

FORSKNINGSPROGRAM

Ensilering av grovfoder Del II- Stoppa varmgången

SLF Projekt nr V1330016

Slutrapport

Projektgrupp:

Rolf Spörndly, inst. för husdjurens utfodring och vård, SLU (huvudsökande)

Peter Udén, inst. för husdjurens utfodring och vård, SLU

Referensgrupp:

Referensgruppen bestod av representanter för industrier som tillverkar utrustning för att åstadkomma lufttäta lagringssystem, som tillverkar tillsatsmedel för ensilering samt från rådgivningen och från samarbetspartner i Danmark. Följande förändringar i referensgruppens sammansättning har skett sedan ansökan:

Robert Mattsson, Trioplast AB – har ersatts av Anders Larsson, Trioplast AB

Bengt Gertzell, Salinity AB - kvarstår

Hans Lindberg, Växa Sverige - kvarstår

Ole Green, Webstech – har inte visat fortsatt intresse och inte levererat avsedd utrustning

Inledning

Grovfodret är det enskilt viktigaste fodermedlet i svensk mjölkproduktion. Cirka hälften av fodret till svenska kor består av ensilerat grovfoder. Även i produktionen av får- och nötkött samt i hästhållningen utgör ensilerat grovfoder en betydande andel av fodret. Mängd och kvalitet på ensilaget har avgörande betydelse vid utfodring med ökad andel närproducerat foder och har en direkt påverkan på ekonomi, djurhälsa och miljöbelastning. Ensilerat grovfoder är också ett fodermedel där djurägaren oftast är involverad i hela produktionskedjan från odling och skörd till ensilering och utfodring. Grovfodret utgör också det fodermedel som oftast är behäftat med kvalitetstörningar, vanligen som en följd av dålig lagring. Det ställs därför stora krav på kunskaper och kompetens hos djurägaren för att kunna framställa ett fodermedel som är säkert för både djurhälsan och livsmedelsprodukten.

Stora forskningsresurser har lagts ner på att förbättra ensileringsprocessen men fortfarande kvarstår problemet med varmgång vid uttag vilket innebär snabbt försämrad kvalitet, ökade förluster och ibland kassationer av stora partier foder. Kraftig varmgång uppstår inte alltid, utan till synes slumpartat i olika partier och under olika år. Varmgången synes vara knuten till det lufttillträde som sker under uttagningen av ensilaget och till otätheter i silon. Lufttillträde medför alltid förluster genom att organisk substans omsätts till CO₂ och värme. Dessa förluster sker vid syretillträde under lagringstiden men sannolikt också under den långa uttagstiden i stora silor. Sammantaget utgör dessa osynliga ts-förluster i en plansilo ofta över 20 % även utan att man kasserar foder. Så stora förluster uppmäts inte i rundbalar. Den till synes slumpartade varmgången vid uttaget av ensilage kan bero på en variation i förekomst av bakterier, jäst och mögelsvamp som snabbt kan växa till när tillgång till syre uppstår. Som substrat kan den mjölksyra användas, som bildats under lagringens anaeroba fas. Oxidationsförluster sker alltid i stora silor med lång uttagstid. Frågan är av vilken anledning varmgång uppträder vid öppningen av en silo. Även på en och samma gård med

konstanta rutiner kan ensilaget vissa år snabbt ta värme och förstöras vid öppningen. Andra år kan stabiliteten vara mycket god med utebliven varmgång under hela uttagsperioden. En teori är att skillnaden beror på olikheter i floran av svamp och bakterier som förekommer på grödan. Hur väl den överlever och vilka arter som är närvarande.

Vid institutionen för husdjurens utfodring och vård pågår ett program för att förbättra ensilageproduktionen. Programmets långsiktiga mål, där föreliggande projektansökan utgör en del, är att:

- *) *klarlägga* orsaker till varmgång och förluster i ensilage och utveckling av metoder för att kunna analysera inverkan av fältfloran.
- *) *bevara* näringsvärdet under ensileringen och utveckla metoder för att minska förlusterna i svensk grovfoderlagring.
- *) *producera* ett underlag för att uppskatta de verkliga ts-förluster som uppstår vid olika silotyper i avsikt att presentera ett pålitligt beräkningsunderlag vid investering i nya ensileringsystem.

Bakgrund och koppling till andra projekt

För att uppnå programmets långsiktiga mål har flera projekt startats vid institutionen. Ett är finansierat av SLF och nyligen slutrapporterat (V1230024) ”*Ensilering av grovfoder, I-Minskade förluster*”. Detta projekt avsåg ge svar på frågor om skillnader i förluster mellan silotyper, utveckla metoder för att mäta förluster i fullskala samt studera betydelsen av begränsat lufttillträde under lagringstiden. Parallellt med nämnda projekt har med egen finansiering ett licentiatarbete bedrivits med avsikt att utveckla ny metodik för att bedriva ensileringsstudier. Som ett första steg genomfördes en meta-analys av samtliga ensileringsförsök som genomförts vid institutionen det senaste decenniet i vilken man sökte samband mellan grödornas kemiska sammansättning och ensileringsresultatet. Sambanden var dock mycket svaga (Kasmaei et al, 2012). Licentiatarbetet började därefter alltmer synkroniseras med ovan nämnda SLF-projekt och inriktades på att studera fältfloras betydelse för ensileringsresultatet. Detta har inte studerats systematiskt tidigare därför att det är svårt att särskilja mellan betydelsen av grödans kemisk-fysikaliska sammansättning och betydelsen av fältfloran. Ett sätt att genomföra sådana studier vore att använda steril grönmassa som inokuleras med fältflora. Licentianden har därför under senaste året börjat testa olika metoder för att producera en steril gröda för detta ändamål.

Innevarande projekt har i har därför bestått i att inom ramen för ett doktorandarbete utveckla en ny metod för att studera fältfloras betydelse för ensileringsresultatet. Metoden går ut på att skapa en steril gröda av olika typer utan ändra alltför mycket på dess kemiska sammansättning. Genom att inför ensileringen sedan tillsätta mikroorganismer som separerats från olika grödor uppstår möjligheter att studera vilken påverkan fältfloran respektive grödans kemiska och fysikaliska sammansättning har på ensileringsresultatet och lagringsstabiliteten (varmgång). En metod baserad på steril gröda ger samtidigt också helt nya möjligheter att kunna utveckla nya tillsatsmedel för ensilering.

Hypoteser

- 1) Varmgång i ensilage initieras av vissa jästarter som finns i grödan
- 2) Fältfloran varierar kraftigt och låg aerob lagringsstabilitet, dvs varmgång vid uttag, beror på att grönmassan innehåller hög halt av jäst som inte bara bryter ner socker utan även mjölksyra

- 3) Genom att skapa en steriliserade grödor och till dessa tillsätta varierande mikroblora grödor kan man fastställa vilka arter och stammar som orsakar varmgång och vilken betydelse grödan har
- 4) Genom metoden med steriliserad och standardiserad grönmassa kan man utveckla jäst- eller bakteriestammar som konkurrerar med fältfloran och hämmar varmgången

Hypoteserna 1 och 2 har testats och redovisats 31/5 2016 i SLF-projektet V1230024, "Ensilering av grovfoder, I- Minskade förluster". Där redovisas jästarter från 30 gårdar och andra frågeställningar kring jäst och uttagtidens påverkan på lagringsstabiliteten. Hypotesen 3 utgörs av innevarande projekt medan hypotesen 4 utgörs av det framtida arbetet.

I det följande redovisas därmed i huvudsak resultatet från det doktorsarbete av Kamyar Mogodiniyai Kasmaei som innevarande projekt finansierat. Det är publicerat i fyra referee-granskade publikationer som tillsammans utgör doktorsavhandlingen (*Mogodiniyai Kasmaei, 2016*).

Material och metoder

I arbetet testades ett antal steriliseringsmetoder omfattande etanol (EtOH), kombinationen EtOH och natriumhypoklorit (NaClO), neutral detergent buffert(ND), köldchock, torr värme och fuktig värme. 200 gram av grödan doppades i de kemiska lösningarna och därefter i vatten. Köldchocken bestod av -80°C antingen direkt eller stegvis vis -20°C och -60°C. För värmebehandlingen för-torkades först grödan till 40 % ts varefter den frystorkades till 90 % ts. De torra värmebehandlingen bestod i +121 °C i 20 minuter samt i 60 °C i tre timmar + 103 °C i 15 timmar. Den fuktiga värmebehandlingen utgjordes av autoklavering i +121 °C i 20 minuter vid 320 kPa tryck. Efter värmebehandlingen återfuktades grödan till 40 % ts med sterilt vatten. Effektiviteten av steriliseringsmetoderna värderades med bestämning av kvarvarande laktobaciller (LAB) enterobakterier, jäst och mögel.

Förutom att värdera mängden kvarvarande mikroorganismer efter steriliseringen analyserade grödans kemiska sammansättning för och efter behandlingen då avsikten varit att kunna avlägsna mikrobloran utan att ändra den kemiska sammansättningen alltför mycket. Resultatet av steriliseringsmetodens påverkan på grödan bestämdes främst genom förändringen av vattenlösliga kolhydrater (WSC), buffertlösligt kväve (BSN) och syralösligt fiberkväve (ADIN).

Steg efter att ha värderat olika steriliseringsmetoder utgjordes av att jämföra ensilering av rekonstituerad gröda (steriliserad med återförd mikroblora) med obehandlad gröda. För att skapa en mikroblora för återföring (inokulat) skakades grödan med Ringer-lösning förstärkt med Tween 80. Lösningen centrifugerades därefter (15500 g i 40 minuter) för att koncentrera mikroberna i en pellett. Vätskefasen filtrerades därefter (0,45 och 0,22 µm porositet) för att även få med mikrober som inte fallit ut i centrifugeringen. Pelleten och filtret homogeniserades därefter och användes som inokulat. Steriliserade grödor inokulerades och rekonstituerades med sterilt vatten för att efterlikna det obehandlade kontrollensilaget och ensilerades i ca 60 dagar i 50 ml Falcon rör.

Som ett sista steg i projektet tillämpades den framtagna metoden i syfte att skilja effekten av grödans kemiska sammansättning från effekten av den mikrobiella flora som finns på grödan. Till detta ensilerades tre grödor, en bestående av enbart gräs, en av enbart rödklöver och en av majs. Från varje gröda tillverkades inokulat av mikrobloran enligt ovan. Sedan steriliserades varje gröda och delades i tre delar som inokulerades med var och ett av de tre inokulaten. Ensileringen skedde vid 40 % torrsustanshalt i 100 ml glaströr. Efter 71 dagar analyserades utfallet av ensileringsprocessen kemiskt med avseende på pH, mjölksyra, ättiksyra,

propionsyra, etanol, 2,3-butandiol, ammonium-kväve. Efter öppningen sattes dessutom ensilagen för mätning av lagringsstabiliteten genom att mäta temperaturökningen. Med hjälp av PCR-teknik bestämdes sammansättningen av mikrofloran före och efter ensileringen.

Effekten av steriliseringens inverkan på de kemiska komponenterna analyserades med GLM med gröda, sterilisering och samspel som fixa faktorer. Samma statistiska metod tillämpades för att värdera effekten av de tre grödorna och de tre inokulaten samt samspelet dem emellan (3 grödor x 3 inokulat x 2 replikat). För bioinformatikanalysen tillämpade smetoden beskriven av Müller et al, 2016 (Biotechnology for Biofuels, 9, 48).

Resultat

Metodutvecklingen

Som åskådliggörs i Tabell 1 reducerade sterilisering med EtOH i de flesta fall LAB till under detektionsgränsen men hade i princip ingen effekt på enterobakterier och endast marginella effekter på jäst och mögel. Möger var emellertid särskilt känsligt mot EtOH + NaClO. Köldchock avlägsnade mikrober mekaniskt medan ND inte hade mycket effekt alls.

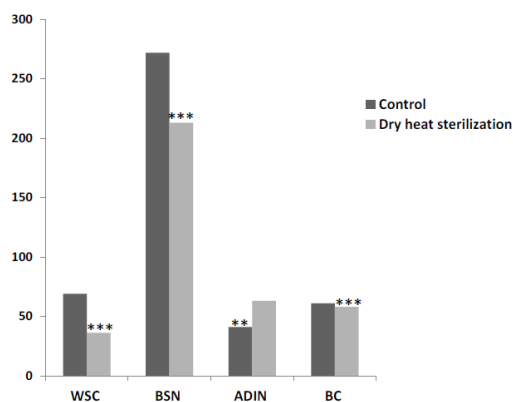
Table 1 Effect of different sterilization methods on epiphytic microbial counts of grass samples (n = 2).

Trials*	Treatment description	LAB	Enterobacteria	Yeasts	Moulds
		Log CFU/g FM			
1) EtOH700					
Control	-	3.58 ^{a‡}	5.44 ^a	5.44 ^a	4.76 ^a
30 sec	Dipping: 30 sec	<0.70 ^c	4.84 ^a	3.60 ^b	3.44 ^{ab}
30 sec/rinse	Dipping: 30 sec/rinse	1.99 ^b	4.05 ^a	3.59 ^b	1.89 ^{ab}
60 sec	Dipping: 60 sec	<0.70 ^c	4.23 ^a	3.28 ^b	2.78 ^{ab}
60 sec/ rinse	Dipping: 60 sec/ rinse	<0.70 ^c	4.45 ^a	3.81 ^b	3.29 ^{ab}
Detection limit [†]		0.70 ^c	0.70 ^b	1.70 ^c	1.70 ^b
SEM		0.16	0.47	0.29	0.51
2) EtOH700/NaClO/EtOH960					
Control	-	1.12	2.73	4.46 ^a	2.35 ^a
EtOH700/NaClO/EtOH960	Dipping: 60/60/30 sec	<0.70	2.14	2.48 ^{ab}	<1.7 ^b
Detection limit		0.70	0.70	1.70 ^b	1.70 ^b
SEM		0.24	0.45	0.45	0.03
3) Neutral detergent (ND) solution					
Control	-	3.59 ^a	3.62 ^a	3.84 ^a	4.13 ^a
ND0	Dipping: 30 sec	2.08 ^{ab}	4.12 ^a	3.87 ^a	4.13 ^a
ND30	Dipping: 30 sec	1.90 ^{ab}	3.20 ^a	3.87 ^a	4.09 ^a
ND50	Dipping: 30 sec	1.57 ^{ab}	3.74 ^a	3.68 ^a	3.86 ^a
Detection limit		0.70 ^b	0.70 ^b	1.70 ^b	1.70 ^b
SEM		0.51	0.17	0.08	0.09
4) Cold shock					
Control	-	1.18	2.48 ^a	3.88 ^a	2.96 ^a
-20°C	24 h	<0.70	2.53 ^a	3.98 ^a	2.98 ^a
-20/-60/-80 °C	3 h/3 h/18 h	<0.70	2.00 ^{ab}	4.02 ^a	2.93 ^a
-80 °C	24 h	<0.70	2.47 ^a	3.91 ^a	2.77 ^a
Detection limit		0.70	0.70 ^b	1.70 ^b	1.70 ^b
SEM		0.38	0.30	0.11	0.08
5) Autoclaving or dry heating (DH)					
Control	-	2.14 ^a	3.16 ^a	4.08 ^a	4.15 ^a
Autoclaving	121°C, 320 kPa, 20 min	<0.70 ^b	<0.70 ^c	<1.7 ^b	<1.7 ^b
DH	121°C, 20 min	<0.70 ^b	1.78 ^b	<1.7 ^b	<1.7 ^b
Detection limit		0.70 ^b	0.70 ^c	1.70 ^b	1.70 ^b
SEM		0.18	0.05	0.06	0.02

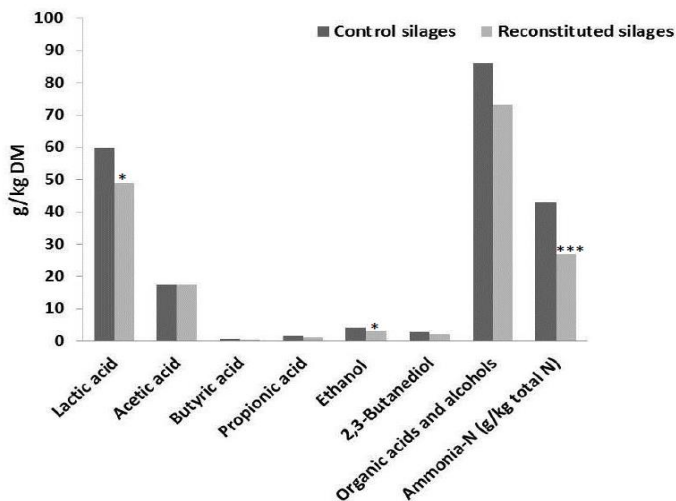
Bästa effekten hade värmebehandling varav den fuktiga autoklaveringen hade allra bäst effekt. Dessvärre påverkade autoklaveringen även den kemiska sammansättningen där både WSC och BSN blev signifikant lägre medan ADIN ökade signifikant. För detaljer, se Mogodiniyai Kasmaei et al (2014).

Verifiering

Utfallet av de olika metoderna resulterade i att den slutliga steriliseringsmetoden utformades som en mildare torr värmebehandling där grödan först torkades skonsamt i 60 °C i 3 timmar följt av 103 °C i 15 timmar. Denna metod användes i Mogodiniyai Kasmaei et al (2015) där också den ensilerade grödan ensilerades. I Figur 1 illustreras hur den kemiska sammansättningen även med denna mildare värmebehandling påverkades, om än i mindre utsträckning. I Figur 2 jämförs resultatet efter ensilering av steriliserad grönmassa som inokulerats med helt obehandlad grönmassa. Som synes blev ensileringsresultatet mycket samstämmigt med endast en mindre påverkan av mjölksyra och ammoniumkväve.



Figur 1. Kemisk sammansättning i obehandlad och steriliserad grönmassa.



Figur 2. Fermentationsprodukter efter ensilering av obehandlad respektive steriliserad och rekonstituerad grönmassa.

Effekten av grödans kemiska sammansättning respektive den mikrobiella florans betydelse

Efter steriliseringsmetoden blivit publicerad och accepterad genomfördes studien där avsikten var att separera effekten av grödans kemiska sammansättning och betydelsen av mikroorganismerna på grödan. I Mogodiniyai Kasmaei (2016) visades att alla fermentationsprodukter utom etanol påverkades av grödans kemiska sammansättning medan

Tabell 2. Effekt av gröda (F) och inokulum (I) taget från grödan gräs (G), rödklöver (C) och majs (M) på ensileringsprodukter och lagringsstabilitet

	F			I			SEM	F×I									SEM	P-value ¹		
	G	C	M	G	C	M		G×G	G×C	G×M	C×G	C×C	C×M	M×G	M×C	M×M		F	I	F×I
<u>Fermentation variables²</u>																				
pH	4.12 ^b	4.55 ^a	3.94 ^c	4.28 ^a	4.25 ^a	4.08 ^b	0.02	4.20	4.18	3.99	4.59	4.59	4.47	4.04	4.00	3.78	0.03	***	***	NS
Lactic acid	40.3 ^b	57.0 ^a	27.5 ^c	42.0	38.3	44.6	1.58	36.1	39.5	45.4	62.5	51.0	57.6	27.3	24.5	30.7	2.74	***	NS	NS
Acetic acid	12.4 ^b	26.7 ^a	10.7 ^c	17.8 ^a	15.2 ^b	16.8 ^a	0.40	12.1 ^c	12.4 ^c	12.8 ^c	28.5 ^a	23.2 ^b	28.4 ^a	12.7 ^c	10.1 ^c	9.2 ^c	0.70	***	**	*
Propionic acid	2.6 ^b	3.0 ^a	3.0 ^a	2.9	2.8	2.8	0.06	2.6	2.7	2.6	3.1	2.9	3.0	3.2	2.9	2.8	0.11	**	NS	NS
Ethanol	4.3	3.4	5.0	5.6	4.3	2.8	0.86	7.0	3.0	2.8	3.9	3.8	2.6	6.0	5.9	3.0	1.50	NS	NS	NS
2,3-butanediol	0.9 ^b	2.0 ^{ab}	3.0 ^a	1.5	2.1	2.2	0.35	0.2	1.0	1.4	1.2	2.5	2.4	3.2	2.9	2.8	0.61	**	NS	NS
Ammonia-N	13.6 ^b	15.5 ^{ab}	20.1 ^a	17.3	15.8	16.1	1.35	12.7	16.3	11.7	14.6	13.7	18.2	24.5	17.4	18.3	2.34	*	NS	NS
<u>Stability variables³</u>																				
Max temperature	20.9 ^b	20.6 ^b	21.7 ^a	21.4 ^a	21.2 ^a	20.7 ^b	0.1	21.5 ^{abc}	20.9 ^{bc}	20.4 ^{c,4}	20.5 ^c	20.6 ^c	20.7 ^c	22.1 ^{ab}	22.2 ^a	20.8 ^{bc}	0.2	**	*	*
Unit pH rise	0.73 ^b	0.03 ^c	1.78 ^a	1.56 ^a	0.96 ^b	0.03 ^c	0.07	2.00 ^a	0.20 ^b	-0.01 ^b	0.03 ^b	0.01 ^b	0.04 ^b	2.64 ^a	2.65 ^a	0.05 ^b	0.13	***	***	*

^{a-c} Values with different superscripts within a row are different.

¹ For the main effects: NS = non-significant ($P \geq 0.5$); * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$. For the interactions: NS ($P \geq 0.10$); * $P < 0.10$.

² g/kg DM except for ammonia-N (g/kg total N).

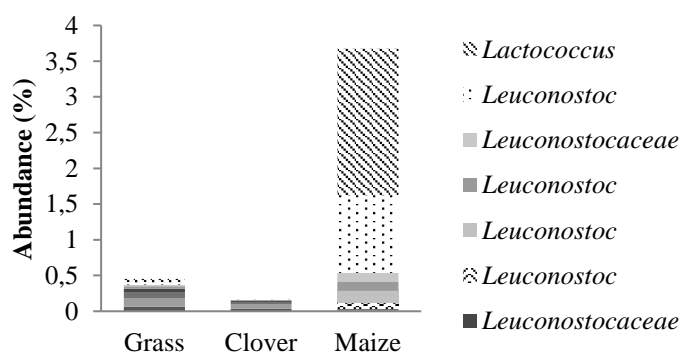
³ Mean ambient temperature = 20.2°C. Unit pH rise = pH after aeration – before aeration.

⁴SEM = 0.3.

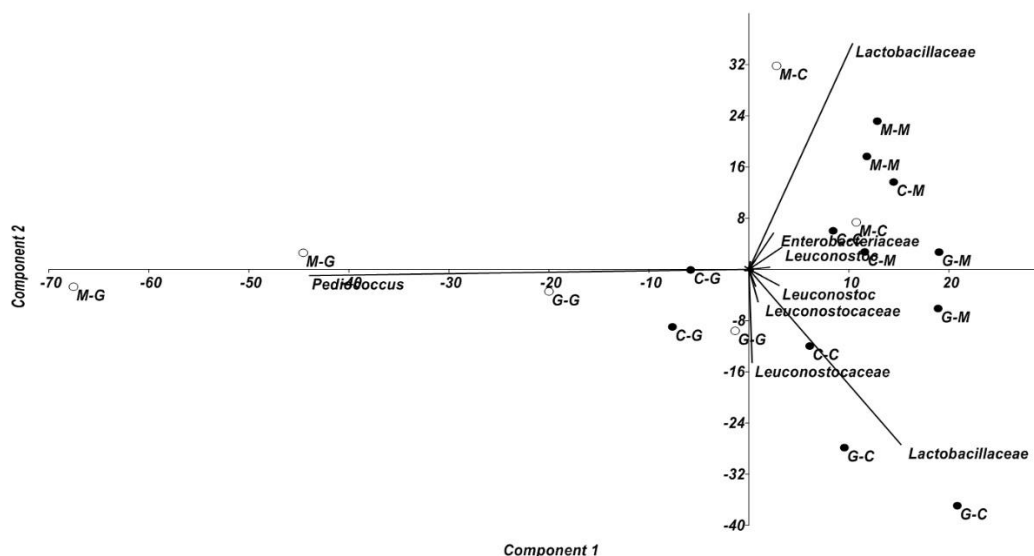
endast pH och ättiksyra påverkades av den mikrobiella sammansättningen (Tabell 2). Majsensilage höll den lägsta mängden mjölksyra och ättiksyra men pH i majsensilaget var lägst. Samtidigt höll klöverensilage den högsta halten mjölk- och ättiksyra och det högsta pH-värdet. Inokulat från gräs och majs resulterade i mer ättiksyra än inokulat från klöver. Inokulat från majs gav lägre pH än övriga.

När det gäller lagringsstabiliteten hade klövergrödan bäst lagringsstabilitet medan majs hade sämst. När inokulaten jämfördes hade inokulatet från majs bäst lagringsstabilitet. De kombinationer av gröda/inokulat som var instabila var gräs/gräs, gräs/majs och majs/klöver.

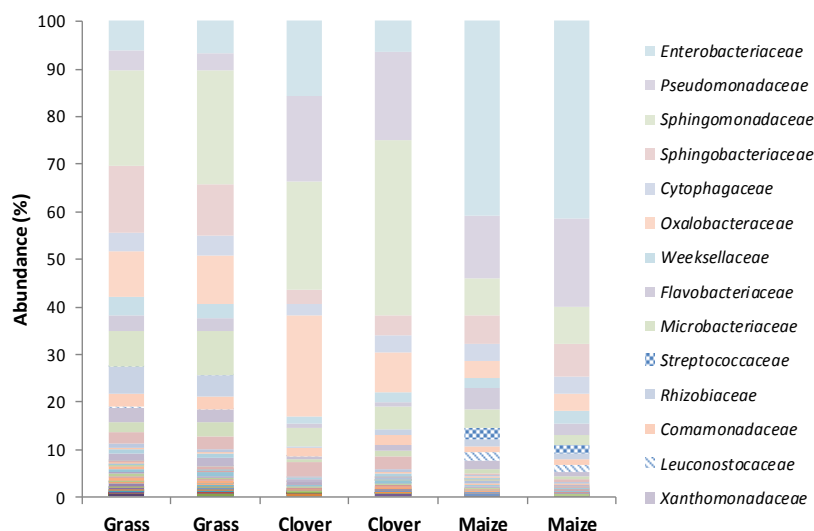
Den positiva effekten av mikrofloran från majs både på ensilagens pH och ättiksyra och dess lagringsstabilitet (Tabell 2) kan bero på den relativt högre andelen *Lactococcus spp.* och *Leuconostoc spp.* (Figur 3) eller den bättre sammansättningen av LAB. I analysen av bakteriefloran i de färdiga ensilagen (Figur 4) utmärker sig ensilagen med inokulat från majs i kvartilen med mycket LAB men också med *Enterobacteriaceae*, vilket var den dominerande floran i majsens grönmassa (Figur 5).



Figur 3. Relativ förekomst av mjölksyrabakterier i grönmassan av gräs, rödklöver och majs.



Figur 4. Principalkomponentanalys av distributionen av bakteriepopulationen i de färdiga ensilagen. G, C, M är gräs, rödklöver respektive majs i ordningen gröda-inokulat. Fyllda cirklar representerar ensilage med hög lagringsstabilitet och de ofyllda cirklarna ensilage med låg lagringsstabilitet.



Figur 5. Relativ förekomst av bakterieförekomsten i grönmassan av gräs, rödklöver och majs.

Slutsatser

- Genom ett urval av många möjliga har en metod tagits fram för sterilisering av grönmassa genom upphettning i två steg, 60 °C i 3 timmar + 103 °C i 15 timmar
- Steriliseringen påverkar den kemiska sammansättningen så att vattenlösliga kolhydrater och buffertlösligt kväve minskar och fiberbundet kväve ökar men inte i större utsträckning än att då den steriliserade grönmassan ensileras med återvunnen fältflora (bakterier, jäst och mögel) så blir ensileringsresultatet jämförbart med obehandlad grönmassa
- Ensileringsens slutprodukter påverkades mer av grödans kemiska sammansättning än av den mikrobiella floran
- Ensilagets lagringsstabilitet påverkades i stor utsträckning av både grödans kemiska sammansättning och den mikrobiella floran
-

Resultatförmedling

Resultat från och diskussion kring projektet har förmedlats vid följande tillfällen:

Kommunikationskanal	Målgrupp	Specifikation
Undervisning	Studenter.	SLU-kurs HV0065 och SLU-kurs HV0061, 2014 och 2015 Alnarps mjölkdag 2013
Konferenser:	Rådgivare, industrin, lantbrukare Forskare	Aktuellt om lantbruksteknik, 2013 Alnarps mjölkdag, 2013 Vallkonferens 2014, D&U Konf 2014 Int.Silage Conf. 2012 Finland, 2015 Brasilien Nordic Feed Sci Conf, 2014, 2015, 2016
Populärvetenskapliga artiklar	Rådgivare, industrin, lantbrukare	Lantbrukets affärer Mjök Nr 3/2013 Arvensis Nr4/2012

Föredrag och föreläsningar	Lantbrukare	Luleå 2013-10, Skellefteå 2013-10 Vikingsstad 2013-10, Falkenberg 2014-01, Borlänge 2014-04, Uddetorp 2014-12, Rådde 2015-01, Östersund 2015-02, Söderhamn 2015-02, Gotland 2015-02, Sala 2015-03, Bälinge 2016-03
EU-projekt	Internationella forskarkollegor	BOA2 Workshop FoodBest, Köpenhamn 2012-04-22

Följande publikation har hittills genererats från projektet:

Doktorsavhandling:

Mogodiniyai Kasmaei, K. 2016. Methods to study the relationship between forage composition and silage fermentation and aerobic stability. Doctoral thesis No 2016:23. Swedish university of agricultural sciences.

Referee-graskade publikationer

Mogodiniyai Kasmaei, K., Spörndly, R. and Udén, P. 2014. Research note: A sterilization technique with application to silage research and inoculant evaluation. Grass and Forage sci. 69 (4), 724-728

Mogodiniyai Kasmaei, K., Passoth, V., Spörndly, R. and Udén, P. 2015. A new sterilization and inoculation method in silage research. Grass and Forage Sci. 70 (4), 668-673

Mogodiniyai Kasmaei, K., Dicksved, J., Spörndly, R. and Udén, P. 2016. Separating the effects of forage source and field flora. Grass and Forage Sci. Published online: DOI: 10.1111/gfs.12238

Konferenspublikationer:

Mogodiniyai Kasmaei, K. and Udén, P. 2013. A novel sterilization technique with application to silage research and inoculant evaluation. Proceedings of the 4th Nordic feed science conference, Uppsala, pp 25-29.

Mogodiniyai Kasmaei, K., Passoth, V. and Udén, P. 2014. Ecology of silage microorganisms. Proceedings of the 5th Nordic feed science conference, Uppsala, pp 5-9

Mogodiniyai Kasmaei, K., Passoth, V., Spörndly, R and Udén, P. 2015. A new *in vitro* ensiling technique for silage research. In: Nussio, L.G et al (Editor) Proceedings of the XVII International Silage Conference, Piracicaba, Sao Paulo, Brazil. pp 104-105

Mogodiniyai Kasmaei, K., Spörndly, R. and Udén, P. 2015. Separating the effects of pre-ensiled chemical and microbial composition on silage fermentation and aerobic stability. Proceedings of the 6th Nordic feed science conference, Uppsala, pp 55-59

Mogodiniyai Kasmaei, K. 2016. Bacterial composition of grass, red clover and maize, a pilot study. Proceedings of the 7th Nordic feed science conference, Uppsala, pp 26-28

Spörndly, R. 2014. Förluster vid ensilering. In: Nilsson-Linde et.al (Editor) Vallkonferens 2014. Rapport 18. Inst. för växtproduktionsekologi. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Spörndly, R. & Persson A. 2015. The effect on silage quality of air ingress during fermentation in experimental silos. In Udén et al (eds), Proceedings of the 6th Nordic feed science conference, Uppsala, pp 60-65

Spörndly, R. & Persson A. 2015. Yeast in fresh crop and silage from 15 Swedish farms and its impact on silage aerobic stability. In Udén et al (editors), Proceedings of the 6th Nordic feed science conference, Uppsala, Sweden, pp 66-70

Spörndly, R. & Nylund, R. 2016. Temperature development and dry matter losses of grass silage in bunker silos. In Udén et al (editors), Proceedings of the 7th Nordic feed science conference, Uppsala, pp 41-46

Examensarbeten och Facktidsskrifter

Stolt, L. 2014. Jäst i grönmassa för ensilering – en undersökning på svenska gårdar. Examensarbete 473. Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Persson, A. 2015. Yeast in forage crops and silage aerobic stability at 15 Swedish dairy farms. Degree project 516. Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

Spörndly, R. & Nylund, R. 2016. Hur varmt blir det i en plansilo? Svenska Vallbrev nr 4.