

**JTI-rapport**  
Lantbruk & Industri

**336**

# Grönmassans ensilerbarhet vid slangensilering

Martin Sundberg  
Thomas Pauly



JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik

---

**2005**



# Grönmassans ensilerbarhet vid slangensilering

*Forage ensilability in bagged silage system*

Martin Sundberg  
Thomas Pauly



# Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning.....	7
Summary.....	8
Inledning.....	9
Frågeställning och syfte.....	11
Tidigare studier.....	11
Genomförande.....	13
Resultat.....	15
Grönmassa.....	15
Kemiska analyser.....	15
Mikrobiella analyser.....	15
Strålängd.....	16
Konduktivitet.....	16
Ensileringsförsök.....	16
Skörd 1.....	17
Skörd 2.....	17
Diskussion.....	18
Slutsatser.....	19
Referenser.....	19



## Förord

Vallfoder utgör basen i mjölkornas näringsförsörjning. Det är därför av mycket stor betydelse att grovfodret är av god kvalitet, såväl hygieniskt som näringsmässigt. Vid ensilering är det viktigt att i alla delar vidta åtgärder som syftar till att förhindra en oönskad mikrobiell tillväxt. En omfattande forskning inom ensileringsområdet gör att vi idag har en relativt god kunskap om vilka faktorer som gynnar respektive missgynnar en önskvärd ensileringsprocess. En faktor av stor betydelse är att tillse att mjölksyrabakterierna har omedelbar tillgång till lättillgänglig näring så att de snabbt kan börja växa och producera syra som sänker pH-värdet. Detta kan åstadkommas genom mekanisk bearbetning av grönmassan som frilägger växtsaft och därmed substrat för mjölksyrabakteriernas tillväxt. I detta projekt undersöktes om den bearbetning av grönmassan som sker vid ensilering i slang med ensilagepackare kan bidra till att styra upp ensileringsprocessen i önskad riktning.

Projektet, som initierats av forskare Martin Sundberg vid JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, har genomförts som ett samarbete mellan JTI och institutionen för husdjurens utfodring och vård (HUV) vid SLU. Martin Sundberg har haft det övergripande ansvaret för projektet och även författat denna rapport. Forskare Thomas Pauly vid HUV har medverkat vid planeringen av projektet samt ansvarat för de ensileringsförsök med tillhörande analyser som utförts. Han har också hjälpt till att utvärdera och tolka resultaten av dessa.

Medel för projektets genomförande har ställts till förfogande från Stiftelsen Lantbruksforskning, Eurobagging, Trioplast AB och Winlin. Till alla som bidragit till projektets genomförande framförs ett varmt tack. Ett speciellt tack för ett mycket gott samarbete riktas till HPL lantbruk i Salbohed, där delägare Hans Cederlöf med familj fungerat som försöksvärd.

Uppsala i mars 2005

*Lennart Nelson*

Chef för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik





## Sammanfattning

Intresset för slangensilering har ökat högst påtagligt i Sverige under de allra senaste åren. Metoden innebär att hackad grönmassa med hjälp av en kraftig fingerförsedd rotor trycks in i en lång plastslang.

Vid ensilering i slang krävs mycket energi i form av mekanisk kraft för att med rotorn mata in och komprimera fodret i plastslangen. Detta innebär samtidigt att grönmassan blir utsatt för en hård mekanisk bearbetning som också påverkar fodrets struktur. Att en bearbetning som öppnar växtstrukturen och frilägger växtsaft i många avseenden skapar mycket goda förutsättningar för ensileringsprocessen finns visat i ett flertal studier. Om den bearbetning som fodret utsätts för i en ensilagepackare skulle medföra en snabbare och kraftigare pH-sänkning, kan tillväxten av oönskade mikroorganismer, inte minst klostridier, avsevärt begränsas.

Syftet med detta projekt var att undersöka hypotesen om att den kraftiga mekaniska bearbetningen av grönmassan vid inpackningen i slangen har en gynnsam inverkan på ensileringsprocessen.

Studier av ensilerbarheten utfördes på exakthackat material från gräsvallar i två försök, ett i förstaskörd och ett i återväxt. Under inläggning med en ensilagepackare togs prover från den hackade grönmassan före respektive efter passagen genom packningsrotorn. På den färska grönmassan gjordes kemiska och mikrobiologiska analyser samt bestämning av strållängd och bearbetningsgrad, den senare genom konduktivitetsmätning. För att undersöka ensileringsdynamiken fylldes grönmassa från de båda behandlingarna i små modellsilor, 12 st per försöksled. Efter 2-3, 6, 18 och 100 dygns lagring öppnades tre silor per försöksled och ensilaget analyserades med avseende på ts-halt, pH-värde, fettsyror, etanol, ammonium-N. På det ensilage som lagrats 100 dygn bestämdes även antal klostridiesporer.

Ts-halten i grönmassan var ca 28 % i det första försöket (Skörd 1) och 32 % i det andra (Skörd 2). Båda försöken resulterade i bra ensilage med försumbar aktivitet av klostridier. Halterna av smörsyra var genomgående under 0,05 % av ts och antalet klostridiesporer var under 100/g ensilage. I båda försöken skedde sänkningen av pH-värde signifikant snabbare och till en lägre nivå i den grönmassa som tagits efter rotorn.

I Skörd 1 ökade antalet mjölksyrabakterier i grönmassan med nästan en faktor 100 efter passagen genom rotorn. I Skörd 2 innehöll grönmassan ett ovanligt stort antal mjölksyrabakterier redan i strängarna på fältet, drygt en halv miljon/g grönmassa. Efter hackning ökade antalet ungefär 20 gånger, till ca 10 miljoner/g. Av analystekniska skäl kunde i detta fall en eventuell ytterligare ökning av antalet mjölksyrabakterier efter det att grönmassan passerat rotorn inte fastställas. En tydlig inverkan av rotorns bearbetning på grödans struktur påvisades i båda försöken genom konduktivitetsmätningar och strållängdsanalys.

Resultaten från studien bekräftar hypotesen att den mekaniska bearbetningen av packningsrotorn har en gynnsam effekt på ensileringsprocessen, vilket resulterat i en snabbare och kraftigare fermentering. Detta kan förbättra möjligheterna att producera ensilage med hög kvalitet, speciellt med grödor som av någon anledning är svårensilerade.

## Summary

Interest in bagged silage has greatly increased during recent years in Sweden. In this silage system a bagging machine presses chopped forage into a long plastic tube by means of a sturdy packing rotor equipped with teeth.

For the filling of silage bags, a considerable input of mechanical energy is required for the packing rotor to compress forage into the plastic tube. This means that forage is subjected to an intensive mechanical treatment that also affects the structure of the plant material. Many studies have shown that treatments which damage the plant structure and release plant juice facilitate and speed up the ensiling process. If the mechanical treatment applied by the bagging machine would result in a faster and more substantial decrease in pH, the growth of undesirable micro-organisms, most notably clostridia, can be considerably restricted.

The aim with this project was to test the hypothesis that the mechanical treatment applied by the packing rotor on the fresh forage could have a favourable effect on the ensiling process.

The ensilability of chopped grass-forage crops was investigated in two experiments, the first cut and the re-growth. During the ensiling with a bagging machine precision-chopped grass was sampled either before or after passing through the packing rotor of the bagger. Chemical and microbial analyses were conducted on the fresh crop. As well, the particle length and the degree of mechanical treatment were ascertained, the latter by means of conductivity measurements. For investigation of fermentation pattern, forages from the two treatments were ensiled in small laboratory-scale silos, 12 replicates per treatment. After 2-3, 6, 18 and 100 days of storage, three silos per treatment were opened and the silage analysed with respect to dry matter (DM), pH, fatty acids, ethanol, ammonia-N and for 100-days silages number of clostridial spores.

DM content of the wilted grass at filling was approx. 28% in the first experiment and 32% in the second. All silages fermented well, which resulted in good silage quality with negligible clostridial activity. The concentration of butyric acid was consistently below 0.05 % of DM and the numbers of clostridia spores were below 100 CFU/g silage. In both experiments the drop in pH was significantly faster and more pronounced for the forage that had passed through the rotor.

In the first experiment, the number of lactic acid bacteria in the fresh forage increased after passage through the rotor by almost a factor of 100. In the second experiment, unusually high numbers of lactic acid bacteria were found already in the windrows on the field, slightly more than half a million/g. After chopping, the numbers increased by approx. 20 times, to about 10 millions/g. In this particular case, due to the type of analysis method used, it was not possible to detect any potential increase of lactic acid bacteria numbers in the forage after the rotor passage. Conductivity and particle length measurements showed an apparent impact of rotor action on the crop structure in both experiments.

The results from this study confirm the hypothesis that the mechanical treatment of forage by the packing rotor has a beneficial effect on the fermentation process, resulting in faster acidification. This could improve the possibilities of producing high quality silages, especially for crops that are more difficult to ensile.

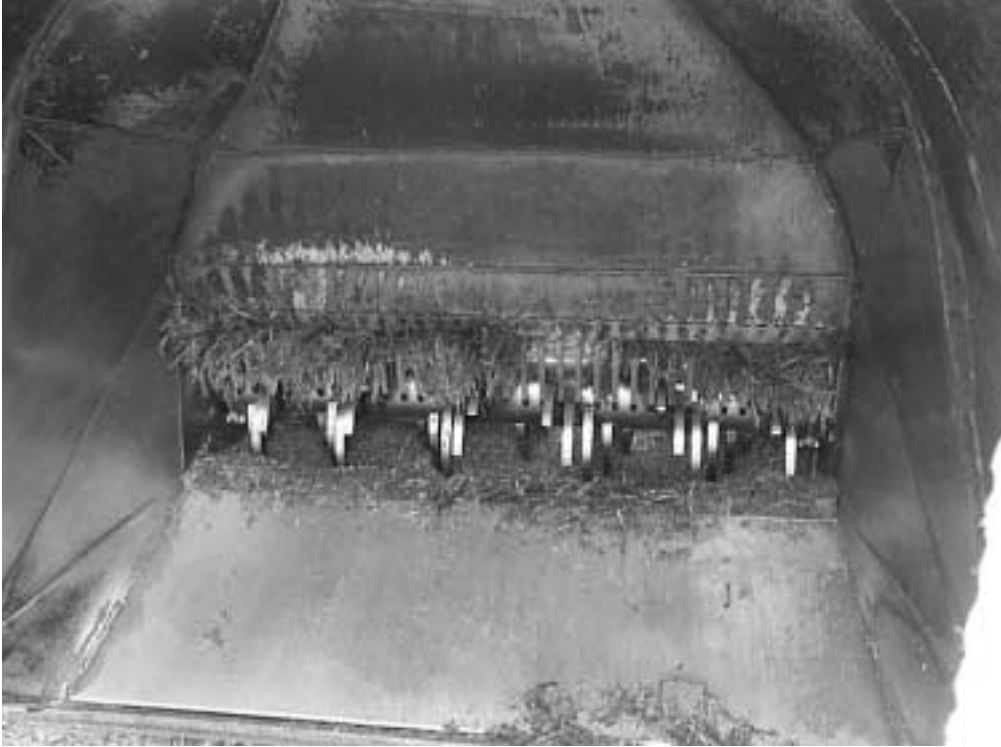
## Inledning

Teknik för att packa och ensilera grönmassa i en lång polyetenslang introducerades i Tyskland redan i början av 1970-talet. Även om det under några år såldes en del maskiner i Nordeuropa (även Sverige), fick metoden aldrig något riktigt genomslag. I slutet av decenniet återupptogs emellertid konceptet i Nordamerika där det fick betydligt större acceptans. Idag finns där ett flertal olika fabrikat och metoden är väl etablerad för konservering och lagring av foder. I mitten av 1990-talet återvände idén till Europa, där man framför allt i Tyskland och Storbritannien började importera maskiner. Även i Sverige har intresset för metoden under de allra senaste åren ökat högst påtagligt. Här togs den första maskinen in och började säljas 1998. Sedan dess har utbudet ökat med ytterligare fabrikat och för närvarande finns ett 30-tal maskiner i drift i Sverige.



*Bild 1. Lastning av hackad grönmassa i ensilagepackare med lastmaskin.*

I stort sett alla fabrikat av ensilagepackare har i grunden samma principiella uppbyggnad och arbetssätt. Hackad grönmassa lastas av, antingen direkt från vagn eller med skopa, på ett avlastarbord eller bottenmatta som matar en horisontellt liggande rotor. Den kraftiga rotorn är försedd med fingrar som sinsemellan sitter något förskjutna i spiralform utefter rotoraxeln, bild 2. När rotorn arbetar tar varje finger med sig en liten mängd grönmassa och fodret komprimeras i en tunnel bakom maskinen.



*Bild 2. Med packningsrotorn komprimeras grönmassan i en tunnel bakom maskinen.*

Plastslangen som är veckad runt tunneln dras av allteftersom packaren rör sig framåt. När en slang skall börja fyllas, ställs en stålgrind upp bakom packaren, bild 3. Grinden är via två vajrar och ett bromssystem förankrad i packaren. Genom att justera bromstrycket på vajertrummorna kan packningsgraden på materialet regleras.



*Bild 3. Vajrarna på packaren är infästa i en grind som fungerar som mothåll vid fyllningen.*

För att fodret ska kunna packas jämnt i slangen ska det vara hackat, en erfarenhet som man gjorde redan med den första maskinkonstruktionen (Kruizenga, 1973). Kruizenga anger 2-2,5 cm som maximal nominell (inställd) hackselängd. Samstämmiga uppgifter redovisas av Steinhöfel (2003), som menar att partikellängden på grönmassan ska ligga i intervallet 2-4 cm för att få en god packning. En mer långsträig grönmassa resulterar i sämre fyllning av slangen, både vad gäller volymvikt och jämnhet. Slangar tillverkas med olika diametrar (från 2,1 till 3,3 m.) och i längder från 30 till över 100 meter. Tjockleken på plasten är som regel mellan 0,2 och 0,3 mm, och kan i viss mån anpassas till den typ av foder som ska konserveras. Liksom för balensilage rekommenderas att lagringen sker på en hårdjord eller väl dränerad grusad yta.

De potentiella fördelar med metoden som brukar framhållas, är att den liksom balensilering har låga fasta kostnader, dock är plaståtgången lägre än för balar. Förutom till traditionellt vallfoder kan metoden också tillämpas för ensilering av andra produkter såsom fuktig spannmål, majs, HP-massa, mäsik och drav. De som använt metoden anser ofta att ensilaget blir av mycket bra kvalitet, något som dock studerats mycket litet under kontrollerade former. I USA brukar man också framhålla att risken för olycksfall under inläggning, lagring och uttagning är avsevärt lägre än vid ensilering i torn- och plansilo, vilket påvisats i en arbetsmiljöstudie (ASPS, 1996).

## Frågeställning och syfte

För att med rotorn mata in och komprimera fodret i plastslangen krävs mycket energi i form av mekanisk kraft. Detta innebär samtidigt att grönmassan blir utsatt för en hård mekanisk bearbetning som förändrar fodrets struktur, vilket tydligt framgår av grönmassans utseende efter att det har passerat genom rotorn. Att en sådan bearbetning som öppnar växtstrukturen och frilägger växtsaft i många avseenden skapar mycket goda förutsättningar för ensileringsprocessen finns visat i ett flertal studier, se avsnitt *Tidigare studier* nedan. Några studier med direkt koppling till slangensilering och hur denna bearbetning påverkar grödans ensilerbarhet finns emellertid inte genomförda.

Syftet med projektet var att undersöka hypotesen om att den kraftiga mekaniska bearbetningen av grönmassan vid inpackningen i slangen har en gynnsam inverkan på ensileringsprocessen.

## Tidigare studier

Endast ett fåtal studier med slangensilering går att återfinna i litteraturen. Även från USA, där ensilering i slang tillämpats i över 20 år och idag har mycket stor omfattning, konstaterar man att relativt lite forskningsresultat finns publicerade (Muck & Holmes, 2003).

I ett kanadensiskt försök jämfördes ensilering av långsträig grönmassa i rundbal med hackat material i slang (Nicholson m.fl., 1991). Prover borrades ut vid fem tillfällen under en 60-dagarsperiod, varefter såväl kemiska som mikrobiologiska analyser genomfördes. Resultaten visade att fermenteringen i slang gick snabbare och var mer omfattande än i rundbalarna. Dag 60 innehöll ensilaget i slang samt tre av fem rundbalar mindre än 100 klostridiesporer/g. I de två återstående balarna

konstaterades emellertid över en miljon sporer/g. Slangensilaget hade också lägre halter av ammoniumkväve och gav i utfodringsförsök med ungnöt ett bättre foderutnyttjande och snabbare viktökning. I ett senare försök med i princip samma uppställning kunde forskargruppen konfirmera de resultat som erhöles i den första studien (Nicholson m.fl., 1992).

Muck & Holmes (2001, 2003) undersökte under två år volymviktsvariationer och förluster i slangar med lusern- och majsensilage. Vid 40 procent ts-halt var volymvikten för lusernensilage ca 200 kg ts/m<sup>3</sup>. Volymvikten ökade med ökad ts-halt, i genomsnitt förändrades volymvikten ca 3 kg ts/m<sup>3</sup> för varje procentenhets förändring av ts-halten. I de 15 slangar där man registrerat förluster, erhöles i genomsnitt 14,2 procent, varav 8,4 procent utgjordes av omsättningsförluster och 5,8 procent av kassationsförluster. Utifrån de resultat som framkommit rekommenderar man en ts-halt på 30-40 procent, då förlusterna uppges kunna hållas på samma nivå som i tornsilo. En uppföljning av ensilering av gräs och majs i 48 slangar på 25 gårdar i tyska delstaten Sachsen, visade att det bästa ensileringsresultatet erhöles vid 30 till 35 procent ts-halt (Steinhöfel, 2003). I samma studie uppmättes konserveringsförlusterna till mellan 3 och 21 procent, vilket man anser vara betydligt lägre än vad som i litteraturen anges för plansilo (11-30 procent).

I östra Tyskland har man genom kemiska analyser studerat ensileringsförlopp i slang för flera typer av grödor (Wolf & Mahlkow-Nerge, 1997). Man konstaterar att resultatet i samtliga fall blivit bra. Eftersom några direkta jämförelser med andra ensileringsmetoder inte gjordes, ger dock undersökningarna inte så mycket värdefull information.

Att en intensiv mekanisk behandling av grönmassan har en mycket positiv effekt på ensileringsprocessen har visats i flera studier. I långstråigt material utsatts för kraftig mekanisk bearbetning (intensivbehandling) har sänkningen av pH skett avsevärt snabbare och till en lägre nivå än när materialet exakthackats (Muck m.fl., 1989; Walther, 1991). Man har dessutom visat att denna hårt bearbetade grönmassa packat sig snabbare och till en högre slutlig volymvikt än ett hackat material (Shinners m.fl., 1988). Det är också intressant att notera att man i ensileringsförsöken i USA kunde påvisa ett större antal mjölksyrabakterier efter intensivbehandling än efter exakthackning (Muck m.fl., 1989). I de två försök som genomfördes konstaterades 275 respektive 200 gånger fler mjölksyrabakterier i den intensivbehandlade grönmassan.

Även i Sverige har ensileringsförsök med intensivbehandlad grönmassa genomförts. I ett samarbete mellan JTI och institutionen för husdjurens utfodring och vård vid SLU undersöktes bl.a. hur ensileringssegenskaperna för en exakthackad grönmassa påverkades av en intensiv mekanisk behandling (Sundberg m.fl., 1996). Erhållna resultat visade framför allt på en anmärkningsvärt mycket snabbare och kraftigare produktion av mjölksyra i den grönmassa som intensivbehandlats. Redan efter två dygn uppmättes högre halt mjölksyra än vad som någon gång under lagringen registrerades i det exakthackade ensilaget. Även när det gäller grönmassans packningsegenskaper och ensilagets lagringsstabilitet uppvisade det intensivbehandlade ledet ett gynnsammare resultat än det enbart exakthackade.

Den snabba och kraftiga pH-sänkningen, som i ovan refererade försök konstaterats för intensivbehandlad grönmassa, är av mycket stor betydelse för att förhindra tillväxt av bland annat klostridiebakterier i ensilaget. Ett klostridiejäst ensilage medför att sporer via gödseln kan komma med i mjölken. Detta är ett

mycket stort problem för mejerierna vid osttillverkning, eftersom sporerorna orsakar kraftiga jäsningar och undermålig ostkvalitet. Detta orsakar varje år stora kostnader för mejerierna, men även för mjölkproducenterna eftersom mjölk med förhöjda sporhalter renderar kännbara prisavdrag.

I kalkyler utförda vid University of Wisconsin, USA, har man beräknat de totala kostnaderna för foder vid konservering i tornsilo av betong, plansilo och plastslang (Josefsson m.fl., 1999). Både vid en besättningsstorlek på 55 och 110 kor var kostnaden för fodret i slangsystemet ca 15 % lägre än för torn- eller plansilo-system. Även i två tidigare arbeten från USA där man beräknat totala kostnader för fodret, gav ensilering i slang en lägre kostnad än vid användning av plansilo (Long, 1984; Rotz, 1996). Kostnadsuppskattningar gjorda för svenska förhållanden indikerar att metoden kan vara ekonomiskt konkurrenskraftig till ensilering i fyrkantbal och tornsilo (Larsson, 2000).

## Genomförande

Studier av grödans ensilerbarhet före respektive efter passagen genom en ensilagepackare (Winlin 5400) genomfördes i två försök, i fortsättningen benämnt Skörd 1 och Skörd 2. Skörd 1 genomfördes i början av juni med material från förstaskörd, och Skörd 2 med en mer bladrik gröda från återväxten i slutet på juli. För att få en uppfattning om hur grödans struktur påverkades av packningsrotorn utfördes strållängdsanalys och konduktivitetmätning på grönmassan. Vidare undersöktes ensileringsdynamiken genom ensilering i små modellsilor, innefattande kemiska och mikrobiella analyser av både grönmassa och ensilage.

Skörd 1 och 2 togs från olika vallar, båda var dock fyra år gamla och bestod av gräs i renbestånd. Dominerande arter i båda vallarna var ängssvingel och timotej, medan engelskt rajgräs och hundäxing fanns i mindre omfattning. Vid skörden den 3 juni var grödan i stråskjutningsstadium, medan återväxten vid skörden den 27 juli var spädare och bestod till största delen av blad.

Försöken utfördes i samverkan med en lantbrukare som har fem års egen erfarenhet av metoden med slangensilering. Maskinkedja och provtagningspunkter av grönmassa i de två försöksleden framgår av bild 4. Exakthacken i hackvagnen var inställd på 14 mm nominell hackselängd.

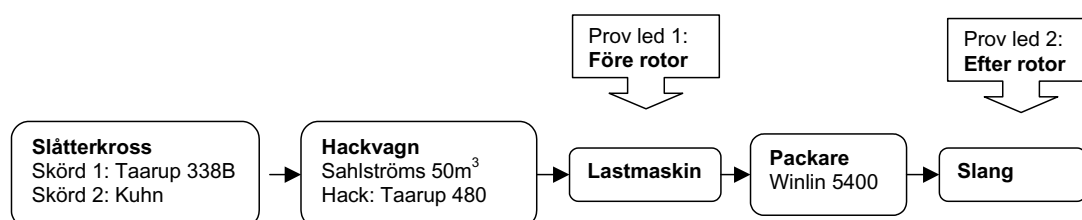


Bild 4. Maskiner i gårdens ensilagekedja samt provtagningspunkter i försöket.

I samband med att en slang skulle avslutas togs ca 15 kg grönmassa som generalprov till led 1 "Före rotor" från den sista skopan på lastmaskinen. Samma skoplass tömdes sedan på packarens matarbord. Innan all denna grönmassa packats in i slangens stängdes drivtraktorn av mitt i arbetsfasen. Detta för att inte grönmassan

skulle utsättas för den extra bearbetning av rotorn som normalt uppstår i slutfasen av en fyllning under den tid rotorn ligger och nöter på grönmassan innan bromsvajrarna lossats och ekipaget körts fram. Ur den frilagda slangen togs sedan ca 15 kg grönmassa som generalprov till försöksled 2 "Efter rotor".

De två generalproverna tömdes upp på var sin ren plastfolie i en lokal på gården och efter omblandning togs representativa prover till följande analyser:

*Strålängd*: Ett prov per försöksled.

*Bearbetningsgrad (konduktivitet)*: Två prover per försöksled.

*Kemi*: Ett prov per försöksled för bestämning av mängden lättlösliga kolhydrater (WSC), ts-halt, råprotein, ammoniakalt, buffertkapacitet, pH och aska.

*Mikrobiologi*: Två prover per försöksled för bestämning av antalet mjölksyrebakterier, klostridier samt jästsvampar.

Efter denna provtagning fylldes grönmassa till studierna av ensileringsdynamiken i små glasburkar med en volym på ca två liter. Tolv burkar per försöksled fylldes med en mängd grönmassa motsvarande ca 250 g ts vardera. Fyllningen av burkarna blev utförd inom två timmar efter provtagningen av grönmassa. Efter att burkarna försetts med tättslutande lock försedda med jäsrör transporterades de hem och placerades i ett rum som höll en temperatur på 20-22°C. Efter 2-3, 6, 18, och ca 100 dygns lagring öppnades tre burkar per försöksled och ensilaget analyserades med avseende på pH-värde, ammoniumkväve, fettsyror och etanol. På ensilaget som lagrats i 100 dygn gjordes dessutom en bestämning antalet klostridier. För att bestämma förlusterna under lagringen, vägdes alla kvarvarande burkar vid varje tömningstillfälle.

Efter torkning av proverna bestämdes strålängdsfördelningen med hjälp av JTI:s sorteringsmaskin som finns beskriven av Gale & O'Dogherty (1982). Resultatet anges som halvviktslängd (mm), vilket är den längd som delar provet i två vikt-mässigt lika stora delar, samt längder för övre och undre kvartil.

Bearbetningsgraden bestämdes med en metodik beskriven av Koegel m.fl. (1995) och Kraus m.fl. (1999). Metoden innebär i korthet att man på ett standardiserat sätt lakar ur grödan med destillerat vatten, varefter konduktiviteten i extraktet mäts. Detta värde räknas sedan om till ett index, där index 0 motsvarar det destillerade vattnets konduktivitet (i princip 0), och index 100 är den konduktivitet som registrerats i extraktet från ett finmalet referensprov av samma material.

För de mikrobiologiska bestämningarna vägdes 40 g grönmassa eller ensilage i en Stomacher 400-påse. 360 ml Ringer-lösning (Merck 1.15525) tillsattes varefter provet knådades i 120 s i en Stomacher 3500 (Seward Ltd., England). För varje prov gjordes en spädningsserie med 3 spädningar ( $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ). Före bestämningen av antalet klostridiesporer värmebehandlades provrören i ett vattenbad (80°C i 13 min) med syfte att avdöda icke-sporbildande bakterier.

Antal mjölksyrebakterier bestämdes genom injutning i Rogosa-agar (Merck 1.05413) och anaerob odling vid 30°C i 3 dygn (Pahlow, 1990).

Totalantalet jästsvampar bestämdes genom ytspridning på laktatberikad malt-extraktagar (MEA + 5 ml laktat/l, Merck 1.05398) och aerob odling vid 30°C i 3 dygn (Pahlow, pers. medd.).



Antalet klostridiesporer bestämdes genom ytspridning på RCM-agar (Merck 1.05410) med tillsats av neutralrött och D-cykloserin samt anaerob odling vid 37°C i 7 dygn (Jonsson, 1990).

Antalet kolonibildande enheter per gram prov uttrycktes i logaritmiska värden och beräknades enligt Niemelä (1983).

## Resultat

### Grönmassa

#### Kemiska analyser

En sammanställning över resultaten från de kemiska analyserna av grönmassan återfinns i tabell 1. Grönmassan hade i båda försöken en ts-halt på ca 30 %, vilket är något lägre än vad som rekommenderas vid ensilering i slang.

Tabell 1. Kemiska analyser på grönmassa, medelvärden av två bestämmingar.

	Skörd 1	Skörd 2
Ts-halt, %	28,4	31,6
WSC, % av ts	18,2	8,4
Råprotein, % av ts	15,8	12,7
Ammoniaktal	0,1	2,7
Buffertkapacitet, g LA/100 g ts	6,1	7,8
PH-värde	6,0	6,1
Aska, % av ts	7,2	9,1

Utifrån värden på ts-halt, buffertkapacitet och lättlösliga kolhydrater (WSC) i grönmassan är det möjligt att beräkna en *koefficient för fermenterbarhet* (FC) (Weißbach, 1996). För att grödan ska utgöra ett tillräckligt bra substrat för att få en mjölksyraräsning som ger ett stabilt ensilage utan smörsyra, bör värdet på FC överstiga 45. Grönmassan i Skörd 1 hade ett FC-värde på 52 och kan således karakteriseras som lättensilerad. I Skörd 2 var FC -värdet bara 40, vilket främst beror på en betydligt lägre halt av WSC än i Skörd 1.

#### Mikrobiella analyser

Resultaten av de mikrobiella analyserna finns sammanställda i tabell 2. Här framgår att i Skörd 1 ökade antalet kolonibildande enheter (CFU) av mjölksyrabakterier nästan 100 gånger efter att grönmassan passerat genom packningsrotorn. I Skörd 2 innehöll grönmassan ett ovanligt stort antal mjölksyrabakterier redan i strängarna på fältet, drygt en halv miljon/g grönmassa. Efter hackning ökade antalet ungefär 20 gånger, till ca 10 miljoner/g. Av analystekniska skäl kunde i detta fall en eventuell ytterligare ökning av antalet mjölksyrabakterier efter det att grönmassan passerat rotorn inte fastställas.

Antal jästsvampar ökade i båda försöken något efter rotorpassagen, medan antalet klostridier i grönmassan var genomgående mycket lågt.

Tabell 2. Resultat från mikrobiella analyser av grönmassa. Antal kolonibildande enheter, log CFU/g. Medelvärden av två bestämmningar.

	Skörd 1		Skörd 2	
	Före rotor	Efter rotor	Före rotor	Efter rotor
Mjölksyrabakterier	3,5	5,4	ca 7	ca 7
Jästsvampar	2,5	2,9	3,7	4,4
Klostridiesporer	<1,7	<1,7	< 1,7	2,0

## Strålängd

Den hack som användes i försöken var inställd på 14 mm nominell hackselängd. Resultaten från strålängdssorteringen, tabell 3, visar att passagen genom rotorn gett en något kortare materiallängd på grönmassan i båda försöksomgångarna. Att grönmassan var något längre i skörd två kan förklaras dels av den spädare och mer bladrika strukturen i återväxten, men även av att vissa av hackknivarna då var skadade efter inkörning av en räfspinne.

Tabell 3. Halvviktsslängder samt övre och undre kvartiler bestämda på ett prov per skörd och behandling.

	Skörd 1		Skörd 2	
	Före rotor	Efter rotor	Före rotor	Efter rotor
Halvviktsslängd, mm	23	17	28	24
Övre kvartil, mm	35	25	47	38
Undre kvartil, mm	15	12	17	15

## Konduktivitet

Passagen genom packningsrotorn resulterade i ett klart högre konduktivitetsindex för grönmassan i såväl Skörd 1 som 2, tabell 4. Skillnaden är i båda fallen statistiskt signifikant ( $p < 0,001$ ).

Tabell 4. Konduktivitetsindex. Medelvärden av två bestämmningar.

	Skörd 1		Skörd 2	
	Före rotor	Efter rotor	Före rotor	Efter rotor
Index	19	41	29	45

## Ensileringsförsök

I båda försöken var viktsförlusterna under lagringen mycket måttliga, och uppgick efter 100 dygn till ca 3 % av ts. Det var ingen skillnad i förluster mellan de båda försöksleden.

## Skörd 1

Av tabell 5 framgår att sänkningen av pH-värde gick snabbare och skedde till en lägre nivå i försöksled E där grönmassa tagits efter passagen genom rotorn. Skillnaderna mellan de två försöksledens pH-värden är signifikanta ( $p < 0,001$ ) för alla fyra lagringstider.

Tabell 5. Fermenteringsparametrar för Skörd 1. Medelvärden för tre upprepningar. F: före packningsrotor, E: efter packningsrotor

Dag	pH-värde		Ammoniaktal		Mjölksyra, % av ts		Ättiksyra, % av ts		Etanol, % av ts	
	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E
3	4,85	4,41	3,3	3,2	3,6	4,5	1,0	1,3	0,71	0,51
6	4,52	4,26	4,4	3,9	5,4	5,5	1,4	1,5	0,68	0,51
18	4,25	4,07	5,9	5,7	7,3	7,4	1,8	1,9	0,73	0,59
100	4,15	4,02	6,3	5,6	8,6	8,3	1,9	2,1	0,73	0,79

Av pH-värden och de övriga analyserna framgår att inget anmärkningsvärt inträffat under fermenteringen, utan båda försöksleden har resulterat i ett bra ensilage. Knappast någon aktivitet från klostridiebakterier har förekommit. Antalet kolonibildande enheter var efter 100 dygns lagring under 50 per g ensilage i båda försöksleden. Mängderna smörsyra var också låga, med halter som genomgående understeg 0,05 % av ts vid alla lagringstider. För att ensilaget ska kunna anses som välfermenterat bör halten smörsyra inte överstiga 0,1 % av ts.

## Skörd 2

Resultaten från Skörd 2, tabell 6, är i stort sett mycket likartade de från Skörd 1. Även här visar pH-värdena att jäsningsprocessen skett snabbare och varit mer omfattande i försöksled E, med signifikanta skillnader vid alla lagringstider ( $p < 0,001$ ). Något anmärkningsvärt är dock de höga ammoniakthalen, som efter 100 dygns lagring i båda försöksleden översteg 12, vilket vid karakterisering av ensilagekvalitet ofta brukar anges som gränsen för acceptabelt. För att ensilaget ska anses som bra vill man normalt inte att ammoniaktalet överstiger 8.

Tabell 6. Fermenteringsparametrar för Skörd 2. Medelvärden för tre upprepningar. F: före packningsrotor, E: efter packningsrotor

Dag	pH-värde		Ammoniaktal		Mjölksyra, % av ts		Ättiksyra, % av ts		Etanol, % av ts	
	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E
2	4,87	4,65	6,2	6,2	3,6	4,7	1,2	1,5	0,34	0,25
6	4,70	4,38	7,7	7,1	4,4	6,7	1,5	1,8	0,34	0,27
18	4,43	4,20	9,5	8,8	6,1	8,5	1,7	2,0	0,34	0,29
100	4,30	4,16	12,8	12,4	7,4	9,1	2,1	2,3	0,38	0,33

En skillnad i jämförelse med det första försöket är också att halterna av mjölksyra vid alla lagringstider varit betydligt högre i försöksled E än i led F ( $p < 0,001$ ). Någon klostridieaktivitet har dock inte skett heller i denna omgång. Smörsyrahalterna var genomgående låga, under 0,04 % av ts, och antalet kolonibildande enheter efter 100 dygn var i båda försöksleden under 60/g ensilage.

## Diskussion

För att inte utgöra någon begränsning när det gäller att få till stånd en korrekt mjölksyrarjäsning, anses det behövas ca 100 000 mjölksyrabakterier per gram grönmassa. I växande gröda är antalet mjölksyrabakterier som regel betydligt lägre, oftast i storleksordningen 10-1 000 per gram grönmassa. Det har länge varit känt att skörd med exakthack ger en kraftig ökning av antalet mjölksyrabakterier. En genomgång av tillgängliga försöksresultat visade att antalet ofta ökade med en faktor 100 (Pahlow m.fl., 1995). Att man, som i denna studie, får en ökning av samma storleksordning på grund av rotorns bearbetning vid slangensilering är därför inte förvånande, men har inte tidigare visats i några försök. Den tydliga inverkan på grönmassans struktur som påvisats i studien, medför sannolikt också att mjölksyrabakterierna sprids ut och blir jämnare fördelade i grönmassan. Allt detta bör enligt befintlig kunskap ge bättre förutsättningar för en snabb ensileringsprocess, vilket också resultaten från ensileringsförsöken tydligt visade.

I det andra försöket (Skörd 2) konstaterades ett ovanligt stort antal mjölksyrabakterier redan i de slagna strängarna på fältet. En förklaring till detta kan vara den lågtrycksbetonade väderlek som dominerat innan försöket. Låg solinstrålning och fukt är två faktorer som vi vet gynnar tillväxten av mjölksyrabakterier på grödan. Oftast ökar också antalet mjölksyrabakterier under sommaren.

Ammoniaktalen i ensilagen från Skörd 2 var relativt höga, över 12 i båda försöksleden. Det ska dock noteras att i Skörd 2 var ammoniaktalet redan i grönmassan avsevärt mycket högre än i Skörd 1, 2,7 respektive 0,1. Vid enstaka tillfällen har man i andra försök observerat en förhöjd halt ammoniakkväve i grönmassan. Vad som är orsaken till detta är dock inte känt. Växtegenska enzymer inleder proteolysen genom att bryta ner protein till peptider och aminosyror. Den vidare nedbrytningen av aminosyror till bland annat ammoniak orsakas som regel av olika proteolytiska mikroorganismer. Möjligheterna att få en bild av problematiken försvåras emellertid av att man endast i sällsynta fall undersöker grönmassa med avseende på ammoniak, och att man därför inte vet under vilka betingelser man kan förvänta sig förhöjda värden. Om ammoniaktalet är högt redan i grönmassan (som i Skörd 2) har ett högt värde i ensilaget inget med ensileringsprocessen att göra, utan ammoniaktalet i grönmassan borde därför kunna dras bort från ammoniaktalet i ensilaget. Det är dock viktigt att påpeka att ammoniaktalet är ett relativt trubbigt mått på den proteolytiska aktiviteten i ensilaget eftersom andra ämnen än aminosyror (t.ex. nitrat och nitrit) kan brytas ner till ammoniak, och ammoniak i sin tur kan reagera och ombildas till andra ämnen (McDonald et al., 1991).

Försöken genomfördes med *ett* fabrikat av ensilagepackare (Winlin 5400). Även om de flesta andra fabrikat arbetar efter samma grundläggande princip är det inte självklart att graden av bearbetning på grödan blir densamma i alla packare. Skillnader när det gäller rotorns utformning och placering finns, vilket är sådant som skulle kunna påverka matningen och därmed bearbetningsgraden.

## Slutsatser

Packningsrotorn i den maskin som användes i försöken påverkade i betydande grad grönmassans struktur.

I ett av två försök ökade antalet mjölksyrabakterier 100 gånger efter grönmassans passage genom rotorn. I det andra försöket kunde av analystekniska skäl ingen eventuell ytterligare ökning av antalet mjölksyrabakterier fastställas.

Den mekaniska bearbetningen av grönmassan i packningsrotorn hade en gynnsam effekt på ensileringsprocessen, vilket gav en snabbare och mer omfattande fermentering.

## Referenser

- ASPS, 1996. Wisconsin farm fatalities 1987-1996. Data compiled for the Agricultural Safety Promotion Systems (ASPS) project, Dept. of Biological Systems Engineering, University of Wisconsin, Madison.
- Gale G.E. & O'Dogherty M.J.O., 1982. An apparatus for the assessment of the length distribution of chopped forage. *Journal of Agricultural Engineering Research* 27, p 35-43.
- Jonsson A., 1990. Enumeration and confirmation of *Clostridium tyrobutyricum* in silages using neutral red, D-cycloserine, and lactate dehydrogenase activity. *Journal of Dairy Science* 73, p.719-725.
- Josefsson G., Chapman L. & Miquelon M., 1999. Use silage bags. Work efficiency tip sheet. University of Wisconsin Healthy Farmers, Healthy Profits Project, December 1999.
- Koegel R.G., Kraus T.J., Straub R.J. & Shinnors K.J., 1995. Intensive mechanical conditioning of forage crops to improve drying rates and animal utilization. 1994 Research summaries p.31-32. U.S. Dairy Forage Research Center, Madison, Wisconsin.
- Kraus T. J., Koegel R.G., Straub R.J. & Shinnors K.J., 1999. Leachate conductivity as an index for quantifying level of forage conditioning. *Trans. ASAE* 42 (4), p 847-852.
- Kruizenga J.J., 1973. Ervaringen met de Eberhardt silopers [Erfarenheter med Eberhardt silopress]. *Landbouwmecanisatie* 24, s 583-585.
- Larsson M., 2000. Vilken ensilagehantering lönar sig bäst? *Lantmannen* 121(4), s 19-22.
- Long D.R., 1984. Cost comparison between the concrete cast-in-place bunker silo system and the Ag-Bag system of forage handling. Dept. of Agricultural Economics, University of British Columbia, 60 s.
- McDonald P., Henderson A.R. & Heron S.J.E., 1991. *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe Publications, Marlow, Bucks, UK. p.62-74.
- 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. & Holmes B.J., 2003. Density and losses in pressed bag silos. U.S. Dairy Forage Research Center 2002 Research Report. 2002 Research summary, s 9-11.
- Muck R.E., Koegel R.G., Shinnors K.J. & Straub R.J., 1989. Ensilability of matprocessed alfalfa. I "Land and water use", Dodd & Grace (ed), ISBN 906191 980 0. s 2055-2061. Balkema, Rotterdam.

- Nicholson J.W.G., McQueen R.E., Charmley E. & Bush R.S., 1991. Forage conservation in round bales or silage bags: effect on ensiling characteristics and animal performance. *Canadian Journal of Animal Science* 71, s 1167-1180.
- Nicholson J.W.G., Charmley E. & Bush R.S., 1992. Effect of moisture level on ensiling characteristics of alfalfa in big bales or chopped and compacted in plastic tubes. *Canadian Journal of Animal Science* 72, s 347-357.
- Niemelä S., 1983. Statistical evaluation of results from quantitative microbiological examinations. Nordisk Metodik-Kommitté för Livsmedel (NMKL), c/o Statens Livsmedelsverk, Uppsala. Report no.1, 31 s.
- Pahlow G., 1990. Untersuchung des epiphytischen Besatzes von Siliergut mit Milchsäurebakterien (Bestämning av epifytiska mjölksyrabakterier i grönmassa). Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig, Tyskland. Stensil, 6 s.
- Pahlow G., Müller Th. & Lier D., 1995. Einfluss der Ernteverfahrens auf die Nachweisbarkeit epiphytischer Laktobakterien von Futterpflanzen [Recovery of epiphytic LAB from forages as influenced by harvesting methods]. *Das Wirtschaftseigene Futter* 41(3), s 306-326.
- Rotz C.A., 1996. A comparison of forages, harvesting and storage systems. *Proceedings of the Midwest Dairy Management Conference, August 28-29*, 11 p.
- Shinners K.J., Koegel R.G. & Straub R.J., 1988. Consolidation and compaction characteristics of macerated alfalfa used for silage production. *Transactions of the ASAE* 31(4), 1020-1026.
- Steinhöfel O., 2003. Silierung im Folienschlauch. *Milchpraxis* 41(3), s 156-158.
- Sundberg M., Thylén A. & Lingvall P., 1996. Ensilering av intensivbehandlad vallgröda. Jordbrukstekniska institutet. Rapport till Stiftelsen lantbruksforskning.
- Walther K., 1991. Untersuchungen zur Mähaufbereitung von Wiesenaufwuchs durch Intensivaufschluss und Mattenformung. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG). Dissertation. Hohenheim 1991.
- Weissbach F., 1996. New development in crop conservation. *Proceedings of the XIth International Silage Conference*, s 11-25.
- Wolf J. & Mahlkow-Nerge K., 1997. Das Silo in der Pelle. *Neue Landwirtschaft*, nr 8, s 57-62.

### **Personliga meddelanden**

Prof. G. Pahlow. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Grünland- und Futterpflanzenforschung, Bundesallee 50, 3300 Braunschweig, Tyskland.



## **JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik...**

... är ett industriforskningsinstitut som forskar, utvecklar och informerar inom områdena jordbruks- och miljöteknik samt arbetsmaskiner. Vårt arbete ger dig bättre beslutsunderlag, stärkt konkurrenskraft och klokare hushållning med naturresurserna.

Vi publicerar regelbundet notiser på vår webbplats om aktuell forskning och utveckling vid JTI. Du får notiserna hemskickade gratis om du anmäler dig på [www.jti.slu.se](http://www.jti.slu.se)

På webbplatsen finns även publikationer som kan läsas och laddas hem gratis, t.ex.:

*JTI-informerar*, som kortfattat beskriver ny teknik, nya rön och nya metoder inom jordbruk och miljö (4-5 teman/år).

*JTI-rapporter*, som är vetenskapliga sammanställningar över olika projekt.

Samtliga publikationer kan beställas i tryckt form. JTI-rapporterna och JTI-informerar kan beställas som lösnummer. Du kan också prenumerera på JTI-informerar.

*För trycksaksbeställningar, prenumerationsärenden m.m.,  
kontakta vår publikationstjänst (SLU Service Publikationer):*

tfn 018 - 67 11 00, fax 018 - 67 35 00

e-post: [bestallning@jti.slu.se](mailto:bestallning@jti.slu.se)



**JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik**

JTI - Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering

Box 7033, 750 07 UPPSALA

Besöksadress: Ultunaallén 4

Webbplats: [www.jti.slu.se](http://www.jti.slu.se)

Telefon: 018 - 30 33 00

Telefax: 018 - 30 09 56

E-post: [office@jti.slu.se](mailto:office@jti.slu.se)