

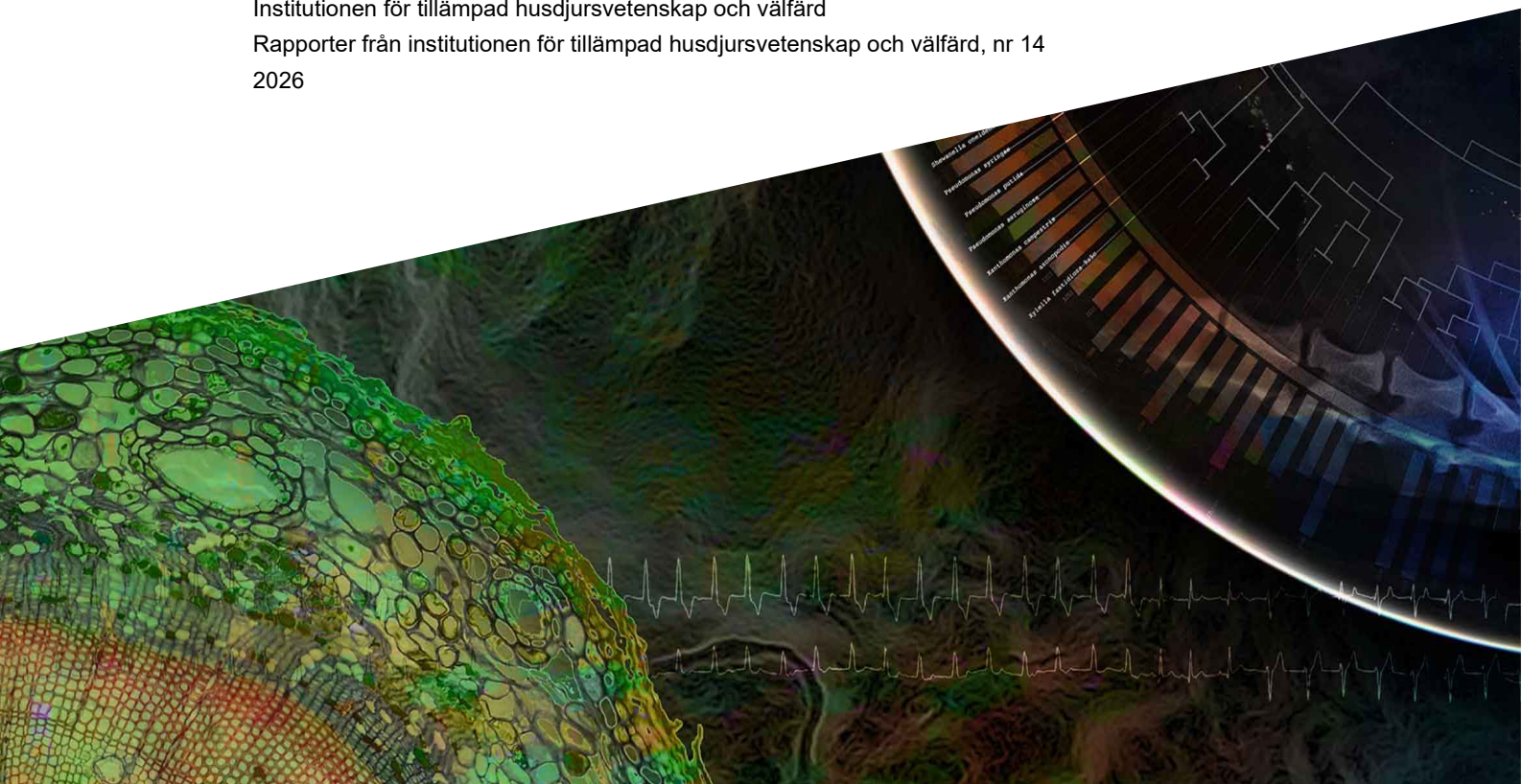


Utvärdering av tillsatsmedel

- Utifrån hållbarhetsperspektiv och ekonomiska perspektiv

Kristina Holmström, Dan-Axel Danielsson, Elisabet Nadeau

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Rapporter från institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, nr 14
2026



Utvärdering av tillsatsmedel - Utifrån hållbarhetsperspektiv och ekonomiska perspektiv

Kristina Holmström, <https://orcid.org/0000-0002-4681-534X>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd,

Dan-Axel Danielsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd,

Elisabet Nadeau, <https://orcid.org/0000-0001-7430-2122>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd,

Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Utgivningsår:	2026
Utgivningsort:	Skara
Serietitel:	Rapporter från institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Delnummer i serien:	14
ISSN:	2004-934X
ISBN (elektronisk version)	978-91-8124-166-2
DOI:	https://doi.org/10.54612/a.4uactivm63e
Nyckelord:	mjölkproduktion, ensilage, tillsatsmedel, klimatavtryck, foderkostnad

© 2026 Kristina Holmström, Dan-Axel Danielsson, Elisabeth Nadeau

Detta verk är licenserat under CC BY NC 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

Sammanfattning

Användning av tillsatsmedel vid ensilering har potential att förbättra gårdens lönsamhet och minska klimatavtrycket genom en förbättrad ensilagejäsning, minskade TS-förluster och minskad aerob försämring av ensilaget under utfodring.

I denna studie räknade vi ut klimatavtryck och foderkostnaden med data från sex studier där ensileringsegenskaper studerats med och utan olika tillsatsmedel.

Både totala klimatavtrycket och foderkostnaden för ensilage som producerats med syrapreparat var lägre än ensilage som producerats utan tillsatsmedel. Ensilage som producerats med bakteriepreparat eller saltpreparat hade ungefär samma klimatavtryck och foderkostnad som ensilage som producerats utan tillsatsmedel.

Nyckelord: mjölkproduktion, ensilage, tillsatsmedel, klimatavtryck, foderkostnad

Evaluation of silage additives from sustainable and economical perspectives

The use of silage additives has the potential to improve farm profitability and reduce the carbon footprint by improving silage fermentation, reducing dry matter losses and aerobic deterioration of the silage during feeding.

In this study, we calculated the carbon footprint and feed cost using data from six studies where ensiling properties were studied with and without different additives.

Both the total carbon footprint and feed cost for a dairy cow of silage produced with acid were lower than silage produced without additives. Silage produced with inoculants or salt had approximately the same carbon footprint and feed cost as silage produced without additives.

Keywords: dairy, silage additive, carbon footprint, feed cost

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	5
1. Bakgrund	6
2. Material och metoder	9
2.1 Ensilagedata	9
2.1.1 Studie 1"	9
2.1.2 Studie 2	9
2.1.3 Studie 3	10
2.1.4 Studie 4	10
2.1.5 Studie 5	10
2.1.6 Studie 6	10
2.2 Klimatavtrycksberäkningar	11
2.3 Ekonomiska beräkningar	11
2.4 Sammanvägning	12
3. Resultat	13
3.1 Studie 1	13
3.2 Studie 2	14
3.3 Studie 3	16
3.4 Studie 4	18
3.5 Studie 5	20
3.6 Studie 6	20
3.7 Sammanfattning	21
4. Diskussion	22
Referenser	23
Tack	26

Tabellförteckning

Tabell 1. Klimatavtryck för olika tillsatsmedel	11
Tabell 2. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad i studie 1.....	13
Tabell 3. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 1 i studie 2.....	14
Tabell 4. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 2 i studie 2.....	15
Tabell 5. Ensileringsresultat och klimatavtryck från försök 3 i studie 2.....	15
Tabell 6. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 1 i studie 3.....	16
Tabell 7. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 1 i studie 3.....	17
Tabell 8. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 1 i studie 4.....	18
Tabell 9. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 2 i studie 4.....	19
Tabell 10. Ensileringsresultat och klimatavtryck från studie 5	20
Tabell 11. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från studie 6	20
Tabell 12. Sammanfattning av klimatavtryck och foderkostnad för alla studierna jämfört med kontrollen utan tillsatsmedel.	21

1. Bakgrund

Vi har naturligt goda förutsättningar för att odla vall i Sverige och 42 % av den odlade markarealen består av vall (Jordbruksverket, 2024). Den andelen skulle säkerligen kunna öka eftersom fleråriga foderväxter minskar kväveförluster och binder vatten, vilket ökar avkastningen av efterföljande ettåriga grödor, såsom spannmålsgrödor, i växtföljden (Tidåker et al., 2016). Integrering av växtodling och djurproduktion ger många fördelar där vallodling samt animalieproduktion är förutsättningar för lönsamt och hållbart jordbruk i hela Sverige (Lantmännen, 2021).

Eftersom vi har en lång stallperiod behöver vallgrödorna konserveras på ett effektivt sätt för att bibehålla grödans näringsämnen efter skörd. Det huvudsakliga lagringssystemet är ensilering, där lösliga kolhydrater i den färska grödan fermenteras huvudsakligen till mjölksyra men även i viss utsträckning till flyktiga organiska föreningar, såsom ättiksyra och etanol, under anaeroba förhållanden. Lyckad fermentering leder till en sänkning av ensilagens pH-värde till cirka 4 och låga TS-förluster. Eftersom vi har förluster av koldioxid när glukos fermenteras till ättiksyra och etanol, kommer det alltid att bli TS-förluster under ensilagejäsning även under goda förhållanden. Dessa TS-förluster ökar under mindre gynnsamma ensileringsförhållanden, vilket kan resultera i klostridiejäsning, där kolhydrater och mjölksyra fermenteras till smörsyra, och protein och aminosyror bryts ner till ammoniak och biogena aminer. Det förhindrar en tillräcklig sänkning av pH-värdet och resulterar i betydande förluster av näringsämnen, koldioxid och andra flyktiga organiska föreningar, såsom smörsyra, ättiksyra och ammoniak, vilket har negativa effekter på klimatet (Auerbach et al., 2016; Schmithausen et al., 2022). Dessutom är ensilage med hög halt av smörsyra och ättiksyra mindre smakligt för djuren, vilket minskar ensilageintag och djurens produktionsförmåga (Gerlach et al., 2014). Höga andelar klostridier i ensilaget kan resultera i höga sporantal i mjölken, vilket orsakar gasbildning under osttillverkning och en sämre slutprodukt (Pahlow et al., 2003). Det minskade fodervärdet i ensilaget som orsakas av näringsförluster måste dessutom kompenseras av en ökad andel kraftfoder i foderstaten, vilket kanske inte helt kompenserar för förlusterna i mjölkavkastning hos mjölkkoorna.

Medan riskerna för ökade TS-förluster på grund av klostridiejäsning är höga i gödsel- och jordförorenat foder vid låga TS-halter, uppstår ofta risker för aerob försämring med efterföljande TS-förluster i ensilage med högt TS-innehåll

och höga koncentrationer av restsocker och mjölksyra. Det höga TS-innehållet gör det svårt att packa ensilaget i silon, vilket resulterar i hög porositet med luftfickor mellan lagren och låg densitet, där aeroba jästsvampar kan finnas närvarande och konsumera syre, socker och mjölksyra, vilket orsakar en höjning av ensilagets pH-värde. Jästtillväxten accelererar efter att silon öppnats och dess respiration orsakar varmgång i ensilaget, vilket orsakar accelererad tillväxt av alla aeroba mikroorganismer, inklusive mögel, som kan producera gifter. Under varmgången i ensilaget kommer det att ske förluster av smältbara näringsämnen, vilket leder till minskad smältbarhet och energivärde i ensilaget, vilket minskar intag och produktionsförmåga hos mjölkkor och växande djur. TS-förluster under varmgång vid utfodring kan vara många gånger större än de TS-förluster som uppstår under lagring (Borreani et al., 2018).

Vallgrödor är de viktigaste proteinkällorna för idisslare. Det sker dock en stor nedbrytning av proteinet (proteolys) under förtorkning och ensilering om inte goda skördemetoder används och under ogynnsamma väderförhållanden. När snabb och jämn förtorkning av grovfodret på fältet används har det visat sig att grovfodrets proteinkvalitet ökar i förtorkat grovfoder (Nadeau et al., 2019; Sousa et al., 2019). Snabb förtorkning av grönmassan upp till 24 timmar ute på fältet förbättrar förhållandena under ensilering jämfört med ensilering av färsk grönmassa eller grönmassa som legat ute på fältet i några dagar i tjocka strängar, ibland i regn (Nadeau, 2019a). Användning av tillsatsmedel vid ensilering minskar inte bara proteolysen, det förbättrar också proteinkvaliteten genom att öka andelen långsamt nedbrytbart protein i vommen och det protein som inte bryts ner i vommen (Nadeau et al., 2012, 2019; Sousa et al., 2019). Ett tidigare experiment på Lantmännens försöksgård Viken har visat ökad mjölkavkastning och förbättrad fodereffektivitet när proteinkvaliteten i ensilaget har förbättrats genom användning av ensilagetillsatser trots en god fermenteringskvalitet hos kontrollensilaget utan tillsats (Nadeau och Murphy, 2017).

Goda rutiner vid skörd och ensilering i kombination med användning av rätt typ av tillsatsmedel minskar förlusterna av ensilage under lagring och utfodring och förbättrar gårdens lönsamhet genom förbättrat fodervärde och djurens produktion (Muck et al., 2018).

Här följer en kort beskrivning av verkningsmekanismerna för de viktigaste kategorierna av ensilagetillsatser (bakterierpreparat, syror och salter).

Bakteriepreparat innehåller mjölksyrabakterier, i vissa fall kompletterade med fibernedbrytande enzymer, för att frigöra sockerarter för mjölksyrabakterierna. Det finns tre huvudtyper av bakteriepreparat. Den första typen innehåller så kallade homofermentativa mjölksyrabakterier, som huvudsakligen producerar mjölksyra, vilket snabbt sänker ensilagets pH-värde till cirka 4, för att uppnå stabila lagringsförhållanden. Den andra typen innehåller heterofermentativa mjölksyrabakterier, som fermenterar sockerarter till både mjölksyra och ättiksyra

och omvandlar mjölksyra till ättiksyra. Ättiksyra förhindrar uppvärmning av ensilaget under utfodring. Den tredje typen innehåller både homo- och heterofermentativa mjölksyrabakterier, vilket ger en dubbel verkan för snabb pH-sänkning och förhindrande av uppvärmning av ensilaget (Muck et al., 2018; Nadeau, 2019b).

Syrorna är myrsyra, sorbinsyra, bensoesyra, propionsyra och ättiksyra. Beroende på appliceringsmängd och användning av buffrad eller obuffrad syra kan myrsyra orsaka en direkt förurning och hämning av oönskade nedbrytningsbakterier, med förbättrad ensilagekonservering som följd. Sorbinsyra, bensoesyra, propionsyra och ättiksyra hämmar direkt jäst och mögel, och förbättrar därmed ensilagens aeroba stabilitet vid utfodring. Sorbinsyra kan också vara hämmande för vissa bakterier, såsom klostridier (Muck et al., 2018; Nadeau, 2019b).

Salterna kalciumformiat, natriumformiat, ammoniumformiat, natriumnitrit och hexametylentetramin (hexamin) förbättrar ensilagejäsningen genom att hämma nedbrytningsbakterier. Salterna natriumbensoat, kaliumsorbat, ammoniumpropionat, kalciumpropionat, natriumpropionat och natriumacetat hämmar jäst och mögel genom att frisätta respektive syra i ensilage, vilket förbättrar den aeroba stabiliteten. För att uppnå ett brett aktivitetsspektrum mot nedbrytningsbakterier och svampar innehåller kommersiella tillsatser ofta blandningar av dessa aktiva ingredienser i olika koncentrationer (Muck et al., 2018; Nadeau, 2019b).

Syftet med detta projekt är att utvärdera

1) effekterna av tillsatser på ensilagens fermenteringsegenskaper, TS-förluster, proteinkvalitet och aerob nedbrytning ur ett hållbarhetsperspektiv och ett ekonomiskt perspektiv

2) effekterna av ensilagetillsatser på fodereffektivitet, kväveeffektivitet och mjölkavkastning hos högproducerande mjölkkor ur ett ekonomiskt perspektiv

Hypotesen är att tillsatsmedel vid ensilering har potential att förbättra gårdens lönsamhet samtidigt som de gör gårdsdriften mer hållbar genom att förbättra ensilagejäsningen och proteinkvaliteten, samtidigt som de minskar TS-förluster och aerob försämring av ensilaget under utfodring, vilket resulterar i minskat koldioxidavtryck och förbättrad nettointäkt.

2. Material och metoder

Denna studie har gjorts genom att bearbeta resultaten från sex tidigare studier. Data från resultaten för ensileringsegenskaper har använts för att beräkna klimatavtrycket, och data på fodervärde har använts för att beräkna foderstater med de ensilage som producerats i studierna

2.1 Ensilagedata

Data från sex tidigare publicerade studier har använts. De två första gjordes med fokus på ensileringsegenskaper och TS-förluster. De två andra gjordes med samma fokus men med tillsats av klostridiebakterier. De två sista med fokus på ensileringsegenskaper och TS-förluster och proteinkvalitet. Studierna presenteras inte i kronologisk ordning.

2.1.1 Studie 1”

Studie 1 (Nadeau et al, 2013, Nadeau et al., 2014) utfördes 2011 på Götala Nöt- och lammköttscenter, Skara. Den gjordes på andraskörd från en tvåårsvall som innehöll 83% gräs och 17 % rödklöver (*Trifolium pratense*). Gräsen var timotej (*Phleum pratense*), ängssvingel (*Schedonorus pratensis*) och engelskt rajgräs *Lolium perenne*). TS-halten i grönmassan var 32–42 %. Ensileringen skedde i rundbalar. Förutom ett kontrollerad testades ett syrapreparat, ett saltpreparat och ett preparat som innehöll både homofermentativa bakterier och salt.

2.1.2 Studie 2

Studie 2 (Auerbach & Nadeau, 2020) utfördes 2016 och 2017 vid SLU i Skara med grönmassa från andraskörd på närbelägna mjölkgårdar. Studien bestod av tre försök. Det första försöket utfördes på en ren gräsvall innehållande timotej och ängssvingel. TS-halten var 42 %. De andra båda försöken utfördes på blandvall innehållande 80% gräs (timotej och ängssvingel) och 20 % rödklöver. TS-halten var 35 % i försök 2 (2016) och 22 % i försök 3 (2017). Ensileringen skedde i glasburkar. Förutom ett kontrollerad testades ett preparat som innehöll homofermentativa bakterier, ett preparat som innehöll både homo- och

heterofermentativa bakterier och ett saltpreparat. I försök 3 ingick ytterligare ett bakterie- och ytterligare ett saltpreparat.

2.1.3 Studie 3

Studie 3 (Nadeau & Auerbach, 2014) utfördes 2012 i Skara med grönmassa från andraskörd. Grönmassan bestod av 50 % gräs och 50 % klöver och innehöll 30 % TS. Ensileringen skedde i glasburkar. Ett försök utfördes på hackat gräs och ett på långsträigt gräs. Försöken innehöll två kontroller där det i det ena ledet tillsattes klostridiesporer. Salt- eller syratillsats provades i grönmassa med klostridiesporer. Fem saltpreparat och två syrapreparat testades men i redovisningen redovisas de sammanslagna som salt respektive syra.

2.1.4 Studie 4

Studie 4 (Nazato et al., 2019) utfördes 2018 i Skara med grönmassa från tredjaskörd av en klöver/gräsvall. TS-halten i grönmassan var 14 %. Ensileringen skedde i glasburkar som förslöts antingen direkt (försök 1) eller efter 24 timmar (försök 2). Försöken innehöll två kontroller där det i det ena ledet tillsattes klostridiesporer. Syra, ett preparat med både homo- och heterofermentativa bakterier och två saltpreparat undersöktes. Alla data som använts i denna rapport finns inte redovisade i den refererade rapporten.

2.1.5 Studie 5

Studie 5 (Sousa et al. 2019) utfördes på Rådde försöksgård i Länghem 2012 från andraskörd av en vall innehållande 85% lusern (*Medicago sativa*) och 15 % vitklöver (*Trifolium repens*). TS-halten i grönmassan var 39 %. Ensileringen skedd i glasburkar. Förutom ett kontroller testades ett syrapreparat och ett preparat som innehöll homofermentativa bakterier.

2.1.6 Studie 6

Studie 6 (Nadeau, 2016, Nadeau & Murphy, 2017) utfördes på försöksgården Viken 2013 med grönmassa från andraskörd. Grönmassan bestod till 75 % av gräs, 15 % av rödklöver och 10 % av vitklöver och förtorkades till en TS-halt på 30 %. Ensileringen skedd i glasburkar som öppnades efter 5, 10, 30, 60 eller 120 dagar. I denna studie använder vi oss av resultatet när glasburkarna öppnades efter 120 dagar. Ensilering skedde också i rundbalar som användes i ett utfodringsförsök på mjölkkor. Förutom ett kontroller testades ett saltpreparat och ett preparat som innehöll homo- och heterofermentativa bakterier. Alla data som använts i denna rapport finns inte redovisade i den refererade rapporten.

2.2 Klimatavtrycksberäkningar

Klimatavtrycket har beräknats som koldioxidekvivalenter (CO₂e) enligt formel för GWP100 angiven i Krueger et al. (2023).

$$\text{CO}_2\text{e} = -3626,1 - 0,4343A + 0,8011E - 0,03173L + 1,46573D_v$$

där parametrarna anges i mg per kg ts i ensilaget

A = Ättiksyra

E = Etanol

L = Mjölksyra

D_v = TS-förlust korrigerad för flyktiga fettsyror

Klimatavtrycket för tillsatsmedel av syror, salter och mjölkkokoncentrat redovisas i tabell 1. Klimatavtryck för syror och salter har erhållits genom personlig kommunikation med Martin Laurentz, Lantmännen. Några klimatavtryck för bakteriepreparat har vi inte hittat. Ingredienser under 2 % har inte tagits med i beräkningarna. Klimatavtrycket för koncentrat till mjölkkor har hämtats via Lantmännen.

Tabell 1. Klimatavtryck för olika tillsatsmedel och koncentrat

Tillsatsmedel	Klimatavtryck, kg CO ₂ e/kg	Källa
Myrsyra	0,91	ELCD EF3.0
Propionsyra	4,4	Carbon Cloud
Hexamin	3,5	Greenhouse Gas Equivalencies Calculator, US EPA
Kaliumsorbat	5	Carbon Cloud
Natriumbensoat	2,5	Legacy Winnipeg 682-2012
Natriumformiat	1,9	ELCD EF3.0
Natriumnitrit	3,14	ELCD EF3.0
Konkret Norm 27	0,493	Lantmännen
Konkret N 32	0,44	Lantmännen
Konkret Xtra 31	0,544	Lantmännen

2.3 Ekonomiska beräkningar

De ekonomiska beräkningarna gjordes med hjälp av foderoptimeringsprogrammet Norfor (Volden, 2011) för en mjölkko som avkastar 40 kg mjölk. Priser på ensilage räknades utifrån vallavkastning på 8 ton TS per hektar med produktionskostnad 1,85 kr per kg TS exklusive tillsatsmedel. Hänsyn togs därefter till TS-förluster

samt att kostnad för tillsatsmedel lades till för att få produktionskostnad per kg TS efter förlust.

Foderberäkningar gjordes genom att låta programmet optimera fodergivor baserade på aktuellt vallensilage, korn samt ett av tre koncentrat (Konkret Norm 27, Konkret N32 samt Konkret Xtra 32). Priset på korn var 2,00 kr/kg (Agriwise, 2025) och priset på koncentrat var dagspris från Lantmännen (personlig kommunikation). Foderstatskontrollerna som skulle uppfyllas, förutom optimeringsparametrar, var per kg TS en råproteinhalt mellan 16,5 och 17%, stärkelse ej över 20% och NDF mellan 32 och 38% samt AAT/NEL minst 16,1 gram/MJ.

Några av foderstaterna uppfyllde inte kraven med endast tre fodermedel (ensilage, korn och koncentrat) och där kompletterades med halm (studie 4 och studie 5), betfor (studie 5) samt majsensilage (studie 5). Pris på halm och majs kom från Agriwise medan pris på betfor var dagspris från Lantmännen. Två delstudier gick inte att beräkna foderstat på, på grund av obalans i ensilaget med höga råproteinvärden (delstudie 2:3 samt studie 5).

2.4 Sammanvägning

I sammanvägningen har resultaten från alla delstudier jämförts med resultaten för kontrolleret. De kontroller där klostridier tillsatts har inte tagits med i jämförelsen. I de fall flera bakterie eller saltpreparat används har medeltalet för preparaten använts. I studie 1 ingick ett preparat som innehöll både bakterier och salt. Det har inte tagits med i de sammanvägda resultaten.

3. Resultat

I detta avsnitt redovisas resultaten studie för studie utan kommentarer. Sist i avsnittet redovisas sammanvägda resultat.

3.1 Studie 1

Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad i studie 1 redovisas i tabell 2.

Tabell 2. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad i studie 1

	Kontroll	Kofasil Combi ¹	GrasAAT SX ²	Kofasil Ultra K ³
Ensilagets egenskaper				
TS-förlust, %	4,0	3,4	3,2	3,1
Mjölksyra, g/kg ts	66	85	54	60
Ättiksyra, g/kg ts	8,3	7,5	7,1	11,3
Etanol, g/kg ts	6,6	3,9	2,8	1,8
Klimatavtryck, g CO₂e per kg ts				
Emissionsförluster	52	42	40	38
Tillsatsmedel	0	6	15	8
Summa	52	48	55	46
Foderkostnad				
Kr per ko och dag	69,00	68,86	69,16	68,99
Klimatavtryck kraftfoder				
kg CO ₂ e per ko och dag	3,54	3,54	3,55	3,54

¹ Kofasil Combi innehöll 24 % natriumbenzoat, 30 % kaliumsorbit, *Lactobacillus plantarum*

² GrasAAT SX innehöll 40 % myrsyra, 20 % propionsyra, 20 % natriumformiat

³ Kofasil Ultra K innehöll 16,5 % natriumnitrit, 11 % hexamin, 8,1 % kaliumsorbit, 2,2 % natriumbenzoat

3.2 Studie 2

Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 1 i studie 2 redovisas i tabell 3.

Tabell 3. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 1 i studie 2

	Kontroll	Xstrasil FI ¹	Xstrasil CE ²	Konsil Ultra HD ³
Ensilaegets egenskaper				
TS-förlust, %	5,0	6,6	5,3	4,1
Mjölksyra, g/kg ts	43,4	30,5	46,7	37,8
Ättiksyra, g/kg ts	11	21	14	11
Etanol, g/kg ts	5,9	8,6	2,1	1,1
Klimatavtryck, g CO₂e per kg ts				
Emissionsförluster	67	88	70	53
Tillsatsmedel	0	0	0	8
Summa	67	88	70	61
Foderkostnad				
Kr per ko och dag	68,77	70,36	69,20	68,41
Klimatavtryck kraftfoder				
kg CO ₂ e per ko och dag	3,46	3,94	3,60	3,34

¹ Xstrasil FI innehöll *Lactobacillus buchneri*

² Xstrasil CE innehöll *Lactobacillus buchneri*, *Pediococcus acidilactici*

³ Konsil Ultra HD innehöll 20 % natriumnitrit, 11 % kaliumsorbat, 7 % hexamin

Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 2 i studie 2 redovisas i tabell 4.

Tabell 4. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 2 i studie 2

	Kontroll	Xstrasil FI ¹	Xstrasil CE ²	Konsil Ultra HD ³
Ensilagets egenskaper				
TS-förlust, %	6,8	8,6	7,0	5,5
Mjölksyra, g/kg ts	42,5	28,2	43,6	45,6
Ättiksyra, g/kg ts	15,9	32,0	29,0	19,8
Etanol, g/kg ts	13,7	18,4	6,6	3,4
Klimatavtryck, g CO₂e per kg ts				
Emissionsförluster	93	117	92	72
Tillsatsmedel	0	0	0	8
Summa	93	117	92	80
Foderkostnad				
Kr per ko och dag	68,63	68,91	68,31	68,49
Klimatavtryck kraftfoder				
kg CO ₂ e per ko och dag	3,40	3,39	3,38	3,39

¹ Xstrasil FI innehöll *Lactobacillus buchneri*

² Xstrasil CE innehöll *Lactobacillus buchneri*, *Pediococcus acidilactici*

³ Konsil Ultra HD innehöll 20 % natriumnitrit, 11 % kaliumsorbit, 7 % hexamin

Ensileringsresultat och klimatavtryck från försök 3 i studie 2 redovisas i tabell 5.

Tabell 5. Ensileringsresultat och klimatavtryck från försök 3 i studie 2

	Kontroll	Xstrasil BI ¹	Xstrasil FI ²	Xstrasil CE ³	Konsil Ultra HD ⁴	Optisil Protech ⁵
Ensilagets egenskaper						
TS-förlust, %	6,0	5,6	6,3	6,2	5,7	5,5
Mjölksyra, g/kg ts	87,4	95,4	80,5	83,9	81,3	82,3
Ättiksyra, g/kg ts	16,3	15,1	20,8	19,0	23,1	22,0
Etanol, g/kg ts	5,2	4,2	5,3	4,6	2,6	2,1
Klimatavtryck, g CO₂e per kg ts						
Emissionsförluster	79	73	82	81	72	70
Tillsatsmedel	0	0	0	0	13	9
Summa	79	73	82	81	85	79

¹ Xstrasil BI innehöll *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus paracasei*

² Xstrasil FI innehöll *Lactobacillus buchneri*

³ Xstrasil CE innehöll *Lactobacillus buchneri*, *Pediococcus acidilactici*

⁴ Konsil Ultra HD innehöll 20 % natriumnitrit, 11 % kaliumsorbit, 7 % hexamin

⁵ Optisil Protech innehöll 24 % natriumbensoat, 12 % natriumnitrit

3.3 Studie 3

Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 1 i studie 3 redovisas i tabell 6.

Tabell 6. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 1 i studie 3

	Kontroll	Sporer	Sporer Salt ¹	Sporer Syra ²
Ensilaegets egenskaper				
TS-förlust, %	6,1	8,1	7,0	6,2
Mjölksyra, g/kg ts	86,6	80,3	100,1	106,6
Ättiksyra, g/kg ts	27,6	41,4	40,8	29,7
Etanol, g/kg ts	5,9	8,5	3,2	2,1
Klimatavtryck, g CO₂e per kg ts				
Emissionsförluster	78	104	87	77
Tillsatsmedel	0	0	11	14
Summa	78	104	98	91
Foderkostnad				
Kr per ko och dag	71,68	72,77	72,27	72,26
Klimatavtryck kraftfoder				
kg CO ₂ e per ko och dag	3,92	4,03	4,03	4,02

¹ Saltpreparaten var: Kofasil Liquid som innehöll 24,5 % natriumnitrit, 16,4 % hexamin; Kofasil Liquid Plus som innehöll 24,5 % natriumnitrit, 5 % natrium bensoat, 5 % kaliumsorbat; Kofasil LP som innehöll 20,2 % natriumnitrit, 13,5 % hexamin, 5 % natriumbensoat; Kofasil Ultra K som innehöll 16,5 natriumnitrit; 16,5 natriumbensoat, 11 % hexamin; Safesil som innehöll 18 % natrium bensoat, 7,4 % kaliumsorbat, 5 % natriumnitrit

² Syrapreparaten var: GrasAAT SX som innehöll 40 % myrsyra, 20 % propionsyra, 20 % natriumformiat; Promyr XR680 som innehöll 48,8 % myrsyra, 18,5% propionsyra, 6,1 % natriumformiat

Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 2 i studie 3 redovisas i tabell 7.

Tabell 7. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 1 i studie 3

	Kontroll	Sporer	Sporer Salt ¹	Sporer Syr ²
Ensilagets egenskaper				
TS-förlust, %	6,2	8,4	7,0	6,4
Mjölksyra, g/kg ts	81,8	78,1	102,6	90,5
Ättiksyra, g/kg ts	26,0	44,9	37,6	29,0
Etanol, g/kg ts	4,8	7,1	2,9	1,9
Klimatavtryck, g CO₂e per kg ts				
Emissionsförluster	79	108	88	81
Tillsatsmedel	0	0	11	14
Summa	79	108	99	95
Foderkostnad				
Kr per ko och dag	71,55	72,77	72,03	71,48
Klimatavtryck kraftfoder				
kg CO ₂ e per ko och dag	3,89	4,01	3,98	3,87

¹ Saltpreparaten var: Kofasil Liquid som innehöll 24,5 % natriumnitrit, 16,4 % hexamin; Kofasil Liquid Plus som innehöll 24,5 % natriumnitrit, 5 % natrium bensoat, 5 % kaliumsorbat; Kofasil LP som innehöll 20,2 % natriumnitrit, 13,5 % hexamin, 5 % natriumbensoat; Kofasil Ultra K som innehöll 16,5 natriumnitrit; 16,5 natriumbensoat, 11 % hexamin; Safesil som innehöll 18 % natrium bensoat, 7,4 % kaliumsorbat, 5 % natriumnitrit

² Syrapreparaten var: GrasAAT SX som innehöll 40 % myrsyra, 20 % propionsyra, 20 % natriumformiat; Promyr XR680 som innehöll 48,8 % myrsyra, 18,5% propionsyra, 6,1 % natriumformiat

3.4 Studie 4

Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 1 i studie 4 redovisas i tabell 8.

Tabell 8. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 1 i studie 4

	Kontroll	Sporer	Sporer Syr ¹	Sporer Bakt ²	Sporer Salt A ³	Sporer Salt B ⁴
Ensilaegets egenskaper						
TS-förlust, %	14,8	14,3	7,4	14,6	8,8	11,0
Mjölksyra, g/kg ts	20,8	13,6	136,4	23,9	81,3	58,7
Ättiksyra, g/kg ts	76,6	71,6	19,3	67,8	41,9	59,6
Etanol, g/kg ts	18,5	19,9	1,4	16,1	4,8	4,5
Klimatavtryck, g CO₂e per kg ts						
Emissionsförluster	198	192	96	196	114	143
Tillsatsmedel	0	0	49	0	26	30
Summa	198	192	145	196	140	173
Foderkostnad						
Kr per ko och dag	79,88	78,43	77,99	78,88	79,05	80,86
Klimatavtryck kraftfoder						
kg CO ₂ e per ko och dag	2,85	2,96	2,97	2,89	3,05	3,03

¹ Syran var Promyr XR680 som innehöll 48,8 % myrsyra, 18,5% propionsyra, 6,1 % natriumformiat Xtrasil BI innehöll *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus paracasei*

² Bakteriepreparatet var Xtrasil Bio Ultra som innehöll *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus brevis*

³ Salt A var Xstrasil LP som innehöll 20,2 % natriumnitrit, 13,5 % hexamin, 5 % natriumbensoat

⁴ Salt B var Xstrasil Ultra HD som innehöll 20 % natriumnitrit, 11 % kaliumsorbat, 7 % hexamin

Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 2 i studie 4 redovisas i studie i tabell 9.

Tabell 9. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från försök 2 i studie 4

	Kontroll	Sporer	Sporer Syra ¹	Sporer Bakt ²	Sporer Salt A ³	Sporer Salt B ⁴
Ensilagets egenskaper						
TS-förlust, %	26,7	23,2	13,1	26,5	23,5	27,3
Mjölksyra, g/kg ts	0	0	115,8	0	0	0
Ättiksyra, g/kg ts	56,8	66,4	26,6	60,3	48,1	53,7
Etanol, g/kg ts	12,0	7,8	10,6	7,6	7,4	4,3
Klimatavtryck, g CO₂e per kg ts						
Emissionsförluster	376	322	180	372	331	385
Tillsatsmedel	0	0	49	0	26	30
Summa	376	322	229	372	357	415
Foderkostnad						
Kr per ko och dag	82,42	81,38	78,46	82,07	81,28	85,30
Klimatavtryck kraftfoder						
kg CO ₂ e per ko och dag	2,93	2,93	2,96	2,91	2,90	3,25

¹ Syran var Promyr XR680 som innehöll 48,8 % myrsyra, 18,5% propionsyra, 6,1 % natriumformiat Xtrasil BI innehöll *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus paracasei*

² Bakteriepreparatet var Xtrasil Bio Ultra som innehöll *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus brevis*

³ Salt A var Xstrasil LP som innehöll 20,2 % natriumnitrit, 13,5 % hexamin, 5 % natriumbensoat

⁴ Salt B var Xstrasil Ultra HD som innehöll 20 % natriumnitrit, 11 % kaliumsorbat, 7 % hexamin

3.5 Studie 5

Ensileringsresultat och klimatavtryck från studie 5 redovisas i tabell 10.

Tabell 10. Ensileringsresultat och klimatavtryck från studie 5

	Kontroll	GrasAAT SP ¹	Kofasil Lac ²
Ensilagets egenskaper			
TS-förlust, %	5,31	4,25	5,43
Mjölksyra, g/kg ts	64,2	54,4	74,3
Ättiksyra, g/kg ts	33,6	15,1	26,0
Etanol, g/kg ts	7,9	2,0	6,3
Klimatavtryck, g CO₂e per kg ts			
Emissionsförluster	66	54	69
Tillsatsmedel	0	16	0
Summa	66	70	69

¹ GrasAAT SX innehöll 40 % myrsyra, 20 % propionsyra, 20 % natriumformiat

² Kofasil Lac innehöll *Lactobacillus plantarum*

3.6 Studie 6

Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från studie 6 redovisas i tabell 11.

Tabell 11. Ensileringsresultat, klimatavtryck och foderkostnad från studie 6

	Kontroll	Kofasil Duo ¹	Kofasil Ultra K ²
Ensilagets egenskaper			
TS-förlust, %	6,3	5,5	6,1
Mjölksyra, g/kg ts	113	82	95
Ättiksyra, g/kg ts	19,2	13,5	15,9
Etanol, g/kg ts	4,7	4,8	2,5
Klimatavtryck, g CO₂e per kg ts			
Emissionsförluster	75	66	74
Tillsatsmedel	0	0	9
Summa	75	66	83
Foderkostnad			
Kr per ko och dag	63,36	63,48	63,48
Klimatavtryck kraftfoder			
kg CO ₂ e per ko och dag	2,28	2,34	2,22

¹ Kofasil Duo innehöll *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus buchneri* 40 % myrsyra, 20 % propionsyra, 20 % natriumformiat

² Kofasil Ultra K innehöll 16,5 % natriumnitrit, 11 % hexamin, 8,1 % kaliumsorbat, 2,2 % natriumbenzoat

3.7 Sammanfattning

I tabell 11 sammanfattas skillnaderna i klimatavtryck och foderkostnad beroende på typ av tillsatsmedel jämfört med kontrollet över alla ingående studier. Både totala klimatavtrycket för ensilaget och foderkostnaden för ensilage som producerats med syrapreparat var lägre än ensilage som producerats utan tillsatsmedel. Ensilage som producerats med bakteriepreparat eller saltpreparat har ungefär samma klimatavtryck och foderkostnad som ensilage som producerats utan tillsatsmedel. Klimatavtrycket för kraftfodret har endast påverkats marginellt.

Tabell 12. Sammanfattning av klimatavtryck och foderkostnad för alla studierna jämfört med kontrolleden utan tillsatsmedel.

	Bakterier	Syra	Salt
Emissionsförluster, g CO ₂ e per kg ts	2	-57	-14
Klimatavtryck från tillsatsmedel g CO ₂ e per kg ts	0	27	14
Totalt klimatavtryck, g CO ₂ e per kg ts	2	-30	0
Foderkostnad, öre per ko och dag	-5	-104	20
Klimatavtryck från kraftfoder kg CO ₂ e per ko & dag	0,08	0,05	0,04

4. Diskussion

Resultaten för klimatavtryck och foderkostnad drar åt samma håll. De förluster som sker vid ensileringen påverkar både ekonomin och klimatet negativt. Trots att syrapreparaten har högre klimatavtryck sänker de emissionsförlusterna i så pass hög utsträckning att det totala klimatavtrycket blir lägre (tabell 12). De har också den lägsta foderkostnaden. Syrapreparat har dock en korrosionseffekt på de maskiner som används. Den kostanden är svår att skatta och inte medräknad, men den finns.

Skillnaden i foderkostnad var 22 kr per ko och dag mellan de olika studierna, vilket bland annat beror på hög grovfoderkostnad då förlusterna under ensileringen i vissa fall varit stora. Dyrast foderstater och störst förluster blev det i studie 4 där grönmassa från tredjeskörd med en låg ts-halt och hög klöverandel ensilerades. Variationen i foderkostnad är också större när förhållandena är sådana att grönmassan är svårensilerad. Detta verifierar det allmänna rådet om att behovet av tillsatsmedel är störst när ensileringsförutsättningarna är dåliga.

Vid foderstatberäkningar visar det sig att ett dyrare, mer högvärdigt, kraftfoder kan ge en lägre totalkostnad då en mindre giva används jämfört med ett billigare mindre komplett kraftfoder. Hur tillsatsmedlet påverkar proteinkvalitet och behovet av högvärdigt kraftfoder är inte klarlagt. I utfodringsförsöket i studie 6 (Nadeau & Murphy, 2017) hade tillsatsmedel effekt på fodereffektiviteten för de kor som utfodrades med ett kraftfoder med låg halt våmstabilt protein, men ingen effekt på de kor som utfodrades med ett kraftfoder som fick ett kraftfoder med hög halt våmstabilt protein. Då de studier som legat till grund för denna rapport i huvudsak fokuserat på hur väl ensileringsprocessen fungerat har det funnits få analysvärden på fodervärde att använda i foderstatsberäkningarna. De är möjligt att resultaten blivit annorlunda med mer underlag för foderstatsberäkningarna.

Referenser

- Agriwise Agriwise-Smart Kalkylering. Available online: <https://www.agriwise.se/web>. 2025.
- Auerbach, H., Nadeau, E. (2020). Effects of additive type on fermentation and aerobic stability and its interaction with air exposure on silage nutritive value. *Agronomy* 10, 1229 <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10091229>
- Auerbach, H., Nadeau, E., Weiss, K. and Theobald, P. (2016). Effects of different sodium nitrite-containing additives on dry-matter losses, fermentation pattern and biogenic amine formation in lucerne and cocksfoot silage. Proceedings of the 17th International Conference on Forage Conservation, Horný Smokovec, Slovak Republic, September 27-29. L'. Rajčáková (Ed.) pp. 117-118.
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R.J., Holmes, B.J. and Muck, R.E. (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science* 101:3952-3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- Gerlach, K., K. Weiss, F. Ross, W. Buscher, and K. H. Sudekum. (2014). Aerobic exposure of grass silages and its impact on dry matter intake and preference by goats. *Small Ruminant Research* 117:131–141. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.033>
- Jordbruksverket. (2024). Jordbruksmarkens användning 2024.
- Krueger, L.A., Koester, L.R., Jones, D.F. and Spangler, D.A. (2023). Carbon dioxide equivalent emissions from corn silage fermentation. *Frontiers in Microbiology* 13:1092315. doi: 10.3389/fmicb.2022.1092315
- Lantmännen, (2021). Framtidens Jordbruk Mjolk & Nötkött. Rapport 47 sidor. <https://www.lantmannen.se/globalassets/mjolkkochnotkottrapport.pdf>
- Muck, R. E., Nadeau, E.M.G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F.E., Santos, M.C. and Kung Jr., L. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science* 101:3980-4000. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>
- Nadeau, E. (2016). Silage protein quality and its effect on milk yield and protein utilisation in dairy cows. Final Report 25 pages
- Nadeau, E. (2019a). Forage as protein source for dairy cows. EuroDairy technical leaflets on resource efficiency. 2 pp (In English, Spanish, Finnish and Swedish). <https://eurodairy.eu/media/1913/d34-technical-leaflets-on-resource-efficiency.pdf>

- Nadeau, E. (2019b). Reducing nutrient losses: Use of additives in silage production. EuroDairy Technical leaflets on resource efficiency. 2 pp (In English, Spanish, Finnish and Swedish). <https://eurodairy.eu/media/1913/d34-technical-leaflets-on-resource-efficiency.pdf>
- Nadeau, E., Arnesson, A., Hallin, O. (2014). Vallskördeteknikens och tillsatsmedlens betydelse för ensilagens kvalitet (Forage harvesting technique and silage additives – effects on silage quality). Rapport 37, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Environment and Health, Section of Production Systems, Skara, 43 sidor.
- Nadeau, E., Auerbach, H. (2014). Effects of particle size and chemical additives on fermentation and aerobic stability of grass-clover silage. pp. 19-24. Proceedings of the 5th Nordic Feed Science Conference, 10-11 June, Uppsala, Sweden. Report 290, Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Nadeau, E., Hallin, O., Auerbach, H., Jakobsson, J., Arnesson, A. (2013). Quality of baled grass-clover silage as affected by additives and harvest methods. Pp. 744-745. Proceedings of the 22nd International Grassland Congress September 15-19, Sydney, Australia
- Nadeau, E., Murphy, M. (2017). Utnyttja vallensilagens protein till mjölkarna med hjälp av tillsatsmedel. Vallkonferens 2017, Rapport nr. 22, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi, 7-8 februari, Uppsala, Sverige. N. Nilsson-Linde och G. Bernes (Red.) sid 94-97.
- Nadeau, E., Richardt, W., Murphy, M. and Auerbach, H. (2012). Protein quality dynamics during wilting and preservation of grass-legume forage. In: Proceedings of the XVI International Silage Conference, Hämeenlinna, Finland, 2-4 July, 2012, Kuoppala, K., Rinne, M. and Vanhatalo, A. (eds.), pp. 56-57.
- Nadeau, E., Sousa, D. O., and Auerbach, H. (2019). Forage protein quality as affected by wilting, ensiling and the use of silage additives. Proceedings of the 10th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Report 302. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management. pp. 28-33.
- Nazato, L. M., Jonsson, A., Dahlström, F., Weiss, K., Jakobsson, J., Nussio, L. G., Nadeau, E. (2019). Effects of delayed sealing and additives on fermentation characteristics and dry-matter losses of red clover-grass silage contaminated with clostridia. VI International Symposium on Forage Quality and Conservation November 7-8, Piracicaba, SP, Brazil. Published on line <http://isfqcbrazil.com.br/wp-content/uploads/2019/11/Oral-2.pdf>
- Pahlow, G., Muck, R.E., Driehuis, F., Elferink, S.J.W.H. and Spoelstra, S.F. (2003). Microbiology of ensiling. pp.31-93. Silage Science and Technology, Buxton, D.R., Muck, R.E. and Harrison, J.H., eds. Agronomy No. 42, ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

- Schmithausen, A. J., Deeken, H. F., Gerlach, K., Trimborn, M., Weiss, K., Büscher, W. and Maack, G-C. 2022. Greenhouse gas formation during the ensiling process of grass and lucerne silages. *Journal of Environmental Management* 304, 114142 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114142>
- Sousa, D. O., Hansen, H. H., Nussio, L. G., Nadeau, E. (2019). Effects of wilting and ensiling with or without additive on protein quality and fermentation of a lucerne-white clover mixture. *Animal Feed Science and Technology* 258, Article 114301. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114301>
- Volden, H. NorFor-The Nordic Feed Evaluation System; EAAP Publications; Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands, 2011.
- Tidåker, P., Rosenqvist, H., Gunnarsson, C. och Bergkvist, G. (2016). Räkna med vall - Hur påverkas ekonomi och miljö när vall införs i spannmålsdominerade växtföljder? JTI-rapport: Lantbruk & Industri / Agriculture & Industry, nr 445, 69 sidor.

Tack

Till Lantmännens forskningsstiftelse som finansierat denna studie och alla på Lantmännen som hjälp till i stort och smått.