Grasprøver fra 4 baller innen samme blokk (én ball med hvert ensileringsmiddel) ble slått sammen til en prøve. Disse ble lagt i en isoporboks med fryseelementer for rask nedkjøling, for senere å bli lagret i fryseren i påvente av analyse.



Figur 6. Manuelt prøvebor brukt til uttak av grasprøver.

Fire og fire forsøksballer ble åpnet om gangen (en blokk per gang) i perioden 26. september til 21. oktober 2011. Før åpning ble plasten vurdert for eventuelle skader. Hele plasten ble tatt av, og overflaten ble vurdert for mugg- og gjærdannelse. Ved uttak av prøver ble det benyttet en elektrisk drill med prøvebor. Prøveboret ble dyppet i rødsprit mellom hver ball for desinfeksjon. Halvparten av prøvestikkene ble tatt i borrets fulle lengde (ca. 55 cm), og halvparten ca. halv lengde for å få et representativt materiale. Ca. 1 300 gram prøvemateriale ble tatt ut fra hver ball. Dette ble fordelt i tre prøveposer, to på 300 – 400 gram og en på ca. 500 gram, og lagret i fryseren til alle prøvene var klare for analyse.

4.1.4 Fôranalyser

Alle grasprøvene (6 blokker + 1 fersk) ble analysert for tørrstoff (TS), akse, vannløselige karbohydrater (WSC) og nitrogen (Kjeldahl-N) og bufferkapasitet (ikke fersk prøve) på LabTek på IHA, UMB.

Surfôrprøvene (24 stk) ble sendt til Eurofins for analyse av gjæringskvalitet, næringskvalitet og hygienisk kvalitet. De ble i tillegg også analysert for WSC på LabTek på UMB. Organiske syrer, alkoholer og WSC i surfôrprøvene ble i tillegg også analysert på Humbolt Universitetet i Berlin. Alle surfôrprøvene ble også testet for aerob stabilitet på Stoffskifteavdelingen på IHA, UMB.

4.1.4.1 LabTek, IHA

For analysering av tørkefaktor 1 (DM1) ble grasprøvene frysetørket og veid etter luftekvilibrering i minimum fire timer. Minimum 10 gram av den tørka prøven ble så malt på

Retsch kuttemølle med 1 mm sold. Dette var grunnlaget for videre analysering av TS, aske og Kjeldahl-N. Tørkefaktor 2 (DM2) ble funnet ved at en viss mengde ble tørket ved 103°C til konstant vekt i minimum fire timer. Tørrstoffinnholdet ble bestemt ved: DM1 x DM2, i henhold til Åkerlind et al. (2011). Askeinnholdet ble bestemt med forbrenning på 550°C i minimum fire timer i en foraskingsovn, og organisk stoff ble bestemt ved: 1000 – aske. Total N ble analysert ved hjelp av Kjeldahl-N metoden på Kjeltex 1035/1038 fra Teactor ved bruk av Cu som katalysator. Proteininnholdet ble deretter bestemt som: N x 6,25.

Før analysering av vannløselige karbohydrater (WSC) i gras- og surfôrprøvene (6+1+24), ble 50 g rå prøve kuttet til en lengde på ca. 1cm. WSC ble så analysert i rå prøve i henhold til Randby et al. (2010).

Tre grasprøver ble analysert for bufferkapasitet. Et representativt materiale på 15 gram fra hver blokk ble tatt ut, hvorav to og to blokker ble slått sammen til ei prøve på ca. 30 gram. Henholdsvis blokk 1 og 2, blokk 3 og 4 og blokk 5 og 6 ble slått sammen. Disse prøvene ble analysert for bufferkapasitet i henhold til Playne & McDonald (1966).

Surfôrprøvene ble tørket til stabil vekt ved < 60°C (ca. 48 timer) og veid varm ut. Tørrstoffinnholdet ble bestemt ved korrigeringsfaktor for flyktige komponenter i henhold til NorFor (Åkerlind et al. 2011). Det ble brukt flyktige komponenter analysert ved Berlin til denne korrigeringsfaktoren.

4.1.4.2 Eurofins

På Eurofins ble surfôrprøvene analysert i henhold til standard analysemetoder for NIR Norfôrpakke, samt Etanol + gjæringskvalitet og Hygienepakke.

NIR Norfôrpakke analyserer ved hjelp av infrarød laser innholdet av FEm, energi (NEL), protein, løselig protein, AAT, PBV, NDF, iNDF aske, sukker og fordøyelighet av organisk stoff (OMD). Organisk stoff ble bestemt ved: 1000 – aske.

Etanol + gjæringskvalitet (maursyre, mjølkesyre, eddiksyre, propionsyre, smørsyre og NH₃N) ble analysert i henhold til Randby et al. (2010).

Hygienepakken analyserte for smørsyresporer, bacillussporer, koliforme bakterier, enterobakterier, mugg- og gjærsopp ved dyrking på ulike typer agar. Mugg- og gjærsopp ble dyrket på Dichloran rose bengal (DRBC) agar fra rått grasmateriale og inkubert ved 25°C i

fem dager. Deretter ble mugg- og gjærkoloniene talt opp ved hjelp av et mikroskop. Violettrødt-galla-glukose-agar (VRGG) ble brukt til å dyrke fram enterobakterier ved inkubering i 24 timer ved 37⁰C. Koliforme bakterier 44⁰C ble dypdyrket i petriskåler med et lag Trypicase soy (TSA) agar og ett lag VRGG agar som inkuberes i 34 timer ved 44⁰C. Både til identifisering av smørсыresporer og bacillusporer ble 20 gram prøve tilsatt bufret pepton i forholdet 1:10. Deretter ble prøvene kokt i et rør i 12 minutter ved 80⁰C. Bacillusporer ble deretter dyrket fram på Brain Heart Infusion (BHI) agar med 2 dagers inkubering ved 30⁰C. Stavliggende bakterier (bacillus) ble så talt opp i mikroskop. Til smørсыresporer ble det brukt Reinforced clostridial agar (RCM) til inkubering av prøven i 2 døgn ved 37⁰C. Antall gule kolonier ble talt opp.

4.1.4.3 Berlin

50 g frossent ferskt surfôr ble kuttet til ca. 1 cm lengde. Deretter ble prøvene blandet med 1ml toluen og 400 ml destillert vann, og satt kjølig i ett døgn før de ble omrørt og filtrert gjennom et papir.

pH ble målt rett i ekstraktet ved hjelp av pH-meter inoLab pH Level 1 – WTW.

For bestemmelse av vannløselige karbohydrater (WSC) ble ekstraktet blandet med en teskje Carrez-mix (2 deler ZnSO₄ + 1 del kaliumhexacyanoferrat). Etter et par minutter ble ekstraktet filtrert på nytt for å gi en klar væske. 4 ml av det nye ekstraktet ble deretter tilsatt 16 ml HgCl₂ før WSC innholdet ble bestemt fotometrisk ved 95⁰C med H₂SO₄ som reagent og avlest ved 630 nm. NH₃N konsentrasjonen ble også analysert fotometrisk (CFSA) basert på Berthelot reaksjon.

Mjølkesyre ble analysert ved HPLC (high-performance liquid chromatography) i henhold til Weiss & Kaiser (1995), mens andre syrer og alkoholer ble analysert med gasskromatografi i henhold til Weiss (2001).

4.1.4.4 Aerob stabilitet

Alle surfôrprøvene ble testet for aerob stabilitet. En pose på 500 gram fra hver rundball ble plassert i hver sin isolerte beholder med lufteåpning i toppen og to hull i bunnen slik at luft fikk komme til. Midt i surfôrprøven ble det lagt en temperaturmåler med ledning til en Delta-T-logger som registrerte temperaturen hver fjerde time over flere døgn. Fem tilfeldige isoporbokser ble brukt til registrering av romtemperatur. Prøvene ble ansett som stabile helt til

temperaturen i grasmaterialet nådde tre grader over romtemperatur (20°C), i dette tilfellet dersom temperaturen i grasmaterialet kom over 23°C .

4.1.5 Statistisk behandling

Den statistiske behandlingen ble utført i SAS 9.2 der Proc GLM (General Linear Model) ble brukt. Middeltallene ble presentert som LSmeans og forskjell mellom middeltallene er bestemt ved pdiff – statementet. De ble vurdert som forskjellig ved $P < 0,05$, og tendens til forskjellig ved $P < 0,1$.

Modell brukt ved de statistiske analysene:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + e_{ij}$$

Hvor;

Y_{ijk} = responsvariabel (ulike parameterne for næringsverdi, gjæringskvalitet, hygienisk kvalitet, aerob stabilitet) for blokk i og ensileringsmiddel j .

μ = generelt middel

A = effekt av blokk, $i = 1 - 6$

B = effekt av ensileringsmiddel, $j = 1 - 4$

e_{ij} = feilledet til blokk i og ensileringsmiddel j .

4.2 Data fra NorFor sin database for grovfôranalyser (FAS)

4.2.1 Databearbeiding

NorFor systemet ble innført i 2007, og med det nye fôrvurderingssystemet ble det innført nye analyseparametere for energi og protein. Av den grunn ble det til denne studien hentet fôranalyser fra perioden 2007-2011 (fem år). Det ble kun plukket ut fôranalyser fra grassurfôr.

Ved bestilling av standard NIR Norforpakke på Eurofins, ble det fra høsten 2011 også analysert for mjølkesyre, eddiksyre og ammoniakk på NIR. For å få med også de andre gjæringsproduktene og for at disse skal analyseres kjemisk, må det bestilles for gjæringskvalitet. Smørsyre er et viktig gjæringsprodukt som analyseres på alle prøver som blir analysert for gjæringskvalitet. På grunn av at det var gjæringskvaliteten som var det essensielle i denne delen av oppgaven, ble alle fôranalyser uten smørsyre slettet fra datasettet slik at kun fôranalyser med gjæringskvalitet ble med i datasettet. Gjæringsproduktene i denne oppgaven er derfor alle analysert kjemisk ved high-performance liquid chromatography (HPLC), mens næringskvaliteten er analysert med NIR.

Etanol blir ikke med i den vanlige gjæringsanalysen, og må bestilles i tillegg. Det er derfor vesentlig færre fôranalyser med etanol i forhold til de andre gjæringsproduktene i datasettet.

En oversikt over de ensileringsmidlene som ble undersøkt i denne studien går fram av tabell 9. Tabellen viser også anbefalt dosering og bruksområde fra produsentene og hva som er de virksomme stoffene i midlene. Det ble valgt ut sju ensileringsmidler, i tillegg til ensilering uten bruk av ensileringsmiddel (=8 ledd). Tre av disse ble valgt ut på grunn av at de ble brukt i feltforsøket RB-24. De resterende ensileringsmidlene ble valgt ut på grunnlag av at de hadde flest observasjoner.

Tabell 9. Oversikt over ensileringsmidlene som ble brukt i undersøkelsen.

Ensileringsmiddel	Anbefalt dosering, l/tonn	Virksomt stoff	Bruksområde, anbefalt fra produsentene
Sil-All	2	Mjølkesyrebakterier Enzymer	Alle forhold
Kofasil Ultra	3,5 – 4,5	3,7 % propionsyre 11 % benzosyre 10,6 % NaNO ₂ 7,2 % hexamethylentetramin	30 - 65 % TS Rundballer (og plansilo med god ventilasjon)
GrasAAT Plus	3-5	45 % maursyre 12 % propionsyre 1,5 % benzosyre	25 - 45 % TS Alle silotyper
Ensil Pluss	4-6	54 % maursyre 18 % propionsyre	25 – 45 % TS Alle silotyper
GrasAAT Lacto	3- 5	72 % maursyre 1,5 % laktose	15 - 30 % TS Alle silotyper
Ensil 1	3-5	75 % maursyre	Alle forhold
Maursyre	3-5	85 % maursyre	Alle forhold

Det ble valgt å se på tre ulike lagringssystemer; plansilo, tårnsilo og rundballer. Surfôr lagret i andre systemer ble slettet fra datasettet. På grunn av få analyser av surfôr i 3.slått, ble kun 1. og 2. slått tatt med i datasettet. Begrensninger på tørrstoffinnholdet ble satt slik at kun surfôrprøver med et tørrstoffinnhold på mellom 150 og 800 g/kg ble med. For studien av ensileringsmidlene ble prøvene delt i tre tørrstoffklasser; < 25 %, 25-35 % og > 35 %. De ulike parameterne ble deretter sjekket for normalfordeling og unormale verdier. Såkalte «outliere» og andre verdier som virket usannsynlige ble slettet. Datasettet besto deretter av 8443 fôranalyser totalt for de fem årene.

Tabell 10, 11 og 12 viser antall observasjoner for de ulike ensileringsmidlene innen henholdsvis hvert tørrstoffnivå (TS), lagringssystem (LS) og slåttenummer (SN). Ensilerings uten tilsetning var vanlig ved alle tørrstoffnivå (tabell 10), med en økende andel ved stigende tørrstoffnivå. Andelen av de rene maursyremidlene (Maursyre, Ensil 1 og GrasAAT Lacto)

sank ved økende tørrstoffnivå, mens andelen ensileringsmidler med propionsyre (GrasAAT Plus, Ensil Pluss og Kofasil Ultra) økte. Det samme var også tilfellet for Sil-All.

Tabell 10. Antall observasjoner for hvert ensileringsmiddel innen hvert tørrstoffnivå.

Ensileringsmiddel	Tørrstoffnivå			Totalt
	< 25 %	25 – 35 %	> 35 %	
Uten	761	788	490	2039
Sil-All	181	175	135	491
Kofasil Ultra	56	45	48	149
GrasAAT Plus	259	367	191	817
Ensil Pluss	260	312	148	720
GrasAAT Lacto	525	348	64	937
Ensil 1	1716	1040	201	2957
Maursyre	232	89	12	333
Totalt	3990	3164	1289	8443

Ved bruk av rundballer som lagringssystem var hele 45 % ensilert uten tilsetning, mens bare 2-3 % av prøvene i tårn- og plansilo ikke var tilsatt ensileringsmiddel (tabell 11). Syrebaserte ensileringsmidler ble i større grad brukt i siloer med unntak av Ensil Pluss som var noe mer praktisert i rundballer, i likhet med Sil-All og Kofasil Ultra.

Tabell 11. Antall observasjoner for hvert ensileringsmiddel innen hvert lagringssystem.

Ensileringsmiddel	Lagringsmåte			Totalt
	Plansilo	Tårnsilo	Rundballer	
Uten	57	39	1943	2039
Sil-All	98	95	298	491
Kofasil Ultra	15	6	128	149
GrasAAT Plus	177	270	370	817
Ensil Pluss	132	158	430	720
GrasAAT Lacto	225	496	216	937
Ensil 1	814	1227	916	2957
Maursyre	149	175	9	333
Totalt	1667	2466	4310	8443

Som tabell 12 viser, er hoveddelen av de fôrprøvene som er grunnlaget for denne undersøkelsen blitt høstet ved 1.slått.

Tabell 12. Antall observasjoner for hvert ensileringsmiddel for 1. og 2. slått.

Ensileringsmiddel	Slått nummer		Totalt
	1	2	
Uten	1370	669	2039
Sil-All	319	172	491
Kofasil Ultra	116	33	149
GrasAAT Plus	538	270	817
Ensil Pluss	483	237	720
GrasAAT Lacto	632	305	937
Ensil 1	2035	922	2957
Maursyre	242	91	333
Totalt	5735	2708	8443

4.2.2 Statistisk behandling

Den statistiske behandlingen for dataene fra FAS ble utført i statistikkprogrammet SAS 9.2 med metoden Proc Mixed. Fylke, tørrstoffnivå, ensileringsmiddel, lagringsmåte og slått nummer ble lagt inn i modellen som faste effekter, mens år ble lagt inn som tilfeldig effekt.

Følgende modell ble brukt ved de statistiske analysene:

$$Y_{ijklmn} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + E_m + F_n + G_{il} + H_{im} + I_{in} + J_{lm} + K_{ln} + L_{mn} + e_{ijklmn}$$

Hvor;

Y_{ijklmn} = responsvariabel (de ulike parameterne for gjæringskvalitet).

μ = generell middel

A = fast effekt av tørrstoffnivå, der tørrstoffnivå er i og $i = 1 - 3$

B = fast effekt av fylke, der fylke er j og $j = 1 - 19$

C = tilfeldig effekt av år, der år er k og $k = 1 - 5$

D = fast effekt av ensileringsmiddel, der ensileringsmiddel er l og $l = 1 - 8$

E = fast effekt av lagringsmåte, der lagringsmåte er m og $m = 1 - 3$

F = fast effekt av slått nummer, der slått nummer er n og $n = 1 - 2$

G = samspillseffekt av A x D, for nivå i og l

H = samspillseffekt av A x E, for nivå i og m

I = samspillseffekt av A x F, for nivå i og n

J = samspillseffekt av D x E, for nivå l og m

K = samspillseffekt av D x F, for nivå l og n

L = samspillseffekt av E x F, for nivå m og n

e_{ijklmn} = feilvariasjon på modellen

Middeltallene er presentert som LSMeans og forskjell mellom middeltall ble bestemt ved pdiff – statementet. Middeltallene ble vurdert som forskjellig dersom $P < 0,05$.

På grunn av få analyser av etanol med Kofasil Ultra innen hver tørrstoffgruppe og lagringssystem, var det ikke grunnlag for å kjøre statistikk på dette ensileringsmidlet. Kofasil Ultra ble derfor slettet fra datasettet når statistikken for etanol ble kjørt.

5.0 Resultat

5.1 Rundballeforsøk (RB-24)

5.1.1 Botanisk sammensetning og utviklingstrinn

Forsøksenga ble anslått til å inneholde ca. 60 % timotei og 10 % rødkløver. Resten besto av andre grasarter og noe ugras. Raigraset som ble sådd i enga hadde trolig gått ut, mest sannsynlig på grunn av harde vintre (særlig sist vinter).

I henhold til figur 5 ble rødkløveren funnet å være i kategori 2, det vil si stengelstrekking. Enga som helhet ble vurdert ut fra utviklingstrinnet til timoteien, som ble funnet å være i begynnende skyting (kategori 3) (figur 5) rett før slått.

5.1.2 Kjemisk sammensetning, bufferkapasitet og hygienisk kvalitet på graset

Tabell 13 viser grasetts kjemiske sammensetning og hygienisk kvalitet rett før slått og etter fortørking (blokk), i tillegg til bufferkapasiteten til det fortørka graset. Det ble ikke påvist smørsyresporer eller koliforme bakterier i noen av grasprøvene. Prøvene som ble tatt rett før slått er ikke tatt med i gjennomsnittsverdien.

Tabell 13. Kjemisk sammensetning, bufferkapasitet og hygienisk kvalitet på graset.

	g/kg TS				mEq ¹ /kg TS	log cfu/g ²			
	TS	Organisk stoff	Råprotein	WSC ³	Bufferkapasitet	Gjær	Mugg	Bacillus sporer	Entero bakterier
Før slått	211	935	136	104		5,3	2,0	3,0	4,2
Blokk									
1	543	934	153	90	234	3,3	2,8	3,0	3,7
2	503	932	153	99	234	2,8	2,0	3,5	4,2
3	506	932	152	90	281	2,3	3,3	3,5	3,8
4	498	934	156	102	281	2,6	2,0	4,6	2,0
5	572	932	150	74	262	4,0	3,7	3,0	3,0
6	444	935	145	111	262	2,0	4,6	3,0	3,0
Gj.snitt	511	933	151	94	259	2,8	3,1	3,4	3,3

¹ Milliekvivalenter lut som trengs for å heve pH i 1kg TS fra 5 til 6.

² Antall kolonidannende bakterier eller sopp per gram før

³ WSC = vannløselige karbohydrater

5.1.3 Næringsverdi

Tabell 14 viser næringsverdien på surfôret ensilert med de ulike forsøksleddene.

Ensileringsmiddel ga ingen effekt verken på den gamle energiverdien; fôrenheter mjølk (FEm), eller den nye energiverdien; nettoenergi laktasjon (NEL₂₀). Det ga heller ingen effekt på fordøyelighet av organisk stoff (OMD), innhold av nøytralt løselig fiber (NDF), ufordøyelig NDF (iNDF) eller andelen løselig protein. Det var en tendens til forskjell på innholdet av protein og organisk stoff, hvor Kontroll og Sil-All ga noe høyere proteininnhold og noe lavere innhold av organisk stoff i forhold til Kofasil Ultra og Ensil Pluss.

Tabell 14. Kjemisk sammensetning som effekt av ulike ensileringsmidler.

		Ensileringsledd				SEM ¹	P
		Kontroll	Sil-All	Kofasil Ultra	Ensil Pluss		
N		6	6	6	6		
TS	g/kg TS	574	566	572	552	0,65	NS
OS²	g/kg TS	949	943	950	950	1,06	0,078
Protein	g/kg TS	180	181	177	169	1,74	0,066
Løs prot³	g/kg Prot	534	546	514	530	5,76	NS
NDF	g/kg TS	568	553	560	564	3,02	NS
iNDF	g/kg NDF	117	115	112	108	3,30	NS
Sukker	g/kg TS	44,5 ^b	29,2 ^a	54,8 ^c	63,2 ^d	2,83	< 0,0001
AAT₂₀	g/kg TS	94 ^b	90 ^a	95 ^b	95 ^b	0,45	< 0,0001
PBV₂₀	g/kg TS	34 ^{bc}	41 ^c	30 ^{ab}	22 ^a	1,90	0,0012
OMD	%	71,9	72,8	72,5	73,4	0,31	NS
NEL₂₀	MJ/kg TS	6,29	6,35	6,33	6,42	0,03	NS
FEm	pr. kg TS	0,89	0,89	0,90	0,90	0,004	NS

abcd = ulike bokstaver i horisontal retning indikerer signifikant forskjell mellom ensileringsleddene

¹ SEM = standardfeilen til gjennomsnittet

² Organisk stoff

³ Løselig protein

Alle ensileringsmidlene ga derimot signifikante forskjeller i sukkerinnholdet. Ensil Pluss ga det høyeste sukkerinnholdet på 63 g/kg TS, og Sil-All har det laveste på 29 g/kg TS. Kofasil Ultra og Kontroll kom i en mellomstilling med henholdsvis 55 og 45 g/kg TS.

Tilsetning av ensileringsmiddel ga også signifikant effekt på AAT₂₀ og PBV₂₀ i surfôret, hvor Sil-All fikk et signifikant lavere innhold av AAT₂₀, men samtidig også det signifikant høyeste innholdet av PBV₂₀ i forhold til de andre ensileringsmidlene.

5.1.4 Gjæringskvalitet

Hovedhensikten med å analysere for gjæringskvalitet i Berlin i tillegg til Eurofins, var at laboratoriet i Berlin kunne analysere for flere alkoholer enn det som er mulig på Eurofins. På grunn av at det også er andre alkoholer enn etanol som kan gi fôrsmak på mjølk, kunne vi ved å analysere for disse, undersøke hvilke ensileringsmidler som eventuelt gir effekt. Mange av de andre gjæringsproduktene ble dermed analysert på begge laboratoriene. På grunn av at flere av resultatene viste store avvik mellom laboratoriene, ble alle resultatene fra begge laboratoriene vist i tabellene. Årsaken til disse forskjellene er imidlertid ikke en del av denne oppgaven, og blir derfor ikke diskutert. Det er likevel viktig å være klar over at store forskjeller kan forekomme.

Som tabell 15 viser, ga ensileringsmiddel signifikant effekt på pH, vannløselige karbohydrater (WSC) og ammoniakk-nitrogen (NH₃N). Alle ensileringsmidlene ga signifikante forskjeller i pH-verdien, hvor Sil-All ga den laveste verdien, etterfulgt av Ensil Pluss, Kontroll, og Kofasil Ultra med høyest pH.

Kofasil Ultra og Ensil Pluss ga signifikant høyere innhold av WSC, mens ensilering med Sil-All ga det laveste WSC-innholdet. Trenden er den samme for verdiene analysert både ved Eurofins og i Berlin, men forskjellen mellom laboratoriene er imidlertid varierende med omtrent like verdier for Sil-All og veldig store forskjeller for Ensil Pluss. Verdiene analysert i Berlin ligger likevel konsekvent noe over WSC-verdiene analysert ved IHA.

Den samme trenden mellom laboratoriene ser vi også for ammoniakkverdiene, hvor resultatene fra Berlin ligger over Eurofins med 13 – 18 g/kg N. Begge laboratoriene viser at surfôr ensilert med Ensil Pluss hadde et signifikant lavere ammoniakkinnhold enn de andre ensileringsleddene. For Berlin-verdiene var det ingen forskjeller mellom de andre ensileringsleddene, mens verdiene fra Eurofins ga et signifikant lavere ammoniakkinnhold i surfôr ensilert med Sil-All i forhold til Kofasil Ultra.

Tabell 15. pH, WSC og NH₃N i surfôret.

	Ensileringsledd				SEM	P	
	Kontroll	Sil-All	Kofasil Ultra	Ensil Pluss			
N	6	6	6	6			
pH	5,52 ^c	4,53 ^a	5,89 ^d	5,09 ^b	0,11	<0,0001	
Eurofins / LabTek, IHA							
WSC ¹	g/kg TS	50,9 ^a	45,2 ^a	67,2 ^b	69,9 ^b	3,17	0,001
NH ₃ N ²	g/kg N	40,3 ^{bc}	39,0 ^b	45,2 ^c	29,2 ^a	1,52	0,0005
NH ₃ N ²	g/kg TS	1,22 ^b	1,18 ^b	1,31 ^b	0,83 ^a	0,05	0,0007
Berlin							
WSC	g/kg TS	57,9 ^b	45,4 ^a	72,3 ^c	85,6 ^d	4,43	<0,0001
NH ₃ N	g/kg N	58,4 ^b	57,6 ^b	58,9 ^b	47,7 ^a	1,66	0,021
NH ₃ N	g/kg TS	1,68 ^b	1,67 ^b	1,66 ^b	1,29 ^a	0,05	0,0051

abcd = ulike bokstaver i horisontal retning indikerer signifikant forskjell mellom ensileringsleddene

¹ WSC analysert på LabTek, IHA

² NH₃N analysert på Eurofins

Innholdet av de organiske syrene i surfôret går fram av tabell 16. Maursyre ble kun påvist i surfôr tilsatt det maursyrebaserte ensileringsmidlet, Ensil Pluss, og ble bare analysert ved laboratoriet på Eurofins.

For begge laboratoriene ble det funnet signifikant høyere innhold av mjølkesyre i surfôr ensilert med Sil-All i forhold til alle de andre surfôrtypene. Forskjellen mellom laboratoriene varierte, med liten forskjell i resultatene for Kontroll og Sil-All hvor verdiene fra Eurofins lå noe høyere enn i Berlin. For Kofasil Ultra og Ensil Pluss, derimot, var forskjellen veldig stor.

Sil-All ga også et signifikant høyere innhold av eddiksyre i forhold til de andre ensileringsleddene. Kofasil Ultra ga et signifikant høyere eddiksyreinnhold i forhold til Ensil Pluss ved analysing på Eurofins, mens analysing i Berlin ga like resultater.

Propionsyre ble ikke påvist på laboratoriet på Eurofins, mens det i Berlin ble funnet propionsyre i de surfôrtypene som var ensilert med ensileringsmidler som inneholder propionsyre; Kofasil Ultra og Ensil Pluss, med et signifikant høyere innhold i Ensil Pluss.

Laboratoriet i Berlin har ikke påvist smørsyre i noe av surfôret, mens Eurofins har funnet små mengder i alle leddene med unntak av Kofasil Ultra. I tillegg er det også en sterk tendens til at Sil-All hadde signifikant høyere smørsyreverdier i forhold til både Ensil Pluss og Kontroll, med p-verdier på henholdsvis 0,052 og 0,055.

Tabell 16. Innhold av organiske syrer (g/kg TS) analysert ved Eurofins og i Berlin.

	Ensileringsledd				SEM	P
	Kontroll	Sil-All	Kofasil Ultra	Ensil Pluss		
N	6	6	6	6		
	Eurofins					
Maurusyre	0 ^a	0 ^a	0 ^a	5,3 ^b	0,49	<0,0001
Mjølkesyre	12,3 ^a	38,3 ^b	10,4 ^a	9,4 ^a	2,70	<0,0001
Eddiksyre	3,8 ^{bc}	4,4 ^c	3,7 ^b	1,7 ^a	0,24	<0,0001
Propionsyre	0	0	0	0	0	
Smørsyre	0,1 ^b	0,3 ^b	0 ^a	0,1 ^b	0,04	0,046
Totale syrer	16,2 ^a	43,0 ^b	14,1 ^a	16,5 ^a	2,72	<0,0001
	Berlin					
Mjølkesyre	11,0 ^b	43,5 ^c	4,5 ^a	0 ^a	3,67	<0,0001
Eddiksyre	5,4 ^a	6,8 ^b	5,1 ^a	5,1 ^a	0,22	0,0096
Propionsyre	0 ^a	0 ^a	0,4 ^b	1,8 ^c	0,16	<0,0001
Smørsyre	0	0	0	0	0	
Totale syrer	16,3 ^b	50,3 ^c	9,9 ^{ab}	6,9 ^a	3,76	<0,0001

abc = ulike bokstaver i horisontal retning indikerer signifikant forskjell mellom ensileringsleddene

I Berlin ble det også analysert for isosmørsyre, n-smørsyre, isovaleriansyre, n-valeriansyre og n-kapronsyre, men ingen av disse syrene ble påvist i noen av prøvene. Samlet sett ble derfor innholdet av totale syrer signifikant høyere i surfôr ensilert med Sil-All sett i forhold til de andre ensileringsleddene.

Tabell 17 viser innholdet av alkoholer i surfôret. Etanol var den eneste alkoholen som ble analysert på begge laboratoriene, og det kan se ut til at Berlin ligger opp mot doble verdier i forhold til Eurofins. Alle ensileringsmidlene ga en signifikant nedgang i etanolinnholdet i forhold til Kontroll.

Ingen signifikante forskjeller ble funnet mellom ensileringsleddene med hensyn på de andre alkoholene. Små mengder 1,2-propandiol ble funnet i kun to av prøvene (ball 1 og 3), med Kontroll og Sil-All. Små mengder 2-butanol ble også funnet i tre av prøvene (ball 21, 22 og 23), med Sil-All, Kontroll og Ensil Pluss. Det ble ikke påvist propanol, 1-butanol eller 2,3-butandiol i noen av prøvene.

Tabell 17. Innhold av alkoholer i surfôret (g/kg TS).

	Ensileringsledd				SEM	P
	Kontroll	Sil-All	Kofasil Ultra	Ensil Pluss		
N	6	6	6	6		
	Eurofins					
Etanol	4,54 ^b	2,88 ^a	2,83 ^a	2,75 ^a	0,27	0,0475
	Berlin					
Etanol	8,68 ^b	4,28 ^a	5,19 ^a	3,78 ^a	0,50	0,0004
Metanol	0,68	0,68	0,72	0,71	0,02	NS
Propanol	0	0	0	0	0	
1,2-Propandiol	0,1	0,09	0	0	0,03	NS
2-Butanol	0,05	0,05	0	0,05	0,02	NS
2,3-Butandiol	0	0	0	0	0	
1-Butanol	0	0	0	0	0	
Totale alkoholer	9,36 ^b	4,96 ^a	5,90 ^a	4,38 ^a	0,5	0,0005

ab = ulike bokstaver i horisontal retning indikerer signifikant forskjell mellom ensileringsleddene

5.1.5 Hygienisk kvalitet

Som det går fram av tabell 18, var det ingen signifikante forskjeller i registrert mengde mugg- og gjærsopp på overflaten på ballene. Tabellen viser likevel at alle ensileringsmidlene ga noe mindre dekning av mugg/gjær i forhold til Kontroll. Kofasil Ultra og Ensil Pluss ga også noen færre baller med registrert mugg/gjærvekst, men denne forskjellen var ikke statistisk sikker.

Grønn misfarging ble karakterisert som mugg, mens hvite flekker ble antatt å være gjærsopp. Kun små mengder mugg ble funnet, og størstedelen av det som ble registrert i tabell 18 er derfor gjær.

Tabell 18. Registrert mengde mugg- og gjærsopp på overflaten av ballene.

Ensileringsledd	Kontroll	Sil-All	Kofasil Ultra	Ensil Pluss
N	6	6	6	6
Antall baller med mugg/gjær	6	6	5	4
Prosent dekket med mugg/gjær ¹	1,9	1,0	1,0	0,6

¹ Prosent av overflaten i gjennomsnitt av alle ballene

Den hygieniske kvaliteten på surfôret går fram av tabell 19. Det ble ikke påvist koliforme bakterier eller mugg i noen av prøvene. Små mengder smørsyresporer i sju av prøvene (2 Kontroll, 2 Ensil Pluss og 3 Sil-All) ble påvist, og kun to prøver fikk påvist enterobakterier (Sil-All og Kontroll).

Ensileringsmiddel ga ingen statistisk sikker effekt på innholdet av smørsyresporer, bacillussporer eller enterobakterier. Det ble derimot funnet et statistisk signifikant lavere innhold av gjærsopp i surfôr ensilert med Kofasil Ultra sett i forhold til Kontroll og Sil-All. Det var også en tendens til et lavere innhold av gjærsopp i surfôr ensilert med Ensil Pluss forhold til Kontroll ($p=0,07$).

Tabell 19. Innhold av sporer, bakterier, mugg og gjær i surfôret for de ulike ensileringsmidlene (log cfu/g¹).

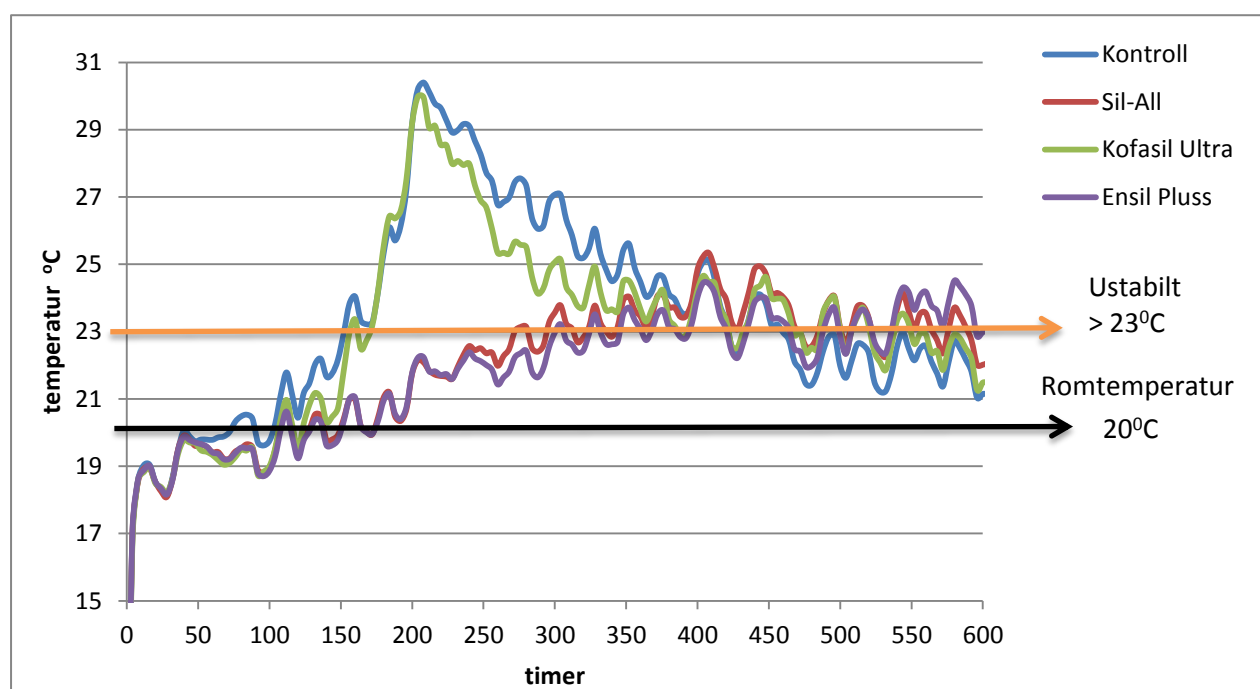
	Ensileringsledd				SEM	P
	Kontroll	Sil-All	Kofasil Ultra	Ensil Pluss		
N	6	6	6	6		
Smørsyresporer	1,17	1,27	0	1,15	0,05	NS
Bacillussporer	3,53	3,30	3,57	3,58	0,08	NS
Koliforme bakterier	0	0	0	0		
Enterobakterier	2,17	2,37	0	0	0,10	NS
Mugg	0	0	0	0		
Gjærsopp	4,38 ^b	4,17 ^b	2,47 ^a	3,18 ^{ab}	0,27	0,0262

ab = ulike bokstaver i horisontal retning indikerer signifikant forskjell mellom ensileringsleddene

¹ Kolonidannende bakterier eller sopp per gram

5.1.6 Aerob stabilitet

Figur 7 viser hvordan temperaturen utviklet seg i grasmaterialet i et rom på 20°C. Surfôret ble regnet som stabilt til temperaturen i grasmaterialet kom tre grader over romtemperatur (23°C). Kontroll og Kofasil Ultra har i tillegg til en raskere varmeutvikling, også en mye brattere kurve og et høyere temperaturoptimum i forhold til Sil-All og Ensil Pluss som stiger relativt jevnt opp til over romtemperatur, før temperaturen synker igjen.



Figur 7. Gjennomsnittlig temperaturutvikling for de ulike ensileringsleddene.

Ensileringmiddel ga signifikant effekt på den aerobe stabiliteten, der surfôr ensilert med Sil-All og Ensil Pluss var signifikant mer stabile enn Kontroll og Kofasil Ultra (tabell 20).

Tabell 20. Aerob stabilitet målt i antall timer.

Ensileringsledd					
Kontroll	Sil-All	Kofasil Ultra	Ensil Pluss	SEM	<i>P</i>
161 ^a	306 ^b	167 ^a	369 ^b	24,4	0,0002

ab = ulike bokstaver indikerer signifikant forskjell mellom ensileringsleddene

5.2 Data fra NorFor sin database for grovfôranalyser (FAS)

5.2.1 Næringsverdi og gjæringskvalitet

Gjennomsnittlig næringsverdi for surfôret brukt i undersøkelsen er vist i tabell 21. Tallene vitner om en normal surfôr kvalitet, men samtidig er det stor spredning på dataene.

Tabell 21. Gjennomsnittlig næringsverdi på surfôret.

		Næringsverdi				
		N	Gjennomsnitt	Standardavvik	Minimum	Maksimum
TS	g/kg	8443	278	84,3	151	795
Aske	g/kg TS	8443	67	13,6	21	184
Protein	g/kg TS	8443	152	2,48	52	266
Løselig protein	g/kg Prot	8425	565	115	8	866
NDF	g/kg TS	8441	534	5,3	315	737
iNDF	g/kg NDF	8403	181	46	20	461
Sukker	g/kg TS	2468	34,9	31,8	0	253
AAT₂₀	g/kg TS	8443	78	5,0	58	105
PBV₂₀	g/kg TS	8443	32	24,4	-74	143
OMD	%	8443	70,8	3,6	47,6	82,4
NEL₂₀	MJ/kg TS	8443	5,99	0,39	3,96	7,38
FEm	pr kg TS	8443	0,84	0,05	0,52	1,03

Tabell 22 viser den gjennomsnittlige gjæringskvaliteten på surfôret brukt i oppgaven. De fleste gjæringsparameterne er med i alle fôrprøvene, men etanol er kun analysert i 1 452 av 8 443 prøver. Maursyre blir ikke videre diskutert i oppgaven, da innholdet av denne syra i stor grad vil gjenspeile tilsetning av maursyrebaserte ensileringsmidler, og er i mindre grad et resultat av selve gjæringsprosessen.

Tabell 22. Gjennomsnittlig gjæringskvalitet på surfôret.

		Gjæringskvalitet				
		N	Gjennomsnitt	Standardavvik	Minimum	Maksimum
pH		8429	4,27	0,41	3,3	6,9
NH₃N	g/kg N	8442	80,5	40,23	2,0	570
Maursyre	g/kg TS	7438	4,8	5,52	0	75
Mjølkesyre	g/kg TS	8443	61,8	30,2	0	231
Eddiksyre	g/kg TS	8443	16,8	10,8	0	96
Propionsyre	g/kg TS	8443	0,73	1,93	0	38
Smørsyre	g/kg TS	8443	2,1	5,0	0	68
Etanol	g/kg TS	1452	7,3	5,63	0	67
Total¹	g/kg TS	8443	94,3	34,6	6,0	266

¹ Total = organiske syrer + etanol

5.2.2 Generelle betraktninger til den statistiske analysen

Tabell 23 viser hvilke faktorer og samspill som påvirker innholdet av de ulike gjæringsproduktene i surfôret, og resultatene fra den statistiske analysen. Ensilerings uten ensileringsmiddel er brukt som et kontroll-ledd og sammenligningene ble gjort i forhold til denne gruppa. Tørrstoffnivået var den variabelen som i størst grad bestemmer variasjonen i innholdet av både mjølkesyre, eddiksyre, propionsyre, smørsyre, ammoniakk (NH₃N), etanol og totale gjæringsprodukter (organiske syrer + etanol) vurdert ut fra F-verdiene. Generelt viser analysene at innholdet av gjæringsprodukter går ned ved høyere tørrstoffnivå.

Ensileringsmiddel er den faktoren som betyr nest mest i forhold til de fleste av gjæringsproduktene. I denne oppgaven ble det sett spesielt på samspillet mellom tørrstoffnivå og ensileringsmiddel (TSxEM) og mellom ensileringsmiddel og lagringssystem (EMxLS).

Det er signifikant effekt av TSxEM leddene for alle gjæringsproduktene. Unntaket er etanol som ikke har signifikant effekt av TSxEM, og kun en tendens til signifikant for EMxLS. Ved en nærmere undersøkelse viste det seg at surfôr ensilert med Sil-All ikke hadde en lineær effekt av tørrstoffnivå på innholdet av mjølkesyre, med høyere verdier på tørrstoffnivå 25 – 35 %, enn ved lavere og høyere tørrstoffverdier. For de andre ensileringsleddene ble derimot innholdet av mjølkesyre redusert ved økende tørrstoffnivå. Dersom Sil-All ble fjernet fra datasettet ble det ikke signifikant effekt av ensileringsmiddel på mjølkesyreinnholdet.

Hensikten med denne studien var å finne effekten av ulike ensileringsmidler på

gjæringskvaliteten ved ulike tørrstoffnivå. Det ble derfor valgt å presentere resultatet for alle de ulike ensileringsmidlene innen de ulike tørrstoffnivåene til tross for at det kun var Sil-All som bidro til signifikant samspill mellom ensileringsmiddel og tørrstoffinnhold når det gjelder mjølkesyre.

Tabell 23. F-verdier og signifikansnivåer for de ulike leddene i modellen.

Ledd	pH		Mjølkesyre		Eddiksyre		Propionsyre		Smørsyre		NH ₃ N		Etanol		Total	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
TS	301	***	192	***	366	***	27,5	***	28,4	***	94	***	11	***	440	***
Fylke	4,7	***	4,7	***	10,3	***	3,7	***	4,2	***	32	***	2,3	**	5,7	***
EM ¹	7,6	***	18,7	***	24,3	***	11,0	***	12,7	***	15	***	0,4	NS	26	***
LS ²	70,3	***	6,5	**	84,8	***	4,0	*	3,1	*	1,5	NS	0,7	NS	36	***
SN ³	2,5	NS	6,8	**	1,0	NS	0,1	NS	0,8	NS	13	**	3,5	NS	5,9	**
TSxEM	13,1	***	5,7	***	3,5	***	2,6	**	4,6	***	3,8	***	0,8	NS	3,6	***
TSxLS	29,3	***	32,3	***	21,2	***	5,8	**	4,6	**	4,7	**	1,0	NS	24	***
TSxSN	1,5	NS	2,5	NS	0,9	NS	0,0	NS	3,5	*	0,9	NS	0,1	NS	2,2	NS
EMxLS	5,2	***	3,9	***	5,4	***	4,8	***	5,0	***	3,1	***	1,6	NS	2,4	**
EMxSN	2,8	**	1,3	NS	2,5	*	0,2	NS	1,1	NS	2,6	*	2,0	NS	0,8	NS
LSxSN	0,1	NS	4,4	*	20,5	***	2,3	NS	4,1	*	0,5	NS	0,9	NS	9,5	***

Signifikansnivå: *** = P < 0.0001, ** = P < 0.01, * = P < 0.05, NS = P > 0.05

¹ EM = ensileringsmiddel

² LS = lagringssystem

³ SN = slåttenummer

5.2.3 Effekt av ensileringsmiddel på gjæringskvaliteten ved ulike tørrstoffnivå

Tabell 24 viser gjæringskvalitet ved tørrstoffnivå < 25 %. Ved dette tørrstoffnivået ga alle de maursyrebaserte ensileringsmidlene (Maursyre, GrasAAT Plus, Ensil 1, GrasAAT Lacto og Ensil Pluss) et signifikant lavere innhold av eddiksyre, smørsyre, ammoniakk og totale gjæringsprodukter i forhold til Kontroll. Bruken av de samme ensileringsmidlene førte også til en signifikant begrensning av mjølkesyregjæringa, bortsett fra GrasAAT Plus som kun ga en svak, ikke-signifikant reduksjon av mjølkesyreinnholdet i forhold til Kontroll.

Tilsetning av mjølkesyrebakterier (Sil-All) ga også en reduksjon i mjølkesyreinnholdet i forhold til Kontroll, og samtidig en signifikant høyere pH-, smørsyre- og ammoniakk-verdi sett i forhold til alle de andre ensileringsmidlene og Kontroll.

Bruk av Kofasil Ultra ga ingen signifikante forskjeller sett i forhold til Kontroll for noen av gjæringsproduktene. Dette ensileringsmidlet ga imidlertid det høyeste gjennomsnittlige innholdet av mjølkesyre som ikke var signifikant forskjellig fra Kontroll, Sil-All og GrasAAT Plus, men signifikant høyere sett i forhold til alle de andre syrebaserte ensileringsmidlene. Det kan se ut til at Kofasil Ultra også kom godt ut med hensyn til etanol med en gjennomsnittsverdi på 6,2 g/kg TS, men denne verdien var kun basert på 5 prøver.

Tabell 24. Gjæringskvalitet ved tørrstoffnivå < 25 %.

Ensileringsledd	pH	g/kg TS				g/kgN	g/kg TS	
		Mjølkesyre	Eddiksyre	Propionsyre	Smørsyre	NH ₃ N	Etanol	Total
Uten	4,24 ^{bd}	78,6 ^{ef}	27,5 ^d	1,6 ^{de}	4,6 ^e	105,8 ^d	10,3	123 ^{cd}
Sil-All	4,39 ^e	70,9 ^{acd}	27,7 ^d	2,0 ^{eg}	7,3 ^f	114,9 ^e	10,3	118 ^{bc}
Kofasil Ultra	4,13 ^{abc}	80,1 ^{bcf}	29,3 ^d	2,1 ^{dfg}	2,8 ^{ade}	99,0 ^{cd}		124 ^{bd}
GrasAAT Plus	4,14 ^{ac}	75,7 ^{cef}	21,0 ^{bc}	1,2 ^c	2,8 ^{ac}	92,3 ^c	10,1	115 ^b
Ensil Pluss	4,19 ^{cd}	70,2 ^{abd}	19,1 ^a	1,9 ^{ef}	2,7 ^{ac}	87,0 ^{bc}	8,9	108 ^a
GrasAAT Lacto	4,14 ^{ac}	67,5 ^{ad}	20,2 ^{ab}	0,9 ^{ab}	2,7 ^{bcd}	92,2 ^c	10,5	106 ^a
Ensil 1	4,14 ^a	66,9 ^{ad}	19,3 ^a	0,7 ^a	2,2 ^a	81,3 ^a	11,3	104 ^a
Maursyre	4,13 ^{ac}	65,7 ^a	21,2 ^{ac}	1,3 ^{bcd}	2,5 ^{ab}	78,0 ^{ab}	11,0	106 ^a
SEM	0,03	6,00	1,03	0,22	0,52	3,73	1,66	6,80
Gjennomsnitt	4,18	71,9	23,2	1,5	3,4	93,8	10,3	113

abcdefg = ulike bokstaver i vertikal retning indikerer signifikant forskjell mellom ensileringsleddene

Også ved middels tørrstoffnivå (25-35 %) ga de maursyrebaserte ensileringsmidlene en signifikant nedgang av de fleste syrene i tillegg til NH₃N sett i forhold til Kontroll (tabell 25). Tilsetning av Maursyre var imidlertid det eneste maursyrebaserte ensileringsmidlet som ikke ga en signifikant nedgang i smørsyre på dette tørrstoffnivået, selv om verdien lå numerisk noe under Kontrollen. Kun tilsetning av Ensil 1 og GrasAAT Lacto ga en signifikant nedgang i mengden propionsyre, mens de ensileringsmidlene som er tilsatt propionsyre (Kofasil Ultra, GrasAAT Plus og Ensil Pluss) ikke ga noe utslag i forhold til Kontroll.

Ensilerings med mjølkesyrebakterier førte til en signifikant nedgang i pH og ammoniakk i forhold til Kontroll. Innholdet av eddiksyre var signifikant lavere, mens mjølkesyreinnholdet

og totale gjæringsprodukter var signifikant høyere sett i forhold til alle de andre ensileringsmidlene i tillegg til Kontroll.

Heller ikke på middels tørrstoffnivå viste Kofasil Ultra noen signifikante forskjeller i forhold til Kontroll for noen av gjæringsproduktene. Et eventuelt unntak er også her den lave etanolverdien, med en gjennomsnittsverdi på 5,5 g/kg TS basert på to prøver.

Tabell 25. Gjæringskvalitet ved tørrstoffnivå 25-35 %.

Ensileringsledd	pH	g/kg TS				g/kgN	g/kg TS	
		Mjølkesyre	Eddiksyre	Propionsyre	Smørre	NH ₃ N	Etanol	Total
Uten	4,28 ^d	73,2 ^e	20,2 ^e	1,2 ^{bd}	3,4 ^b	93,8 ^d	10,8	109 ^e
Sil-All	4,18 ^{abc}	85,0 ^f	17,9 ^d	1,0 ^{bc}	3,3 ^b	82,7 ^{bc}	10,9	118 ^f
Kofasil Ultra	4,24 ^{acd}	72,7 ^{bcde}	23,8 ^e	1,1 ^{acd}	2,3 ^{ab}	95,8 ^{cd}		110 ^{cdef}
GrasAAT Plus	4,21 ^c	66,9 ^d	15,1 ^{bc}	1,0 ^{bc}	2,0 ^a	82,7 ^c	9,1	98 ^{bd}
Ensil Pluss	4,20 ^c	67,3 ^d	14,7 ^{ac}	1,3 ^{bd}	1,5 ^a	76,0 ^b	9,4	98 ^{bc}
GrasAAT Lacto	4,18 ^{bc}	61,7 ^{ab}	15,8 ^{bc}	0,7 ^a	1,9 ^a	76,1 ^b	9,9	95 ^{ab}
Ensil 1	4,15 ^{ab}	61,7 ^{ac}	13,9 ^a	0,6 ^a	1,5 ^a	68,2 ^a	10,1	93 ^a
Maursyre	4,07 ^a	58,6 ^a	14,2 ^{ab}	0,9 ^{ab}	2,4 ^{ab}	61,2 ^a	9,9	92 ^{ab}
SEM	0,03	6,12	1,09	0,23	0,56	4,00	1,80	6,92
Gjennomsnitt	4,19	68,4	17,0	1,0	2,3	79,6	10,0	101

abcdef = ulike bokstaver indikerer i vertikal retning indikerer signifikant forskjell mellom ensileringsleddene

Tabell 26 viser gjæringskvaliteten for de ulike ensileringsmidlene ved høyt tørrstoffnivå (>35 %). Alle de maursyrebaserte ensileringsmidlene reduserte innholdet av eddiksyre signifikant i forhold til Kontroll. Maursyre var det eneste maursyrebaserte ensileringsmidlet som ikke reduserte innholdet av ammoniakk med signifikant sikkerhet selv om verdien i seg selv var lavere enn de andre ensileringsmidlene, og redusert med 27 % i forhold til kontrollen. Kun de rene maursyreproduktene (Maursyre, Ensil 1 og GrasAAT Lacto) reduserte mjølkesyregjæringa i forhold til Kontroll. Selv om Maursyre hadde den laveste verdien, 33 % lavere enn kontrollen, ga det likevel ingen signifikant reduksjon.

Tilsetning av mjølkesyrebakterier ga en signifikant reduksjon i pH og eddiksyre, samt en signifikant økning av mjølkesyre og totale gjæringsprodukter i forhold til Kontroll.

Ved ensilering med Kofasil Ultra, økte pH signifikant sett i forhold til Kontroll. Ellers førte ikke dette ensileringsmidlet til noen forskjeller for de andre gjæringsparameterne.

Etanolverdiene er det eneste unntaket, som for de andre tørrstoffverdiene er lavere ved ensilering med Kofasil Ultra, med en gjennomsnittsverdi av 10 prøver på 2,4 g/kg TS.

Ingen av ensileringsmidlene som ble undersøkt i denne oppgaven klarte å redusere innholdet av propionsyre eller smørsyre ved tørrstoffnivå over 35 %.

Tabell 26. Gjæringskvalitet ved tørrstoffnivå > 35 %.

Ensileringsledd	pH	g/kg TS				g/kgN	g/kg TS	
		Mjølkesyre	Eddiksyre	Propionsyre	Smørsyre	NH ₃ N	Etanol	Total
Uten	4,73 ^d	45,0 ^{bcde}	12,3 ^d	0,8 ^{ab}	1,6 ^a	74,1 ^b	7,4	69 ^b
Sil-All	4,43 ^a	59,4 ^f	9,8 ^{bc}	0,9 ^b	2,1 ^a	66,2 ^{ab}	6,4	82 ^e
Kofasil Ultra	4,92 ^e	44,0 ^{ae}	14,0 ^{cd}	1,1 ^{ab}	1,5 ^a	76,3 ^{ab}		69 ^{bcd}
GrasAAT Plus	4,65 ^c	39,8 ^{ac}	7,4 ^a	0,6 ^{ab}	0,9 ^a	61,8 ^a	7,7	61 ^{ac}
Ensil Pluss	4,63 ^c	40,5 ^{ad}	7,2 ^a	0,8 ^b	1,1 ^a	63,7 ^a	6,7	62 ^{ad}
GrasAAT Lacto	4,66 ^{cd}	34,0 ^a	7,1 ^{ab}	0,3 ^a	1,1 ^a	62,9 ^a	7,5	55 ^a
Ensil 1	4,51 ^b	39,0 ^a	7,2 ^a	0,6 ^{ab}	0,9 ^a	61,5 ^a	6,0	62 ^{ad}
Maursyre	4,61 ^{abcd}	30,3 ^{ab}	6,4 ^{ab}	1,0 ^{ab}	2,5 ^a	54,0 ^{ab}	7,3	55 ^{ab}
SEM	0,05	6,63	1,39	0,30	0,73	5,35	1,84	7,42
Gjennomsnitt	4,64	41,5	8,9	0,8	1,5	65,1	7,0	64

abcdef = ulike bokstaver i vertikal retning indikerer signifikant forskjell mellom ensileringsleddene

5.2.4 Effekt av ensileringsmiddel på gjæringskvaliteten i ulike lagringssystemer

Tabell 27 viser gjæringskvaliteten til surfôr ensilert i plansilo for de ulike ensileringsmidlene.

Alle de maursyrebaserte ensileringsmidlene ga alle en signifikant reduksjon i pH, mens kun de rene maursyremidlene reduserte NH₃N sett i forhold til Kontroll. Alle reduserte også innholdet av eddiksyre, selv om Maursyre ikke reduserte innholdet med statistisk sikkerhet. Maursyre var derimot det eneste ensileringsmidlet som førte til en signifikant nedgang i mjølkesyre.

Sil-All førte til et signifikant høyere smørsyreinnhold ved ensilering i plansilo, i tillegg også et høyere innhold av totale gjæringsprodukter sett i forhold til Kontroll.

Ensilering med Kofasil Ultra ga ingen respons i forhold til Kontroll, med unntak av eddiksyre som økte med signifikant sikkerhet. Ingen prøver med Kofasil Ultra fra plansilo ble analysert for etanol.

Tabell 27. Gjæringskvalitet ved ensilering og lagring i plansilo.

Ensileringsledd	TS %	pH	g/kg TS				g/kgN	g/kg TS	
			Mjølkesyre	Eddiksyre	Prop syre	Smør syre	NH ₃ N	Etanol	Total
Uten	33,6	4,38 ^{cd}	64,6 ^{bdf}	20,7 ^{cd}	1,4 ^{ac}	2,5 ^a	96,9 ^{de}	9,2	100 ^{ce}
Sil-All	33,2	4,29 ^{bc}	74,6 ^f	19,6 ^{bc}	1,5 ^a	4,9 ^b	85,7 ^{cd}	8,1	110 ^f
Kofasil Ultra	24,9	4,42 ^{bd}	70,9 ^{cef}	26,3 ^e	1,4 ^{ab}	2,6 ^{ab}	99,5 ^{ce}		111 ^{def}
GrasAAT Plus	28,3	4,26 ^{ab}	64,1 ^{bde}	15,7 ^a	1,1 ^{ad}	2,2 ^a	79,3 ^{bc}	9,2	97 ^{cd}
Ensil Pluss	28,4	4,27 ^{ab}	61,6 ^{cd}	16,0 ^a	1,4 ^a	2,1 ^a	74,8 ^{ab}	8,7	94 ^{bc}
GrasAAT Lacto	24,9	4,26 ^{ab}	56,5 ^{bc}	15,5 ^a	0,5 ^b	1,8 ^a	75,1 ^{ab}	9,4	89 ^{ab}
Ensil 1	24,4	4,21 ^a	55,9 ^b	15,1 ^a	0,6 ^b	1,7 ^a	70,9 ^a	10,1	89 ^a
Maursyre	23,6	4,23 ^{ab}	49,0 ^a	17,2 ^{abd}	0,6 ^{bcd}	1,9 ^a	69,6 ^{ab}	11,7	84 ^a
SEM	71,6	0,04	6,40	1,27	0,27	0,66	4,81	1,69	7,19
Gjennomsnitt	27,7	4,29	62,2	18,3	1,1	2,5	81,5	9,5	97

abcdef = ulike bokstaver i vertikal retning indikerer signifikant forskjell mellom ensileringsleddene

Gjæringskvaliteten til surfôret som ble lagret i tårnsilo er presentert i tabell 28. Kun de maursyrebaserte ensileringsmidlene ga her en reduksjon av alle gjæringsproduktene sett i forhold til Kontroll. Alle disse ensileringsmidlene ga en signifikant nedgang av både eddiksyre, smørtsyre, NH₃N og totale gjæringsprodukter, mens kun de sterkeste maursyrebaserte ensileringsmidlene (Maursyre, Ensil 1 og GrasAAT Lacto) reduserte pH og mjølkesyre med statistisk sikkerhet i forhold til Kontroll.

Verken tilsetning av Kofasil Ultra eller Sil-All ga noen signifikant effekt på gjæringskvaliteten sett i forhold til Kontroll ved ensilering i tårnsilo. Kofasil Ultra førte imidlertid til en numerisk nedgang, og Sil-All en numerisk økning av smørstreinnholdet i forhold til Kontroll. Heller ikke ved ensilering i tårnsilo var det noen registreringer av etanol for Kofasil Ultra.

Tabell 28. Gjæringskvalitet ved ensilering og lagring i tårnsilo.

Ensileringsledd	TS %	pH	g/kg TS				g/kgN NH ₃ N	g/kg TS	
			Mjølkesyre	Eddiksyre	Prop syre	Smør syre		Etanol	Total
Uten	32,7	4,3 ^{de}	70,8 ^d	25,2 ^d	1,7 ^d	4,7 ^b	93,3 ^c	10,0	112 ^e
Sil-All	27,9	4,3 ^e	65,5 ^d	22,8 ^d	1,9 ^d	5,9 ^b	96,6 ^c	8,0	106 ^e
Kofasil Ultra	28,1	4,2 ^{aec}	64,3 ^{abd}	28,1 ^d	2,7 ^d	2,9 ^{ab}	92,3 ^{abc}		107 ^{bde}
GrasAAT Plus	29,7	4,2 ^{cd}	65,2 ^d	16,6 ^{bc}	0,9 ^{bc}	1,9 ^a	75,8 ^b	9,0	97 ^{cd}
Ensil Pluss	27,6	4,2 ^{bcd}	64,3 ^{cd}	15,0 ^{ab}	1,4 ^d	2,0 ^a	77,0 ^b	9,1	96 ^{bc}
GrasAAT Lacto	25,2	4,2 ^{bc}	59,3 ^b	17,2 ^c	0,6 ^{ac}	1,5 ^a	73,5 ^b	9,5	93 ^b
Ensil 1	25,0	4,1 ^a	60,8 ^{bc}	14,7 ^a	0,6 ^a	1,4 ^a	67,6 ^a	8,1	91 ^b
Maursyre	24,7	4,2 ^{ab}	52,3 ^a	14,5 ^{ab}	0,6 ^{ab}	2,3 ^a	62,6 ^a	7,8	83 ^a
SEM	64,0	0,04	6,73	1,39	0,30	2,82	5,32	1,72	7,54
Gjennomsnitt	27,7	4,2	62,8	19,2	1,3	2,8	79,8	8,8	98

abcde = ulike bokstaver i vertikal retning indikerer signifikant forskjell mellom ensileringsleddene

Tabell 29 viser gjæringskvaliteten for surfôr ensilert i rundballer som effekt av de ulike ensileringsmidlene. De maursyrebaserte ensileringsmidlene ga alle et redusert innhold av mjølkesyre og eddiksyre og totale syrer, selv om ensilering med Maursyre ikke ga noen signifikant reduksjon. De samme midlene, med unntak av Maursyre og GrasAAT Lacto, ga også en signifikant reduksjon av smørsyre. Kun Ensil 1 ga en signifikant reduksjon i ammoniakkinholdet. Selv om Maursyre ga det laveste innholdet av NH₃N, førte det ikke til noen statistisk forskjell fra de andre ensileringsmidlene eller Kontroll.

Ensilering med mjølkesyrebakterier (Sil-All) i rundballer ga en signifikant økning i mjølkesyreinnholdet, samtidig med en lavere pH i forhold til Kontroll. De totale gjæringsproduktene for Sil-All ble dermed høyest sett i forhold til de andre ensileringsmidlene, men ellers ingen forbedring av kvaliteten sett i forhold til Kontroll.

Kofasil Ultra ga ved ensilering i rundballer en signifikant høyere pH-verdi, men samtidig et signifikant lavere innhold av smørsyre sett i forhold til Kontroll, men ingen forskjell sett i forhold til de andre ensileringsmidlene, med unntak av GrasAAT Lacto. Ved ensilering i rundballer var det 17 prøver med Kofasil Ultra som var analysert for etanol.

Gjennomsnittsverdien fra disse prøvene var 3,9 g/kg TS, og var dermed 46 % lavere enn gjennomsnittet for de andre ensileringsmidlene og Kontroll.

Tabell 29. Gjæringskvalitet ved ensilering og lagring i rundballer.

Ensileringsledd	TS %	pH	g/kg TS				g/kgN	g/kg TS	
			Mjølkesyre	Eddiksyre	Propsyre	Smørsyre	NH ₃ N	Etanol	Total
Uten	30,0	4,5 ^b	61,4 ^e	14,1 ^d	0,7 ^{acd}	2,3 ^c	83,5 ^c	9,3	88,3 ^e
Sil-All	30,7	4,4 ^a	75,3 ^f	13,0 ^d	0,6 ^{acd}	1,9 ^{ac}	81,5 ^c	11,4	100,9 ^f
Kofasil Ultra	34,1	4,6 ^d	61,5 ^e	12,6 ^{bd}	0,3 ^a	1,1 ^a	79,4 ^{bc}		85,3 ^{de}
GrasAAT Plus	31,3	4,5 ^{bc}	53,1 ^{bd}	11,3 ^{bc}	0,8 ^{bd}	1,6 ^{ab}	81,7 ^c	8,7	79,4 ^{bcd}
Ensil Pluss	30,6	4,5 ^b	52,1 ^{bc}	10,0 ^a	1,1 ^e	1,3 ^a	74,9 ^b	7,3	76,7 ^{ab}
GrasAAT Lacto	27,9	4,5 ^b	47,4 ^a	10,5 ^{ab}	0,6 ^{ab}	2,4 ^{bc}	82,6 ^c	9,1	74,7 ^a
Ensil 1	27,3	4,5 ^c	51,0 ^{ab}	10,6 ^{ac}	0,7 ^{bc}	1,4 ^a	72,5 ^b	9,2	77,9 ^{ac}
Maursyre	26,4	4,4 ^{abcd}	53,2 ^{acde}	10,3 ^{abd}	2,0 ^{de}	3,2 ^{ac}	60,9 ^{abc}	8,7	85,7 ^{adef}
SEM	96,8	0,03	6,25	1,10	0,23	0,56	4,00	2,07	7,05
Gjennomsnitt	26,1	4,5	56,9	11,5	0,9	1,9	77,1	8,4	83,6

abcdef = ulike bokstaver i vertikal retning indikerer signifikant forskjell mellom ensileringsleddene

6.0 Diskusjon

6.1 Rundballeforsøk (RB-24)

Resultatene fra RB-24 viste at graset hadde en relativt lav bufferkapasitet, og burde gi utgangspunkt for en vellykket gjæring. Den gjennomsnittlige hygieniske kvaliteten på graset kan betegnes som god, men innholdet av mugg og enterobakterier var noe høyere enn forventet, særlig i blokk 6 og 2 for henholdsvis mugg og enterobakterier. Til tross for at enga var gjødslet med husdyrgjødsel ca. 6 uker før graset ble slått, var det ingen tegn til rester av klostridier eller koliforme bakterier i graset som kunne skyldes gjødselrester.

Næringsverdien på surfôret blir i all hovedsak bestemt av faktorer som utviklingstrinn og botanisk sammensetning, og i mindre grad av ulike ensileringsmidler. Den kjemiske sammensetningen av graset gjenspeiler i stor grad det ferdig ensilerte surfôret. Det som var uventet med resultatene fra dette forsøket var imidlertid at både tørrstoffinnholdet og proteininnholdet var høyere i det ferdig ensilerte surfôret i forhold til prøvene tatt like etter pressing. Forskjellen i protein kan skyldes forskjeller mellom ulike laboratorier, idet grasprøvene ble analysert på LabTek, IHA med Kjeldahl-N metoden, mens surfôrprøvene ble sendt til Eurofins og analysert med NIR. Tørrstoffanalysene ble også utført på ulike måter; for grasprøver ble det brukt frysetørking, mens surfôrprøvene ble tørket ved 60°C og korrigert for flyktige fettsyrer. Disse forskjellene har uansett ingen påvirkning på de resultatene som er interessante for denne oppgaven, men de viser at analyseresultatet lett påvirkes av ulike metoder og/eller ulike laboratorier.

Alle ensileringsleddene ga god gjæringskvalitet med generelt lite gjæringsprodukter. Høyt tørrstoffnivå vil i seg selv begrense gjæringa (Mo 2005), og et lavt innhold av syrer var derfor ventet i gras med så høyt tørrstoffnivå (>50 % tørrstoff). Tilsetning av ensileringsmidler førte likevel til en svakere gjæring i forhold til Kontroll, og det var klare forskjeller mellom de ulike ensileringsmidlene.

Det ble funnet et signifikant lavere innhold av sukker og WSC, i tillegg til et signifikant høyere mjølkesyreinnhold i surfôr ensilert med Sil-All i forhold til alle de andre ensileringsmidlene og Kontroll. Dette var forventet idet mjølkesyrebakterier forbruker sukker (glukose) til å produsere mjølkesyre (Mo 2005). Dette har også tidligere blitt vist i forsøk av Driehuis et al. (1997). Det at Sil-All også ga en lavere AAT-verdi i surfôr kan settes i

sammenheng med det lave sukkerinnholdet. Mindre lett tilgjengelig energi (sukker) til vommikrobene, fører til mindre produksjon av mikrobeprotein og dermed en lavere AAT-verdi (Volden 2006). Det er derfor også naturlig at PBV er høyere i surfôr ensilert med Sil-All på grunn av at vommikrobene blir mindre effektive, mens proteintilførselen, målt som råprotein, er relativ lik hos alle surfôrtypene. Bruk av Sil-All førte også til en økning, og i resultatene fra Berlin, en signifikant økning av eddiksyre i forhold til de andre ensileringsleddene. Disse resultatene er noe overraskende idet Sil-All består av homofermentative mjølkesyrebakterier som kun produserer mjølkesyre (Mo 2005), og er avvikende resultater i forhold til andre forsøk med bruk av homofermentativ inokulant i fortørka gras (Driehuis et al. 1997; Randby 2010b).

Som forventet ga tilsetning av både Ensil Pluss og Kofasil Ultra svakere gjæring, med klart høyere innhold av sukker og WCS i forhold til Kontroll og Sil-All. Ensil Pluss reduserte også innholdet av NH_3N , men verken Ensil Pluss eller Kofasil Ultra reduserte syregjæringa vesentlig i forhold til Kontroll. Syretilsetning senker pH effektivt, og stopper dermed gjæringa raskt og sparer på sukkeret (Mo 2005), men ved så høyt tørrstoffnivå som det var i dette grasmaterialet, blir syregjæringa uansett svært begrenset.

Resultatene viste kun små mengder smørsyre. Trolig er dette på grunn av at graset ble tørket til over 45 % hvor veksten av klostridier blir fullstendig hemmet (Mo 2005). Det var også et signifikant lavere innhold ved ensilering med Kofasil Ultra i forhold til de andre ensileringsmidlene. Dette fordi Kofasil Ultra inneholder natriumnitritt som har en hemmende effekt på smørsyre (Mo 2005).

Hovedformålet med RB-24 var å undersøke om ensileringsmiddel kunne redusere problemet med etanolgjæring i sterkt fortørka surfôr. Til tross for at etanolverdiene analysert ved laboratoriet i Berlin viste nesten det dobbelte av det som ble analysert på Eurofins, ga alle prøvene lave etanolverdier. Alle ensileringsmidlene hadde imidlertid en signifikant positiv effekt i forhold til Kontroll. Kun små mengder andre alkoholer ble påvist i prøvene, og om ensileringsmiddel har effekt på andre alkoholer, kan dette forsøket verken bekrefte eller avkrefte. Dersom forholdene hadde ligget til rette for en kraftigere etanolgjæring, hadde kanskje også produksjonen av andre alkoholer økt nettopp på grunn av bedre vekstforhold for de mikroorganismene som står for denne produksjonen. Hvilke organismer dette er, er imidlertid uvisst, selv om mye tyder på at det er gjærsoppen som står ansvarlig (Driehuis &

van Wixselaar 2000; Randby 2011). Det eneste som er vist å ha sikker betydning for produksjonen av etanol i sterkt fortørka surfôr er innholdet av sukker i grasmaterialet. Sukkerinnholdet kan likevel ikke konkluderes med å være den eneste faktoren som påvirker etanolgjæringa fordi høyt sukkerinnhold i grasen også kan gi surfôr av god kvalitet uten etanolgjæring (Driehuis & van Wixselaar 2000).

Surfôr fra det samme engstykket hvor RB-24 ble utført på, har foregående år gitt så høye etanolverdier at det har ført til fôrsmak på mjølk. Det er derfor vanskelig å forklare hvorfor dette ikke skjedde under selve forsøket. Uten å vite hva WSC innholdet har vært tidligere år, hadde dette forsøksgraset et vesentlig lavere WSC innhold enn det graset som ga etanolgjæring i forsøket til Driehuis & van Wixselaar (2000), med et innhold på 94 g/kg TS i RB-24, mot >200 g /kg TS. Den harde vinteren sist vinter førte også trolig til at raigraset i blandingsenga gikk ut. Dersom dette er riktig, førte det til en reduksjon i sukkerinnholdet i graset fordi raigras inneholder vesentlig mer sukker enn andre grasarter (Søgaard et al. 2003). En annen årsak kan være måten graset ble tørket på. I foregående år ble graset tørket i smal streng, mens det under RB-24 ble tørket i brei streng. Smal streng er vist å gi høyere innhold av gjæringsprodukter, også etanol, ved lik tørketid, men ved lavere tørrstoffprosent etter smal streng i forhold til brei streng (Randby 2011). Breispredning gir jevnere tørrstoff gjennom hele strengen, noe som kan være av betydning for ensileringsprosessen (Kval-Engstad 2011).

I forhold til Kontroll ga Kofasil Ultra en signifikant reduksjon i etanolgjæringa slik det var forventet. I dette forsøket var imidlertid ikke effekten større av Kofasil Ultra enn av de andre to ensileringsmidlene; Sil-All og Ensil Pluss. Kofasil Ultra har derimot i andre forsøk redusert innholdet av etanol med statistisk sikkerhet i forhold til andre ensileringsmidler i tillegg til Kontroll (Muller 2005; Randby 2010a; Randby 2010b). Det trengs derfor mer forskning på dette området før en kan konkludere om hvilke ensileringsmidler som gir best virkning ved høye tørrstoffverdier, selv om Muller (2005) i sin studie fant en signifikant reduksjon av etanolinnholdet i forhold til Kontroll og ensilering med inokulant ved høyt tørrstoffnivå.

Den hygieniske kvaliteten på surfôret ble betegnet som god i henhold til anbefalingene fra Eurofins (tabell 6). Unntaket er et noe høyt innhold av gjærsopp i Kontroll og ved ensilering med mjølkesyrebakterier (Sil-All). Tilsetning av Kofasil Ultra viste seg å redusere veksten av gjærsopp i forhold til Kontroll, trolig på grunn av innholdet av propionsyre, og benzoesyre som

har en hemmende effekt både på mugg- og gjærsopp (Mo 2005). Det forventes derfor også at Kofasil Ultra har en positiv effekt på etanolinnholdet, men det ble ikke vist i dette forsøket. Det ble ikke funnet mugg i noen av prøvene, noe som stemmer godt med egne observasjoner. På grunn av at muggsoppen er avhengig av luft for å kunne utvikle seg (Eurofins 2012b), kan dette tyde på at lufttettingen i ballene har vært god og muggsporene som ble påvist i graset (tabell 13) ikke fikk anledning til å utvikle seg videre i surfôret.

Undersøkelsen av den aerobe stabiliteten viste noe overraskende resultater (figur 7 og tabell 20). Selv om alle silotypene holdt seg stabile lenge (7 – 15 dager), var det forventet at Kofasil Ultra skulle gi en positiv effekt i forhold til Kontroll, da dette har blitt vist i andre ensileringsforsøk (Randby 2010a; Randby 2010b). I RB-24 ga derimot ikke tilsetning av Kofasil Ultra noen effekt i forhold til Kontroll. I Sverige har det blitt gjort et ensileringsforsøk med Kofasil Ultra i sterkt fortørka surfôr (50 % TS) til hest (Muller 2005). Også her forbedret tilsetning av Kofasil Ultra den aerobe stabiliteten i forhold til Kontroll, målt i gassutvikling. Den høye tørrstoffverdien i RB-24 kan derfor ikke være forklaringen på det avvikende resultatet. En årsak kan likevel være den høye pH-verdien som ble funnet ved tilsetning av Kofasil Ultra, noe som kan ha ført til at den mikrobiologiske utviklingen har skjedd raskere enn hos de andre ensileringsmidlene.

Ensil Pluss ga som forventet det mest stabile surfôret. Overraskende resultater viste derimot bruk av Sil-All, som ga en signifikant bedring av den aerobe stabiliteten sammen med Ensil Pluss. Forventingen var at dette ensileringsmidlet skulle være på lik linje med Kontroll, siden andre forsøk med Sil-All som inokulant ikke har gitt noe forbedret aerob stabilitet (Randby 2010b). Samtidig vil et surfôr med mye mjølkesyre være spesielt utsatt for varmgang etter åpning på grunn av at den kan bli brukt som energikilde av mikroorganismene (Mo 2005). Noe av årsaken til den gode aerobe stabiliteten kan komme av at ensilering med Sil-All ga et høyere innhold av eddiksyre i forhold til de andre ensileringsleddene. Dette er ei syre som har en antimikrobiell effekt (Mo 2005), og kan være med å bidra til et mer stabilt surfôr.

6.2 Data fra NorFor sin database for grovfôranalyse (FAS)

6.2.1 Effekt ved ulike tørrstoffnivå

Ingen av ensileringsleddene ga ved lavt tørrstoffnivå et surfôr som tilfredsstilte alle anbefalingene til god gjæringskvalitet i henhold til Eurofins. Ved middels tørrstoffnivå var det kun bruk av maursyrebaserte ensileringsmidler som fullt ut ga en god gjæringskvalitet. Høyt tørrstoffnivå førte derimot til at alle ensileringsmidlene (samt Kontroll) ga surfôr med god gjæringskvalitet. Dette viser hvor viktig tørrstoffnivået er til å begrense gjæringsintensiteten.

Generelt førte tilsetning av syrebaserte ensileringsmidler til en nedgang i innholdet av mjølkesyre, eddiksyre, smørsyre og ammoniakk for alle tørrstoffnivåer sett i forhold til Kontroll, noe som i tillegg til RB-24, også har blitt funnet i andre forsøk (Randby 2010a). Det at GrasAAT Plus inneholder noe mindre maursyre i forhold til de andre maursyremidlene (tabell 9) kan være noe av forklaringen på hvorfor det ikke ble funnet noen signifikant reduksjon av mjølkesyreinnholdet ved lavt tørrstoffnivå. Det trengs større mengder syre for å senke pH under vanskelige forhold og lave tørrstoffnivåer (Hauger 2004). Kun de sterkeste maursyrebaserte ensileringsmidlene (Maursyre og Ensil 1) klarte å begrense gjæringa slik at surfôret kun fikk et litt høyt innhold av totale gjæringsprodukter ved TS <25 %. Dette er likevel verdier som kan aksepteres for et godt surfôr. Også ved høyt tørrstoffnivå var det kun de rene maursyrebaserte ensileringsmidlene (Maursyre, Ensil 1 og GrasAAT Lacto) som reduserte mjølkesyreinnholdet. Årsaken til at Maursyre likevel ikke ga signifikant nedgang kan være at det var for få analyseobservasjoner for dette ensileringsmidlet ved TS >35 % (tabell 10).

Det at tilsetning av Maursyre ved middels tørrstoffnivå (25 – 35 %) ikke ga noen signifikant reduksjon i smørsyre i forhold til Kontroll, kan forklares med at maursyra kun gir en senkning i pH, og det må relativt høye konsentrasjoner til for at det skal ha noen effekt på uønskede bakterier (McDonald et al. 1991). Innholdet av smørsyre i surfôr ensilert med Maursyre var imidlertid ikke signifikant høyere enn for de andre syrebaserte ensileringsmidlene.

Resultatene viste også et signifikant lavere innhold av mjølkesyre og høyere pH, ved bruk av et mjølkesyrebakteriebasert ensileringsmiddel (Sil-All) sammenlignet med Kontroll ved lavt tørrstoffnivå (< 25 % TS). Dette er noe uventet da tilsetning av mjølkesyrebakterier er gjæringstimulerende, og fører vanligvis til en sterkere gjæringsintensitet. Det at tilsetning av mjølkesyrebakterier også viste et signifikant høyere innhold av smørsyre og ammoniakk sett i

forhold til Kontroll, kan tyde på at mjølkesyrebakteriene ikke har fått overtaket under ensileringsprosessen. På grunn av at dette ikke er resultater fra et kontrollert forsøk, kan vi ikke vite hvilken dosering som har blitt brukt. Mange kan ha tilsatt en mindre dosering enn det som blir anbefalt, og grasmaterialet og ensileringsmetodene kan også ha variert. Ved lavt tørrstoffnivå vil alle bakteriekulturer, også epifyttfloraen, ha gode vekstvilkår på grunn av høy vannaktivitet. Klostridiene liker seg spesielt godt ved tørrstoffverdier under 30 % (McDonald et al. 1991). Dette, i tillegg til at smørsyrebakteriene også kan benytte seg av mjølkesyre som energikilde til å produsere smørsyre (som er en svakere syre enn mjølkesyre) (Mo 2005), gjør det vanskelig for mjølkesyrebakteriene å senke pH tilstrekkelig for å få et stabilt surfôr. På grunn av det høye smørsyreinnholdet, er det trolig dette som har skjedd i mange av surfôrprøvene med lavt tørrstoffnivå ensilert med bakteriekultur. Det høye ammoniakkinholdet og det noe høye propionsyreinnholdet er også et tegn på at pH ikke har blitt senket raskt nok til å begrense proteolysen og veksten av uønskede bakterier som produserer propionsyre. Tidligere feltforsøk har også vist dårligere kvalitet på surfôr ensilert med inokulant (Natuferm) i forhold til syrebaserte ensileringsmidler i surfôr med lavt tørrstoffnivå, med et høyere innhold av smørsyre og større problemer med varmgang (Nordang 1990).

Ved middels og høyt tørrstoffnivå ga tilsetning av mjølkesyrebakterier bedre resultater enn ved lave tørrstoffnivåer. Det høye mjølkesyreinnholdet og en signifikant senkning av pH i forhold til Kontroll, var som forventet. Ved tørrstoffnivå over 25 % har mjølkesyrebakteriene klart å produsere nok mjølkesyre til at det har gitt en positiv effekt, selv om det ved middels tørrstoffnivå ga et noe høyt innhold av totale gjæringsprodukter. Sil-All ga i RB-24 et signifikant høyere smørsyreinnhold i forhold til Kofasil Ultra, men også en sterk tendens til høyere verdier sett i forhold til både Kontroll og Ensil Pluss. Dette kan vi også se en numerisk tendens til i datamaterialet fra FAS ved TS > 35 %.

Tilsetning av Kofasil Ultra ga ingen effekt sett i forhold til Kontroll ved lavt og middels tørrstoffnivå. Dette var noe ventet idet dette er et ensileringsmiddel som inneholder veldig lite syrer, og har dermed ingen surgjørende effekt. Den er derfor heller ikke anbefalt ved tørrstoffverdier under 30 % (tabell 9). Derimot inneholder den stoffer som skal ha en positiv effekt på den hygieniske kvaliteten og den aerobe stabiliteten, som kan bli et problem ved høye tørrstoffnivåer. Innholdet av natriumnitritt i Kofasil Ultra ga en forventning om et lavere smørsyreinnhold, noe som ble funnet i forsøk RB-24. Det er derfor litt uventet at dette

ensileringsmidlet heller ikke ga noen forbedring av gjæringskvaliteten ved høyt tørrstoffnivå (> 35 %). Generelt få analyser med dette ensileringsmidlet, i tillegg til at det trolig var de som hadde problemer med gjæringskvaliteten som har bestilt gjæringsanalyse, kan være noe av forklaringen. Både i dataene fra FAS og i forsøk RB-24 førte imidlertid ensilering med Kofasil Ultra til en signifikant høyere pH-verdi i forhold til alle de andre ensileringsmidlene og Kontroll.

Etanolverdiene lå høyt for alle ensileringsmidlene. Dette kan være et tegn på at det hovedsakelig var de som hadde problemer med etanolgjæring som også har bestilt for dette, siden analyse for etanol må bestilles i tillegg til gjæringsanalyse. Dette datasettet trenger derfor ikke å være et representativt utvalg, og må brukes med forsiktighet til å fastslå om det er forskjeller mellom ensileringsmidlene. Kun 17 (5, 2 og 10 prøver i henholdsvis TS-nivå < 25, 25-35 og > 35 %) av 1452 etanolprøver ble ensilert med Kofasil Ultra. Dette var for få prøver til at det kunne kjøres statistikk på de to laveste tørrstoffnivåene. Ved tørrstoffnivå >35 % var det ingen signifikant forskjell mellom ensileringsmidlene med hensyn på etanol, ved å bruke en forenklet modell uten tørrstoffnivå og samspill i modellen. Dette kan skyldes at det var få prøver av Kofasil Ultra også her, og at det dermed ga stor SEM. Det blir derfor vanskelig å vurdere Kofasil Ultra med hensyn til etanol opp mot de andre ensileringsleddene i dette datasettet. Det har likevel tidligere vært vist i forsøk at Kofasil Ultra med dets innhold av natriumnitritt, propionsyre og benzoesyre har redusert innholdet av etanol i forhold til andre ensileringsmidler både i middels og ved sterkt fortørka surfôr (Muller 2005; Randby 2010a; Randby 2010b). I forsøk RB-24 ble det heller ikke vist at Kofasil Ultra var bedre i forhold til noen av de andre ensileringsmidlene med tanke på etanol. Det kan likevel se ut til at Kofasil Ultra ga en positiv effekt ved høyt tørrstoffnivå (> 35 % TS) også i FAS datasettet, med et etanolinnhold på 2,4 g/kg TS, noe som er 34 % lavere enn gjennomsnittet av de andre ensileringsleddene.

6.2.2 Effekt ved ulike lagringssystem

Dersom vi ser bort fra etanolverdiene, som neppe gir et representativt bilde, var det kun ensilering med de maursyrebaserte ensileringsmidlene som ga et godt surfôr ved ensilering i tårn- og plansilo. Ensilering med Kofasil Ultra og Sil-All ga her noe høyt innhold av ammoniakk, i tillegg til et høyt innhold av smørsyre ved ensilering med mjølkesyrebakterier (Sil-All). Sett i forhold til både plansilo og tårnsilo, kan det se ut til at ensilering i rundballer har gitt en bedre gjæringskvalitet for alle ensileringsmidlene i tillegg til Kontroll. Unntaket

var et noe høyt innhold av ammoniakk i surfôr ensilert uten tilsetning og med GrasAAT Lacto, men disse verdiene kan likevel aksepteres. En bedre gjæringskvalitet på grassurfôr ensilert i rundballer i forhold til andre silotyper bekreftes også fra standardiserte forsøk (Selmer-Olsen 1992; Randby & Nordang 2007).

De syrebaserte ensileringsmidlene ga som forventet et lavere innhold av de fleste gjæringsproduktene i forhold til de andre ensileringsleddene ved alle lagringssystemene, noe som også ble vist i RB-24 og ensilering ved ulike tørrstoffnivå med data fra FAS. Få fôranalyser ved bruk av Maursyre i rundballer kan være grunnen til at dette ensileringsmidlet ikke ga noen statistisk sikker reduksjon i enkelte av gjæringsproduktene, selv om nivået numerisk var lavere.

Ensilering med mjølkesyrebakterier (Sil-All) førte til smørsyregjæring både ved ensilering i plansilo og tårnsilo. Det ga et signifikant høyere smørsyreinnhold i plansilo sett i forhold til Kontroll. I tårnsilo førte imidlertid også Kontroll til smørsyregjæring og ingen signifikant forskjell fra Sil-All, selv om Sil-All ga noe høyere verdier. Som diskutert ovenfor, vil ensilering med inokulant under vanskelige forhold (lavt tørrstoffnivå) gi usikre resultater. Ensilering i plansilo gir større risiko for jordinnblanding på grunn av mye trafikk av traktorer inn og ut (Mo 2005). Plansilo har også stor overflate, og den kan ligge lenge åpen, i verste fall over flere døgn, i påvente av at den skal fylles, før den blir lufttettet. En rask pH senkning blir derfor enda viktigere for å utkonkurrere uønskede mikroorganismer. Syremidlene senker pH raskt, og vil derfor hemme åndinga umiddelbart og forebygger dermed en temperaturøkning og varmgang ved innleggelse (Rooke & Hatfield 2003). Inokulanter derimot, har ikke vist å gi noen dempende effekt på planteåndinga, og varmgang er et mye større problem ved inokulering enn ved bruk av syremidler (Nordang 1990). Klostridiene har en høyere optimumstemperatur enn andre bakterier i grasmaterialet, og vil derfor få et konkurransefortrinn dersom det skjer en temperaturøkning på grunn av varmgang (Mo 2005). Tilsetning av mjølkesyrebakterier ga heller ingen effekt på ammoniakkinnholdet i forhold til Kontroll for noen av lagringssystemene, noe som også bekrefter at mjølkesyrebakterier ikke er effektive nok til å begrense proteolysen. En undersøkelse i USA viste også et høyere innhold av gjæringsprodukter ved ensilering i plansilo i forhold til tårnsilo (Luchini et al. 1997).

Dataene fra FAS viste ikke særlig gode resultater for ensilering med mjølkesyrebakterier ved lave tørrstoffnivåer eller ved ensilering i plansilo og tårnsilo. Heller ikke ved høyt tørrstoffnivå og i rundballer ga dette ensileringsmidlet noen forbedring i forhold til Kontroll. Dette betyr likevel ikke at disse resultatene kan generaliseres til å gjelde for alle inokulanter eller under alle forhold. Den heterofermentative mjølkesyrebakterien *Lactobacillus bunchneri* er vist å gi bedre resultater når det gjelder aerob stabilitet i forhold til bruk av kun homofermentative bakterier alene, men samtidig også et større tørrstofftap (Driehuis et al. 2001). Tilsetning av mjølkesyrebakterier vil, selv om gjæringskvaliteten er god, føre til en sterkere gjæring i forhold til bruk av syrebaserte ensileringsmidler. Flere gjæringsprodukter i surfôret vil senke fôropptaket (Huhtanen et al. 2007), noe som også er blitt vist i konkrete forsøk (Selmer-Olsen & Mo 1997).

Årsaken til at ensilering uten ensileringsmiddel ga mer smørsyregjæring i tårnsilo i forhold til plansilo, er vanskelig å forklare i og med at faren for jordinnblanding og forurensning fra klostridier er størst ved ensilering i plansilo (Mo 2005). Det vites imidlertid ikke hvordan den praktiske innhøstingen har blitt utført. Både faktorer som høsteutstyr og stubbehøyde kan ha betydning for eventuell forurensning av smørsyresporer. Disse resultatene viser likevel at Sil-All ikke begrenser smørsyregjæringa, og at ensilering uten tilsetning viser like gode, om ikke bedre resultater.

På grunn av dannelsen av nitrøse gasser ved bruk av Kofasil Ultra, blir dette ensileringsmidlet kun anbefalt brukt i rundballer (tabell 9). Få observasjoner i tårn- og plansilo gjør at det er usikkert om resultatene fra disse lagringssystemene viser et riktig bilde. pH var signifikant høyere ved tilsetning av Kofasil Ultra i forhold til Kontroll ved de forholdene de blir anbefalt å bli brukt (høyt tørrstoffnivå og i rundballer), noe som også ble funnet i RB-24. Kofasil Ultra ga også ved ensilering i rundballer en signifikant reduksjon i smørsyre i forhold til Kontroll, noe som bekrefter resultatene fra RB-24, men i begge undersøkelsene viste Kofasil Ultra ingen bedre resultater i forhold til de andre ensileringsmidlene. Selv om man skal være forsiktig med å konkludere noe ut fra etanolinnholdet på grunn av få observasjoner, viser gjennomsnittsverdiene for Kofasil Ultra et lavere innhold av etanol i forhold til de andre ensileringsmidlene ved ensilering i rundballer. Dette, sammen med et lavere etanolinnhold ved alle tørrstoffnivåer, peker likevel i retning av at dette ensileringsmidlet har evne til å redusere problemene med etanol. Det har blitt vist i flere forsøk at Kofasil Ultra har en positiv

effekt ved bruk i fortørka gras med tanke på etanol og aerob stabilitet (Randby 2010a; Randby 2010b). RB-24 viste også et lavere innhold av gjærsopp ved bruk av Kofasil Ultra.

Av tabell 23 ser vi at den viktigste faktoren som bestemmer innholdet av de ulike gjæringsproduktene er tørrstoffnivået. Det at effekten av ulike ensileringsmidler i ulike lagringssystem i denne oppgaven ikke har blitt delt opp i ulike tørrstoffnivåer, gjør at disse resultatene ikke stemmer ved alle tørrstoffnivåer. Det må nevnes at datamaterialet fra FAS ikke har blitt gjort under forsøksomstendigheter, og det vites dermed ikke hvordan ensileringsmidlene har blitt brukt eller hvordan forholdene var under høstingen. Mange velger blant annet å tilsette en mindre dosering enn det som er anbefalt, noe som kan føre til at ensileringsmidlet ikke får anledning til å virke slik det er ment, og gir dermed ikke den effekten den kanskje ville fått ved riktig dosering. Det er også usikkert om de opplysningene som produsentene har oppgitt er korrekte. Er det kun de flinkeste gårdbrukerne, eller er det de som har problemer med gjæringskvaliteten som har bestilt gjæringskvalitet på surfôret? Dette er faktorer som gjør det vanskelig å generalisere resultatene og gi konkrete anbefalinger da disse resultatene ikke nødvendigvis er representative for hvordan ensileringsmidlene egentlig virker under spesifikke forhold. Resultatene gir likevel et godt bilde på hvordan gjæring faktisk har gått hos bønder som har brukt disse ensileringsmidlene. Datamaterialet inneholder dessuten et stort antall prøver for de fleste ensileringsmidlene ved de ulike tørrstoffnivåene og lagringssystemene. Dette gir resultatene en styrke som også bør tas i betraktning.

7.0 Konklusjon

Bruk av maursyrebaserte ensileringsmidler gir det sikreste resultatet, og er det eneste som kan anbefales ved lave tørrstoffverdier. Maursyre i blanding med propionsyre og/eller benzosyre er tidligere vist å begrense vekst av sopp, innholdet av etanol og gi bedre aerob stabilitet sammenlignet med ren maursyre. Det ble likevel ikke funnet noen bedre effekt av disse ensileringsmidlene i forhold til ren maursyre i denne oppgaven (Data fra FAS). Her ble det imidlertid ikke sett på den hygieniske kvaliteten, noe som kunne ha gitt andre resultater.

Høyt tørrstoffnivå er i seg selv en begrensende faktor for gjæringsintensiteten, noe som gir mindre behov for ensileringsmidler når det gjelder gjæringskvalitet, men det begrenser ikke veksten av mugg- og gjærsopp. Kofasil Ultra reduserte i RB-24 innholdet av gjærsopp, men det ga ingen andre resultater som skilte seg ut fra de andre ensileringsmidlene, og bidro ikke til en forbedring av den aerobe stabiliteten. Vi vet imidlertid ut fra andre forsøk at Kofasil Ultra senker etanolgjæringa og øker den aerobe stabiliteten. I datamaterialet fra FAS så vi en tendens til redusert etanolgjæring i de svært få prøvene som var tilgjengelige. Ellers var det ingen positive effekter av Kofasil Ultra sammenlignet med Kontroll, annet enn redusert innhold av smørsyre ved ensilering i rundballer.

Mjølkesyrebakterier (Sil-All) ga usikre resultater i alle tørrstoffnivåene, og vil ut fra denne undersøkelsen frarådes å bli brukt ved lave tørrstoffnivåer og ved ensilering i tårn- eller plansilo. Disse resultatene kan likevel ikke generaliseres i og med at det kun ble sett på én type inokulant. Andre bakteriesammensetninger, for eksempel i blanding med en heterofermentativ mjølkesyrebakterie, kan bedre resultatet. Ved høyt tørrstoffnivå gir bruk av Sil-All likevel en effekt, særlig med tanke på den aerobe stabiliteten (RB-24).

Ut fra denne studien bør syrebaserte ensileringsmidler anbefales til plan- og tårnsilo, og spesielt de rene maursyrebaserte midlene, som har størst syreeffekt. Dette er et logisk og forventet resultat siden det bare er syremidlene som hemmer grasets ånding og varmgang ved innlegging, og at dette problemet er størst i store siloer. Det som påvirker resultatet i størst grad er likevel tørrstoffnivået, og ensileringsmiddel bør i stor grad velges ut fra graden av fortørking. Ulike problemer knyttet til den hygieniske kvaliteten og etanolgjæring bør også tas i betraktning. Ensilering i rundballer kan likevel se ut til å gi en sikrere ensileringsprosess uansett hvilket ensileringsmiddel som blir benyttet.

8.0 Litteraturliste

- Anderssen, Å. F. (2011). Hygienepakke surfôr - kva betyr svaret? *Buskap*, 62 (4): 58-59.
- Dewhurst, R. J., Fisher, W. J., Tweed, J. K. S. & Wilkins, R. J. (2003). Comparison of grass and legume silages for milk production. 1. Production responses with different levels of concentrate. *Journal of Dairy Science*, 86 (8): 2598-2611.
- Driehuis, F., Elferink, S. & Van Wikselaar, P. G. (2001). Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. *Grass and Forage Science*, 56 (4): 330-343.
- Driehuis, F. & van Wikselaar, P. G. (2000). The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high-dry-matter grass silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 (6): 711-718.
- Driehuis, F., van Wikselaar, P. G., van Vuuren, A. M. & Spoelstra, S. F. (1997). Effect of a bacterial inoculant on rate of fermentation and chemical composition of high dry matter grass silages. *Journal of Agricultural Science*, 128 (3): 323-329.
- Eurofins. (2012a). *Forklaring til analysebeviset - Grovfôr*. Ås: Tine Rådgiving. Notat 26.05.2010. Tilgjengelig fra: <http://www.eurofins.no/media/1575972/Grovfor-forklaring-analyser280510.pdf> (lest 17.03.12).
- Eurofins. (2012b). *Hygienisk kvalitet på grovfôr til hest*. Moss: Eurofins. Tilgjengelig fra: <http://www.eurofins.no/media/1978320/Hygienisk%20Kvalitet%20grovf%C3%B4r.pdf> (lest 18.03.12).
- Gibson, T. (1965). Clostridia in silage. *Journal of Applied Bacteriology*, 28 (1): 56-62.
- Goplen, S. (2011). Etanolgjæring kan få dramatiske følger. *Buskap*, 62 (1): 21-22.
- Greenhill, W. L. (1964). Plant juices in relation to silage fermentation III. Effect of water activity of juice. *Grass and Forage Science*, 19 (1): 30-37.
- Hauger, J. (2004). Ensileringsmidler lønner seg. *Samvirke*, 99 (4): 24.25.
- Henderson, A. R., Woolford, M. K. & McDonald, P. (1972). Chemical changes and losses during ensilage of wilted grass treated with formic-acid. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 23 (9): 1079-1087.
- Henderson, N. (1993). Silage Additives. *Animal Feed Science and Technology*, 45 (1): 35-56.
- Holmes, W. (1980). *Grass: its production and utilization*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 295 s. ISBN: 0-632-00618-8

- Huhtanen, P., Khalili, H., Nousiainen, J. I., Rinne, M., Jaakkola, S., Heikkilä, T. & Nousiainen, J. (2002). Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. *Livestock Production Science*, 73 (2-3): 111-130.
- Huhtanen, R., Rinne, M. & Nousiainen, J. (2007). Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal*, 1 (5): 758-770.
- Ingvarstsen, K. L. & Kristensen, V. F. (2003). Regulering af forderoptagelsen. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *DJF Rapport nr 53: Kvægets ernæring og fysiologi: Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 147- 210. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Jaakkola, S., Kaunisto, V. & Huhtanen, P. (2006). Volatile fatty acid proportions and microbial protein synthesis in the rumen of cattle receiving grass silage ensiled with different rates of formic acid. *Grass and Forage Science*, 61 (3): 282-292.
- Kennedy, S. J. (1990). An evaluation of three bacterial inoculants and formic acid as additives for first harvest grass. *Grass and Forage Science*, 45 (3): 281-288.
- Kingsrød, J. H. (2008). Ensilerings av fortørket gras. *Samvirke*, 103 (4): 46-47.
- Kung, L., Jr., Stokes, M. R. & Lin, C. J. (2003). Silage Additives. I: Al-Amoodi, L., Buxton, D. R., Muck, R. E. & Harrison, J. H. (red.) *Silage Science and Technology*, s. 305-360. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.
- Kval-Engstad, O. (2011). Råvarenes rålle. *Buskap*, 62 (1): 25.
- Luchini, N. D., Broderick, G. A., Muck, R. E., Makoni, N. F. & Vetter, R. L. (1997). Effect of storage system and dry matter content on the composition of alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*, 80 (8): 1827-1832.
- Mathews, C. K., van Holde, K. E. & Ahern, K. G. (2000). *Biochemistry*. 3 utg. San Francisco: Benjamin/Cummings. 1186 s. ISBN: 0-8053-3066-6
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. A. (2002). *Animal Nutrition*. 6 utg. London: Pearson Education Limited. 693 s. ISBN: 978-0-582-41906-3
- McDonald, P., Henderson, N. & Heron, S. (1991). *The Biochemistry of silage*. 2 utg. Marlow: Chalcombe Publications. 340 s. ISBN: 0-948617-22-5
- Mo, M. (2005). *Surfôrboka*. Oslo: Landbruksforl. 221 s. ISBN: 82-529-2883-8
- Mo, M., Selmer-Olsen, I., Randby, Å. T., Aakre, S. E. & Asmyhr, A. (2000). *Studier over tidligere ukjente gjæringsprodukter i surfôr og deres effekt på fôropptak og melke kvalitet*. Husdyrforsøksmøtet 2000, Norges landbrukshøgskole, s. 361-364.
- Muck, R. E., Moser, L. E. & Pitt, R. E. (2003). Postharvest Factors Affecting Ensiling. I: Al-Amoodi, L., Buxton, D. R., Muck, R. E. & Harrison, J. H. (red.) *Silage Science and Technology*, s. 251-304. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.

- Muller, C. E. (2005). Fermentation patterns of small-bale silage and haylage produced as a feed for horses. *Grass and Forage Science*, 60 (2): 109-118.
- Nordang, L. (1990). Kvaliteten av surfôr etter bruk av ulike ensileringsmiddel. *Samvirke*, 85 (7): 22-24.
- NorFor. (2012). *NorFor Feedtable*. Tilgjengelig fra: <http://feedstuffs.norfor.info/> (lest 13.03.12).
- Norsk Institutt for Planteforskning. (1995). Retningslinjer for gjennomføring av forsøk i grovfôrvekster. I: Nesheim, L. (red.). Planteforsk Kvithamar forskningssenter, Stjørdal: Utarbeidet 29.11.1995. Revidert 02.02.1996 og februar 2001. 15 s.
- Phalow, G., Muck, R. E., Driehuis, F., Elferink, S. J. W. H. & Spoelstra, S. F. (2003). Microbiology of Ensiling. I: Al-Amoodi, L., Buxton, D. R., Muck, R. E. & Harrison, J. H. (red.) *Silage Science and Technology*, s. 31-93. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.
- Playne, M. J. & McDonald, P. (1966). Buffering Constituents of Herbage and of Silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17 (6): 264-268.
- Randby, A. T. (2007). Effect of propanol and dimethylsulphide in grass silage on organoleptic milk quality. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 16: 102-107.
- Randby, A. T. & Nordang, L. (2007). *Surfôr fra rundballer eller plansilo, og kraftfôr med ulikt proteinnivå til mjølkekyr*. Husdyrforsøksmøtet 2007, Thon Hotel Arena, s. 33-36.
- Randby, A. T., Norgaard, P. & Weisbjerg, M. R. (2010). Effect of increasing plant maturity in timothy-dominated grass silage on the performance of growing/finishing Norwegian Red bulls. *Grass and Forage Science*, 65 (3): 273-286.
- Randby, A. T., Selmer-Olsen, I. & Baevre, L. (1999). Effect of ethanol in feed on milk flavor and chemical composition. *Journal of Dairy Science*, 82 (2): 420-428.
- Randby, Å. T. (1999). *Virkning av økende dosering med GrasAAT på surfôropptak, og produksjon av mjølk og kjøtt: forsøk utført på Hellerud forsøksgård i 1997/98*. Rapport, b. nr 24. [Skjjetten]: Forsøksgården. 24 s.
- Randby, Å. T. (2002). Riktig valg av ensileringsmiddel er viktig. *Norsk Landbruk* (8): 42-44.
- Randby, Å. T. (2005). Ensileringsmiddel- behov, type og dosering ved ulike tørrstoffnivåer i graset. *Bondevennen* (15): 12-13.
- Randby, Å. T. (2010a). *The effect of Na-buffered acid-based additives on wilted grass silage*. Grassland in a changing world, Kiel, Germany, s. 545-547: Mecke Druck und Verlag.
- Randby, Å. T. (2010b). Hvilken effekt har ensileringsmidler? *Buskap* (5): 28-31.
- Randby, Å. T. (2011). Etanolgjæring i surfôr. *Buskap*, 62 (1): 22-24.
- Rivedal, S. (2002). Er gjæringskvaliteten god nok? *Samvirke*, 97 (5): 12-13.

- Rooke, J. A. & Hatfield, R. D. (2003). Biochemistry of Ensiling. I: Al-Amoodi, L., Buxton, D. R., Muck, R. E. & Harrison, J. H. (red.) *Silage Science and Technology*, s. 95-139. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.
- Savoie, P. & Jofriet, J. C. (2003). Silage Storage. I: Al-Amoodi, L., Buxton, D. R., Muck, R. E. & Harrison, J. H. (red.) *Silage Science and Technology*, s. 405-467. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.
- Schioldrop, B. (2002). Plansilo krever rask innlegging. *Norsk Landbruk* (15): 70-71.
- Seguin, V., Lemauviel-Lavenant, S., Garon, D., Bouchart, V., Gallard, Y., Blanchet, B., Diquelou, S., Personeni, E., Gauduchon, P. & Ourry, A. (2010). An evaluation of the hygienic quality in single-species hays and commercial forages used in equine nutrition. *Grass and Forage Science*, 65 (3): 304-317.
- Selmer-Olsen, I. (1992). *Surfôr fra silo eller rundballer til mjølkekyr og ungdyr*. Husdyrforsøksmøtet 1992, s. 53-56.
- Selmer-Olsen, I. (1994). Konservering av grovfôr. I: Harstad, O. M., Nedkvitne, J. J., Pedersen, A.-T., Selmer-Olsen, I., Sundstøl, F., Kjos, N. P. & Steinshamn, H. (red.) *Grovfôr. Notater til forelesninger om grovfôr i HFE31*, s. 127-197. Ås: Landbruksbokhandelen.
- Selmer-Olsen, I. (2005). Hvordan unngå mugg i rundballene? *Samvirke*, 100 (6): 26-27.
- Selmer-Olsen, I. & Mo, M. (1997). The effects of three different silage additives on the extent of silage fermentation and the performance of dairy cows. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 47 (3): 148-158.
- Spoelstra, S. F. (1987). Degradation of nitrate by enterobacteria during silage fermentation of grass. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 35 (1): 43-54.
- Søegaard, K., Hansen, H. & Weisbjerg, M. R. (2003). Fodermidlernes karakteristika. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi; Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 39-68. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Thomas, C., Gibbs, B. G. & Tayler, J. C. (1981). Beef-Production from Silage .2. The Performance of Beef-Cattle Given Silages of Either Perennial Ryegrass or Red-Clover. *Animal Production*, 32: 149-153.
- Ulberg, O. (2011). Smaksfeil på melk. *Buskap*, 62 (1): 26.
- Volden, H. (2000). *Gjæringskvalitet av surfôr og effekt på fôrverdi og fôrutnyttelse*. Husdyrforsøksmøtet 2000, Norges landbrukshøgskole, s. 369-372.
- Volden, H. (2006). *NorFor Plan - Nytt fôrvurderingssystem for storfe*: Tine 2006.
- Volden, H. (2011). Feed fraction characteristics. I: Volden, H. (red.) *NorFor - The Nordic feed evaluation system*, s. 33-49. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.

- Volden, H., Nielsen, N. I., Åkerlind, M., Larsen, M., Havrevoll, Ø. & Rygh, A. J. (2011). Prediction of voluntary feed intake. I: Volden, H. (red.) *NorFor - The Nordic feed evaluation system*, s. 113-126. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- Weinberg, Z. G. & Muck, R. E. (1996). New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *Fems Microbiology Reviews*, 19 (1): 53-68.
- Weisbjerg, M. R. & Hvelplund, T. (2003). Metoder til bestemmelse af kemisk sammensætning og tilgængelighed. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi; Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 70-86. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Weisbjerg, M. R., Lund, P. & Hvelplund, T. (2003). Kulhydratomsætningen i mave-tarmkanalen. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi; Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, s. 239-280. Tjele: Danmarks JordbrugsForskning.
- Weiss, K. (2001). *Gärungsverlauf und Gärqualität von Silagen aus nitrattarmem Grünfütter*. Ph.D. thesis, Berlin: Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität.
- Weiss, K. & Kaiser, E. (1995). Milchsäurebestimmung in Silageextrakten mit Hilfe der HPLC. *Das wirtschaftseigene Futter*, 41: 69-80.
- Wichert, B., Nater, S., Wittenbrink, M. M., Wolf, P., Meyer, K. & Wanner, M. (2008). Judgement of hygienic quality of roughage in horse stables in Switzerland. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92 (4): 432-437.
- Woolford, M. K. (1978). Antimicrobial effects of mineral acids, organic acids, salts and sterilizing agents in relation to their potential as silage additives. *Journal of the British Grassland Society*, 33 (2): 131-136.
- Woolford, M. K. (1990). The Detrimental Effects of Air on Silage. *Journal of Applied Bacteriology*, 68 (2): 101-116.
- Åkerlind, M., Weisbjerg, M., Eriksson, T., Tøgersen, R., Udèn, P., Òlafsson, B. L., Harstad, O. M. & Volden, H. (2011). Feed analyses and digestion methods. I: Volden, H. (red.) *NorFor - The Nordic feed evaluation system*, s. 41-54. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.