



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science

Ensilering, en jämförelse mellan olika ensileringsystem



Roger Nilsson

Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, **493**

Uppsala 2014

Degree project / Swedish University of Agricultural Sciences,
Department of Animal Nutrition and Management, **493**

Examensarbete, 15 hp

Kandidatarbete

Husdjursvetenskap

Degree project, 15 hp

Bachelor Thesis

Animal Science



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science
Department of Animal Nutrition and Management

Ensilering, en jämförelse mellan olika ensileringssystem

Ensiling, a comparison between different ensiling systems

Roger Nilsson

Handledare: Martin Knicky, SLU, Inst. för husdjurens utfodring och vård
Supervisor:

Ämnesansvarig: Rolf Spörndly, SLU, Inst. för husdjurens utfodring och vård
Subject responsibility:

Examinator: Kerstin Svennersten-Sjaunja, SLU, Inst. för husdjurens utfodring och vård
Examiner:

Omfattning: 15 hp
Extent:

Kurstitel: Kandidatarbete i husdjursvetenskap
Course title:

Kurskod: EX0553
Course code:

Program: Agronomprogrammet - Husdjur
Programme:

Nivå: Grund G2E
Level:

Utgivningsort: Uppsala
Place of publication:

Utgivningsår: 2014
Year of publication:

Serienamn, delnr: Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 493
Series name, part No:

On-line publicering:
On-line published: <http://epsilon.slu.se>

Nyckelord: Ensileringsförluster, förluster, fermentering, klostridier, ensileringsmedel
Key words: Ensiling losses, losses, fermentation, clostridia, silage additives

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionens examensarbeten finns publicerade på SLUs hemsida www.slu.se.

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. The department's degree projects are published on the SLU website www.slu.se.

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 Uppsala
Tel. 018/67 10 00
Hemsida: www.slu.se/husdjur-utfodring-varld

*Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal
Science
Department of Animal Nutrition and Management
PO Box 7024
SE-750 07 Uppsala
Phone +46 (0) 18 67 10 00
Homepage: www.slu.se/animal-nutrition-management*

Sammanfattning

Syftet med den här litteraturstudien är att gå igenom hur ensilering går till och vad som bör beaktas för att få ett hygieniskt och näringsrikt foder: vilka faktorer som är viktiga innan och efter materialet har ensilerats och vanliga problem i processen utvärderas. Slutligen beskrivs och jämförs vanliga ensileringsystem med dess för och nackdelar. Det är många faktorer som spelar in om ensileringen blir lyckad eller inte och det finns olika orosmoment i ensileringens olika faser. För att öka förutsättningarna för en bra ensilering förtorkas ofta grödan, det är också vanligt att tillsatsmedel används för att öka förutsättningarna till en ordentlig ensilering. Studien tar upp metoderna: balsilo, slangsilos, tornsilos och plansilos och jämför dessa i avseenden som är relevanta i jordbruket. Slutsatserna är att ett misstag i en del av ensileringen kan stjälpa hela processen, det är därför viktigt att alla moment utförs noggrant. Ensileringsmetoderna varierar i ts-halt vid lagring och därmed även i ts-förluster. Metoderna skiljer sig även i investeringskostnader och arbetsbehov, där torn- och plansilo har höga investeringskostnader samtidigt som de har hög kapacitet och rationalitet. Rundbal och slangsilos har sina fördelar i låga förluster och investeringskostnader samtidigt som de har stor flexibilitet i lagringskapacitet. Nackdelen med rundbal är den stora hanteringsgraden medan problemet i slangsilos utgörs av gropbildning som kan försvåra hanteringen. De olika ensileringsmetoderna varierar därför i lämplighet beroende på hur gårdens förutsättningar ser ut och det är svårt att dra slutsatsen om ett system är bättre än ett annat.

Abstract

The purpose of this report is to consider what happens during ensiling and what should be considered to achieve a hygienic and nutritious feed. Important processes before and after the material has been ensiled and common problems associated with them were evaluated. Finally, common ensiling methods are described and compared with its pros and cons. There are many factors that influence whether the ensiling is successful or not. The ensiling process faces various problems in the different ensiling stages. To increase the chances for a good ensiling the material is often wilted. The use of silage additives is another common practice to ensure a proper ensiling process. The study deals with methods such as: bale silo, tower silo, bag silo and bunker silo and compare them in a manner that is relevant to good agriculture practice. The conclusions of this report is that one mistake in one part of the process can ruin the entire process. It is therefore important that all stages are carefully managed. There is difference in suitable dry matter of crop ensiled in different ensiling methods, which consequently affects ensiling losses. The methods also differ in investment costs and labor requirement, where tower- and bunker silo has high investment costs simultaneously with high capacity and rationality. Bale and bag silo has its advantages in low dm losses and investment costs simultaneously with high flexibility in storage capacity. The disadvantage with bale silo is the large amount of handling meanwhile the problem in bag silo consists of pitting that can hamper the handling. The ensiling methods therefore vary depending on farm condition which makes it difficult to conclude that one system is better than another.

Introduktion

För att uppnå lönsamhet i dagens animalieproduktion krävs ett energi- och proteinrikt foder av hög kvalitet. Det är också i högsta grad väsentligt att fodret produceras till låga kostnader då ekonomin i näringen är pressad (Jönsson, 2009).

För att lagra och bibehålla näringsvärdet i ett foder används en metod som kallas ensilering (Oude Elferink, *et al.*, 1999). Ensilerings syfte är att skapa ett lagringsstabilt foder som inte tappar i näringsvärde eller kvalitet. För en lyckad ensilering krävs en syrefri miljö och en snabb pH-sänkning som förhindrar mikrobiell tillväxt och näringsförluster (Seglar, 2003). Sänkningen i pH ges av att mjölksyrabakterier (MSB) fermenterar vattenlösliga kolhydrater (socker) och bildar mjölksyra (Weinberg & Muck, 1996). Organismer som förskämmer fodret, exempelvis klostridier, som kataboliserar aminosyror och därmed sänker näringsvärdet inhiberas av ett lägre pH (McDonald, 1981). Olika grödor är olika svåra att ensilera, beroende på dess kemiska och mikrobiella komposition (Wilkinsson, 2005).

Ensileringsprocessen är ofta utsatt för störningar. Störningar kan bero på kemisk och mikrobiell sammansättning, skördeteknik, siloutformning, klimat, lagringsförhållande samt uttagsteknik (Pettersen & Spörndly, 1994). Ett vanligt problem är att syre läcker in under lagringsperioden. Detta medför att aeroba mikroorganismer kan tillväxa och därmed förbruka viktiga näringsämnen i fodret. Detta kan medföra stora förluster i fodrets värde (Bolton & Holmes, 2014).

Idag används i huvudsak fyra metoder för ensilering av foder. De metoderna som används är bal, plansilo, torsilo och slangilo. Bal- och plansilosystemen är vanligast i Sverige idag och förekommer i lika stor utsträckning (Nilsson *et al.*, 2012).

Syftet med den här studien var att presentera hur ett hygieniskt och näringsrikt foder uppnås genom ensilering. Vilka processer som är viktiga före och efter att materialet ensilerats, vilka mikroorganismer som inverkar, vad som kan gå fel samt vilka följder det får är belyst. Studien syftar även till att jämföra de olika ensileringsmetoderna som används med för- respektive nackdelar.

Litteraturgenomgång

Skördeprocess

Skördetidpunkt är en viktig aspekt vid ensilering eftersom det är den faktor som starkast påverkar fodrets näringsinnehåll. Särskilt viktigt är skördetidpunkt vid förstaskörd när stor andel av skotten bildar ax, vippor och blommor. Desto längre växternas utveckling fortgår, ju större andel utgör fiberhalten. Detta sker dock på bekostnad av en lägre råproteinhalt, lägre smältbarhet och därmed mindre omsättbar energi per kg (McDonald, 1981). Hög fiberhalt är en vanlig orsak till att sporbildande bakterier kan växa (Eriksson, 2007). I praktiken kan det dock vara svårt att skörda vid rätt tidpunkt näringsmässigt sett. Klimatet som råder i Sverige är ofta en begränsande faktor när slätter kan ske fördelaktigt. Detta eftersom det är viktigare att undvika regn i fodret än att det slås med bäst näringsinnehåll (Svensk Mjolk, 2003).

En annan viktig aspekt i skördeprocessen är hur mycket protein och näring som försvinner i ensileringsprocessen. Dessförinnan sker även förluster på fältet, antingen genom mekanisk bearbetning eller genom växtens andning. Förluster genom andning påverkas av hur länge grödan torkas på fältet och av vädret under torkperioden. Förluster genom mekanisk bearbetning påverkas av hur många gånger gräset bearbetas och vilken upptagningsmetod och noggrannhet som används. Det förekommer dock alltid förluster i torrs substanser (ts) vid vändning, upphämtning och avlastning. Därför eftersträvas så lite mekanisk bearbetning som möjligt för att minimera förluster i ts (Wilkinsson, 2005).

Tiden på fält har således stor betydelse för foderförluster. Under dåliga förhållanden med oregelbundet regn kan förluster upp till 20% ts fås om grödan får ligga i 5 till 6 dagar. Under bra omständigheter är förlusterna i ts endast 1% per dag. Eftersom växten fortsätter andas efter slätter fås även förluster i energi (Wilkinsson, 2005). Både mängden protein och vattenlösliga kolhydrater sjunker vid förtorkning. Under bra förhållanden sjunker smältbarheten med cirka 1% per dag och under dåliga förhållanden det dubbla (Wilkinsson, 2005).

Ensileringsprocess

För att kunna lagra blött foder används en metod som kallas ensilering. Processen bygger på att mjölksyrebakterier (MSB) producerar mjölksyra från vattenlösliga kolhydrater (socker) i växten under anaeroba förhållanden. När processen fortgår bildas även en del ättiksyra. Produktionen av mjölksyra och ättiksyra sänker pH i materialet vilket förhindrar förskämmande mikroorganismer att tillväxa (Weinberg & Muck, 1996).

Ensileringsprocessen är ofta utsatt för problem. Problemen förklaras genom en stor variation i utförande och olika förutsättningar som förekommer i ensileringssammanhang. För att uppnå ett gott skörderesultat måste faktorer som skördeteknik, klimat, siloutformning, lagringsförhållande, uttagsteknik samt grödans mikrobiella och kemiska sammansättning beaktas (Lingvall, 1995). Tidig skörd gynnar grödans kemiska sammansättning medan snabb inläggningstakt, ordentlig packning och bra sönderdelning av materialet är tekniker som skapar goda förutsättningar för en lyckad ensilering (McDonald, 1981). En lyckad ensileringsprocess förknippas med låga förluster eftersom MSB effektivare använder sockret

att producera ensileringsprodukter medan andra, oönskade mikroorganismer är mindre effektiva vilket orsakar större ensileringsförluster (McDonald *et al.*, 1991). Förluster kan påverka ekonomin i hela ensileringsprocessen.

För att lättare få en översikt över ensileringsprocessen delas den med fördel in i fyra steg, aerob fas, fermenteringsfas, lagringsfas och utfodringsfas (Pahlow *et al.*, 2003).

Aerob fas

Den aeroba fasen existerar redan innan fodermedlet fyllts i silon och utgör den första fasen när fodret har lagrats i silon. I fasen finns tillgång till syre som tillåter växten att andas samtidigt som enzymatiska processer sker i grödan (McDonald *et al.*, 1991). Syret förbrukas dock väldigt snabbt och den värmen som bildas från andningen ger endast en temperaturhöjning på 2-3 °C som inte leder till någon försämring av ensilagens kvalitet (Svensk mjölk, 2003). Växten andas så länge som det finns syre och substrat kvar i grödan (McDonald *et al.*, 1991).

Enzymerna bryter ner kolhydrater till vattenlösliga kolhydrater och en del protein bryts ner till följd av proteolys. Mögel- och jästsvampar, enterobakterier och baciller är antingen fakultativa eller obligata aeroba mikroorganismer, som tack vare syretillgången tillväxer i denna fas (Pahlow *et al.*, 2003). Dessa mikroorganismer konkurrerar därför med de anaeroba organismerna om näringen. Eftersom växtens andning förbrukar syre kommer andelen syre gradvis minska i silon och medföra att de anaeroba mikroorganismerna efterhand tar över mikrobaktiviteten. Hur länge fasen varar beror på hur mycket tillgängligt syre det finns och fasen fortgår vanligtvis i några timmar (Knický, 2005). I en väl försluten silo förbrukas syret snabbt. 90% av syret förbrukas på 15 minuter och efter 30 minuter återstår endast 0-5% (Woolford, 1990).

Skulle en förslutning misslyckas eller ta lång tid skulle syretillgången innebära att mögel- och jästsvampar kan tillväxa samtidigt som växten fortsätter andas. Detta medför stora förluster och ensilaget kan bli helt oanvändbart som foder på grund av att vissa mikrober bildar substanser som är direkt farliga för djuren (Svensson, 2013). Farliga substanser är till exempel mycotoxinerna: aflatoxin, patulin och zearalenone (McDonald *et al.*, 1991).

Fermenteringsfas

Fermenteringsfasen börjar när syret i silon förbrukats och anaeroba mikroorganismer står för fermenteringen. De viktigaste bakterierna i fasen är MSB, som genom att förbruka växtens vattenlösliga kolhydrater bildar organiska syror, främst mjölksyra. Fermenteringen leder till en pH-sänkning i silon vilket ökar MSB's konkurrenskraft gentemot övriga mikroorganismer. När MSB fått överhanden fortsätter de att tillväxa och sänker pH ytterligare. Mjölksyrebakterier växer i området 4.0-6.8. Vissa stammar växer ner till 3.5 (McDonald, 1981). Ett lägre pH inhiberar de övriga mikroorganismerna i silon och till slut är pH så lågt att även MSB slutar växa vilket innebär att mikrobaktiviteten avstannar (Knický, 2005).

För att få ett foder med hög kvalitet är det viktigt att fermenteringen sker snabbt och omfattande. Detta underlättas genom att grödan bearbetas mekaniskt så att växtsaft blir mer

tillgängligt för MSB. Sundberg & Pauly (2006) visade att mekanisk bearbetning av grödan leder till ett lägre pH än om grödan inte bearbetats mekaniskt. En annan viktig aspekt för att uppnå önskad fermentering i processen är förtorkning av grödan. Förtorkning av grödan till 40% ts minskar risken att oönskade mikroorganismer tillväxer, främst klostridier (Jonsson *et al.*, 1990). Klostridierna tenderar att dominera fermenteringsförloppet om inte grödan är förtorkad eller innehåller tillräckliga kolhydrater för MSB (McDonald *et al.*, 1991). Grödan får dock inte torkas för mycket, eftersom en lägre vattenaktivitet förhindrar MSB att tillväxa med följd att pH inte sjunker till önskad nivå (Knický & Lingvall, 2004).

Lagringsfas

Vid syrefri lagring och en kraftig sänkning av pH till följd av MSB fermentering uppnås en säker lagring. Inga mikrobiologiska aktiviteter sker då i denna fas. Den enda aktiviteten som förekommer utgörs av syratåliga enzymer som hydrolyserar polysackarider och polypeptider. Oönskade mikroorganismer som klostridier och jästsvampar är dock sporulerande och kan överleva i sporform (McDonald *et al.*, 1991). Om pH-sänkningen inte är tillräcklig, kan klostridier börja växa och orsaka en så kallad sekundär fermentering (Jonsson, 1991). I en stabil lagringsfas håller fodret länge, men om pH-sänkningen skett långsamt eller ofullständigt på grund av avsaknad av substrat kan förskämmande mikrober tillväxa i mediet och sänka dess näringsvärde och kvalitet (Knický, 2005).

Om det läcker in syre kan mikrobaktiviteten öka igen. En icke syrefri lagring kännetecknas i tidigt stadium genom en ökning av CO₂-produktion och förhöjd temperatur till följd av jäst-, bakterie- och svampaktivitet (Woolford, 1990). Efter ett tag minskar mjölksyrakoncentrationen vilket gör att pH samt ammoniakhalten ökar (Jonsson, 1991). En annan aspekt om silon är otät är att vatten kan tränga in och skölja bort syror. Detta leder till en bättre miljö för oönskade mikroorganismer på grund av att pH blir högre. När vattnet sipprar ut tar det även med sig näringsämnen och ökar på så vis förluster i ts (Bolton & Holmes, 2014).

Utfodringsfas

När utfodringen börjar öppnas silon och ensilaget utsätts för syre. Vid syretillgång börjar jäst, mögel och aeroba bakterier växa och orsakar en försämring i form av näringsförluster, ett höjt pH och varmgång (Pitt & Muck, 1993; Woolford, 1990). Problemet med ostabilt ensilage observeras om förtorkningen varit för intensiv. I det fallet har MSB inte kunnat fermentera tillräckligt på grund av låg vattenaktivitet. Detta medför ett högre pH och att oförbrukade vattenlösliga kolhydrater finns kvar i ensilaget. Ett sådant ensilage löper stor risk att försämrats vid urtagning (Knický & Lingvall, 2004). Detta eftersom oönskade organismer så som jäst, mögel och bakterier kan tillväxa på resterande substrat och fermenteringsprodukter (Woolford, 1990). På samma sätt som i den aeroba fasen produceras vissa toxiner som är skadliga för djuren. Ts-halten i fodret har visat sig vara en viktig faktor som påverkar hur förskämningsbart ensilaget är i denna fas (Knický, 2005).

Andra faktorer som påverkar ensilagekvaliteten är hur tätt packad silon är och vilken kemisk sammansättning fodret har. Om fodret tas ut under lång tid hinner det utsättas för mer syre och om det är dåligt packat blir syretillgången ännu större med ökade ts-förluster (Holmes &

Muck, 2000). Pitt & Muck (1993) observerade att ts-förluster minskade från 9% till 3% när utlastningshastigheten ökade från 5 till 15 cm/dag i 25°C. Precis som i den aeroba fasen är jäst och mögelsvampar de mikroorganismer som utgör en risk i denna fas. Detta eftersom syre blir tillgängligt vilket stimulerar svamptillväxt och därmed även den skadliga toxinbildningen.

Ensilerings skadliga mikroorganismer

Enterobakterier är en tarmbakterie som producerar bland annat butandiol vid tillväxt (Wilkinsson, 1999). Bakterierna trivs vid ett pH runt 7 och inhiberas vid ett pH runt 4,5. Detta medför att en låg butandiolhalt indikerar att pH-sänkningen skett snabbt i ensilaget (Sundberg & Pauly 2006). Enterobakterierna är ett problem i den aeroba fasen då de konkurrerar med MSB om tillgängligt substrat. Enterobakterierna bildar även endotoxiner och kan stå för stora delar av ammoniakproduktionen i ensilaget (McDonald, *et al.*, 1991).

Klostridier är grampositiva sporbildande bakterier som i huvudsak förekommer i jorden (McDonald, 1981). Genom jordinblandning kontamineras grödan av klostridier som därmed även påträffas i avföringen och på ensilage. Klostridierna tillväxer under anaeroba förhållanden och är väldigt känsliga mot syre som inhiberar deras tillväxt eller initierar sporulering. Klostridier får näring genom att fermentera socker, organiska syror eller proteiner. De tillväxer snabbast i början av ensileringsprocessen, nästan dubbelt så snabbt som övriga bakterier i mediet och eftersom de fermenterar organiska syror höjs pH i ensilaget. Förutom att vara känsliga mot syre är klostridierna känsliga mot låg vattenhalt och lågt pH. De växer bäst i ett pH runt 7.0-7.4 (McDonald, 1981). Desto högre vattenhalt, desto lägre pH krävs för att inhibera klostridietillväxt. Om ts-halten är högre, 40% eller mer, kommer klostridieaktiviteten elimineras (Jonsson *et al.*, 1990). Mjölksyraproduktionen är viktig vid inhiberingen av klostridier och fermenteringsförluster. Antalet mjölksyrabakterier och mängden tillgängliga substrat är viktiga faktorer i början av ensileringsprocessen vid inhiberingen av klostridier (McDonald, 1981).

Listeria är grampositiva fakultativt anaeroba bakterier som är vanligt förekommande i ruttnande växtdelar, vatten, avföring, i jorden och i ensilage. Listeria är en patogen som främst drabbar djur med nedsatt immunförsvar som till exempel dräktiga kor eller nyfödda kalvar. Listeria är också pH-känsligt, bakterien överlever inte vid ett pH under 5.6 och kan inte växa så länge miljön är helt syrefri. Därför hittas den inte i ett ensilage som fermenterats väl (McDonald, 1991).

Jäst- och mögelsvampar är eukaryota heterotrofa mikroorganismer som växer antingen som encelliga jäst, eller i flercelliga kolonier i form av mögel. Majoriteten av svamparna är strikt aeroba men en del jäst kan växa med låg syrehalt (McDonald *et al.*, 1991). Jäst tål pH bra och blir inte inhiberad av sänkningen i ensilaget då de kan växa i pH mellan 3-8. Vid tillgång till syre tål jäst syror bra, och kan använda till exempel mjölksyra för tillväxt (Woolford, 1990). Under anaeroba förhållanden måste dock jäst fermentera socker för sin energitillförsel (McDonald *et al.*, 1991). Vid tillväxt kan vissa mögel bilda toxinerna aflatoxin, zearalenone och patulin som är farliga för både djur och människor (McDonald *et al.*, 1991).

Ensileringsmedel

Ensileringsmedel användes ursprungligen för att försäkra att MSB skulle få kontroll i fermenteringsprocessen och på så vis säkra ensileringen (McDonald, 1991). Detta därför att växande grödor ibland inte innehåller den mängd MSB som behövs för en ordentlig ensilering (McDonald, 2002). Ensileringsmedel används också för att bättra på näringsvärdet och minska förluster i ts (McDonald, 1991). Forskning har visat att material behandlat med ensileringsmedel håller lägre pH, högre koncentration av vattenlösliga kolhydrater, högre halt mjölksyra samt lägre koncentrationer av etanol och ättiksyra (Knický & Lingvall, 2004). Det är därför vanligt att ensileringsmedel används i förebyggande syfte för att minska förlusterna (McDonald, 2002).

Ensileringsmedel delas in i två kategorier. Fermenteringsstimulerande och fermenteringsinhiberande. Fermenteringsstimulerande ensileringsmedel används för att främja utvecklingen av MSB. Vanligtvis innehåller det sockerrika medel, syrabildande bakterier eller enzymer som främjar MSB tillväxt (McDonald, 2002). Fermenteringsstimulerande medel innehållande mjölksyrabakterier har på senare tid ökat kraftigt, även om syra-baserade preparat i kategorin fermenteringsinhiberande fortfarande används mest i Sverige (Sundberg & Pauly, 2000). Vanliga syrabildande bakterier i ensileringsmedel är *Lactobacillus plantarum*, *L. acidophilus*, *Pediococcus acidilactici*, *P. pentacaceus* och *Enterococcus faecium*. Ofta finns flera av dessa mikroorganismer i ensileringsmedlet tack vare deras förmåga att dominera fermenteringsprocessen (Kung, 2001).

Fermenteringsinhiberande ensileringsmedel innehåller syror som antingen delvis eller helt inhiberar mikrobiell tillväxt (McDonald, 2002). Myrsyra och propionsyra är två sådana ensileringsmedel som minskar ts-förluster genom att inhibera mikrobiell tillväxt (Knický, 2005). Myrsyra har länge varit det dominerande ensileringsmedlet i Sverige. Syran är dock frätande och korrosiv vilket medfört att den på senare tid fått stå tillbaka för nya, mindre aggressiva medel (Sundberg & Pauly, 2000).

Ensileringsmetoder

De vanligaste ensileringsmetoderna som används är slangsilos, plansilos, tornsilos och balansilering (Holmes, 1998). Investeringsbehovet varierar beroende på val av skördemetod och besättningsstorlek. Därför beror vilket system som lämpar sig bäst på den enskilda gårdens förutsättningar (Uddbom, 1994; Thylén, 1992). En annan faktor som måste beaktas är arbetsinsats som är störst hos plansilo följt av torn- och slangsilos. Minst arbetskraft kräver balanssystemet och väljs därför ofta av mindre gårdar som inte kan eller vill anställa dyr arbetskraft. Det förekommer även att mindre producenter lejer in körslor och får på så vis ner kostnaden för fodret (Holmes, 1998).

Bal

Det vanligaste sättet att ensilera i Sverige är storbalsensilering tillsammans med plansilosensilering (Nilsson *et al.*, 2012). Vid ensilering i storbals utgör varje bal en egen silo. Detta ger fördelen att foder med olika kvalitet kan lagras in i olika balar. Detta medför att

foder med olika kvalitet kan utfodras till olika djur. Vid balensilering förtorkas grödan till 40-50% (Svensk Mjök, 2003). Anledningen till detta är att fodret i balar inte fermenteras lika snabbt som hackat ensilage på grund av mindre mekanisk behandling vilket medför en högre risk för klostridietillväxt (Muck & Shinnors, 2001). Å andra sidan så ökar en högre ts-halt risken för jäst- och mögeltillväxt om balen är otät (Knický, 2014). En fördel med balensilering är att vid ett litet foderbehov och låg uttagshastighet riskeras bara den bal som öppnas att förstöras. Baltekniken lämpar sig även bättre när små arealer ska ensileras (Johansson, 2013). Användningen av storbalsensilering har ökat i Sverige under senare år delvis av att hösilage till häst blivit vanligare (Knický, 2014). Även investeringskostnaderna är relativt låga (Johansson, 2013). För att balensilering ska vara lönsamt är det viktigt med hög förtorkningsgrad och låga ts-förluster. Vid förtorkning koncentreras sockerhalten och mängden ts per bal ökar. Detta ökar de biologiska förutsättningarna för en lyckad ensilering (Johansson, 2002). En högre ts-halt medför också att densiteten ökar vilket sänker antal balar som måste pressas. Detta minskar åtgången av sträckfilm och minskar hanteringen vilket medför en lägre kostnad per kg/ts (Johansson, 2013). Abrahamsson (2012) observerade i ett försök att rundbalar med en torrsbstanshalt på 60 % endast hade 0,78% förluster i ts. Hanteringen av balar innebär emellertid en högre arbetsinsats än övriga system, speciellt vid öppningen av balarna och utfodringen (Petersson, 2013)

Plansilo

Plansilo är den ensileringsmetod som används mest i världen (Muck & Shinnors, 2001). Plansilo lämpar sig väl i större besättningar, fler än 50 kor, och är bra i det avseendet att olika partier kan blandas (Johansson, 2013). En nackdel med plansilo är att en relativt stor investeringskostnad i lagerutrymme krävs jämfört med andra metoder (Thylén, 1992).

Förluster i detta system beror till stor del på handhavandet vid lagringen. Eftersom plansilo har en stor yta i förhållande till volym är stora andningsförluster påtagliga varpå en snabb inläggningstakt krävs (Muck & Shinnors, 2001). För att minimera förluster är också hög packningsintensitet viktigt eftersom det ökar densiteten och ger en bättre syrestabilitet (Ruppel, *et al.*, 1995). En högre densitet leder även till lägre kostnad per kg/ts eftersom mängden ensilage i silon ökar (Holmes & Muck, 2002).

En undersökning gjord av Seibt (1991) under 1971-1985 visade att plansilo hade de högsta ts-förlusterna. Abrahamsson (2012) uppmätte ts förluster i två plansilos, och såg att 26,2 % respektive 29,2 % förlorades i ts. Enligt Svensk mjök (2003) förtorkas foder som ensileras i plansilo till 30% ts.

Tornsilo

Tornsilos är en metod som är på tillbakagång. Största anledningen till detta är att det är det enskilt dyraste systemet kapitalmässigt sett. Tornsilo har även lägre kapacitet vid inläggning och urtagning jämfört med plansilos vilket medför att större gårdar föredrar plansilos (Muck & Shinnors, 2001). Tornsilos är även begränsande i möjlighet att välja partier eftersom det foder som läggs in först måste tas ut först. En fördel är dock att tornsilo är en relativt säker ensileringsmetod, så länge syre inte tillåts tränga in i silon (Johansson, 2013). Försök i två tornsilos visade förluster i ts på 24,3% samt 24,9 % (Abrahamsson, 2012). Utöver det såg

Seibt (1991) i ett försök att tornsilos i genomsnitt hade ts-förluster på 24,6 %. Tornsilo kräver också en lägre arbetsinsats jämfört med plansilo och fodret förtorkas till ca 35% ts (Svensk mjölk, 2003).

Slangsilos

Ensilering i slang har använts i Sverige sedan 90-talet. Fördelar med detta system är låga kostnader, möjlighet att lagra olika kvaliteter samt en flexibilitet i lagringskapacitet. Problem med att slang blir gropig kan uppstå när fodret inte är tillräckligt hackat. Detta kräver en högre urtagningshastighet då gropigheten kan leda till att luft lättare tränger långt in i silon (Muck & Shinnars, 2001). 30-40% ts anses vara vanligt vid slangensilering (Johansson, 2013). Vid högre ts-halt sänks kapaciteten och luftfickor bildas lättare tack vare gropbildning i slang (Sundberg, 2007).

Pauly *et al.* (2007) observerade att samma problem kan uppstå om en för hög densitet används, då det kan bildas djupa sprickor i gräset som leder luft in i slang. Gräset kan även bli besvärligt att få ut. I försöket användes både hackvagn och snittvagn vid ensilering i slang. Samma ensilagekvalitet uppmättes vagnarna emellan, troligtvis därför att packarna var utrustade med rotoror som kraftigt krossade materialet vid inläggning. I försöket sågs även att densiteten inte utgjorde någon signifikant skillnad på kvalitén. Detta ansågs bero på att slang jämfört med andra metoder var väldigt gastät. En anledning till detta var att en trasig slang lätt upptäckts och kan därför åtgärdas snabbt. I ett annat försök av Sundberg och Pauly (2006) jämfördes ensilering i bal, slang-, plan- och tornsilo. I försöket sågs att ensilaget i slangsilon höll bättre värden i parametrar som brukar användas för att bedöma ensilagekvaliteten. Ammoniakhalt, butandiolhalt samt pH-värdet var samtliga lägre än i övriga system.

Muck & Holmes (2001) jämförde 25st slangsilos och uppmätte olika förluster. De genomsnittliga förlusterna i ts uppgick till 8,4% i gas/avrinningsförluster och 5,8% förskämningsförluster. Detta medförde en total förlust i ts på 14,2%. Hälften av slangsilorna hade lite eller inga förluster alls. Tre silos hade dock stora förskämningsförluster på 16 till 25%. Togs dessa tre silos bort i försöket hamnade den genomsnittliga totala förlusten på 9,7% och förskämningsförlusterna på 1,9%. Abrahamsson (2012) mätte förluster i ts på fem slangar och såg att förluster i slang ett uppgick till 21,7 % medans en sammanställning av slang 2-4 visade förluster på 26,7 %.

Diskussion

I denna litteraturstudie framgår att många olika moment spelar en viktig roll vid produktionen av ensilage. Det finns olika fördelar och nackdelar mellan de ensileringsystemen som används, men många faktorer är också gemensamma för att ensilaget i slutändan blir bra.

Förluster i fodret är av stor betydelse för hur kvalitén blir och hur stora kostnader som fås i foderkedjan. Vid dåliga förhållanden med regn kan fältförluster uppemot 20% av fodret förloras i torrsubstans samtidigt som fodrets smältbarhet kan sjunka med 2% per dag (Wilkinsson, 2005). Det är därför viktigt att fodret förtorkas till önskad nivå så snabbt som möjligt och att slätter utförs så att regn i möjligaste mån undviks. Eftersom förluster också fås genom mekanisk bearbetning vid påskyndandet av förtorkningen är det en avvägning

producenten får göra med avseende på hur snabbt fodret måste torkas. Eftersom förlusterna är förhållandevis stora vid regn bör mekanisk bearbetning alltid utföras om det medför att regn i fodret kan undvikas. Väderleken är även ett problem då gräsets topp i näringsvärde kan gå förlorad på grund av att slåtter inte kan utföras på grund av osäker väderlek (Svensk Mjolk, 2000).

Eftersom växten andas och förbrukar näringsämnen så länge syre finns tillgängligt är det viktigt att förslutningen går snabbt och håller tätt. Skulle förslutningen ta lång tid eller vara ofullständig kan det medföra stora förluster under lagring och ensilaget kan i värsta fall bli helt oanvändbart (Svensson, 2013). Noggranna förberedelser och välservade maskiner så att maskinstopp som drar ut på tiden undviks, ger bäst förutsättningar för att minimera förluster vid inläggning. Vid långsam inläggning tillåts aeroba organismer konkurrera med MSB om den tillgängliga näringen. Hård konkurrens kan då medföra att MSB inte får tillräckligt med substrat för sin tillväxt och kan därmed inte bilda tillräckligt med mjölk- och ättiksyra för att inhibera övriga mikrober.

För att gynna en ordentlig pH-sänkning bearbetas fodret mekaniskt. Mekanisk bearbetning leder till att mer växtsaft frigörs som MSB kan nyttja för att bilda syror och därmed sänka pH. En annan metod som används för att gynna MSB är förtorkning av fodret. Detta görs eftersom en del mikroorganismer som är förskämmande i ensilage inhiberas vid en högre ts-halt och låg vattenaktivitet. Det är dock viktigt att fodret inte förtorkas för mycket, då även MSB inhiberas vid lägre vattenaktivitet. Av dessa två metoder är förtorkning av grödan den viktigaste faktorn vid ensilering, även om mekanisk bearbetning också är viktigt. Detta eftersom MSB i större utsträckning tål en lägre vattenaktivitet, medan en högre sockerhalt gynnar de flesta mikroorganismerna. I vanliga fall förtorkas grödan till minst 30% ts för att undvika pressvattenförluster (McDonald *et al.*, 1991). Har grödan förtorkats för mycket har pH troligtvis inte sänkts tillräckligt och substrat kan finnas kvar i fodret. Detta gynnar förskämmande mikroorganismer som jäst, bakterier och mögel att tillväxa vid urtagning. Detta visar på att det är viktigt att metoderna används och utförs på rätt sätt, eftersom de i annat fall kan stjälpa hela processen. Hur mycket som förskäms och hur snabbt det går beror också på fodrets kemiska sammansättning och hur tätt packat det är.

Ytterligare en strategi för att uppnå en bra ensilering är användningen av ensileringsmedel. Ensileringsmedel används i förebyggande syfte för att försäkra en riktig ensileringsprocess och på så vis minska förlusterna. Vid användningen av ensileringsmedel är det viktigt att rätt sorts medel väljs beroende på hur förutsättningarna ser ut och vad som ska uppnås med medlet. Likväl är det viktigt att rätt mängd ensileringsmedel används. Detta eftersom det är onödigt att överdosera då det utgör en kostnad, men det är också viktigt att inte underdosera.

Det förekommer främst fyra ensileringsmetoder i Sverige, slangsilos, plansilos, tornsilos och balansilering (Holmes, 1998). När olika ensileringsmetoder jämförs är det viktigt att skillnader i kapacitet, kostnader och arbetsbehov beaktas.

Plansilo är väl utbredd i Sverige och är den metod som används mest i hela världen (Muck & Shinnors, 2001). Det krävs förhållandevis stora investeringskostnader och plansilo lämpar sig väl i stora besättningar (Johansson, 2013; Thylén, 1992). Anledningen till att plansilo lämpar

sig i större besättningar beror på de högre kostnader som mindre företagare inte har råd med. Plansilosystemet möjliggör även höga kapaciteter vilket är en fördel vid allt större gårdar. Att plansilo används i stor utsträckning i Sverige beror på att Sverige har en del relativt stora och rationaliserade gårdar, som kan täcka kostnaderna och har behov av hög kapacitet. Fodret ensilerat i plansilo innehåller 30% ts (Svensk mjölk, 2003) och är ofta hackat vilket medför en intensiv fermentering. Detta höjer risken för oönskade mikroorganismer om ensileringsprocessen inte utförs optimalt, vid till exempel lång inlastningstid, otät silo eller låg densitet. Det är därför inte så konstigt att plansiloförluster som högst observerades på 29,2% ts (Abrahamsson, 2012).

Tornsilo är en metod som är på tillbakagång. Den stora anledningen till det är att tornsilo är det dyraste systemet kapitalmässigt sett och det har även lägre kapacitet än plansilo (Muck & Shinnors, 2001). Tornsilo kräver dock mindre arbetskraft än plansilo och är en relativt säker ensileringsmetod (Johansson, 2013). Det är rimligt att anta att nackdelarna med tornsilo väger över fördelarna. I takt med att gårdarna blir större ökar behovet av högre kapacitet vilket inte tornsilo kan bemöta på samma sätt som t.ex. plansilo, samtidigt som det är dyrare. Att tornsilo är lättare och säkrare att ensilera i får därför inte så stort gehör och det kommer leda till att tornsilo på sikt fasas ut i svenska jordbruk. Precis som i plansilo är grödan ofta hackad vilket ger en intensivare fermentering. Ts-halten är dock högre, ca 35% eller mer (Svensk mjölk, 2003), vilket minskar risken för oönskade mikroorganismer. Trots det observerade Abrahamsson (2012) förluster på i snitt 24,6% ts i tornsilo.

Slangsilos är en metod som funnits sedan 90-talet. Metoden har låga kostnader, är flexibel i lagringskapacitet och det finns möjlighet att skilja på olika kvaliteter. Nackdelen är att slangen blir gropig när fodret inte är tillräckligt hackat. Detta kan leda till att syre tillåts tränga långt in i fodret (Muck & Shinnors, 2001). Grödan i slangsilos är också mekaniskt bearbetad, vilket främjar fermentering. Men om slangen hålls tät, kan metoden ge anslag för låga ensileringsförluster, som Muck & Holmes (2001) visade.

Balensilering är en metod som ökat i Sverige under senare år. Detta tack vare låga investeringskostnader och att efterfrågan på t.ex. hösilage ökat (Knický, 2014). Metoden lämpar sig även väl när mindre arealer ska ensileras och vid ett litet uttagsbehov riskeras endast den bal som öppnats att förstöras. Nackdelen med balar är att de inte fermenteras lika intensivt som övriga system där materialet är hackat. Detta måste kompenseras genom att fodret förtorkas 5-10% ts mer än övriga system (Muck & Shinnors, 2001). Den höga ts-halten medför en begränsad fermentering tillsammans med lägre tillväxt av oönskade mikroorganismer såsom klostridier. Det verkar vara anledningen till att förlusterna i balensilage kan vara så låga, förutsatt att de är oskadade och täta.

Eftersom alla metoder har både för och nackdelar är det väldigt svårt att avgöra vilken metod som är bäst. Den avgörande faktorn till vilken metod som används är hur gårdens förutsättningar ser ut. Plansilo har hög kapacitet och i takt med att gårdarna rationaliseras och blir större kommer plansilo troligtvis även i fortsättningen utgöra en stor del av hur grödorna ensileras. Tornsilo som har höga investeringskostnader och sämre kapacitet (Muck & Shinnors, 2001), kommer få svårt att konkurrera med de andra metoderna och är troligtvis inte

ett system att satsa på i framtiden. Balensilering däremot har bra förutsättningar i framtiden. Detta eftersom balsystemet har låga investeringskostnader (Johansson, 2013) och föredras därför på mindre gårdar som inte har möjlighet att leja in körslor. Metoden är också bra på mindre arealer vilket gör metoden lämplig även i framtiden, framförallt i skogsbygden där arealerna är små och svårbrukade. Utöver det så har balensilering också de lägsta förlusterna enligt den här studien (Abrahamsson, 2012). Slangsilos är även det en metod med bra förutsättningar i framtiden. Metoden är liksom balensilering flexibel vilket borde uppskattas då det ibland kan vara svårt att planera hur mycket skörd som ges. Det har också låga investeringskostnader och kan vid rätt hantering ha låga ts-förluster som Muck & Shinnars (2001) visade. Detta gör det till ett intressant alternativ i jämförelse med plansilos som i studien har högst förluster i ts (Abrahamsson, 2012).

Slutsats

Det är många faktorer som påverkar om en ensilering blir lyckad eller ej. Vissa steg kan utföras korrekt men ensilaget kan ändå bli helt förstört om ett steg misslyckas. Det är därför viktigt att alla moment noggrant ombesörjs för att få ett så bra ensilage som möjligt. De olika lagringssystemen som används skiljer sig åt i vilken ts-halt fodret lagras och därmed även i förluster. Även andra faktorer såsom investeringskostnader och arbetsbehov varierar. Därför lämpar sig olika system olika bra under olika förhållanden och det system som väljs baseras till stor del på hur gårdens förutsättningar ser ut.

Referenser

- Abrahamsson, L. (2012). Förluster i olika ensileringssystem. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Examensarbete, 402.
- Bolton, K. & Holmes, B.J. (2014). Management of bunker silos and silage piles. Madison. University of Wisconsin-Extension.
- Eriksson, H. (2007). Ensilering kräver stor omsorg i alla led. Umeå. Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapportserie: 2007:1. Tillgänglig: http://pub.epsilon.slu.se/3621/1/RM1_2007.pdf [2014-06-10]
- Gunnarson, C., Spörndly, R., Rosenqvist, H., Sundberg, M & Hansson, P-A. (2007). Optimering av maskinsystem för skörd av ensilage med hög kvalitet. Rapport - Miljö, teknik och lantbruk 2007:06. Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Holmes, B.J. & R.E. Muck. (2002). Silage density in bunker and bag silos. University of Wisconsin-Madison, Madison. Tillgänglig: http://www.uwex.edu/ces/forage/wfc/proceedings2002/silage_density.htm [2014-05-22]
- Holmes, B.J. (1998). Choosing forage storage facilities. *Prepared for dairy feeding systems, management, components and nutrients (NRAES-116) Natural resource*, Agriculture and engineering service Cornell university, Ithaca, NY.
- Johansson, C. (2002). Är det dyrt att storbalsensilera? I: Stockholm: LRF media. Lantmannen. 123:5. Stockholm. LRF media AB, 52.
- Johansson, S. (2013). Från fält till mule. Hörby. Taurus Kötrådgivning AB. Tillgänglig: <http://int.taurus.mu/aciro/websidor/visasida.asp?idnr=0piHKYCXZNkJ8BzBPZUpA1TS2mFuWbuaOhoXoeJTPDCcpOMAM0bWv7fLM5Ya> [2014-04-13]
- Jonsson, A., Lindberg, H., Sundås, S., Lingvall, P. & Lindgren, S. (1990). Effect of additives on the quality of big-bale silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 31, 139-155
- Jonsson, A. (1991). Growth of *Clostridium tyrobutyricum* during Fermentation and Aerobic Deterioration of Grass Silage. Uppsala. *J Sci Food Agric*, 54.
- Knický, M. (2005). Possibilities to improve silage conservation. Diss. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala: SLU Service/Repro.
- Knický, M. & Lingvall, P. (2004). Ensiling of high wilted grass-clover mixture by use of different additives to improve quality. *Acta Agric. Scand. A Anim. Sci.* 54, 197-205.
- Kung, L. (2001). Silage fermentation and additives. *Direct-fed Microbial, Enzyme & Forage Additive Compendium*, Miller Publishing Co. Minnetonka, MN. Department of Animal and Food Sciences, University of Delaware.
- Lingvall, P. (1995). Ensilering av helsäd. I: Petterson, K & Spörndly, R., Utfodringskonferens 1995. Svensk Husdjursskötsel och SLU.
- McDonald, P. (1981). The biochemistry of silage. Bath. John Wiley & Sons, Ltd.
- McDonald, P., Henderson, A.R. & Heron. S.J.E. (1991). *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe Publications, 13 Highwoods Drive, Marlow Bottom, Marlow, Bucks, UK.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan. C.A., Sinclair. L.A. & Wilkinson. R.G. (2010). *Animal Nutrition*, 508-510. 7th edition. Edinburgh, Pearson Education Limited.
- Muck, R.E & Holmes, B.J. (2000). Preventing silage storage losses. Biological Systems Engineering Department, University of Wisconsin, Madison & Agricultural Engineer, USDA, Agricultural Research Service, US Dairy Forage Research Center. Madison, Wisconsin.

- Muck, R.E. & Holmes, B.J. (2001). Density and Losses in Pressed Bag Silos. ASAE Meeting Paper. No 01-1091. St. Joseph, Mich, ASAE
- Muck, R.E. & Shinnors, K.J. (2001). Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. Madison, Wisconsin, USA.
- Nilsson, E., Posse, A., Wester, F. (2012). System för grovfoderhantering. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för ekonomi.
- Oude Elferink, S.J.W.H., Driehuis, F., Gottschal J.C., Spoelstra S.F. (1999) Silage fermentation processes and their manipulation, FAO Electronic Conference on Tropical Silage, Rome. Tillgänglig: <http://www.fao.org/docrep/005/x8486e/x8486e09.htm> [2014-05-07]
- Pahlow, G., R. E. Muck, F. Driehuis, and S.J.W.H. Oude Elferink. (2003). Microbiology of ensiling, in Silage science and technology. Buxton, D.R., R.E. Muck, and J.H. Harrison, ed. Madison, (red), Wisconsin, USA, ss 31-37
- Pauly, T., Knicky, M., Lingvall, P., Arvidsson, H., Spörndly, R. (2007). Ensilering i slang: Jämförelse mellan två ensilage-packare och mellan hackvagn och finsnittvagn. Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet., 268.
- Petersson, J., 2013. Gårdskalkyl för utfodring av grovfoder. Grovfoderverktyget, Hushållningssällskapet. Tillgänglig: <http://grovfoderverktyget.se/?p=31119> [2004-06-10]
- Pitt, R.E. & Muck, R.E. (1993). A diffusion model of aerobic deterioration at the exposed face of bunker silos. *J. agric. Engng Res.* 55, 11-22.
- Ruppel, K.A., Pitt, R.E., Chase, L.E. & Galton, D.M. (1995). Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *J Dairy Sci.* 78, 141-153.
- Seglar, B. (2003). Fermentation analysis and silage quality testing. From the Proceedings of the Minnesota Dairy Health Conference, University of Minnesota, May 2003.
- Seibt, J. (1991). Ensileringsförlusternas beroende av grödans torrsubstanshalt i olika silotyper. *Grovfoder, forskning- tillämpning.* No 1. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Svensk mjölk. (2003). Ensilering av vallfoder. *Kvalitetssäkrad mjölkproduktion.* Hållsta: Text & Tryck Totab AB.
- Sundberg, M. (2007). Foderkonservering. JTI informerar, 116. Uppsala. Uppsala. Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Sundberg, M. & Pauly, T. (2006). Ensilagekvalitet vid olika grad av mekanisk bearbetning av grönmassan. Lantbruk & Industri, rapport 346. Uppsala. Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Sundberg, M. & Pauly, T. (2000). Applicering av ensileringsmedel vid slåtter. Lantbruk & Industri, rapport 271. Uppsala. Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Svensson, E. (2011). *Ensilering.* Tillgänglig: <http://www.svenskmjolk.se/Mjolkgarden/Foder/Fodermedel/Vall-och-bete/Ensilering/> [2014-05-05]
- Thylén, A. (1992). Konkurrenskraften hos olika alternativa metoder för vallskörd och utfodring. JTI-rapport. Uppsala. Jordbrukstekniska institutet, 140.
- Uddbom, A. (1994). Väl utnyttjade maskiner sänker ensilagekostnaden. I:Stockholm: LRF media. Lantmannen. 5. Stockholm. LRF media AB, 36.

- Weinberg, Z.G. & Muck. R.E. (1996). New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiol. Rev.* 19, 54.
- Wilkinsson, J.M. (2005).*Silage*. Welton: Chalcombe publications.
- Wilkinsson, J.M. (1999). Silage and Animal Health. *Nat. Toxins*.7, 221-232.
- Woolford, M.K. (1990). The detrimental effects of air on silage. *J. Applied bacteriology*. 68, 101-116.

Muntliga Källor:

- Knický, M. Maj (2014). Personligt meddelande. Forskare, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala