



Ingen täckning av plansilor samt alternativa täckningsmaterial



Foto: Therese Pettersson

Av
Therese Pettersson

Engelsk titel: No covering of bunker silos and alternative covering materials

Handledare: Thomas Pauly

Inst. för husdjurens utfodring och vård

Examinator: Rolf Spörndly

Husdjursvetenskap - Examensarbete 15hp

Litteraturstudie

SLU, Uppsala 2009

Abstract

Silage is today a common feed for different animals. A general way of storing silage is in bunker silos covered with polyethylene film. The covering and uncovering is labour intensive and it is often difficult to get the silo properly sealed. Because of these reasons many American farmers leave their silos uncovered and accept the losses accompanied. One purpose of this study was therefore to examine if it sometimes can be justified to leave bunker silos uncovered. The results showed that leaving silos uncovered resulted in large dry matter losses and high pH-values and the conclusion was thus that uncovered silos are not acceptable. Besides that covering and uncovering with a plastic film is labour intensive the plastic cover has today become an environmental concern because it is difficult to recycle. Another purpose of the study was therefore to investigate some alternative edible covering materials that can come to replace the polyethylene film in the future. Many edible biodegradable coverings have been tested and the most promising are based on salt-starch, wheat protein and calcium caseinate. These showed good sealing properties and with further improvement they may replace the plastic film.

Sammanfattning

Ensilage är idag ett vanligt fodermedel för flera djurarter. Att lagra ensilage i plansilor och täcka med polyetenfolie är mycket vanligt världen över. Plasten är dock arbetsam att lägga på och ta av och det är ofta svårt att lyckas täta silon helt. Av dessa anledningar avstår många amerikanska lantbrukare från att täcka silorna och accepterar de förluster detta innebär. Ett syfte med studien var därför att undersöka om det i vissa fall kan vara försvarbart att inte täcka plansilor. Efter bearbetning av litteratur drogs slutsatsen att ingen täckning av plansilor resulterade i höga TS-förluster och höga pH-värden i ensilage och att det därför inte lönar sig att lämna silor utan täckning. Användandet av plast har idag också blivit en miljöfråga då plasten är svår att återvinna. Det andra syftet var därför att undersöka vilka alternativa ätbara täckningsmaterial som testats och vilka som skulle kunna ersätta plasten i framtiden. Många ätbara biologiskt nedbrytbara material har testats där de mest framgångsrika var baserade på saltstärkelse, veteprotein och kalciumkaseinat. Dessa visade sig bevara kvaliteten på ensilaget bra och med vissa förbättringar kan dessa komma att ersätta plasten.

Introduktion

Ensilage är idag ett vanligt fodermedel för flera djurarter. Det är ett viktigt fodermedel eftersom det kan lagras för användning under torra eller kalla årstider, överskottet kan sparas för senare bruk och ensilaget kan framställas av växter som är svårarbetade (Berger, 2005). Lagring av ensilage sker på olika sätt; tornsilor, slangsilor, plansilor, marksilor (s.k. limpor) och balar är några exempel. Litteraturstudien koncentrerades till plansilor.

Användandet av plansilor har ökat sedan 50-talet och finns idag i stora delar av världen. Plansilor är populära p.g.a. att de kan lagra stora mängder ensilage, är relativt billiga att bygga och kräver lite underhåll. Totalkostnaden för en plansilo är uppskattningsvis 50-75 % lägre än för en tornsilo (Pyatt & Berger, 2003a). De är också snabba att fylla enbart med konventionella maskiner och ingen avancerad teknik för uttag krävs.

Den vanligaste metoden för täckning av plansilor är lager av polyetenfolie. Detta är en smidig (ofta vit) plast som läggs ovanpå grödan. Det behövs även material för att hålla plasten på plats och vanligast är att använda gamla däck (Berger, 2005). Många lantbrukare tycker att

arbetet med att täcka silon med plast och däck är arbetskrävande och i USA avstår många lantbrukare från att täcka sina plansilor (Pyatt & Berger, 2003b). Det är också svårt att få plasttäkta silor att hålla tätt, det läcker lätt in syre och vatten längs silons kanter, och dessutom skadas plasten ofta av djur. Läcker syre in förstörs den anaeroba miljön och svamp och bakterier kan växa till och förstöra ensilaget. Då det kan vara svårt att få silon tät anser många amerikanska lantbrukare att arbetet med täckningen inte är värt besväret och accepterar att översta lagret ensilage förskäms.

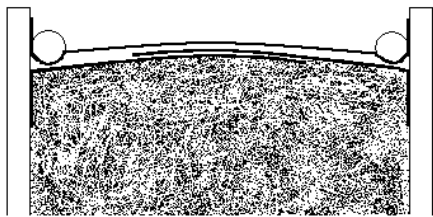
Mycket forskning kring alternativa täckningsmaterial pågår. Med biologiskt nedbrytbara täckningsmaterial som är ätbara skulle arbetet med avtäckning vid uttag av ensilage undkommas. Dessutom skulle ett annat material än plast kunna vara bättre ur miljösynpunkt. Exempel på studerade täckningsmaterial är hackad halm, melass, jord, kalk, sågspån, äppelmos, jordnötssmör, saltstärkelse och s.k. play doh lera bestående av vetemjöl, vatten, salt, olja och alun (Bolton & Holmes, 2000; Savoie et al., 2003; Berger, 2005). Det alternativa täckningsmaterialet bör uppfylla vissa kriterier för att kunna ersätta polyeten. Det skall skydda mot yttre faktorer såsom luft och regn, helst vara ätbart och smaka gott samt vara ekonomiskt försvarbart (Berger, 2005). Dessutom bör det vara lätt att applicera för att minimera arbetsbördan.

Syftet med litteraturstudien var att sammanfatta alternativa täckningsmaterial för plansilor som testats och de som genom forskning visat sig kunna ersätta polyetenfolie i framtiden. Dessutom syftade studien till att undersöka om ingen täckning alls i vissa lägen kan vara försvarbart jämfört med täckning med plast.

Rekommendationer för ensilering i plansilor

Täckning

Sundberg (2003) beskrev hur täckning av plansilor skall utföras för att åstadkomma en bra ensilering. Vid inläggning skall plast hängas över siloväggarna. Denna skall nå ända ner till golvet om väggarna består av trä medan det räcker om den når en halv meter nedanför ytan om väggarna är gjorda av tät betong. När inläggning är klar viks kantplasten över grödan med överlappning i mitten och ett lager täckplast läggs på (figur 1). Tjockleken på täckplasten bör vara minst 0,15 mm. Det rekommenderas även att använda vit plast då denna absorberar mindre solljus än t.ex. svart plast och minskar därmed onödig uppvärmning av ensilaget. Dessutom är vit plast ofta av bättre kvalitet då den, till skillnad från svart, sällan innehåller återanvänd plast som minskar hållbarheten. När täckplasten är på plats skall kanterna vikas upp längs siloväggen och fixeras med sand. Därmed hindras regnvatten från att ta sig in i silon. Sundberg (2003) rekommenderar också att det läggs ett heltäckande material ovanpå plasten. Detta för att minska mekaniska påfrestningar och förhindra att vinden lyfter plasten. Växlande väder och övertryck under plasten när den rör sig i vinden kan medföra att luft pumpas in i silon. Däck, som används i stor utsträckning idag, är inte tillfredsställande i detta avseende. Sand och sågspån anses vara lämpliga material som förhindrar att vinden pumpar in luft i silon.



Figur 1. Modell av plansilo täckt med plast och sand.

Packning

Att packa plansilor hårt är viktigt p.g.a. att hög densitet minskar porositeten av grödan och därmed minskar hastigheten för luftintrång i silon under packning, lagring och uttag (Muck & Holmes, 2000). Hög densitet i silon medför också att mer ensilage kan lagras. Det är möjligt att minska förluster p.g.a. infiltration av luft till i princip ingenting i plansilor (McGechan & Williams, 1994). Viktigt är då att plasten håller tätt och att ensilaget packas hårt. Kravet på hög packningsdensitet av grödan ökar med ökad halt torrsubstans (TS) (Sundberg, 2003). Detta beror på att torr grönmassa, till skillnad från blöt, fjädrar tillbaka. En plansilo innehållande majsensilage med TS mellan 30 och 35 % måste packas till en densitet av minst 225 kg TS/m³ för att oxidationsförlusterna skall minimeras (Bal et al., 1997). Gräensilage med samma TS-halt bör packas till minst 195 kg TS/m³ (Honig, 1987). Lingwall (2008) skriver att en silo som packats omsorgsfullt bör ha en densitet på 250 kg TS/m³.

pH

Direkt efter inläggning i silon är en snabb pH-sänkning önskvärd (Sundberg, 2003). Blir pH tillräckligt lågt kommer den mikrobiella aktiviteten upphöra och om miljön hålls anaerob kan ensilaget klara av en lång tids lagring. pH-värdet som behövs för att uppnå en stabil lagring beror på ensilagens TS-halt. Ett ensilage med 20 % TS bör nå pH<4,2 och ett ensilage med 40 % TS bör nå pH<4,8 (Sundberg, 2003).

Torrsubstans

För att uppnå en hög packningsgrad i plansilon krävs att grödan förtorkas till ungefär 30 % TS (Sundberg, 2003). Blir grödan torrare blir det svårt att packa och ensilaget förstörs lättare av syreintrång. Dessutom råder förhållandet att ju torrare grönmassa desto större andel av bladmassan tappas på fältet vid vändning och bärgning, s.k. mekaniska förluster. Dock hjälper ett ensilage med hög TS-halt till att inhibera tillväxt av klostridier i ensilage (Sundberg, 2003). Ensilering av gröda med för låg TS-halt resulterar i ökad bakterietillväxt i ensilaget och därmed ökade viktförluster (McDonald, 1981). Dessutom kan ett för blött ensilage minska djurens intag av ensilage och även innebära ökade pressvattenförluster. Med pressvattnet försvinner både näring och energi.

Förluster i plansilor med olika behandlingar

En oskadad plast av polyeten är permeabel för gaser och släpper alltid igenom små mängder syre. Detta orsakas av diffusion som uppstår p.g.a. att syrehalten är olika på plastens båda sidor och gaser strävar efter att utjämna skillnader i gaskoncentrationer (Sundberg, 2003). Savoie (1988) kom i sitt försök med marksilor fram till ett visst förhållande mellan förluster av TS p.g.a. permeabilitet av polyetenplast och tjockleken på plasten (tabell 1).

Tabell 1. TS-förluster i marksilor täckta med polyetenfolie av varierande tjocklek (efter Savoie, 1988)

Tjocklek (mm)	TS-förlust (%) per 30 dagar
0,025	2,44
0,050	1,26
0,100	0,65
0,150*	0,43
0,200	0,32
0,250	0,26
0,300	0,22
0,400	0,16

*Standardtjocklek på polyetenfolie för plansilor (Savoie, 1988).

Vad sker i ensilage som utsätts för syre?

I plasttäckta silor som läcker in syre sker en aerob förskämning. Detta resulterar alltid i förlust av energi i form av socker och fettsyror samt bildning av ammoniak, vatten och koldioxid. På ensilaget bildas även ett oätbart kletigt eller skorp-liknande skikt (Woolford, 1990). Detta lager kan skydda ensilaget från att bli totalförstört av vidare syreintrång. I en plansilo utan täckning kan inte en kletig eller skorp-liknande hinna bildas. Detta beror på att värmebildningen är mycket stor i en öppen silo och värmen bidrar till att torka ut det ruttnande ytskiktet. Dessutom bidrar värmen till att dunsta bort det vatten som bildas vid mikrobiologisk aktivitet i ensilage (Bolsen et al., 1993). Till en början sker förskämning i en öppen plansilo endast i de övre 15-30 cm (Muck, 1998). Detta beror på att den mikrobiologiska aktiviteten är tillräcklig i övre skiktet för att ta hand om syret som läcker in. Så småningom förbrukas den tillgängliga näringen i övre skiktet och syret kan tränga längre in och förstöra ensilage djupare i silon.

Metoder för mätning av förluster vid ensilering i plansilor

Vid ensilering utan täckning eller täckning med plast som ej håller tätt tränger luft in i ensilaget och orsakar skämt ensilage. Holmes (2006) skriver att många lantbrukare enbart mäter djupet på det skämnda ensilaget. Det tas sällan hänsyn till att 2,5 cm skämt ensilage vid inläggningen kan ha varit 5-8 cm gröda av bra kvalitet. Dessutom finns ett övergångsområde under det skämnda ensilaget med 30-60 cm brun-grått ensilage av sämre kvalitet som har en TS-förlust på 20-30 %. Detta tas sällan hänsyn till vid konventionella mätningar.

Bolsen et al. (1993) mätte TS-förluster i övre skiktet av plansilor genom att mäta pH, fermenteringsprodukter samt återfunnen TS. Återfunnen TS syftar till hur mycket av TS-halten vid inläggning som finns kvar efter ensilering. Denoncourt et al. (2006) mätte TS-förluster genom att väga grödan under inläggning och sedan efter fyra och åtta veckor. Bolsen (1997) uppskattade förluster av organisk substans genom att använda askinnehåll som markör. Oxidationsförluster mättes genom mätning av värmeproduktion.

För att mäta kvantitativ förlust av skämt ensilage mätte Bruswitz et al. (1991) avståndet mellan ensilageytan och nivån där ensilaget höll pH 4,5. Avstånden var direkt korrelerade till tjockleken på det skämnda ensilaget.

Ett sätt att mäta total förlust av skämt ensilage är att när silon är fylld till två tredjedelar eller tre fjärdedelar lägga ut ett nät som är tåligt mot förruttelse (McDonald, 1981). Grödan som läggs ovanpå nätet vägs och vikten jämförs sedan med vikten på det ensilage som är kvar när det skämde ensilaget är borttaget efter lagring. Vikten på ensilaget av bra kvalitet ovanför nätet korrigeras för fermentationsförluster.

TS-förluster och pH vid ensilering utan täckning och täckning med plast

Bolsen et al. (1993) gjorde försök på bl.a. lusern (*Medicago sativa*) där TS-förluster analyserades i plansilor (4,9 m långa; 4,1 m breda och 1,2 m djupa) med behandlingarna utan täckning (öppna silor) och täckning med polyetenplast. Samtidigt gjordes pilotförsök med 208-liters silor. Lusernensilage (36,5 % TS) packades till en densitet av 182 kg TS/m³ och täcktes med 0,15 mm tjock plast. Efter 84 dygn öppnades silorna och ensilaget analyserades vid tre olika djup (25; 50 och 75 cm). Plasttäckt lusern hade högre TS-halt än lusern i öppna silor, oavsett djup (tabell 2). De översta 25 cm ensilage i de öppna silorna var skämt och endast 22 % av ensilagens TS återfanns. I de plasttäckta silorna hade inget ensilage förskämts och nästan all TS fanns kvar (>93 %) (tabell 2). Vid 25 cm i ensilage i öppna silor hade en omfattande oxidation ägt rum. Detta visades genom mycket höga pH-värden (medel 9,58) och få fermenteringsprodukter. Förruttnelsens spridning kunde mätas till 67 cm djup.

Tabell 2. Effekt av täckningsbehandling på TS-halt, återfunnen TS och pH i silor. Material: lusern, 36 % TS, 182 kg TS/m³ (efter Bolsen et al., 1993)

Gröda & behandling	Silodjup (cm)	TS-halt (%)	Återfunnen av inlagd TS (%)	pH vid uttag
Lusern- täckt	25	46,3	92,8	4,88
	50	36,8	98,4	4,49
	75	35,9	94,3	4,50
Lusern- ej täckt	25	39,1	22,2	9,58
	50	27,2	76,6	5,35
	75	25,5	85,4	4,55

Bolsen (1997) gjorde försök med lusernensilage (TS 47-57 %) där behandlingarna var öppet- utan tak, täckt- utan tak, öppet- med tak och täckt- med tak. Experimentet genomfördes på samma sätt som i försöket av Bolsen et al. (1993) förutom att ensilaget packades till densiteten 134 kg TS/m³ och analyserades vid 12,5; 25 och 50 cm. Resultatet visade att i öppna silor vid 12,5 och 25 cm återfanns betydligt mindre TS än i plasttäckt ensilage (tabell 3). Höga pH-värden, få fermenteringsprodukter och värmebildning i de översta 50 cm i öppna silor visade att ensilaget var av mycket sämre kvalitet än täckt ensilage och påvisade även omfattande oxidationsförluster. Ensilaget i de täckta silorna var välensilerat medan ensilaget i de öppna silorna endast var dugligt under 50 cm djup. I de öppna silorna utan tak trängde regnvatten in i ensilaget och det blev mycket fuktigt. Ett tak över de öppna lusersilorna resulterade i minskad TS-förlust vid 25 cm.

Tabell 3. Effekt av täckningsbehandling och med eller utan tak på TS-halt, återfunnen TS och pH i silor. Material: lusern, 47-57 % TS, 134 kg TS/m³ (efter Bolsen, 1997)

Behandling	Silodjup (cm)	TS-halt (%)	Återfunnen av inlagd TS (%)	pH vid uttag
Öppet- utan tak	12,5	65,4	66,4	8,21
	25	45,2	47,6	8,68
	50	35,5	90,6	4,85
Täckt- utan tak	12,5	52,9	90,7	5,23
	25	52,7	91,1	5,28
	50	47,2	89,5	5,20
Öppet- med tak	12,5	72,0	64,2	8,10
	25	75,7	76,6	7,57
	50	49,5	87,2	4,63
Täckt- med tak	12,5	57,8	91,5	5,41
	25	57,7	89,9	5,41
	50	53,8	93,7	5,20

Brown & Kerr (1965) gjorde ensileringsförsök med gräsenilage (50 % TS) i marksilor där behandlingarna var utan täckning och täckning med plast. Resultatet visade att efter sex månaders lagring var 70 % av ensilaget i de öppna silorna skämt och oätbart. Andelen återfunnen TS i de öppna silorna var 30 % jämfört med 89 %.

Alternativa täckningsmaterial

Sojaprotein- och kaseinbaserade biologiskt nedbrytbara material är två alternativa täckningsmaterial vilkas förmåga att stänga ute syre och bevara kvaliteten av majsensilage (*Zea mays*) testades av Denoncourt et al. (2006). Åtta hinkar (à 29,5 liter) per behandling användes som silor och i dessa packades ensilaget till en medeldensitet av 200 kg TS/m³. Sojaproteinet och kaseinet applicerades direkt på grödan och ovanpå lades två hydrofoba lager ätbart lim. Silorna lagrades utomhus utan skydd mot nederbörd och vind. Resultaten jämfördes med en positiv kontroll (täckt med 0,15 mm plast) och en negativ kontroll (öppen) efter fyra och åtta veckor. Efter fyra veckors lagring sågs ingen betydande skillnad mellan soja-, kasein- och plasttäckta silor. De öppna silorna däremot hade högre pH, lägre TS-innehåll och lägre återfunnen TS än de andra tre behandlingarna. Efter åtta veckors lagring var TS-halten högst för ensilage i plasttäckta silor (38,0 %) och lägst för ensilage i öppna silor (21,5 %). TS-halten för soja- och kaseintäckt ensilage låg däremellan (34,4 resp. 33,5 %). pH för ensilage i de plasttäckta silorna (3,96) var lägre än för de andra tre behandlingarna som sinsemellan skilde sig obetydligt (5,22-5,35). Återfunnen TS för ensilage i soja-, kasein- och plastsilorna (92,9-95,5 %) var betydligt högre än i de öppna silorna (81,0 %). Värmebildningen var mycket högre i de öppna silorna än i de andra tre behandlingarna. Precis som Bolsen (1997) iakttog Denoncourt et al. (2006) att luftintrång medförde förskämning av de översta 26 cm ensilage i de öppna silorna (visades genom hög värmeproduktion, hög TS-förlust och högt pH). De biologiskt nedbrytbara materialen lyckades inte bevara lika hög kvalitet på ensilage som plasten.

Savoie et al. (2003) testade äppelmos och jordnötssmör som alternativa material för täckning av plansilor. I minisilor (5,2 liter) täckta med 50 mm tjockt lager av äppelmos blev

medelförlusterna av TS 6,3 % efter 42 dygn. Därmed gav äppelmos bättre skydd mot luftintrång än ingen täckning alls (16,3 %). Fem mm jordnötssmör gav nästan lika dåligt skydd (15,5 %) som öppna silor. Efter 42 dygns lagring hade pH stigit till >9,0 i silorna med de alternativa täckningsmaterialen och silon utan täckning.

Pyatt & Berger (2003a) testade saltstärkelse som alternativt täckningsmaterial för majs (40 % TS) i plansilor (3,7 m långa; 1,8 m breda och 1,8 m djupa). Saltstärkelsen bestod av 50 % vatten, 22 % salt, 22 % mjöl (av okänt sädeslag), 4 % vegetabilisk olja och 2 % kaliumbitartrat. Saltstärkelsen hade en deg-liknande konsistens som applicerades till ett 1,3-1,9 cm tjockt lager med hjälp av en cementspade. Ovanpå lades ett tunt lager paraffinvax. Som kontroll användes plasttäckta och öppna silor. Saltstärkelse visade sig täcka ensilaget bra och hålla tätt. Andelen förstört ensilage totalt var 3 % i saltstärkelsesilorna, 17 % i de öppna och 22 % i de plasttäckta silorna. TS-halten var 37 % i saltstärkelsesilorna, 31 % i öppna och 41 % i plasttäckta silor. TS-förlusten var 22 % i ensilage i plansilor täckta med saltstärkelse, 55 % i öppna och 44 % i plasttäckta silor. pH jämfördes inte mellan behandlingarna men uppmätta värden var stabila och acceptabla. Alla mätningar, utom andelen förstört ensilage totalt, gjordes i det fina ensilaget under det förstörda ytskiktet. Saltet trängde in 25-38 cm i ensilaget och hjälpte till att skydda mot mögeltillväxt och saltet hade ingen påverkan på fermenteringsprocessen. I snitt konsumerade kvigor utfodrade ensilage täckt med saltstärkelse 91 % av täckningslagret (Pyatt & Berger, 2003a).

Berger (2005) ville utveckla en effektivare metod för användning av saltstärkelse då det var arbets- och tidskrävande att applicera med en cementspade. För att få stärkelsen att gelatiniseras behövde Pyatt & Berger (2003a) använda kokande vatten vilket blev arbetsamt när stora mängder behövdes. Dessutom användes vetemjöl som stärkelsekälla vilket var dyrt. Vetemjölet bytte Berger (2005) ut mot billigare finmalt vete, stärkelseblandningen utvecklades så inget vatten behövdes och saltstärkelsen gjordes lösare så appliceringen kunde ske med hjälp av en slang. Metoden testades bara på silor av storleken beskrivet ovan, inga silor av konventionell storlek användes (Berger, 2009 personligt meddelande). Andelen förstört ensilage i silorna täckta med saltstärkelse var samma som i försöket av Pyatt & Berger (2003a).

Denoncourt et al. (2004) testade veteprotein och kalciumkaseinat som alternativa biologiskt nedbrytbara täckningsmaterial för timotejensilage (*Phleum pratense*) med 34 % TS. Behållare med timotej täcktes med veteprotein eller kalciumkaseinat och två hydrofoba lager åtbart lim och plasttäckta och öppna behållare användes som kontroll. pH i ensilage i silorna täckta med biologiskt nedbrytbara material var lågt (4,39) och stabilt i 120 dagar och ökade sedan till 9,09 efter 135 dygn. pH i ensilaget i de plasttäckta silorna ökade efter 85 dagar från 4,18 till 8,89 och i de öppna direkt vid ensileringen till 8,22. I öppna silor ökade TS-halten efter 35 dygn till dubbelt så höga värden som i ensilage i silor täckta med plast- och biologiskt nedbrytbara material. TS-förluster redovisades ej. De biologiskt nedbrytbara materialen skyddade ensilaget bättre än ingen täckning alls. Ensilage täckt med de biologiskt nedbrytbara materialen höll bra kvalitet i fyra månader och ensilaget täckt med plast i tre månader. Båda alternativa material släppte in luft vilket ledde till förskämning av ensilaget.

Brusewitz et al. (1991) testade ett sojamjölbaserat pulver kallat Nutri-Shield som täckningsmaterial till majsensilage (24 % TS). Nutri-Shield är ett pulver som blandas med vatten och sedan sprayas på ensilaget. Plasttäckta (0,15 mm) och öppna minisilor användes som kontroll. Dessutom testades två olika packningsdensiteter, en hög (159 kg TS/m³) och en låg (105 kg TS/m³). Plasttäckta silor hade lägre maxtemperatur, mindre skämt ensilage och

lägre volymminskning än Nutri-Shield-täckta och öppna silor. pH var lägre i plastsilorna med låg densitet (pH 4,01) än Nutri-Shield (pH 7,73) och öppna silor (8,05) men i högdensitetsilorna var pH ungefär samma för alla tre behandlingarna (pH runt 3,96).

Diskussion

Vilka blir följderna av att inte täcka plansilor?

Ett syfte med studien var att undersöka om det i vissa lägen kan vara försvarbart att lämna plansilor utan täckning jämfört med att täcka dem med polyetenfolie. Därför behövde resultaten från de olika studierna jämföras.

Under ensilering sker alltid en liten förlust av TS (McDonald, 1981). Detta beror på att det under fermenteringsprocessen åtgår substrat. Om luft tränger in i silon kommer mikroorganismer bryta ned fettsyror i ensilaget och bilda koldioxid och därmed sjunker TS-halten och pH ökar. Vid otillräcklig täckning eller ingen täckning alls sker därför en stor TS-förlust. I försöket av Bolsen et al. (1993) tyder de höga TS-förlusterna i de öppna silorna på att miljön inte varit anaerob. I enlighet med Bolsen et al. (1993) visar resultaten från flertalet studier att ingen täckning medför stora TS-förluster och/eller höga pH-värden (Brown & Kerr, 1965; Bolsen, 1997; Pyatt & Berger, 2003a; Denoncourt et al., 2004; Denoncourt et al., 2006). Det höga pH-värdet i de öppna silorna berodde på att de organiska fettsyrorna, vars uppgift är att hämma buffring i ensilage, hade brutits ned (Bolsen et al., 1993). Därmed fanns inget som hämmade buffringen och pH steg.

Bolsen (1997) anser att resultaten från hans studie bevisar att förlusterna i översta metern i plansilor är mycket stor och att man bör skydda ensilage mot luft och vatten. Dock kommer totalförlusten av TS variera beroende på hur djup silon är, ytvolymen minskar i förhållande till totalvolymen med ökat silodjup. Silorna i den här studien var 1,2 m djupa men hade silon varit fyra meter djup hade totalförlusten av TS varit betydligt mindre. Regnvatten har flera effekter på ensilage; det förskämmer ytskiktet av ensilage som därmed tätar mot luftintrång, men samtidigt ökar vattnet även den mikrobiella aktiviteten i ytskiktet och påskyndar därför förskämningen. I försöket av Bolsen (1997) var den dominerande effekten av regnvatten påskyndad förskämning eftersom TS-förlusterna ökade. Ett tak förhindrade regnvatten att ta sig in i de öppna silorna. Dock var de enda stora skillnaderna i resultat mellan de öppna silorna utan tak och de öppna silorna med tak ökade TS-halter och minskad TS-förlust vid 25 cm i öppna silor med tak. I de plasttäckta silorna hade taket ingen betydelse. pH var som förväntat mycket högt i de öppna silorna. pH i de plasttäckta silorna ser också höga ut (>5,2), men eftersom TS-halten i ensilaget var 47-57 % så är pH-värdena ändå acceptabla (Sundberg, 2003). Bolsen (1997) skriver att i en 1000-ton plansilo kan en effektiv täckning minska förlusten med mellan 500 och 2500 US-dollar, beroende på grödans värde. Siffrorna är troligtvis inte aktuella idag men principen är densamma, man kan spara pengar genom att täcka plansilor.

Marksilon i försöket av Brown & Kerr (1965) rymde 30 ton och borde därför varit ca 1,5 m djup. Hade den varit djupare hade totalförlusten av ensilage varit mindre än 70 % (samma resonemang som i försöket av Bolsen (1997)). Resultaten av det här försöket visar även de att det sker stora TS-förluster i silor som inte täcks.

Produktionskostnaden för en plansilo i Sverige är 1250-1400 kronor per ton TS (Lingwall, 2008). Sker stora förluster, som i de öppna silorna i försöken av Brown & Kerr (1965), Bolsen et.al. (1993) och Bolsen (1997), kan man behöva utfodra kraftfoder till dubbla produktions-

kostnaden. Om 10-15 cm av det övre lagret ensilage förskäms blir resultatet en förlust av 25-40 kg TS/m² siloyta. Vid antagandet att produktionskostanden är 1300 kronor per ton TS motvarar detta förluster på 35 kronor per m². Att lämna silor utan täckning kan därför innebära stora ekonomiska förluster.

Hur väl fungerar de alternativa täckningsmaterialen?

Det andra syftet med studien var att sammanfatta alternativa täckningsmaterial för plansilor som testats och de som genom forskning visat sig kunna ersätta polyetenfolie i framtiden.

Då återfunnen TS i försöket av Denoncourt et al. (2006) var lika i ensilage från sojaprotein-, kasein och plasttäckta silor drogs slutsatsen att båda ätbara biologiskt nedbrytbara materialen förhindrade luftintrång lika väl som plast. Det som talar emot resonemanget är att pH i ensilaget med de biologiskt nedbrytbara materialen var relativt höga (> 5,2) och att det därmed borde ha skett en aerob nedbrytning av fettsyror i ensilaget. Dessutom hittades efter åtta veckor skämt ensilage i de översta 26 cm i soja- och kaseintäckta silor. Detta kan antingen bero på luftintrång eller på att ensilaget förstörts av regnvatten. Då silorna utsattes för regn kan detta mycket väl vara orsaken. De hydrofoba lagren lim som applicerades hade i uppgift att skydda ensilaget mot regn. Tanken var därför att proteinet skulle skydda mot syreintrång och limmet mot vattenintrång. Bortsett från att hinkarna var mycket små (29,5 liter) så speglar försöket av Denoncourt et al. (2006) verkligheten ganska bra. Hinkarna utsattes för både nederbörd och vind och av resultaten att tyda stod de emot relativt bra. Önskvärt hade varit att genomföra ett liknande försök fast med plansilor av konventionell storlek för att se om sojaprotein och kasein lyckas hålla tätt. Det borde genast krävas mer av materialen när silon blir större då materialen lättare spricker när större yta skall hållas samman. Dessutom hade det varit intressant att sätta ett tak över silorna för att se om det kan vara till ytterligare hjälp att täta mot regnvatten.

Försöket av Savoie et al. (2003) visade att täckning med 50 mm äppelmos och fem mm jordnötssmör inte är att rekommendera som täckning för plansilor. Den enda skillnaden äppelmoset och jordnötssmöret gjorde jämfört med de öppna silorna var att de fördröjde förskämningen ett par veckor. Troligtvis skulle de alternativa materialen inte heller stått emot regn om de lagrats utomhus. Både jordnötssmöret och äppelmoset torkade när det applicerats på silon men regnvatten borde lösa upp materialen och göra fri väg för både vatten och luft att tränga in i silon. Dessutom borde fuktigt jordnötssmör och äppelmos mögla och även orsaka möjligt ensilage. Kanske hade ett lager med vax, som användes av bl.a. Berger (2005), ovanpå de alternativa materialen kunnat skydda ensilaget bättre. Ett tak över silorna skulle även hindra regnvatten från att ta sig in i silon. Det borde dock tas i beaktning att täckning med jordnötssmör borde bli väldigt dyrt när stora mängder behövs.

Anledningen till att silorna täckta med plast i försöket av Pyatt & Berger (2003a) resulterade i ovanligt mycket förruttning och hög TS-förlust berodde troligtvis på att plasten inte höll tätt och syre läckte in. Därför är det inte rättvisande att jämföra saltstärkelsen med resultaten från de plasttäckta silorna i det här försöket. Även återfunnen TS var låg i plastsilorna (56 %) jämfört med andra försök (Brown & Kerr, 1965; Bolsen et al., 1993; Bolsen, 1997; Denoncourt et al., 2006). Återfunnen TS har där legat runt 90 %. Enligt McDonald (1981) brukar återfunnen TS i silor täckta med plast vara 75-97 % i europeiskt klimat. Återfunnen TS var 78 % i silorna täckta med saltstärkelse (Pyatt & Berger, 2003a). I öppna silor låg andelen återfunnen TS mellan 20 och 81 % (Brown & Kerr, 1965; Bolsen et al., 1993; Bolsen, 1997; Denoncourt et al., 2006) där 81 % är ovanligt högt. Saltstärkelsen ger i jämförelse med de flesta försök därför högre återfunnen TS än öppna silor. Inga exakta pH-värden redovisades

men pH mättes i allt utfodrat ensilage. Eftersom det var stabilt och tillräckligt lågt tyder det på att saltstärkelsen skyddat bra mot luft. Paraffinvaxet hjälpte säkerligen till att sydda mot vattenintrång. Tack vare att saltet trängde in 25-38 cm i ensilaget skyddades det mot mögeltillväxt. Detta är viktigt då ett möjligt ensilage är hälsovådligt för djur och absolut inte bör utfodras. Saltet hade ingen påverkan på fermentationsprocessen, men dock måste lantbrukaren ta hänsyn till det extra salt som djuren får i sig via ensilaget. Tack vare att djuren får i sig energi och mineraler via täckningsmaterialet kan kostnaden för fodertillsatser, som ofta måste köpas in, minskas. Saltstärkelsen var troligtvis smaklig då djuren åt 91 % av materialet och Pyatt & Berger (2003a) ansåg att saltstärkelsen var ett utmärkt alternativ till polyetenfolie som täckningsmaterial. Önskvärt är dock att saltstärkelsen ger lite lägre TS-förlust. Saltstärkelsen har ännu inte kommit ut på den amerikanska marknaden p.g.a. problem med appliceringsmetoden (Berger, 2009 personligt meddelande).

Försöket av Denoncourt et al. (2004) visade att veteprotein och kalciumkaseinat fungerar bra som ätbara alternativa täckningsmaterial. Ensilage täckt med veteprotein eller kalciumkaseinat resulterade i ensilage som höll kvaliteten längre än plasttäckt ensilage (fyra respektive tre månader). Efter fyra respektive tre månader steg pH hastigt och ensilaget tappade i kvalitet. Anledningen till att ensilaget täckt med alternativa material höll hög kvalitet längre än plasttäckt ensilage kan beror på att plasten släppte in mer syre än veteprotein och kalciumkaseinat. Eftersom pH i silorna med alternativa täckningsmaterial steg med 4,7 pH-enheter på bara 15 dagar efter dag 120 måste något ha skett i ensilaget. Inga uppgifter finns om vad som kan ha hänt men kanske började materialet spricka så att mer syre trängde in. Silorna lagrades inomhus och samma test borde utföras där silorna lagras utomhus för att materialen skall kunna utvärderas rättvist. Lagringen inomhus kan också vara en av anledningarna till att TS-halten blev så hög i de öppna silorna, inget regn trängde in i ensilaget och befintligt vatten kunde dunsta ur silon.

Precis som plasten i försöket av Bolsen et al. (1993) lyckades Nutri-Shield inte hålla syre ute vilket resulterade i oxidationsförluster (Brusewitz et al., 1991). Nutri-Shield-sprayen bildade en skorpa på ensilaget som började vittra sönder när ensilaget ruttnade vilket gjorde att luft kunde tränga in i silon. Ur det här försöket kan man dra slutsatsen att Nutri-Shield inte i några avseenden var bättre än silor utan täckning. Det var snarare densiteten som hade betydelse. Om densiteten 159 kg TS/m^3 som användes i försöket av Brusewitz et al. (1991) är hög kan ifrågasättas. Enligt Bal et al. (1997) bör densiteten ligga över 225 kg TS/m^3 för att majsensilage inte skall förstöras av syre. Försöket visar dock att hårt packat ensilage ger stabilare pH och bättre ensilering än löst packat ensilage. Är ensilaget packat löst så har täckningen större betydelse än om det är packat hårt. Kanske hade Nutri-Shield fungerat bättre om det ovanpå lades ett lager med vax som i försöket av Berger (2005). Nutri-Shield-lagret var också ätbart, men inga uppgifter om konsumtion fanns.

Ett stort problem med ätbara alternativa täckningsmaterial är appliceringen på grödan. Saltstärkelsen som Pyatt och Berger (2003a) testade applicerades med en cementspade. Detta var mycket arbets- och tidskrävande och för att saltstärkelsen skulle kunna användas konventionellt så krävdes en utveckling av appliceringsmetoden. Berger (2005) effektiviserade appliceringsmetoden till att kunna använda en slang och spruta på saltstärkelsen. Tyvärr visade sig utrustningen som användes för försökssilorna inte passa för silor av konventionell storlek (Berger, 2009 personligt meddelande). Forskarna hoppas dock att lämplig utrustning skall finnas på marknaden om ett par år. Brusewitz et al. (1991) lyckades framställa ett material som kunde sprayas på grödan vilket var mycket effektivt.

I den här studien har inga reflektioner kring tillväxt av mikroorganismer i ensilage gjorts. Inte heller inläggnings- och packningsintensiteten, d.v.s. hastigheten under inläggning och packning, har tagits i hänsyn. Dessa faktorer påverkar kvaliteten på ensilage avsevärt men i de försök då ensileringen gått bra kan det antas att svamp- och bakterietillväxt hämmats och att intensiteterna varit goda. Något som är av stor betydelse är förluster av näringsämnen och energi vid otillräcklig täckning. Ensilage används som foder till djur och därför är ensilagens foderegenskaper viktiga. Huruvida ensilaget i de diskuterade försöken har haft bra foderegenskaper har inte tagits i beaktning. Alla försök som presenterats har utförts i Nordamerika, samtliga i Québec (Kanada) eller i norra delarna av USA. Ifall samma resultat hade erhållits om försöken gjorts i Sverige är oklart. Luftfuktighet, temperatur och nederbörd är några faktorer som skiljer det nordamerikanska klimatet mot det svenska.

Slutsats

Att lämna plansilor utan någon form av täckning resulterade i ökade TS-förluster och ökat pH i ensilaget. Tak över öppna silor ökade TS-innehållet på alla djup och gav något bättre kvalitet på ensilaget än öppna silor utan tak. Då förlusterna var stora kan man dra slutsatsen att det inte är försvarbart att lämna plansilor utan täckning, även om inga beräkningar gjorts. Saltstärkelse visade sig vara ett material som mycket väl kan ersätta polyetenfolie som täckningsmaterial. Även veteprotein och kalciumkaseinat visade sig vara material som med ytterligare förbättring genom forskning skulle kunna ersätta plasten.

Referenser

- Bal, M.A., Coors, J.G., Shaver, R.D. 1997. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *Journal of Dairy Science* 80, 2497-2503.
- Berger, L.L. 2005. Covering Bunker Silos. I: Tri-State Dairy Nutrition Conference, Indiana, USA 2-3 maj. 2005.
- Berger, L.L. April 2009. Personligt meddelande. Professor. Department of Animal Sciences, University of Illinois.
- Bolsen, K.K. 1997. Issues of Top Spoilage Losses in Horizontal Silos. I: Proceedings from the silage: Field to feedbunk North American Conference, Pennsylvania, USA 11-13 februari. 1997.
- Bolsen, K.K., Dickerson, J.T., Brent, B.E., Sonon, R.N.Jr, Dalke, B.S., Lin, C., Boyer, J.E.Jr. 1993. Rate and Extent of Top Spoilage Losses in Horizontal Silos. *Journal of Dairy Science* 76, 2940-2962.
- Bolton, K., Holmes, B.J. 2000. Management of Bunker Silos and Silage Piles. 4-State Professional Management Seminar. MidWest Plan Service, Ames, IA.
- Brown, W.O., Kerr, J.A.M. 1965. Losses in the conservation of heavily wilted herbage sealed in polyethylene film in lined trench silos. *Journal of the British Grassland Society* 20, 227-232.
- Brusewitz, G.H., Huhnke, R.L., Barnes, E.M. 1991. Performance of Nutri-Shield in Protecting Bunker-stored Silage. *Applied Engineering in Agriculture* 7, 515-519.
- Denoncourt, P., Amyot, A., Lacroix, M. 2006. Evaluation of Two Biodegradable Coatings on Corn Silage Quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86, 392-400.
- Denoncourt, P., Caillet, S., Lacroix, M. 2004. Bunker-stored silage covered with biodegradable coating. Part I. Laboratory assay. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84, 300-306.
- Holmes, B. 2006. Bunker Silo Cover Alternatives. Biological Systems Engineering Department, University of Wisconsin, Wisconsin, USA. Focus on Forage Vol 6: No 6.
- Honig, H. 1987. Influence of forage type and consolidation on gas exchange and losses in silo. I: Summary of papers, 8th Silage Conference, Hurley, UK. p.51-52.

- Lingwall, P. Maj 2008. Så lyckas du med ensilering i plansilo. Lantmännen, gårdsmagasinet maj 2008, 62-63.
<http://direkt.lantmannen.com/aciro/bilddb/objektvisa.asp?idnr=9mYFHTCk6FaK1uxvBhkv3mkW0JOOLcZbVlK5V6i9b3PqKP29Zi4DCq1HWubM>
- McDonald, P. 1981. The Biochemistry of Silage, 103-128, 168-178. Pitman Press, Bath, UK.
- McGechan, M.B., Williams, A.G. 1994. A Model of Air Infiltration Losses During Silage Storage. *Journal of Agricultural Engineering Research* 57, 237-249.
- Muck, R.E. 1998. Influence of Air on Ensiling. I: ASAE Annual International meeting, Orlando, 12-16 juli 1998. 8pp. St Joseph, ASAE. Paper no. 981054.
- Muck, R.E., Holmes, B.J. 2000. Factors affecting bunker silo densities. *Applied Engineering in Agriculture* 16, 613-619.
- Pyatt, N.A., Berger, L.L. Mars 2003a. Protecting and Supplementing Corn Silage in Bunker Silos with Salt-Starch Coverings. <http://www.livestocktrail.uiuc.edu/uploads/beefnet/papers/Protecting%20and%20supplementing%20bunker%20silos%20with%20salt-starch%e2%80%a611.pdf>
- Pyatt, N.A., Berger, L.L. Mars 2003b, Management and Storage Alternatives for Corn Silage. <http://www.livestocktrail.uiuc.edu/beefnet/paperDisplay.cfm?ContentID=440>
- Savoie, P. 1988. Optimization of Plastic Covers for Stack Silos. *Journal of Agricultural Engineering Research* 41, 65-73.
- Savoie, P., Bernier-Roy, M., Pedneault, M.L., Amyot, A. 2003. Evaluation of apple pulp and peanut butter as alternative bunker silo covers. *Canadian Biosystems Engineering* 45, 2.17-2.22.
- Savoie, P., Jofriet, J.C. 2003. Silage Storage. I: Al-Amoodi, L. et al. (red), *Silage Science and Technology*, 435-467. Agronomy series no. 42, American Society of Agronomy et al., Madison Wis., USA.
- Sundberg, M. Januari 2003. Kvalitetssäkrad mjölkproduktion - Ensilering av Vallfoder. *Svensk Mjök, Hållsta*, 50s.
http://www.svenskmjolk.se/ImageVault/Images/id_1420/scope_128/ImageVaultHandler.aspx
- Woolford, M.K. 1990. The detrimental effects of air on silage. *Journal of applied microbiology* 68, 101-116.