



Effekt av skördetidpunkt och tillsatsmedel på kvalitet och lagringsstabilitet hos majsensilage lagrat under olika tidsperioder

Effects of harvest time and additive on chemical composition and aerobic stability of maize silage stored during different time periods

Emelie Svensson

Examensarbete inom Agronomprogrammet 30 hp





Effekt av skördetidpunkt och tillsatsmedel på kvalitet och lagringsstabilitet hos majsensilage lagrat under olika tidsperioder

Effects of harvest time and additive on chemical composition and aerobic stability of maize silage stored during different time periods

Emelie Svensson

Examensarbete inom Agronomprogrammet Mark/Växt Skara 2010

EX0597 Examensarbete i biologi nivå C, 30 hp

Huvudhandledare: Elisabet Nadeau, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Biträdande handledare: Thomas Pauly, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Examinator: Birgitta Johansson, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

Nyckelord: Maize silage, maturity stage, silage additive, majsensilage, tillsatsmedel, skördetidpunkt.

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Avdelningen för produktionssystem
Box 234, 532 23 SKARA
E-post: hmh@slu.se, **Hemsida:** www.slu.se/husdjurmiljohalsa

I denna serie publiceras olika typer av studentarbeten, bl.a. examensarbeten, vanligtvis omfattande 7,5-30 hp. Studentarbeten ingår som en obligatorisk del i olika program och syftar till att under handledning ge den studerande träning i att självständigt och på ett vetenskapligt sätt lösa en uppgift. Arbetenas innehåll, resultat och slutsatser bör således bedömas mot denna bakgrund.

Förord

Agronomprogrammet är en yrkesutbildning på 4,5 år och omfattar minst 270 hp. En del i utbildningen är att skriva ett examensarbete på 30 hp inom sitt huvudämne. Detta motsvarar en arbetsinsats på 20 veckor. Detta egna arbete ska presenteras skriftligt och med ett seminarium.

Majs är en gröda som ökar allt mer i Sverige och jag har alltid tyckt att det är en väldigt intressant gröda. Jag är mark- växtagronom men har ett intresse för husdjursdelen också och läst några mindre kurser inom detta område för att bredda min kunskap. Därför passar detta ämne mig perfekt då jag har ett stort intresse om att lära mig mer om foder till husdjur och kunskap om hur en gröda fungerar.

Ett varmt tack riktas till min huvudhandledare Docent Elisabet Nadeau, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, för den oerhörda tillgängligheten oavsett dag och tidpunkt. Ett stort tack också till biträdande handledare Agr. Dr. Thomas Pauly, Institutionen för husdjurens utfordring och vård, SLU. Samt ett tack till Dr. Konstantinos Zaralis, Agr. Carl Helander och Lantmästare Annika Arnesson, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, SLU som har hjälpt till vid försöken. Ett tack riktas också till Rainer Nylund, HUV, SLU Uppsala, för hjälp med lagringsstabilitetstesten, till Börje Ericson för kemiska analyser utförda vid Kungsängens forskningscentrum och till Dr. Kirsten Weiss för kemiska analyser utförda vid Humboldt universitetet, Berlin, Tyskland. Vill också tacka min examinator Birgitta Johansson, Inst. för husdjurens miljö och hälsa och opponent Sofia Kämpe, Hushållningssällskapet Skaraborg.

Ett varmt tack riktas även till Agroväst, Addcon Europe GmbH, Tyskland och SLU för finansiering av försöket.

Emelie Svensson,

Skara, December 2010

Agronom, mark & växt 2006.

Abstract

Maize silage is becoming increasingly popular in Swedish feed rations. Therefore, it is important that it has a good nutritional value and a good hygienic quality. This is obtained by harvesting at the right time and to use additive, when needed. The purpose of this project was to study the effects of stage of maturity at harvest and additive on the nutritional value, hygienic quality and aerobic stability of maize silage stored for different time periods.

In the experiment, maize was harvested at three different maturity stages R4 dough (28% DM), R5 dent (37% DM) and R6 physiological maturity (41% DM) and stored for 28 and 110 days. When ensiling the herbage, which was to be stored for 28 days, two additives were used; Kofasil Maize N (salt mixture containing sodium benzoate and potassium sorbate, 2 liters / ton of fresh herbage, Addcon Europe GmbH, Bonn, Germany) and ProMyr[®] XR680, (acid mixture containing formic acid, propionic acid and formate in solution, 4 liters / ton of fresh herbage, Perstorp AB, Perstorp, Sweden). For silage stored for 110 days, another additive, Kofasil Life "M" (inoculants of the heterofermentative lactic acid bacterium *Lactobacillus buchneri*, 1×10^5 cfu / g fresh herbage, Addcon Europe, GmbH, Bonn, Germany), also was used. Application rates of the additives are according to recommendations by the manufacturers. These treatments were compared with an untreated control treatment. When the silos were opened various analyses were performed to check silage quality. In addition, an aerobic stability test was performed on the maize silage during 14 days. A completely randomized design with 4 replications (1.7-litre silo) was used.

Results from the project showed that the silage had a small quantity of yeast but the yeast counts were somewhat increased in the control silage and in some of the silages treated with the inoculant. The mould count in the silages was insignificant ($< \log 2$ cfu/g). Results from the fermentation analyses showed no need for additives in order to obtain an effective fermentation that resulted in good fermentation characteristics. The fresh herbage showed a good nutritional quality, which consequently gave a good basis for successful ensiling. Therefore, the silage generally proved good fermentation characteristics after both storage times.

On the other hand, results from the aerobic stability test showed that maize silage needs additives to prevent or reduce the risk of heat development in the silage after opening of the silo. In all untreated silages, regardless of harvest time, heat developed already at 5 days or somewhat later. During on-farm conditions, when we do not have the same controlled conditions as during the aerobic stability test period, the time until heating of the silage will decrease with increasing air temperatures in spring-summer, dirtiness of the surfaces inside and around the silo, decreasing take-out rate from the silo and insufficient compaction and covering of the silo. The salt additive Kofasil Maize N managed to maintain a steady and low temperature in the silage generally during the whole time (14 days) of the aeration. Silage treated with Kofasil Life "M" (hetero-fermentative lactic acid bacteria) managed to keep down the temperature during aeration of the silage at two of the three harvest dates. Silage treated with the acidic additive ProMyr XR680 also improved the aerobic stability of the silage compared with the untreated silage at two of the three harvest dates for each storage time. The chemical additives prevented a reduction in silage organic-matter digestibility during aeration. Maize silage had a varying nutrient content at the different harvest dates. The contents of DM and starch increased with later maturity of the plant while the sugar content

decreased. The hygienic quality of the silage was good at all three harvest dates, probably due to an even compaction of the fresh herbage in the silos at the time of ensiling.

In conclusion, harvesting at the dent stage of maturity resulted in silage that, in general, was most aerobic stable. Furthermore, silage additives are needed when ensiling whole-crop maize, to prevent heating of the silage after opening of the silo, especially when the silo is open during warmer weather conditions in the spring and summer. Kofasil Majs N, the salt additive, is most effective in improving aerobic stability of the silage.

Sammanfattning

Majsensilage blir allt vanligare i svenska foderstater och då är det viktigt att ha ett bra näringsinnehåll och en god hygienisk kvalitet. Det kan uppnås genom att skörda vid rätt tidpunkt samt att motverka värmegång i ensilaget efter öppning av silon med hjälp av tillsatsmedel vid skörd. Syftet med detta projekt var att studera effekt av mognadsstadium vid skörd och tillsatsmedel på näringsinnehåll, hygienisk kvalitet och lagringsstabilitet hos majsensilage lagrat under olika tidsperioder.

Under försöket skördades majsensilage vid tre olika mognadsstadium R4 degmognad (28 % ts), R5 dentmognad (37 % ts) och R6 fysiologisk mognad (41 % ts) och lagrades i 28 respektive 110 dagar. Vid ensilering av grönmassa, som lagrades i 28 dagar, tillsattes två ensileringsmedel, Kofasil Majs N (saltpreparat med natriumbenzoat och kaliumsorbat, 2 liter/ton grönmassa, Addcon Europe GmbH, Bonn, Tyskland) och ProMyr[®] XR680, (syrapreparat med myrsyra, propionsyra och formiat i lösning, 4 liter/ton grönmassa, Perstorp AB, Perstorp, Sverige), vilka jämfördes med en obehandlad kontroll. Vid 110 dagars lagring provades ytterligare ett tillsatsmedel, Kofasil Life "M" (bakteriepreparat med heterofermentativa mjölksyrabakterien *Lactobacillus buchneri*, $1 \cdot 10^5$ cfu/g grönmassa, Addcon Europe, GmbH, Bonn, Tyskland). Tillsatsmedelens doseringar är rekommenderade doser från tillverkarna. När silorna öppnades togs diverse olika prover för att kontrollera ensilagens kvalitet. Dessutom gjordes det ett lagringsstabilitetstest på majsensilaget under 14 dagar. Försöksuppläggningsen var ett fullständigt randomiserat försök med fyra upprepningar (1,7-liters silor) per behandling.

Resultat från projektet visade att ensilagen hade en låg halt av jästsvampar men att halterna var något förhöjda i kontrollensilaget och i några av ensilagen behandlade med bakteriepreparatet. Det fanns en obefintlig halt av mögelsvampar ($< \log 2$ cfu/g) i ensilagen. Resultat från fermentationsanalyserna visade på att det inte behövdes något tillsatsmedel för att få en effektiv förjäsning som resulterar i ett ensilage av god kvalitet. Grönmassaproverna visade på en god näringsmässig kvalitet som i sin tur gav en god grund för en lyckad ensilering. Därför hade ensilagen generellt en god kvalitet och ett bra näringsinnehåll oavsett lagringstid. Däremot visade resultat från lagringsstabilitetstesten att majsensilage har behov av tillsatsmedel för att förhindra eller minska risken för värmeutveckling i ensilaget efter öppning av silon. Samtliga obehandlade ensilage tog värme oavsett skördetidpunkt redan vid 5 dagars luftning eller något senare. Under praktiska förhållanden på gårdar, då vi inte har en kontrollerad miljö som vid lagringsstabilitetstesten, utan istället kan ha stigande utetemperaturer på våren-sommaren, ej rengjorda ytor omkring och i silon, för låg uttagshastighet samt otillfredsställande packning och täckning av silon, minskar tiden innan ensilaget tar värme. Saltpreparatet Kofasil Majs N var den behandling som bäst klarade att hålla en stadig temperatur i ensilaget oftast under hela luftningstiden på 2 veckor. Ensilage behandlat med Kofasil Life "M" (heterofermentativa mjölksyrabakterier) lyckades hålla nere temperaturen vid luftning av ensilaget vid två av de tre skördetidpunkterna. Ensilage behandlat med syrapreparatet ProMyr[®] XR680 förbättrade också lagringsstabiliteten i ensilaget jämfört med det obehandlade ensilaget vid två av de tre skördetidpunkterna för varje lagringstid. De kemiska tillsatsmedlen motverkade en minskning av ensilagens smältbarhet under luftning.

Majsensilage hade ett varierat näringsinnehåll vid de olika skördetidpunkterna. Ts-halten och stärkelsehalten ökade med senare mognad hos växten medan sockerhalten minskade. Ensilagens hygieniska kvalitet var god vid samtliga tre skördetidpunkter, troligen beroende på en jämn packning av grönmassan i silorna vid ensilering.

Vi kan utifrån resultaten konkludera att skörd vid dentmognad ger det mest lagringsstabila ensilaget generellt sett. Dessutom behövs tillsatsmedel användas vid ensilering av majs för att förhindra värmeutveckling i ensilaget efter att silon har öppnats, speciellt vid uttag ur silon på våren och sommaren. Kofasil Majs N är det tillsatsmedel som är mest effektivt i detta avseende.

Innehållsförteckning

Abstract	5
Sammanfattning	7
Innehållsförteckning	9
1. Inledning	11
1.2 Syfte	12
2. Litteraturstudie	13
2.1 Majsens mognad under växtsäsongen	13
2.1.1 Sådd	13
2.1.2 Torrsubstanshalt	13
2.1.3 Skördemognad	14
2.2 Näringsinnehåll	15
2.2.1 Fiber	15
2.2.2 Stärkelse och socker	15
2.2.3 Protein	16
2.2.4 Frost	16
2.3 Ensilering	17
2.3.1 Mögel och jäst	18
2.4 Tillsatsmedel	20
2.4.1 Kemiska tillsatsmedel	20
2.4.2 Biologiska tillsatsmedel	21
2.5 Lagringstid	22
3. Material och Metod	23
3.1 Design ensileringsförsök	23
3.2 Gröda och skörd	23
3.3 Ensilering och tillsatsmedel	24
3.4 Öppning av silor	25
3.5 Ensilagets lagringsstabilitet	26
3.6 Mikrobiologiska och kemiska analyser	26
3.7 Statistisk analys	27
4. Resultat	29
4.1 Grönmassa av majs	29
4.2 Majsensilage	30
4.3 Lagringsstabilitet i majsensilage	36

5. Diskussion	43
5.1 Fermentering	43
5.2 Lagingsstabilitet	44
6. Slutsatser	47
7. Referenser.....	49
7.1 Litteratur.....	49
7.2 Internet	53
7.3 Personligt meddelande	53
7.4 Bildreferenser	53

1. Inledning

Majs (*Zea mays*) är en gröda som ökar kraftigt på de svenska åkrarna. År 2009 odlades 16 210 ha majs. I tabell 1 visar hur majsarealen har ökat under de senaste sju åren. [www.sjv.se]. Sverige ligger ändå långt efter Danmark i majsareal där det odlades ungefär 170-180 000 ha år 2009 [Svensson, pers medd.]. Majs är en av de tre största grödorna i världen. Växten kommer ursprungligen från Mexico och det var Columbus som tog med sig den till Spanien. Den har sedan spridit sig i Europa och används flitigt av mjölkproducenter eftersom det är ett energirikt och smakrikt foder som korna äter med stor aptit. Korna får en bättre konsistens på träcken vid utfodring av majsensilage mot vanligt vallensilage. Detta kan

År	Areal ha	
2003	4051	bero på att fibrerna i majs är mindre smältbara i vommen än fibrerna i normalskördat vallfoder [Mgbeahurike, 2007; Nadeau <i>et al.</i> , 2007].
2004	5243	Majs är en ettårig växt och är tvåkönad, vilket betyder att den har skilda han och honblommor. Honblommorna växer ut vid bladvecken och hanblomman finns i toppen. Majsen kan självbefrukta sig men vanligast är att den pollineras genom korsbefruktning. Majs är en C4-växt som nästan stänger sina klyvöppningar helt på dagen och har klyvöppningarna öppna på natten istället då det är kallare för att förhindra avdunstning.
2005	5793	Växten är anpassad för varmt klimat och har en betydligt effektivare fotosyntes än C3-växter.
2006	7470	
2007	10848	
2008	13062	
2009	16 210	

Tabell 1. Majsarealens ökning [www.sjv.se 2010]

C4- växten kan fixera koldioxid vid lägre koncentration av koldioxid i luften än en C3- växt. Detta pga. att de har ett ytterligare ett sätt att binda koldioxid, nämligen med enzymet PEP-karboxylas som fungerar bra när inte koncentrationen av koldioxid är konstant. [Fogelfors, 2001; www.ne.se). I vårt klimat har inte en C4- växt någon fördel mot en C3- växt med sin extra kolatom då det är mycket energikrävande för växten att använda sig av den. C3-växter dominerar helt den svenska floran och exempel på C3- växter är vanliga spannmålsgrödor som vete och korn samt våra vanliga vallväxter. Exempel på C4- växter är majs, sojabönor och sockerrör [Fogelfors, 2001].

Majs har fördelen att den skördas bara en gång per år men avkastar mycket bra, ofta minst 10 ton ts/ha. Vid beräkning av avkastning beräknas hela plantan och avkastningen kan variera beroende på var i landet majsen skördas. Majs skördas vanligen runt oktober och vid denna tidpunkt brukar spannmålsskörd och vallskördarna vara avklarade. Detta gynnar lantbrukaren att inte riktigt alla moment sker samtidigt. Majs är en av få grödor som kan odlas på samma fält år efter år eftersom inga stora problem med sjukdomar har märkts av ännu. Sjukdomar brukar uppstå vanligtvis vid en monolog odling. Majs har länge varit svårt att odla i Sverige då de sorter som har funnits inte klarat av vårt kallare klimat och korta odlingsperiod jämfört med övriga Europa och haft problem med att uppnå skördemognad. I Sverige skördas majs främst som hel gröda till ensilage och utfodras till mjölkor och växande nötkreatur.

På Götala nöt- och lammköttcentrum SLU Skara, genomförs försök med utfodring av majsensilage till växande mjölkkrastjurar och lamm [Nadeau, pers medd.]. I försöken studeras effekten av skördetidpunkt och andel majsensilage i foderstaten på konsumtion, tillväxt och

slaktresultat hos djuren. Ett examensarbete på mjölkrastjurarna har utförts av Sofie Johansson, husdjursagronom.. Majs anses vara lätt att ensilera eftersom den innehåller mycket kolhydrater och lite protein. Resultat från en fältstudie vid institutionen visar dock att majsens innehåll av ts (torrsbstans), socker och stärkelse varierar kraftigt vid skörd på mjölk- och kött djursgårdar i södra Sverige [Nadeau *et al.*, 2010]. Variationer i ts och kolhydratfraktion påverkar ensilagekvaliteten. Det visade sig också att det ofta blev värmegång i ensilaget vid uttag från silon [Nadeau *et al.*, 2010]. Det var därför intressant att ta reda på hur olika skördetidpunkter och användande av olika tillsatsmedel kan påverka näringsvärde, hygien samt aerob lagringsstabilitet hos majsensilage. Den praktiska delen i denna studie har författaren gjort tillsammans med de personer som nämns i förordet.

1.2 Syfte

Syftet med projektet var att studera effekt av mognadsstadium vid skörd och tillsatsmedel på näringsinnehåll, hygienisk kvalitet och lagringsstabilitet hos majsensilage lagrat under olika tidsperioder.

2. Litteraturstudie

2.1 Majsens mognad under växtsäsongen

2.1.1 Sådd

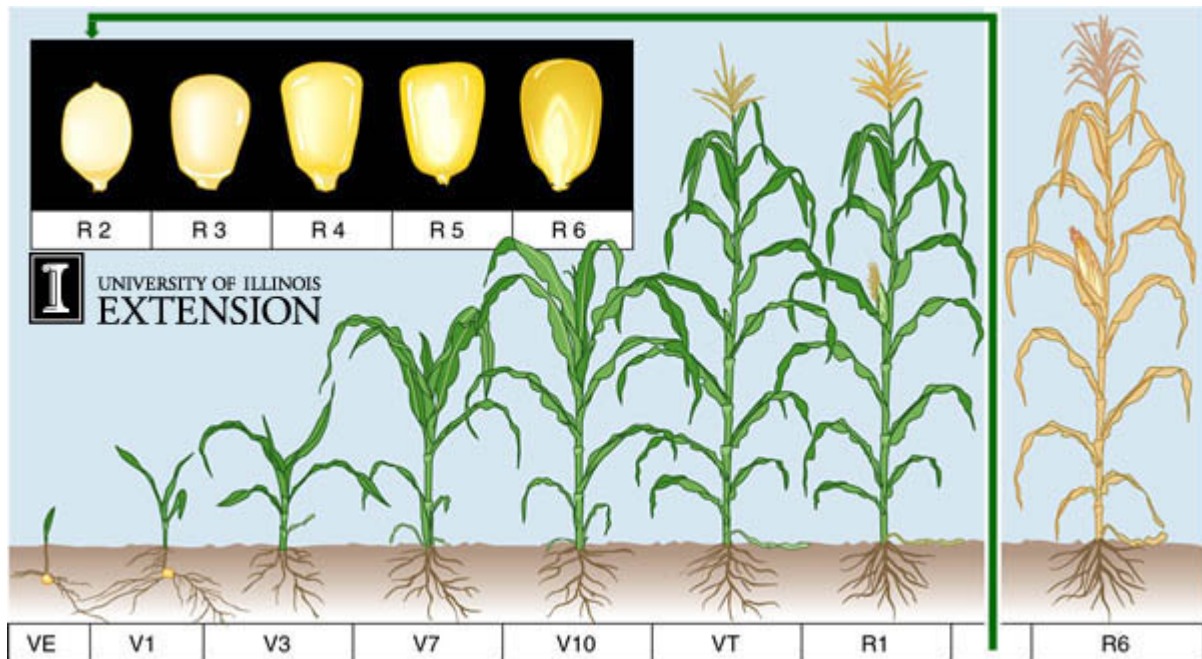
Tidpunkt för sådd kan påverka majsens mognad. Sen sådd ger stora och långa plantor med dålig kolvutveckling. Praktiska erfarenheter visar att majs bör sås i slutet av april eller i början av maj beroende på var i södra Sverige som grödan ska odlas. Sådjup ska vara 3-5 cm. Majs kräver varm jord för att gro och det är rekommenderat att det bör vara omkring 10°C i marken. Därför passar varma jordar bäst, såsom mojordar och sandjordar men jorden behöver också vara vattenhållande då grödan kräver mycket vatten längre in på säsongen [Fogelfors, 2001].

Valet av utsäde spelar roll. Det är viktigt att välja ett utsäde som mognar i god tid och som är anpassat efter vilken zon i Sverige man odlar. För att få en uppfattning om hur tidiga majssorter är finns det system som mäter hur tidigt majsen mognar. Ett internationellt system heter FAO-tal, som beskriver hur många dagar som behövs till mognad. I detta system så mäts ts-halten i kolvarna för att påvisa hur mogna kolvarna är. Värdena för ts-halten skall ligga mellan 100 – 1000 och tidiga sorter har låga nummer. I Sverige ligger våra tidiga sorter runt 180 -200. Skiljer sig FAO-talen 50 enheter betyder det 8 -10 dagar skillnad i mognad [Thorell, 2005].

2.1.2 Torrsubstanshalt

Under majsens utveckling ökar ts-halten i grödan. Grödans mognad vid skörd avgör därför grödans ts-halt eftersom majs direktskördas. Ts-halten hos majs vid skörd rekommenderas att vara minst 28 % och högst 35 % ts. Lägre ts-halt ger ökade näringsförluster via pressvatten och högre ts-halter kan försvåra packningen och därmed minska lagringsstabiliteten i ensilaget efter öppning av silon [McDonald *et al.*, 2002]. Kornas konsumtion minskar vid en högre ts-halt i fodret. En högre vattenhalt vid tidigare utvecklingsstadium kan också bidra till en mer omfattande fermentering under ensileringen vid tidig än vid sen skörd [Bergen, 1991]. Om majsen har för hög torrsubstanshalt blir den svårpackad och luftfickor kan lätt skapas i silon. Detta ger möjlighet för jäst- och mögelsvampar att tillväxa vilket leder till näringsförluster i majsensilaget. Detta kan delvis kompenseras med att använda sig av en kortare hackselängd [Allen *et al.*, 2003].

2.1.3 Skördemognad



Figur1. Majsens olika utvecklingsstadium [Mueller, *et al.*, 2003]. Vegetativ utveckling; VE = vegetative emergence (uppkomst). VT = vegetative tasseling (hanblommans utveckling); V1 – V10 = 10 olika utvecklingsstadier. R1 – R6 = Olika Reproduktiva utvecklingsstadier; R₁ = Honblommans utveckling; R₂ = Blåsmognad; R₃ = Mjölkmognad; R₄ = Degmognad; R₅ = Dentmognad (mjölkmognad); R₆ = Fysiologisk mognad.

Grödans utveckling kan ses i figur 1. Sockret som produceras i de gröna växtdelarna (främst bladen) genom fotosyntes, förflyttar sig från stammen till majs kärnorna där det ombildas till stärkelse [Bunting, 1978, Allen. *et al.*, 2003]. Vid skörd vid 30 -35 % ts i hela grödan, som motsvaras av utvecklingsstadium R4-R5, ligger kärnornas ts-halt på 55 – 60 %. Bestämning av när majs är skördeklar görs genom att bryta flera kolvar på mitten. Med hjälp av en färgskala kan den jämföras med den isärbrutna kolven och därmed se vilket mognads stadium grödan befinner sig i. Ett annat alternativ är att hacka ner några plantor och bestämma ts-halten i grödan [Nyberg *et al.*, 2002]. Den totala ts-skörden av biomassa ökar först men tenderar därefter att minska vid senare mognadsstadium hos majs [Johnson *et al.*, 2003]. Grödans sockerhalt minskar ju senare utvecklingsstadiet är. Sockerhalten är en viktig faktor som påverkar hur lättensilerat materialet är eftersom socker är den huvudsakliga näringskällan för mjölksyrabakteriernas tillväxt [Allen *et al.*, 2003, Johnson *et al.*, 2003]. Därmed är mjölksyrabildningen större och pH lägre vid tidig än vid sen mognad av majs [Johnson *et al.*, 2003]. Växtens buffringskapacitet spelar också en avgörande roll för ensilaget. Buffringskapaciteten är låg hos majsensilage jämfört med andra grovfoder. Det betyder att det inte behövs så mycket mjölksyra för att sänka pH till en nivå där inte andra bakterier kan överleva. Detta är en viktig egenskap då fermentation tillsammans med mjölksyrabakterier skall dominera ensileringsprocessen. Om pH inte sänks tillräckligt snabbt kan andra bakterier såsom klostrider snabbt föröka sig och omvandla mjölksyran till smörsyra [Allen *et al.*, 2003]. En annan faktor som påverkas av skördetillfället är att växtstrukturen blir allt grövre vid senare mognad, vilket försvårar packningen. Sockerhalten i växten styrs också av ljusintensiteten. Därför kan det vara bra att skörda efter ett par soliga dagar. Studier visar

också att sockerhalten är högre på eftermiddagen än förmiddagen. Dock är det viktigare att hinna med att skörda all majs än att skörda vid exakt rätt klockslag och få en något högre sockerhalt. Ett ytterligare knep är att inte skörda regnblöt majs. En regnblöt majsplanta sänker ts-halten med flera procentenheter [Mahanna & Peterson, 2003].

Direktskörd av majs vid 30-35 % ts kräver bearbetning av majs kärnan vid skörd med hjälp av ”corn cracker” som kan ställas in på direktskördemaskinen för att få önskad bearbetningsgrad. Syftet med en ”corn cracker” är att den underlättar för vommens mikroorganismer att komma åt stärkelsen och höjer därmed energiutnyttjandet genom att göra stärkelsen mer tillgänglig. Detta genom att, ”corncrackern” delar kolvarna och knäcker kärnan. Dessutom kan hackselängden ställas in på hacken till önskad längd [Hansson & Schmidt Detlefsen, 2008].

2.2 Näringsinnehåll

Beroende på vilket mognadsstadium majsplantan är i varierar dess näringsinnehåll och kemiska sammansättning. De viktigaste kemiska komponenterna i majs är kolhydrater (fibrer, stärkelse och socker) och proteiner. Inlagringen av fiber sker främst i stjälken. När det gäller de lösliga kolhydraterna spelar kolvarna en viktig roll [Allen. *et al.*, 2003]. En ökad kärnmognad ger högre stärkelseinnehåll i fodret. Koncentrationen och smältbarheten hos neutral detergent fibrer (NDF) minskar vid senare mognad hos majs [Mc Geough *et al.*, 2009]. Smältbarheten av stärkelse minskar något vid senare utvecklingsstadiet hos majs. I jämförelse med gräs och andra grönfoder innehåller majs en liten andel råprotein. Samma sak gäller mineral- och vitamininnehållet [Mahanna & Peterson, 2003, Juniper *et al.*, 2006].

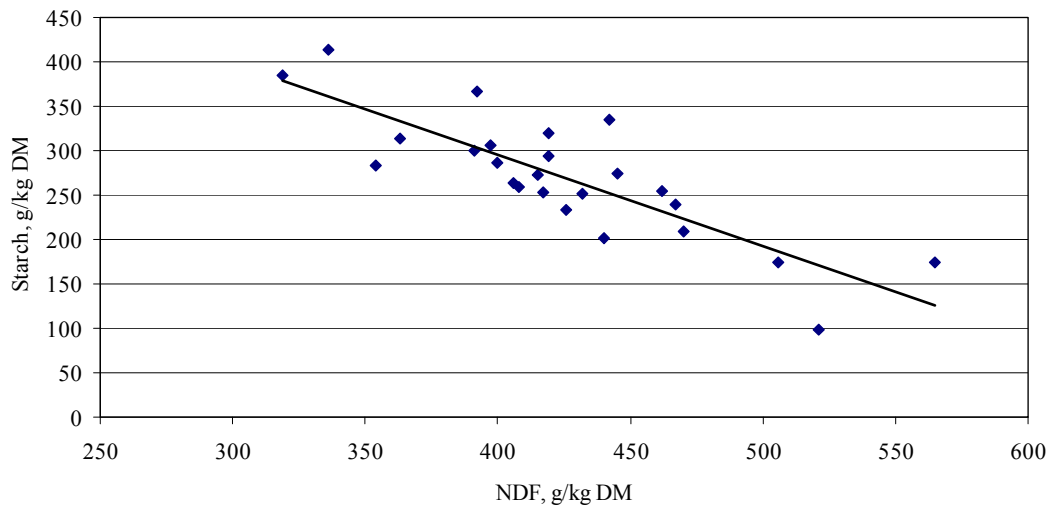
2.2.1 Fiber

En viktig egenskap för näringsvärdet i majsensilaget är innehållet av fiber. Fiberhalten i ett foder bestäms genom att analysera t.ex. NDF. I NDF återfinns cellulosa, hemicellulosa och lignin samt fiberbundet protein [Goering & van Soest, 1970]. Mycket fiber (höga NDF-halter) antyder en låg kolvandel och en hög stjälkandel eftersom fibrerna främst återfinns i stjälken. Hur högt näringsvärde majsens har avgörs av hur stor andelen kolvar är och majsens smältbarhet. Cellulosa och hemicellulosa är endast delvis nedbrytbara i vommen och lignin bryts inte alls ner. NDF-halten kan variera från 32 till 55 % i majs med minskad NDF-halt vid senare mognad [Juniper *et al.*, 2006; Nadeau *et al.*, 2010]. Däremot ökar det osmältbara ligninet som steriskt hindrar nedbrytning av cellulosa och hemicellulosa. Detta leder till minskad smältbarhet hos NDF vid senare mognad hos växten [Allen. *et al.*, 2003, Mc Geough *et al.*, 2009]. Variationen i majsens smältbarhet påverkar både energivärde och intagspotential hos djuren, som konsumerar ensilaget [Arnesson *et al.*, 2009]. Ett lågt fiberinnehåll leder till kortare ättid för korna och en kortare uppehållstid i våmmen. En minskad smältbarhet hos fibrerna vid senare mognadsstadiet, ökar behovet av idissling, vilket ger ökad salivavsöndring, som buffrar pH i våmmen [Nørgaard, 2006]. Den ökade sönderdelningen av fodret ger en partikelstorlek som är gynnsam för partikelutflödet ur våmmen [Nørgaard, 1983].

2.2.2 Stärkelse och socker

Majsgrödan kan hålla hög näringsmässig kvalitet utan att ha ett högt innehåll av stärkelse men majs är ett mycket stärkelseriöst foder om det skördas sent. Detta eftersom socker omvandlas till stärkelse under kolvens utveckling. Socker, som finns i stjälken transporteras till kolven

vid kolvansättning för att lagras in som stärkelse. Därför minskar sockerhalten medan stärkelsehalten ökar vid senare mognad hos majs. Sockerhalten sjunker från 15 % till 2 % och stärkelsen ökar från 0 till 40 % vid mognadsstadium R6. Ensilering av majs ökar dock stärkelsens nedbrytning i vommen [Jensen *et al.*, 2005]. Det finns ett negativt samband mellan stärkelsehalten och NDF-halten i majsgrödan (Figur 2). Detta kan förklaras med att fiberhalten är som högst i stjälken hos plantan och stjälkandelen minskar när den stärkelserika kolvandelen ökar vid senare mognadsstadium [Jensen *et al.*, 2005]. När NDF-halten minskar med en enhet ökar stärkelsehalten lika mycket [Juniper *et al.*, 2006, Arnesson *et al.* 2009, Nadeau *et al.*, 2010].



Figur 2. Förhållandet mellan koncentration av NDF och stärkelse i majsensilage från 25 gårdar i södra Sverige: Stärkelse (g/kgTS) = 708 – 1,03 x NDF (g/kgTS), $R^2 = 0,69$, $r = -0,83$ [Nadeau *et al.*, 2010]. DM = torrsustans. Starch = stärkelse.

2.2.3 Protein

Majsensilage har ett lågt innehåll av protein vilket vanligtvis varierar mellan 8 och 10 % av ts. Det finns två olika huvudproteiner i majs kärnan. Zien, som är den ena, återfinns i frövitans och står för 45 – 55 % av proteinet [Bunting, 1978]. Zien är därmed kvantitativt den mest viktiga, men innehåller låga halter av de nödvändiga aminosyrorna tryptofan och lysin som behövs i djurens foder [Cheryan, 2001]. Det andra proteinet är majs glutelin och det förekommer i mindre mängder i frövitans och även i grodden. Majs glutelin är den bättre av dessa två aminosyror [Vasal, 2001]. För att få det optimala fodret bör majs kombineras med proteinrikt fodermedel för att tillgodose proteinbehovet hos växande djur eller lakterande kor. För att komplettera det låga proteininnehållet i majsensilaget kan baljväxtrik vall skördas i tidigare utvecklingsstadium för att få in mer protein i foderstaten och få en högre smältbarhet i fibern [Tuveesson, 1985].

2.2.4 Frost

Frosten har hämmat majsodlingen i Sverige. I gynnsamma lägen i Skåne och Gotland har majs odlats under många år [Pauly. pers medd.]. De nya hybridsorterna har emellertid blivit mer tåliga mot frosten. Blir det en frostnatt i maj då majs är bara ett par blad hög är det ingen katastrof, odlingen tappar lite fart men plantan överlever och kan återhämta sig om än

skörden kan bli något senare. Om det skulle bli en frostnatt i juni då plantan är ca 10 centimeter hög är risken för frostskador betydligt större.. Kolv och bladanlag ligger då en cm under markytan och tål därför inte frost. Plantan får absolut inte frysa så mycket att tillväxtpunkten fryser. Skulle temperaturen sjunka ner mot fyra eller fem minusgrader blir skörden förstörd. Detta är dock inte så vanligt i Syd- och Mellansverige. Om plantorna drabbas av frost på hösten bör de skördas inom en vecka [Weidow, 1998]. Dock beror det på hur omfattande skadorna är. Om majsbeståndet drabbas av frost kan det lätt utsättas för fältskadeflora. Exempel på detta är *Fusarium* spp, som bildar toxiner bland annat trichotecener och zearaleone som kan ha en negativ effekt på djurens hälsa [Hörberg, 2001]. Om majsen är frostskadad och är angripen av *Fusarium* spp, kan den bli svårare att packa, vilket kan ge en sämre hygienisk kvalitet på fodret. Detta problem med frostangrepp när grödan är mogen skulle kunna komma åt genom tidigare sådd. Dock gäller det att jorden är tillräckligt varm och att det inte råder stor risk för sena frostangrepp på våren i det klimatområdet. Fotosyntesen avstannar vid frost och bladen dör [Hörberg, 2001].

2.3 Ensilering

Ett växtmaterial dör inte när det klipps av, växtcellerna fortsätter att respirera så länge det finns syre och tillräckligt med vätska i plantan. När växten respirerar förbrukas socker och det bildas vatten, koldioxid (CO₂) och värme. Eftersom det finns mest tillgängliga kolhydrater i nyskördat material är respirationen som högst då [Rooke & Hatfield, 2003]. Omfattande respiration är inte positivt för ensileringen, eftersom kolhydrater förbrukas som behövs som näring för mjölksyrabakterier och eftersom stigande temperatur ger en gynnsam miljö för bakterier och svampar som kräver syre för sin tillväxt. Detta kan ge en kraftig uppförökning av en oönskad mikroflora, en process som också innebär att kolhydraterna bryts ner och värme bildas på samma sätt som vid växternas respiration. Därför är det mycket viktigt att skapa en syrefri miljö och stoppa dessa processer samt på detta sätt bibehålla grönmassans näringsinnehåll så gott det går [McDonald *et al.*, 2002]. Ensilerings syfte är att processerna skall gå snabbt. De viktiga processerna är att syre förbrukas, syror bildas och pH sänks. För att dessa processer skall bli gynnsamma är förutsättningarna att det finns tillräckligt antal mjölksyrabakterier, lågt antal bakterier som konkurrerar med mjölksyrabakterierna, syrefri miljö samt tillräckligt med substrat för mjölksyrabakterierna.

När silon är täckt, fortsätter den att respirera tills luften är slut i silon precis som för andra grödor. Majs anses vara lättensilerad eftersom den innehåller mycket kolhydrater och har en låg buffringskapacitet samt lite protein. När silon öppnas kvarstår dock en hel del kolhydrater som kan användas av aeroba mikroorganismer för deras tillväxt vilket så småningom leder till att ensilaget tar värme [Pahlow *et al.*, 2003].

Med olika mjölksyrabakterier omvandlas sockret i grönmassan till mjölksyra och ättiksyra. Detta bidrar till att pH sänks från ca 5,5 som är grödans pH vid skörd till ca pH 4 då grödan är ensilerad. Ett lågt ammoniakkvävevärde i % av totalkvävet är ytterligare indikationer på att fermenteringen har varit gynnsam [Nadeau. pers medd.; Allen *et al.*, 2003]. Mjölksyrabakterier måste närvara vid ensilering. Denna bakterie är fakultativt anaerob, dvs den kan leva både med och utan syre. Den kan delas in i två kategorier, homo- och heterofermentativa mjölksyrabakterier. De homofermentativa mjölksyrabakterierna producerar enbart mjölksyra från hexoser t.ex. glukos och fruktos. Exempel på homofermentativa mjölksyrabakterier är *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus cerevisiae* och *Pediococcus pentosaceus*. Heterofermentativa bakterier kan delas in i två grupper. Dels finns de som använder sig av hexoser och som förutom mjölksyra också kan bilda ättiksyra eller etanol. Den andra gruppen kan producera mjölk- och ättiksyra från pentoser t.ex. arabinos och

ribos. Exempel på heterofermentativa mjölksyrabakterier är *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri* och *Leuconostoc mesenteroides* [Rooke & Hatfield, 2003].

Ättiksyra är en svagare syra än mjölksyra och sänker därmed inte pH lika mycket som mjölksyra sänker pH i ensilaget [Pahlow *et al.*, 2003]. Ättiksyra och propionsyra hämmar jäst- och mögeltillväxt och därmed ger ett mer lagringsstabilt ensilage. Jäst och mögelsvampar konsumerar bl. a. socker och mjölksyra, vilket leder till varmgång och ensilage med dålig lagringsstabilitet efter öppning av silon. Vid varmgång blir ensilaget varmt från respirationen hos jäst och andra mikroorganismer. Ensilaget kan börja att mögla innan det hinner att utfodras [Pahlow *et al.*, 2003]. Vid inläggningen är det viktigt att lägga tunna lager av grönmassan för att minska risken för dålig packning och därmed luftfickor i ensilaget där jäst och mögelsvampar kan växa till. Tillsatsmedel kan behövas vid ensileringen för att förhindra jästutveckling och värmebildning vid urtag av ensilage ur silon efter silons öppnande [Savoie & Jofriet, 2003].

2.3.1 Mögel och jäst

Majsensilage är speciellt känsligt för mögelangrepp, som kan förorsaka stora problem med djurhälsan. Speciellt vid uttagningen av ensilaget utsätts fodret av luft och tillväxten av jäst och mögelsvampar ökar avsevärt. Dåligt ensilage skall inte utfodras, jätten är ofta inget problem utan det är mykotoxiner, som bildas från mögelsvamparna, som är ohälsosamma i fodret. Dock ser man sällan möglet utan det är jätten som är synlig först när ensilaget börjar få en dålig kvalitet. Detta beror på att jätten växer snabbare och producerar mer värme än vad mykotoxinerna i möglet gör [Pauly. pers. medd.]. Tillväxten av mögel och jästsvampar sker i kolonier. För att förhindra varmgång och dålig ensilagekvalitet bör silon ha en uttagsyta som är anpassad för den uttagshastighet som behövs för djurens dagliga behov av ensilage. På så sätt minskas risken för att ensilaget ska hinna att bli dåligt [Pauly. pers. medd.].

Mögelsvampar är en typ av mikroorganismer som kan isoleras från de flesta naturliga miljöer och deras sporer är vanligt förekommande i luften. Mögel trivs där det finns tillgång på syre och finns därför i ensilaget där syre har kunnat ta sig in. Mögeltillväxt gynnas av en sen skörd, långsam inläggning, otillräcklig packning och täckning, för små uttag och skadade silos eller plast. För att uppnå en ts-halt på ca 30 %, vilket rekommenderas vid skörd i plansilor, sker skörden relativt sent på året [Pahlow *et al.* 2003]. Mikroorganismerna tar energi och näring från fodret vid respirationen och det är ingen mening att fodra med det då det inte ger djuren något tillskott. Det är framför allt den smältbara näringen som mikroorganismerna konsumerar i ensilaget och kvar blir en större andel osmältbar näring. Vid mikroorganismernas andning sker det en temperaturstigning i ensilaget som är accelererande. I regel orsakar också den mikrobiella tillväxten smakförändringar i ensilaget. Djur vill då inte äta möjligt foder utan ratar det starkt trots att det finns näring kvar [Pahlow *et al.*, 2003].

Förekomst av mögelsvampar eller deras sporer behöver dock inte innebära att mykotoxiner har producerats. Att lyckas få ett helt mögelfritt ensilage kontaminerat av mykotoxiner går inte att få till. Finns det mykotoxiner är det viktigt att ha stora uttag av ensilage och släppa in så lite syre som möjligt. Att se om fodret är möjligt är inte alltid lätt, och det behöver inte vara en färgförändring för att fodret skall vara möjligt. Färgen eller graden av mögel visar inte vilken typ eller vilken grad mykotoxiner har kontaminerat fodret. Dock skall inte synbara mögliga partier utfodras [Pahlow *et al.*, 2003]. Mykotoxiner är sekundära metaboliter som kan produceras av över 100 olika mögelsorter och kan orsaka minskat foderintag och mjölkproduktion, ökat antal sjukdomar och reproduktionsproblem. Mykotoxiner tas upp genom absorption, metabolism, modifierat enzym, endokrin eller neuroendokrina funktioner.

Det påverkar immunförsvaret hos djuren och försämrar näringsinnehållet i fodret (Adegbola Adesogan, 2008).

Mögelsvampar växer i mycelformationer och kan producera stora mängder sporer. Dessa sporer tål ofta både torka och hög temperatur. Mycelformationer innebär trådar som bildar luddiga överdrag på ytan. Det finns olika mögelsvampar i fodret och två olika grupper är fältfloran och lagerfloran. Fältfloran infekterar grödan på fältet och växer till i gröda ”på rot” eller på nyskördat material, där vattenhalten är hög. Det är också på fältet som eventuell mögelgiftsbildning från dessa svampar sker, vilket innebär att skadan är skedd redan vid skörd. De så kallade lagersvamparna växer vid lägre vattenhalter än fältsvampar och skapar problem vid själva lagringen [Lindberg *et al.*, 1986].

För att mykotoxiner skall produceras behövs följande förutsättningar:

- svampens utvecklingsfas är den rätta,
- temperatur och fuktighetshalt är lämpliga för möglets tillväxt,
- mögelsvampisolatet verkligen har förmåga att bilda mykotoxiner,
- mögelsvampen finns på ett lämpligt substrat.

[Bunting, 1978.; Pahlow *et al.*, 2003.; Agrios, 2005]

Penicillium roqueforti är exempel på en mögelsvamp som kan ställa till med stora problem vid lagring av ensilage. Denna svamp kan växa utan problem vid lågt pH samt om det bara finns lite luft i silon. Den har också en negativ effekt på djurens immunförvar då den producerar mykotoxiner [Frank *et al.*, 1999]. Jäst är mindre farligt att ge till djuren då det inte ger problem med luftvägarna på samma sätt som mögel. Jäst bildar inte heller toxiner. Finns det tecken på jäst finns det ganska säkert andra oönskade mikroorganismer t.ex. mögel [Hägglom, 1983]. De vanligaste förekommande jästsvamparna i ensilaget är *Candida*, *Saccharomyces* och *Torulopsis*. De flesta arter är strikt aeroba och aktiva vid ytan av ensilaget, det vill säga nära ytan där tillgången på syre är större [McDonald *et al.*, 2002].

I majs, som har en hög energihalt och ett högt ts-värde, löper ensilaget större risk att drabbas av varmgång och mögeltillväxt. Detta leder till näringsförluster och minskat foderintag. Varmgång i majsensilage orsakas oftast av managementbrister [Kung. *et al.*, 2003] till exempel för hög ts-halt och för lång hackselängd eftersom materialet då är mer svårpackat [Bang Bligaard, 2005]. För att minska risken för varmgång är det viktigt att ha en hög uttagshastighet, minst 1,5 meter/vecka, och upp till 2,5 meter/vecka under sommaren. Andra faktorer som spelar in på varmgången är ts-halt, hackselängd, typ och vikt på packningsmaskiner samt täckning av silo.

För att komma åt problemet med svampar och mögel kan man använda sig av tillsatsmedel. [McDonald *et al.*, 2002]. Exempel är kaliumsorbat och natriumbensoat som finns naturligt i många frukter och bär, till exempel rönnbär och äpple. Bland bakteriemedlen förbättrar preparaten som innehåller den heterofermentativa mjölksyrabakterien *Lactobacillus buchneri* lagringsstabiliteten i ensilaget, eftersom den producerar ättiksyra förutom mjölksyra. Det är ytterst viktigt att inte öppna silon för tidigt, dvs. som allra tidigast efter 7-8 veckor för att mjölksyrabakterierna ska hinna ge verkan. Om silon öppnas för tidigt så har inte bakterierna i ensilaget hunnit bilda tillräckligt med ättiksyra. Bakterierna bildar först mjölksyra och omvandlas sedan långsamt till ättiksyra [Pauly. pers medd.]. Användande av tillstatsmedel förbättrar förutsättningarna för en lyckad konservering. Även hygien är viktig. Att göra rent silor innan inläggning samt maskiner mellan skördarna och även göra rent material som används vid hanteringen är viktigt [Stryszewska *et al.*, 2006].

2.4 Tillsatsmedel

Avsikten med ensilering är att gynna mjölksyrabildningen samt att hindra tillväxt av oönskade mikroorganismer som klostrider, svampar och jäst. Det viktigaste är att skapa en syrefri miljö men också att sänka pH snabbt samt förhindra varmgång [Kung *et al.*, 2003].

Hur snabbt pH sänks och hur mycket mjölksyra som kommer att bildas avgörs av följande faktorer:

- TS- halt i grödan.
- Enzymaktivitet och respirationsaktivitet under förtorkning och inläggning av grödan.
- Sammansättning och egenskaper hos epifytiska mjölksyrabakterier, dvs. bakterier som lever på andra men inte tar någon näring.
- Sockerinnehåll och sockrets tillgänglighet (sönderdelning) samt buffertkapacitet hos grödan.
- Antalet oönskade mikroorganismer som konkurrerar med mjölksyrabakterier om näringen i grödan
[McDonald *et al.*, 2002; Kung *et al.*, 2003].

Tillsatsmedel bidrar till att bevara fodret med så små näringsförluster som möjligt. Tillsatsmedel ska med fördel användas till majs, speciellt om majsens skördas efter den vissnat, har skördats sent eller om ts-halten är väldigt hög. Om plantan har vissnat, som sker vid torra eller frost, blir plantan lättare mottaglig för fältskadesvampar som sedan följer med in i ensilaget. Om majsens har en hög ts-halt blir majsens svårpackad även om den är hackad och då kan det vara bra att tillsätta ett medel som hämmar svampar [Kung *et al.*, 2003]. Även vid lägre ts-halter i grödan bidrar tillsatsmedel till en mer effektiv fermentering.

2.4.1 Kemiska tillsatsmedel

Dessa preparat kan delas in i två grupper; organiska syror och salter av syror. De organiska syrorna t.ex. myrsyra och propionsyra slår ut cellandningen, sänker pH och fungerar bra mot mögelangrepp. Härigenom behövs mindre mängd socker tas från grödan till ensileringsprocessen. Ett tillsatsmedel som innehåller en blandning av myrsyra, propionsyra och formiat (salter av myrsyra), ProMyr® XR 680 (Perstorp AB, Perstorp, Sverige) ger snabb pH-sänkning samt motverkar värmegång i ensilaget. Produktens korrosiva inverkan på maskiner, är reducerad jämfört med rena organiska syror eller blandningar av dessa eftersom formiat ingår [www.perstorp.com.1; www.perstorp.com.2]. Tillsatsmedlet ProMyr® XR680 hämmar tillväxten av mikroorganismer vid jäsning av ensilaget. Detta påvisas med den minskade halten av organiska syror och ammoniak [Pauly, 2008; Weiss & Auerbach, 2010]. Lagringsstabiliteten kan också förbättras i ensilaget om ProMyr XR680 används (Pauly, 2008).

Pauly (2008) visade på lägre viktsförluster under lagringen av ensilage behandlat med ProMyr® XR680 än av obehandlat ensilage. Han har också kommit fram till att om en mycket hög dosering (8 l/ton färskt material) ges av syrapreparatet begränsas mjölksyrabildningen till ett mycket lågt innehåll, vilket leder till ett högre pH i ensilaget. Dock var ensilagets kvalitet ändå bra. Han kunde påvisa i sin studie att mjölksyra, ättiksyra- och etanolbildningen hämmades av syrapreparatet och blev lägre än kontrollen. Syrorna i tillsatsmedlet begränsade dessutom ammoniakbildningen i ensilaget. Weiss & Auerbach (2010) kunde också i sin studie med ProMyr® XR680 visa resultat med en lägre ammoniakkvävehalt jämfört med kontrollen. Om ammoniakhalten blir allt för hög, 8 – 10 av det

totala kvävet kan det leda till att pH blir för högt i ensilaget. Dessutom har ammoniak i ensilage en direkt hämmande effekt på konsumtionen hos idisslarna [Allen *et al.*, 2003].

Kemiska tillsatsmedel som innehåller natriumpropionat och kaliumsorbit samt natriumbensoat motverkar varmgång och har effekt på svampar [Kung *et al.*, 2003]. Detta kan styrkas av försök av Woolford (2006) som har kommit fram till att dessa tillsatsmedel ökar den aeroba stabiliteten i ensilaget. Natriumbensoat i kombination med mjölksyrabakterier är också en effektiv kombination. Den används för att ge ett skydd mot jäst och mögel. Studier har visat att det förbättrar den aeroba stabiliteten [Pedroso *et al.*, 2008]. Dock måste pH sänkas för att natriumbensoaten ska ge någon effekt, vilket är ofta skälet till att det används tillsammans med mjölksyrabakterier. Mjölksyrabakterierna fermenterar socker till mjölksyra, vilket sänker pH och låter natriumbensoat övergå i bensoesyra. Det är sedan bensoesyran som har den antimikrobiella effekten [Kung *et al.*, 2003]. Bensoesyra fungerar bra i majsensilage, både då det tillsätts ensamt eller i kombination med mjölksyrabakterier [Auerbach *et al.*, 2000]. Bensoesyran kan förhindra försämring av majsensilage som orsakas speciellt av mögelsvampar och bensoesyra hämmar oönskad smörsyrafermentering [Auerbach *et al.*, 2000].

Studier av Weiss & Auerbach (2010) visade att preparatet Kofasil Stabil som innehåller natriumbensoat och kaliumsorbit, har en dosberoende effekt på etanolbildningen och ts-förluster under jäsningen. Användning av 2 l/t istället för 1 l/t resulterade i mindre etanolbildning och lägre ts-förluster under lagring. Dock var halten etanol och ts-förluster låga redan vid en dosering på 1 l/t. Redan vid 1 l/t av Kofasil Stabil förbättrades den aeroba stabiliteten jämfört med obehandlat ensilage när silorna öppnades efter 28 dagars lagring. Dessutom är inte denna neutrala saltlösning frätande på hud och metall. De fick också fram i sin studie att ammoniakkvävehalten var oförändrad mot kontrollen och att detta saltpreparat reagerar ungefär som kontrollen med hänsyn till mängd mjölksyra och ättiksyra samt pH-värde. Kofasil Stabil, 2 liter/ton, gav dock lägre etanolhalt än både det obehandlade ensilaget och ensilaget som var behandlat med ProMyr XE680, 4 liter/ton. Dessutom var ts-förlusterna under lagring lägre och lagringsstabiliteten vid luftning av ensilaget betydligt bättre för ensilage behandlat med Kofasil Stabil, 2 liter/ton, än för kontrollensilage [Weiss & Auerbach, 2010].

2.4.2 Biologiska tillsatsmedel

De biologiska tillsatsmedlen består av mjölksyrabakterier och ibland olika enzymer. Enzymerna bryter ner strukturella kolhydrater till lättlösliga sockerarter som kan användas som näring för mjölksyrabakterierna [Nadeau *et al.*, 2000]. Bakteriepreparaten ställer krav på att det finns tillräckligt med socker i grödan. Vid frånvaro av socker kan inte bakterierna växa och förjäsa socker till mjölksyra och ättiksyra. Det finns också näringsberikande tillsatser så som melass och betfor men de används inte till majs eftersom majsgrödan innehåller tillräckligt med kolhydrater för mjölksyrabildningen under ensileringen [Nadeau, pers medd.]. Dock passar sig inte bakteriepreparat så bra i en blöt gröda, eftersom sockerbehovet är större i en blöt gröda på grund av en mer omfattande fermentering och sockerkoncentrationen är lägre än i en förtorkad gröda. Det behövs även mer syra för att nå rätt pH-sänkning [Pahlow *et al.*, 2003]. Det är viktigt vid ensilering att det finns rätt typ av bakterier och i tillräcklig mängd i grödan vid inläggningen.

Den tillsatta mängden mjölksyrabakterier bör uppgå till åtminstone 100 000 bakterier per gram grönmassa. Heterofermentativa mjölksyrabakterier, såsom *Lactobacillus buchneri* som producerar både ättiksyra och mjölksyra, hämmar tillväxt av jäst- och mögelsvampar som en

effekt av ättiksyrabildningen och motverkar därmed varmgång i ensilaget [Kung *et al.*, 2003]. Ofta innehåller preparaten homofermentativa mjölksyrabakterier för att minska förlusterna och få en snabb pH-sänkning genom mjölksyrabildningen. Denna kombination av *L. buchneri* och homofermentativa mjölksyrabakterier, såsom *Lactobacillus plantarum*, ger också en lägre proteinnedbrytning och mindre jäsningsförluster [Driehuis *et al.*, 1999].

Detta kan styrkas av Kristensen *et al.* (2010), som med sin studie visade att det ensilage som behandlades med den heterofermentativa mjölksyrabakterien *Lactobacillus buchneri* hade en god effekt på den aeroba stabiliteten jämfört med obehandlat kontrollensilage. Dessutom ökade innehållet av ättiksyra men halten av mjölksyra minskade. pH-värdet höll sig dock på en acceptabel nivå.

2.5 Lagringstid

Ensileringsprocessen måste hinna avslutas och stabila fasen måste ha påbörjats innan silon öppnas. Tiden för ensileringsprocessen varierar med grödans ts-halt men är vanligtvis avslutad efter 4-6 veckor. Därefter bör den stabila fasen ha pågått under minst 2 veckor innan silon öppnas. Detta innebär att man bör vänta 6-8 veckor innan silon öppnas [Savoie & Jofriet, 2003]. Den kemiska sammansättningen i ensilaget har påvisats påverkas av lagringstiden. Nishino *et al.*, (2003) visade att mjölksyra och ättiksyra minskade när den

3. Material och Metod

3.1 Design ensileringsförsök

Under 2009 odlades majssorten Avenir på ett fält på Götala, SLU Skara, Västra Götaland. Majsens skördades vid tre olika utvecklingsstadium: R4 (degmognadstadium), R5 (dentstadium) och R6 (fysiologiskt stadium) och ensilerades i 1,7- liter glasburkar försedda med jäsrör. Försöksdesignen var ett fullständigt randomiserat försök med fyra upprepningar per behandling. Glasburken var den experimentella enheten som upprepades fyra gånger för varje behandlingskombination. Glasburken benämns silo i denna rapport. Vid varje utvecklingsstadium behandlades majsens med tre olika tillsatsmedel och en kontrollbehandling utan tillsats före ensileringen. Majsens ensilerades i 28 (tre tillsatsmedel) och 110 dagar (fyra tillsatsmedel) (Tabell 2).

Tabell 2. Försöksuppläggning

Mognads stadium	R4, Degmognad 24 sept				R5, Dentmognad 20 okt				R6, Fysiologisk mognad 2 nov			
	Kon-troll	Kofasil Life "M" ¹	Kofasil Majs N	ProMyr XR680	Kon-troll	Kofasil Life "M"	Kofasil Majs N	ProMyr XR680	Kon-troll	Kofasil Life "M"	Kofasil Majs N	ProMyr XR680
Lagringstid 28 d.	4 silor	Ej använt	4 silor	4 silor	4 silor	Ej använt	4 silor	4 silor	4 silor	Ej använt	4 silor	4 silor
Lagringstid 110d	4 silor	4 silor	4 silor	4 silor	4 silor	4 silor	4 silor	4 silor	4 silor	4 silor	4 silor	4 silor

¹Se tabell 3 för beskrivning av tillsatsmedlen.

3.2 Gröda och skörd

Hyrbiden Avenir såddes på Götala, SLU Skara den 28 april 2009. Majsens utsädesmängd var ca 70 000 frö per hektar. Vid varje skördetillfälle skördades hela grödan vid 25 cm stubbhöjd. Skördetillfällena inträffade den 24 september, 20 oktober och 2 november då majsens befanns sig i de tre olika utvecklingsstadierna, R₄, R₅ och R₆. Bilder för kärnan i dessa stadier kan ses i figur 1.

R₄ – Degmognadsstadium. Ts - halten för hela växten är 25 – 30 %. Kärnan är för det mesta gul och innehållet är mjukt och degigt. Den endosperma cellens utveckling är nära fullständig och har vanligen fyra embryonala blad som bildats vid denna tid. Den fortsatta utvecklingen är för cellens expansion och ansamling av stärkelse. Kärnan har en vattenhalt på ungefär 70 till 80 % och har samlat nästan hälften av sin mogna torrsvikt. Den avbrutna majscolven har ljus röd till rosa färg [Mueller *et al.*, 2003].

R₅ – Dentstadium (mjölmognad). I början av detta stadium innehåller kärnan ca 55 % fukt. Många av kärnorna vid detta stadium är buckliga eller har en märklinje och majscolven är mörkröd i färgen. En vit stärkelseinje framträder när man trycker med tumnageln på kärnan. Stärkelseinjen rör sig mot basen av kärnan. Kärnan är hård ovanpå men mjuk under linjen. Majscolven är röd. Ts-halten i hela växten är ca 35 % [Mueller *et al.*, 2003].

R₆ – Fysiologisk mognad. Ts-halten för hela växten är omkring 40 %. Vid detta stadium är kärnans torrsvikt oftast vid sitt maximum. Den fysiologiska mognaden förekommer strax efter det att stärkelseinje försvunnit som uppstod i dentstadiet och precis innan kärnans svarta lager formas på toppen av kärnan. Kärnans vattenhalt vid det fysiologiska stadiets är i medeltal 30 % men kan variera från 25 till 40 % beroende på sort med mera. Att vattenhalten varierar mycket beror på hybridtyper och miljöförhållanden [Mueller *et al.*, 2003].

För att ha tillräckligt med material till varje ensilering skördades minst 100 - 150 plantor vid varje utvecklingsstadium. Ju senare skördetillfälle och utvecklingsstadium desto mer plantor behövdes på grund av att TS-halten blev högre vid varje skördetidpunkt. Nästa moment var hackning av plantorna med en komposthack. Detta för att plantan skulle hackas på ett så likt sätt som möjligt jämfört med verkligheten. Det hackade materialet samlades på en bit siloplast och blandades noggrant. Av det sönderdelade materialet togs fyra prover från vardera av de fyra upprepningarna vid varje skördetillfälle. Det första provet användes för bestämning av partikelstorleksfördelning med Penn State partikelseparator [Heinrichs & Kononoff, 2002]. Den genomsnittliga partikellängden av växtmaterialet var $13 \pm 0,9$ mm. Det andra provet á 200 g användes för bestämning av ts-halten. Det tredje och det fjärde provet bestod av ungefär 500 g vardera som placerades i plastpåsar. Dessa prover frystes för att användas till kommande kemiska analyser.

3.3 Ensilering och tillsatsmedel

Fyra kg grönmassa vägdes in för varje behandling förutom för bakteriepreparatet då två kg grönmassa vägdes in i en gummilåda. Anledningen att det bara vägdes in 2 kg till bakteriepreparatet Kofasil Life ”M” beror på att det endast ensilerades vid 110 dagar. Behandlingspreparaten tillsattes sedan i rekommenderad dos i ml/kg material med spädning med vatten så att 10 ml/kg tillsattes till samtliga behandlingar. Till den obehandlade kontrollen tillsattes 10 ml vatten per kg grönmassa. Spädningen med vatten underlättade en jämn spridning av medlen som sprayades på grönmassan.

Vid ensileringen användes, förutom det obehandlade kontrollet, tre olika tillsatsmedel som presenteras i tabell 3.

Tabell 3. Tillsatsmedlens dosering (rekommenderade doseringar enl. tillverkarna) och innehåll

Tillsats preparat	Dosering	Typ av preparat	Aktiva ingredienser	Tillverkare
Kofasil Life "M"	1*10 ⁵ cfu/g grönmassa	Bakteriepreparat	Heterofermentativ mjölksyrabakterie <i>Lactobacillus buchneri</i> .	Addcon Europe, GmbH, Bonn, Tyskland
Kofasil Majs N	2 liter/ton grönmassa	Saltpreparat	Natriumbenzoat och kaliumsorbit	Addcon Europe GmbH, Bonn, Tyskland
ProMyr [®] XR 680	4 liter/ton grönmassa	Syrapreparat	Myrsyra, propionsyra och formiat i lösning	Perstorp AB, Perstorp, Sverige

De frystorkade mjölksyrabakterierna i Kofasil Life "M" späddes med kranvatten och lagrades i rumstemperatur i 48 timmar innan användning. Startkulturen späddes sedan ytterligare en gång med kranvatten till rätt dosering.

Sju silor, som användes till varje upprepning, fylldes samtidigt. Ensilaget packades för hand i silon till en densitet motsvarande 225 – 250 kg ts/m³. Inför varje nästföljande upprepning med sju burkar växlade de 4 personerna som packade materialet i silon behandlingar så att samtliga packare hade packat samtliga 4 behandlingar efter dagens ensileringsarbete.

Silorna vägdes tomma och fulla vid ensileringen och sedan samma dag som de öppnades på Kungsängens forskningscentrum, SLU Uppsala. Silorna vägdes på samma våg vid båda tillfällena. Viktsförluster i procent av initial ts-vikt uträknades genom differensen mellan färskvikt grönmassa och färskvikt ensilage i silo delat med torrvikten av grönmassa. Svaret multiplicerades med 100 för att bli uttryckt i procentenhet [Weissbach, 2005]. Glasburkarna öppnas efter 28 och 110 dagar, med undantag för burkar som innehöll ensilage med bakteriepreparat som endast öppnades efter 110 dagar. Anledning till att behandlingen med bakteriepreparatet Kofasil Life "M" endast användes till ensilage lagrat i 110 dagar var att det är väl dokumenterat att den heterofermentativa bakterien *Lactobacillus buchneri* behöver längre tid än 28 dagar att avsluta fermenteringen [Kleinschmit och Kung, 2006].

3.4 Öppning av silor

Innan silorna öppnades desinficerades alla aktuella ytor med sprit. Därefter öppnades silon och materialet tömdes i en ny plastpåse. Till hjälp att få ut materialet användes en avflammad järnpinne. Materialet omblandades väl i påsen och delades sedan upp i mindre prover som sedan användes till olika analyser. Vid de tre första öppningarna som skedde efter 28 dagars lagring provtogs 12 silor per gång och vid de följande tre öppningarna som skedde efter 110 dagars lagring öppnades 16 silor per gång. Innehållet i varje silo delades upp i följande delprov:

1. 1 x 100 g prov till SVA, Statens veterinärmedicinska anstalt för mikrobiologisk analys av totalantal jäst- och mögelsvamp.
2. 250 -300 g prov sönderdelades i matberedare och 2 x 50 g prov skickades frysta till Humboldt Universitet i Berlin, Tyskland för bestämning av pH, totalkväve, ammoniak -kväve, socker, syror och alkoholer.
3. För bestämning av ensilagets aeroba lagringsstabilitet togs följande prov: vid första utvecklingsstadium 500 g, andra utvecklingsstadium 400 g och vid tredje utvecklingsstadium 350 g. Bestämningen gjordes vid SLU, Kungsängen forskningscentrum, Uppsala.
4. 300 g prov förtorkades vid 60°C i 24 timmar i ett ventilerat torkskåp.
5. Resten som var kvar frystes ner (-18°C)

Alla prover märktes noggrant. Proverna till SVA, Uppsala skickades samma dag för analys. Proverna till Berlin och restproverna frystes ner snabbt och transporterades tillbaka till Skara för fryslagring innan analys.

De torkade proverna vägdes ut efter att de hade nått rumstemperatur och maldes sedan i en hammarkvarn med 1 mm såll. Det malda materialet placerades i uppmärkta plastburkar för att lagras tills det var dags för analys på Kungsängens laboratorium med avseende på *in vitro* vomvätskelöslig organiska substans (VOS), ts, aska, NDF och stärkelse.

3.5 Ensilagets lagringsstabilitet

Proverna som användes för analys av ensilagets lagringsstabilitet packades luftig i ett öppet PVC-rör (1300 ml) som förslöts på undersidan med en luftgenomsläpplig plastväv. Dessa rör ställdes sedan i en anpassad behållare av frigolit och en desinficerad termometersladd stacks ner i mitten av provet. Varje rör täcktes sedan med ett hushållspapper innan ett hålförsett lock av frigolit lades över. Termometersladdarna var kopplade till en logger som mätte temperaturen varannan timme. Rummet för lagringsstabilitetstesterna hade en medeltemperatur på 20 °C. Proven förvarades på detta sätt under nästan 2 veckor dvs. 13,7 dagar.

Efter 14 dagar avslutades lagringsstabilitetstesterna och frigolitlocket samt pappersskiktet togs av från toppen av de luftiga silorna. Ensilaget i varje rör samlades sedan i en påse och blandades mycket noggrant innan det delades upp i följande prover:

1. 200 g prov (1 plåt) förtorkades i 60 °C i 24 timmar i torkskåp, maldes i en kvarn med 1-mm såll och analyserades för ts-halt, aska och VOS på Kungsängens forskningslaboratorium, SLU Uppsala.
2. 50 g prov skickades fryst för analys av pH till Addcons forskningslaboratorium i Bitterfeld, Tyskland.
3. Resten av provet frystes för att sparas ifall några prover måste tas om.

3.6 Mikrobiologiska och kemiska analyser

Under detta försök har mikrobiologiska och kemiska analyser utförts på några olika laboratorier. På foderlaboratoriet vid SVA bestämdes totalantalet jäst och mögel genom odling med maltextrakt på agarplattor enligt NMKL, Nordisk Metodikommitté för Livsmedel (2005). Medelvärdena för jästförekomst i majsensilage, som visas i tabellerna 8

och 11 i resultaten, var beräknade endast på de silor som hade halter på log 2 koloniformande enheter (cfu)/g ensilage eller högre. Silor med $< \log 2$ cfu/g ensilage är ej medräknade i medelvärdena. Ts-halten i grönmassa bestämdes genom torkning i 105°C i 24 timmar. Ts-halten i ensilage korrigerades för flyktiga ämnen som försvann under torkningen enligt Weissbach & Strubelt (2008).

På Kungsängens forskningslaboratorium, SLU Uppsala utfördes följande bestämningar. Vid bestämning av aska hettades proverna upp till 550°C i 3 timmar i en förvärmd ugn. NDF bestämdes på grönmassa och på ensilage lagrat i 110 dagar enligt Chai och Udén (1998). Stärkelse i grönmassa och i ensilage analyserades enligt Larsson och Bengtsson (1983). Den organiska substansens smältbarhet mätt som VOS i grönmassa och ensilage före och efter lagringsstabilitetstestet bestämdes efter 96 timmars inkubation i våmvätska enligt Lindgren (1979).

På det centrala laboratoriet på jordbruks- och hortonomfakulteten på Humboldt Universitet, Berlin, Tyskland, gjordes följande analyser. På både grönmassa och ensilage analyserades vattenlösliga kolhydrater som gjordes enligt Lengereken & Zimmermann (1991). Totala kvävehalten analyserades endast i grönmassan enligt LUFA Methodenbuch [Naumann and Bassler, 1976]. Totala kvävehalten multiplicerades sedan med 6,25 för att få råproteinhalten. Ammoniakkväve analyserades kolorimetriskt i både grönmassa och ensilage med Scalar (CFSA) baserat på Berthelot reaktion. pH i ensilage bestämdes med hjälp av en pH-meter genom att använda en kalibrerad pH elektrod. Mjölksyra i ensilage bestämdes med HPLC enligt Weiss och Kaiser (1995). Flyktiga fettsyror och alkoholer i ensilage analyserades med gaskromatografi som beskrivs av Weiss (2001).

Vid Addcons forskningslaboratorium i Bitterfeld, Tyskland analyserades pH i ensilage efter lagringsstabilitetstesten med en kalibrerad pH-elektrod.

3.7 Statistisk analys

Data för kemisk sammansättning i grönmassa och ensilage vid öppning av silor, samt antal dagar i lagringsstabilitet, analyserades i PROC GLM, SAS (vers. 9.1). I modellen för grönmassa ingick endast mognadsstadium vid skörd som fix faktor. I modellen för ensilage ingick både mognadsstadium vid skörd och tillsatsmedelsbehandling som fixa faktorer och huvudeffekt av dessa båda samt deras samspelseffekt analyserades med avseende på studerade variabler.

För analys av data angående den organiska substansens smältbarhet och pH i ensilage före och efter lagringsstabilitetstest användes PROC MIXED i SAS med luftning (före och efter lagringsstabilitet) som upprepad mätning. I modellen ingick huvudeffekter av mognadsstadium vid skörd, tillsatsmedelsbehandling och luftning samt deras samspelseffekter.

När signifikant F -värde för samspelseffekter och huvudeffekter påvisades vid $P < 0,05$, utfördes parvisa jämförelser mellan least square means enligt Tukey's t -test. Tendens till signifikans påvisades när $0,05 < P < 0,10$ och då utfördes parvisa jämförelser mellan medelvärdena vid $P < 0,10$.

4. Resultat

4.1 Grönmassa av majs

I tabell 5 visas näringsförändringarna i majsens vid de olika utvecklingsstadierna vid skörd. Vid ett senare utvecklingsstadium ökade ts-halten i grönmassan signifikant. Stärkelsehalten ökade medan innehållet av vattenlösliga kolhydrater minskade vid senare skördetidpunkt. NDF tenderade att öka vid senare utvecklingsstadium. Råproteinhalten var relativt oförändrad mellan skördetidpunkter, medan ammoniakkvävet i procent av totalt kväve ökade vid senare mognadsstadium. Den organiska substansens smältbarhet in vitro mätt som VOS minskade mellan de två första skördetidpunkterna men var sedan oförändrad (Tabell 5).

Tabell 5. Näringsinnehållet i grönmassa av majs vid de olika utvecklingsstadierna vid skörd (n=4). Variablerna anges i % av ts om inget annat anges.

Kemisk sammansättning	Degmognad 24 sept	Dentmognad 20 okt	Fysiologisk mognad 2 nov	SEM ¹	P - värde
TS, %	28,2 ^c	37,1 ^b	40,6 ^a	0,4	<0,0001
Aska	4,67 ^a	3,86 ^b	3,77 ^b	0,10	0,0003
NDF ²	38,5 ^a	44,1 ^b	41,2 ^b	1,4	0,076
Stärkelse	26,9 ^b	32,3 ^{ab}	35,6 ^a	2,0	0,038
Glukos + Fruktos	7,97 ^a	2,31 ^b	0,89 ^c	0,31	<0,0001
VLK ³	8,79 ^a	2,14 ^b	1,20 ^c	0,16	<0,0001
Råprotein	7,08	7,29	7,26	0,09	0,230
NH ₃ -N, % av tot. N ⁴	0,85 ^c	1,52 ^b	2,35 ^a	0,04	<0,0001
VOS ⁵ , %	83,2 ^a	78,6 ^b	77,2 ^b	0,8	0,001

1. SEM = standard error of the mean

2. NDF = neutral detergent fibre = totalfiber

3. VLK = vattenlösliga kolhydrater

4. NH₃-N, % av tot N = ammonium-kväve, % av total-kväve

5. VOS = vomvätskelöslig organisk substans = in vitro smältbarhet av organisk substans

^{a, b, c} medelvärden med olika bokstäver på samma rad skiljer sig signifikant ($P < 0,05$) eller tendens till signifikans ($0,05 < P < 0,10$)

4.2 Majsensilage

Ensilagets innehåll av näring samt jäst och mögel efter 28 dagars lagring

Liksom i grönmassan ökade ts-halten och stärkelseinnehållet i ensilaget med senare utvecklingsstadium som ett genomsnitt över tillsatsmedelsbehandlingarna (tabell 6). Den organiska substansens smältbarhet var dock oförändrad mellan skördetidpunkterna. Sockerhalten (glukos, fruktos och vattenlösliga kolhydrater) var lika i obehandlat ensilage och ensilage med tillsats av Kofasil Majs N (saltpreparat) vid samtliga tre mognadsstadier och det var ingen skillnad i sockerhalt mellan mognadsstadierna för dessa ensilage (Tabell 7). Tillsats av ProMyr® XR680 (syrabehandling) gav en högre sockerhalt än de övriga två ensilagebehandlingarna vid samtliga tre skördetidpunkter (Tabell 7). Sockerhalten i syrabehandlat ensilage var mer än dubbelt så hög vid den första än vid de två senare skördetidpunkterna. Syrabehandlat ensilage innehöll mer vattenlösliga kolhydrater än grönmassan innan ensilering men innehållet av glukos och fruktos var lika mellan syrabehandlat ensilage och grönmassa (Tabell 5 och 7).

Tabell 6. Kemisk sammansättning och viktsförluster i majsensilage vid olika skördetidpunkter i genomsnitt över tillsatsmedel (n=12) och med olika tillsatsmedel i genomsnitt över skördetidpunkt (n=12) vid 28 dagars lagring. Variablerna anges i % av ts om inget annat anges.

	Skördetidpunkt			Behandling						
	Dag mognad 24 sep	Dag mognad 20 okt	Fysiologisk mognad 2 nov	SEM	P-värde	Kontroll	Kofasil Majs N	ProMyr XR680	SEM ¹	P-värde
TS %	30,7 ^c	39,1 ^b	42,6 ^a	0,2	<0,0001	37,3	37,3	37,9	0,2	0,1094
Aska	4,72 ^a	3,75 ^b	3,76 ^b	0,04	<0,0001	4,05	4,10	4,09	0,04	0,6874
Stärkelse	25,9 ^b	34,0 ^a	35,2 ^a	0,8	<0,0001	32,1	32,2	30,7	0,8	0,3140
VOS ² %	82,8	80,5	81,1	0,9	0,2026	81,4	81,1	82,0	0,9	0,7955
G + F ³	3,48 ^a	1,09 ^b	1,39 ^b	0,13	<0,0001	0,84 ^b	0,72 ^b	4,40 ^a	0,13	<0,0001
VLK ⁴	6,57 ^a	3,33 ^b	3,66 ^b	0,22	<0,0001	2,9 ^b	2,5 ^b	8,16 ^a	0,22	<0,0001
pH	4,15 ^c	4,36 ^b	4,53 ^a	0,03	<0,0001	4,27 ^a	4,23 ^b	4,53 ^a	0,03	<0,0001
Mjölksyra	2,98 ^a	1,68 ^b	1,33 ^b	0,15	<0,0001	2,63 ^a	2,94 ^a	0,42 ^b	0,15	<0,0001
Ättiksyra	0,86 ^a	0,62 ^b	0,64 ^b	0,02	<0,0001	0,85 ^a	0,82 ^a	0,45 ^b	0,02	<0,0001
Etanol	0,066 ^c	0,276 ^b	0,323 ^a	0,01	<0,0001	0,35 ^a	0,26 ^b	0,05 ^c	0,01	<0,0001
NH ₃ N ⁵	4,92 ^b	5,28 ^b	6,91 ^a	0,16	<0,0001	6,61 ^a	6,26 ^a	4,24 ^b	0,16	<0,0001
Viktförl. ⁶	0,17 ^b	0,82 ^a	0,74 ^a	0,04	<0,0001	0,85 ^a	0,69 ^b	0,20 ^c	0,04	<0,0001

1. SEM = standard error of the mean

2. VOS = Vomvätska organisk substans

3. G + F = glukos+fruktos

4. VLK = Vattenlösliga kolhydrater

5. NH₃N, % av tot N= Ammonium-kväve, % av total-kväve

6. Viktsförluster i % av initial torrsvikt

^{a,b,c} = medelvärden med olika bokstäver på samma rad skiljer sig signifikant ($P < 0,05$)

Ensilage utan tillsats och ensilage med saltpreparat hade liknande pH-värden. De båda hade ett lägre pH-värde än det syrabehandlade ensilaget förutom vid den andra skördetidpunkten då samtliga ensilage hade likvärdiga pH-värden. pH-värdena i obehandlat och saltbehandlat ensilage ökade med senare mognad fram till andra skördetidpunkten men var därefter oförändrade. Däremot ökade pH-värdet för det syrabehandlade ensilaget först vid den sista skörden i november. Bildningen av mjölksyra skilde sig inte mellan obehandlat och saltbehandlat ensilage. Mjölksyrhalten var betydligt större för dessa två led än för syrabehandlat ensilage, speciellt vid de två första mognadsstadierna. Mjölksyrhalten i obehandlat och saltbehandlat ensilage var högre vid den första än vid de två senare skördetidpunkterna medan mjölksyrhalten i syrabehandlat ensilage var oförändrad mellan majsens mognadsstadier. Ättiksyrahalten var låg i samtliga ensilage men var lägre i det syrabehandlade ensilaget än i de två andra ensilagebehandlingarna. Halten ättiksyra i ensilagen följde samma mönster som mjölksyran med avseende på effekt av mognadsstadium.

Propionsyra återfanns endast i det syrabehandlade ensilaget och kommer antagligen från tillsatsen (0,17–0,28 % av ts). 1,2 – Propandiol fanns i kontrollensilaget vid dentmognad (0,016 % av ts) och vid fysiologisk mognad (0,108 % av ts) samt i syrabehandlat ensilage vid fysiologisk mognad (0,016 % av ts). 2,3-Butandiol fanns i obehandlat (0,094-0,097 % av ts) och i saltbehandlat ensilage (0,029-0,034 % av ts) vid andra och tredje skördetidpunkten.

Tabell 7. Kemisk sammansättning och viktsförluster i majsensilage skördat vid olika tidpunkter och behandlat med olika tillsatser vid 28 dagars lagring (n=4). Variablerna anges i % av ts om inget annat anges.

	Degmognad			Dentmognad			Fysiologisk mognad			SEM ¹	P-värde
	24 sep			20 okt			2 nov				
	Kon-troll	Kofasil Majs N	ProMyr XR680	Kon-troll	Kofasil Majs N	ProMyr XR680	Kon-troll	Kofasil Majs N	ProMyr XR680		Skörd x Tillsats
Ts, %	30,6	30,4	31,2	38,7	39,3	39,4	42,5	42,3	43,0	0,4	0,7380
Aska	4,71	4,76	4,68	3,75	3,72	3,79	3,68	3,82	3,79	0,08	0,7069
Stärkelse	26,5	25,8	25,3	34,5	35,6	31,9	35,5	35,2	35,0	1,3	0,6789
VOS ² %	82,7	82,9	82,8	80,9	79,9	80,6	80,5	80,3	82,5	1,6	0,9358
G+F ³	0,99 ^c	0,88 ^c	8,58 ^a	0,51 ^c	0,38 ^c	2,37 ^b	1,03 ^c	0,90 ^c	2,25 ^b	0,22	<0,0001
VLK ⁴	3,36 ^c	3,12 ^c	13,2 ^a	2,68 ^c	1,64 ^c	5,68 ^b	2,67 ^c	2,73 ^c	5,59 ^b	0,37	<0,0001
pH	4,05 ^c	3,94 ^c	4,45 ^b	4,35 ^b	4,28 ^b	4,45 ^b	4,42 ^b	4,47 ^b	4,69 ^a	0,04	0,0001
Mjölksyra	3,85 ^a	4,99 ^a	0,10 ^d	2,00 ^b	2,27 ^b	0,78 ^{cd}	2,03 ^b	1,57 ^{bc}	0,38 ^{cd}	0,25	<0,0001
Ättiksyra	1,10 ^a	0,98 ^a	0,51 ^c	0,69 ^b	0,75 ^b	0,42 ^c	0,75 ^b	0,72 ^b	0,44 ^c	0,03	0,0003
Etanol	0,14 ^c	0,06 ^c	0,00 ^c	0,45 ^a	0,31 ^b	0,06 ^c	0,47 ^a	0,41 ^{ab}	0,10 ^c	0,02	<0,0001
NH ₃ -N ⁵	6,09 ^b	6,02 ^b	2,65 ^c	6,31 ^{ab}	5,75 ^b	3,77 ^c	7,43 ^a	6,99 ^{ab}	6,30 ^{ab}	0,27	0,0004
Viktf., ⁶	0,36 ^b	0,14 ^{bc}	0,00 ^c	1,16 ^a	0,99 ^a	0,31 ^b	1,02 ^a	0,94 ^a	0,27 ^{bc}	0,06	0,0007

1. SEM = standard error of the mean

2. VOS = vomvätskelöslig organisk substans = in vitro smältbarhet av organisk substans

3. G+F = glukos+fruktos

4. VLK = vattenlösliga kolhydrater

5. NH₃-N, % av tot N- ammonium-kväve, % av total-kväve

6. Viktsförluster i % av initial torrsvikt.

^{a,b,c,d} medelvärden med olika bokstäver på samma rad skiljer sig signifikant ($P < 0,05$)

Innehållet av etanol var lågt i ensilagen och den lägsta etanolhalten fanns i syrabehandlat ensilage vid de två sista skördetidpunkterna. Saltbehandlat ensilage hade lägre halt av etanol än kontrollensilaget vid den andra skördetidpunkten men skilde sig inte från kontrollen vid de två andra skördarna. Etanolhalten i obehandlat och saltbehandlat ensilage ökade från första till andra skörd men var oförändrad mellan skördarna i syrabehandlat ensilage. Ammoniakkvävet var lågt i samtliga ensilage och var lägre i syrabehandlat ensilage än i de övriga ensilagen vid de två första mognadsstadierna. Däremot var det ingen skillnad i ammoniakkvävehalt mellan

tillsatsmedelsbehandlingarna vid fysiologisk mognad hos majsens. Viktsförlusterna i ensilagen under 28 dagars lagring var mycket små men ökade mellan de två första mognadsstadierna hos majsens för att därefter vara oförändrade.

Förekomsten av jäst var under detektionsgränsen ($< \log 2$ colony-forming units (cfu)/g) i behandlat ensilage (Tabell 8). I obehandlat ensilage var jästförekomsten större, speciellt vid de två senare skördarna. Mögelförekomsten låg under detektionsgränsen dvs. $< \log 2$ cfu/g ensilage i samtliga prover.

Tabell 8. Jäst och mögelförekomst i majsensilage efter 28 dagars lagring (n=4)¹. Enheten är log cfu/g.

	Degmognad 24 sept	Dentmognad 20 okt	Fysiologisk mognad 2 nov
<i>Totalantal jäst</i>			
Kontroll	2 av 4 silos: 2,3 ¹	2 av 4 silos: 3,4	2 av 4 silos: 3,8
Kofasil Majs N	$< 2,0$	$< 2,0$	$< 2,0$
Promyr XR680	$< 2,0$	$< 2,0$	$< 2,0$
<i>Totalantal mögel</i>			
Kontroll	$< 2,0$	$< 2,0$	$< 2,0$
Kofasil Majs N	$< 2,0$	$< 2,0$	$< 2,0$
Promyr XR680	$< 2,0$	$< 2,0$	$< 2,0$

¹ De ensilage med $< \log 2$ cfu/g är inte med i medelvärdet.

Ensilagets innehåll av näring samt jäst och mögel efter 110 dagars lagring

Precis som vid 28 dagars lagring och i grönmassan ökade ts-halten och stärkelseinnehållet i ensilaget med senare utvecklingsstadium vid skörd som ett genomsnitt över tillsatsmedelsbehandlingarna (Tabell 9). Den organiska substansens smältbarhet minskade mellan de två första mognadsstadierna men var därefter oförändrad (Tabell 9).

Vid fysiologisk mognad var mängden vattenlösliga kolhydrater lägre i ensilaget preparerat med Kofasil Life M (bakteriepreparat) jämfört med de övriga ensilagebehandlingarna (Tabell 10). Vid de två tidigare utvecklingsstadierna skilde sig sockerhalten i det bakteriebehandlade ensilaget endast från sockerhalten i det syrabehandlade ensilaget. Syrabehandlat ensilage hade högst sockerhalt vid den första skördetidpunkten men skilde sig inte från obehandlat och saltbehandlat ensilage vid de två senare skördetidpunkterna. pH värdena var låga och generellt sett fanns det inga stora avvikelser i pH mellan olika behandlingar inom respektive mognadsstadium.

Tabell 9. Kemisk sammansättning och viktsförluster i majsensilage vid olika skördetidpunkter i genomsnitt över tillsatsmedel (n=16) och med olika tillsatsmedel i genomsnitt över skördetidpunkt (n=12) vid 110 dagars lagring. Variablerna anges i % av ts om inget annat anges.

	Skördetidpunkt			Behandling							P-värde
	Deg mognad 24 sep	Dent mognad 20 okt	Fysiologis mognad 2 nov	SEM	P-värde	Kontroll	Kofasil Life M	Kofasil Majs N	ProMyr XR680	SEM ¹	
TS (%)	29,4 ^c	38,0 ^b	40,8 ^a	0,3	<0,0001	36,2	36,0	36,2	35,8	0,3	0,79
Aska	4,90 ^a	3,88 ^b	3,84 ^b	0,04	<0,0001	4,19	4,17	4,23	4,24	0,05	0,725
NDF ²	36,0	37,2	37,1	0,7	0,433	36,0	38,2	36,8	35,9	0,8	0,193
Stärkelse	25,4 ^b	33,7 ^a	32,3 ^a	0,7	<0,0001	30,3	31,3	29,9	30,3	0,8	0,629
VOS ³	84,8 ^a	82,2 ^b	82,1 ^b	0,6	0,007	83,3	83,6	82,6	82,6	0,7	0,690
G + F ⁴	2,00 ^{ab}	1,46 ^b	2,32 ^a	0,24	0,049	1,59 ^b	0,32 ^c	1,60 ^b	4,20 ^a	0,28	<0,0001
VKL ⁵	5,02 ^a	3,07 ^b	4,89 ^a	0,36	0,001	4,12 ^b	1,30 ^c	3,93 ^b	7,95 ^a	0,42	<0,0001
pH	3,93 ^b	4,31 ^a	4,34 ^a	0,02	<0,0001	4,14 ^{bc}	4,23 ^{ab}	4,13 ^c	4,28 ^a	0,03	0,0005
Mjölksyra	4,56 ^a	1,73 ^b	2,01 ^b	0,11	<0,0001	3,86 ^a	2,65 ^b	3,44 ^a	1,10 ^c	0,13	<0,0001
Ättiksyra	1,18	1,29	1,22	0,05	0,239	1,09 ^b	2,02 ^a	1,10 ^b	0,72 ^c	0,05	<0,0001
Etanol	0,25 ^b	0,46 ^a	0,49 ^a	0,05	<0,0001	0,41 ^b	0,60 ^a	0,34 ^{bc}	0,25 ^c	0,04	<0,0001
NH ₃ N ⁶	6,77 ^b	7,20 ^b	8,96 ^a	0,18	<0,0001	8,27 ^a	8,63 ^a	8,00 ^a	5,67 ^b	0,21	<0,0001
Viktförl ⁷	1,30	1,86	1,78	0,22	0,152	1,52 ^b	2,70 ^a	1,32 ^b	1,04 ^b	0,25	<0,0002

¹SEM = standard error of the mean

²NDF = neutral detergent fibre = totalfiber

³VOS =Vomvätska organisk substans

⁴G + F = glukos+fruktos

⁵VLK = Water soluble corbonhydrates, Vattenlösliga kolhydrater, i % av ts.

⁶NH₃N, % av tot N= Ammonium-kväve, % av total-kväve

⁷Viktsförluster i % av initial torrsvikt

^{a,b,c} medelvärden med olika bokstäver på samma rad skiljer sig signifikant ($P < 0,05$)

Mjölksyrabildningen minskade mellan de två första skördetidpunkterna för kontroll, bakterie- och saltpreparatet (Tabell 10). Därefter var värdena oförändrade för dessa behandlingar. Liksom vid 28 dagars lagring producerade det syrabehandlade ensilaget lika mycket mjölksyra vid varje skördetidpunkt. Ensilage med tillsats av syra hade lägst innehåll av mjölksyra vid första skördetidpunkten men skilde sig inte från mjölksyrhalten i bakteriebehandlat ensilage vid de två sista utvecklingsstadierna. Saltbehandlat ensilage hade samma mängd mjölksyra som obehandlat ensilage vid samtliga skördetidpunkter medan ensilaget behandlat med heterofermentativa mjölksyrabakterier hade lägre mjölksyrhalten än kontrollen och saltbehandlat ensilage vid dentmognad och fysiologisk mognad. Mängden ättiksyra var mycket låg i ensilagen och skilde sig inte mellan behandlingarna vid degmognad (Tabell 10). Vid dentmognad och vid fysiologisk mognad var ättiksyrhalten högst i ensilage

behandlat med heterofermentativa mjölksyrabakterier (Kofasil Life ”M”). Propionsyra återfanns endast i syrabehandlat ensilage och kommer antagligen från tillsatsen (0,20 – 0,24 % av ts). 1,2-Propandiol fanns i bakterie- (0,106 -1,860 % av ts) och saltbehandlingen (0,018-0,0307 % av ts) vid samtliga mognadsstadier. Endast vid skörden i november fanns det spår av 1,2-propandiol i kontrollen (0,08 % av ts) och i syrabehandlingen (0,028 % av ts). Etanolhalten var mycket låg i samtliga ensilage och skilde sig oftast inte mellan behandlingar och mognadsstadier.

Tabell 10. Kemisk sammansättning och viktsförluster i majsensilage skördat vid olika tidpunkter och behandlat med olika tillsatser (n=4) under 110 dagars lagring. Variablerna anges i % av ts om inget annat anges.

	Degmognad				Dentmognad				Fysiologisk mognad				P-värde	
	24 sep				20 okt				2 nov					
	Kon-troll	Kofasil Life M	Kofasil Majs N	Pro-Myr XR680	Kon-troll	Kofasil Life M	Kofasil Majs N	Pro-Myr	Kon-troll	Kofasil Life M	Kofasil Majs N	Pro-Myr XR 680	SEM ¹	Skörd x Tillsats
TS, %	29,3	29,2	29,3	29,7	38,0	37,8	37,9	38,3	41,3	40,9	41,6	39,4	0,6	0,293
Aska	4,89	4,87	4,91	4,92	3,90	3,77	3,98	3,89	3,78	3,87	3,80	3,92	0,09	0,766
Stärkelse	24,6	25,8	25,8	25,3	34,0	34,4	32,5	34,0	32,4	33,8	31,3	31,7	1,4	0,942
NDF ²	36,1	37,0	35,2	35,5	35,7	38,8	39,0	35,3	36,3	38,8	36,3	36,8	1,4	0,700
VOS ³ , %	83,8	86,1	84,6	84,6	83,3	82,0	82,4	81,1	82,7	82,7	80,7	82,1	1,3	0,750
G + F ⁴	0,99 ^{cd}	0,89 ^{cd}	1,05 ^{cd}	5,10 ^a	1,41 ^{bcd}	0,04 ^d	0,88 ^{cd}	3,51 ^{ab}	2,38 ^{bc}	0,03 ^d	2,86 ^{abc}	4,01 ^{ab}	0,48	0,028
VLK ⁵	3,70 ^{cd}	3,13 ^{cd}	3,49 ^{cd}	9,78 ^a	3,63 ^{cd}	0,36 ^d	2,70 ^{cd}	5,57 ^{bc}	5,02 ^{bc}	0,41 ^d	5,60 ^{bc}	8,51 ^{ab}	0,72	0,010
pH	3,93 ^{def}	3,83 ^f	3,91 ^{ef}	4,06 ^{de}	4,20 ^{cd}	4,54 ^a	4,16 ^{cd}	4,35 ^{abc}	4,29 ^{bcd}	4,31 ^{abc}	4,31 ^{bc}	4,43 ^{ab}	0,05	0,0001
Mjölksyra	5,51 ^a	5,95 ^a	5,31 ^a	1,45 ^{ef}	3,08 ^{bc}	0,48 ^f	2,46 ^{cde}	0,89 ^f	2,99 ^{bc}	1,52 ^{def}	2,56 ^{bc}	0,95 ^f	0,22	<0,0001
Ättiksyra	1,39 ^b	1,12 ^{bcd}	1,24 ^{bc}	0,95 ^{bcd}	0,83 ^{cde}	2,71 ^a	1,14 ^{bcd}	0,48 ^e	0,99 ^{bc}	2,25 ^a	0,92 ^{cde}	0,72 ^{de}	0,09	<0,0001
Etanol	0,15 ^{cde}	0,25 ^{cde}	0,10 ^{de}	0,48 ^{bc}	0,44 ^{bcd}	0,88 ^a	0,44 ^{bcd}	0,07 ^e	0,64 ^{ab}	0,67 ^{ab}	0,46 ^{bc}	0,20 ^{bcde}	0,07	<0,0001
NH ₃ N ⁶	8,26 ^{abc}	7,51 ^{bc}	7,51 ^{bc}	3,82 ^d	7,83 ^{bc}	8,71 ^{abc}	7,15 ^c	5,10 ^d	8,71 ^{abc}	9,67 ^a	9,34 ^{ab}	8,11 ^{abc}	0,36	0,0003
Viktsförl ⁷	1,28	1,72	1,15	1,03	1,74	3,48	1,5	0,71	1,55	2,89	1,31	1,38	0,43	0,3724

1. SEM = standard error of the mean,

2. NDF = neutral detergent fibre = totalfiber

3. VOS = Vomvätska organisk substans

4. G + F = glukos+fruktos

5. VLK = Water soluble carbonhydrates, Vattenlösliga kolhydrater, i % av ts.

6. NH₃N, % av tot N= Ammonium-kväve, % av total-kväve

7. Viktsförluster i % av initial torrsvikt

a,,b, c, d, e, f medelvärden med olika bokstäver på samma rad skiljer sig signifikant ($P < 0,05$)

Halten ammoniakkväve skilde sig inte mellan behandlingarna förutom att ensilage behandlat med syra hade lägre ammoniakkvävehalt än de övriga behandlingarna vid degmognad och dentmognad (Tabell 10). Viktsförlusterna var låga för samtliga behandlingar. Som ett

genomsnitt över utvecklingsstadier var viktsförlusterna högre för ensilaget som behandlades med heterofermentativa mjölktyrabakterier än för de övriga ensilagen (Tabell 9).

Förekomsten av jäst var under detektionsgränsen ($< \log 2$ cfu/g) i saltbehandlat ensilage (Tabell 11). Jästförekomsten var högre i kontrollen. Det förekom även jäst i bakteriebehandlat och i syrabehandlat ensilage. Det dekteterades ingen mögel i proverna.

Tabell 11. Jäst och mögelförekomst i majsensilage vid 110 dagars lagring (n=4). Enheten är log cfu/g.

	Degmognad 24 sept	Dentmognad 20 okt	Fysiologisk mognad 2 nov
<i>Totalantal jäst</i>			
Kontroll	3 av 4 silos: 3,1 ¹	3 av 4 silos: 4,2	3 av 4 silos: 3,6
Kofasil Life M	3 av 4 silos: 4,5	$< 2,0$	1 av 4 silos: 4,7
Kofasil Majs N	$< 2,0$	$< 2,0$	$< 2,0$
Promyr XR680	1 av 4 silos: 3,0	2 av 4 silos: 3,0	$< 2,0$
<i>Totalantal mögel</i>			
Kontroll	$< 2,0$	$< 2,0$	$< 2,0$
Kofasil Life M	$< 2,0$	$< 2,0$	$< 2,0$
Kofasil Majs N	$< 2,0$	$< 2,0$	$< 2,0$
Promyr XR680	$< 2,0$	$< 2,0$	$< 2,0$

¹ De ensilage med < 1 og 2 cfu/g är inte med i medelvärdet.

4.3 Lagringsstabilitet i majsensilage

Lagringsstabilitet i majsensilage efter 28 och 110 dagars lagring

I tabellerna 12 och 13 visas majsensilagens lagringsstabilitet som antal dagar som det tar innan temperaturen i ensilaget ökar 2°C över den omgivande temperaturen. Kontrollen var den behandling som tog värme fortast men den skilde sig inte från det bakteriebehandlade och syrabehandlade ensilaget skördat vid degmognad och lagrat i 110 dagar. Det var heller ingen skillnad mellan obehandlat och syrabehandlat ensilage skördat vid fysiologisk mognad och lagrat i 28 dagar. Saltpreparatet var den behandling som klarade sig bäst i samtliga mognadsstadier med att hålla nere temperaturen. Ensilage behandlat med salt hade signifikant bättre lagringsstabilitet än kontrollensilage vid samtliga mognadsstadier och ökade inte i temperatur under hela mätperioden i ensilage skördat vid deg och dentmognad vid båda lagringstiderna (Tabell 12 och 13).

Tabell 12. Effekt av behandling inom mognadsstadium på antal dagar innan temperaturen i ensilaget har ökat 2°C eller mer, över omgivande temperatur vid lagringsstabilitetstest i 13,7 dagar (n = 4) efter 28 dagars lagring av ensilaget.

Mognadsgrad vid skörd	Kontroll	Kofasil Majs N	ProMyr XR680	SEM	P - värde
					Behandling
Degmognad, 24 sept,	8,7 ^b	≥ 13,7 ^a	≥ 13,7 ^a	1,4	0,057
Dentmognad, 20 okt,	6,2 ^b	≥ 13,7 ^a	12,7 ^a	0,7	0,0001
Fysiologisk mognad, 2 nov,	6,4 ^b	12,0 ^a	9,9 ^{ab}	1,0	0,012

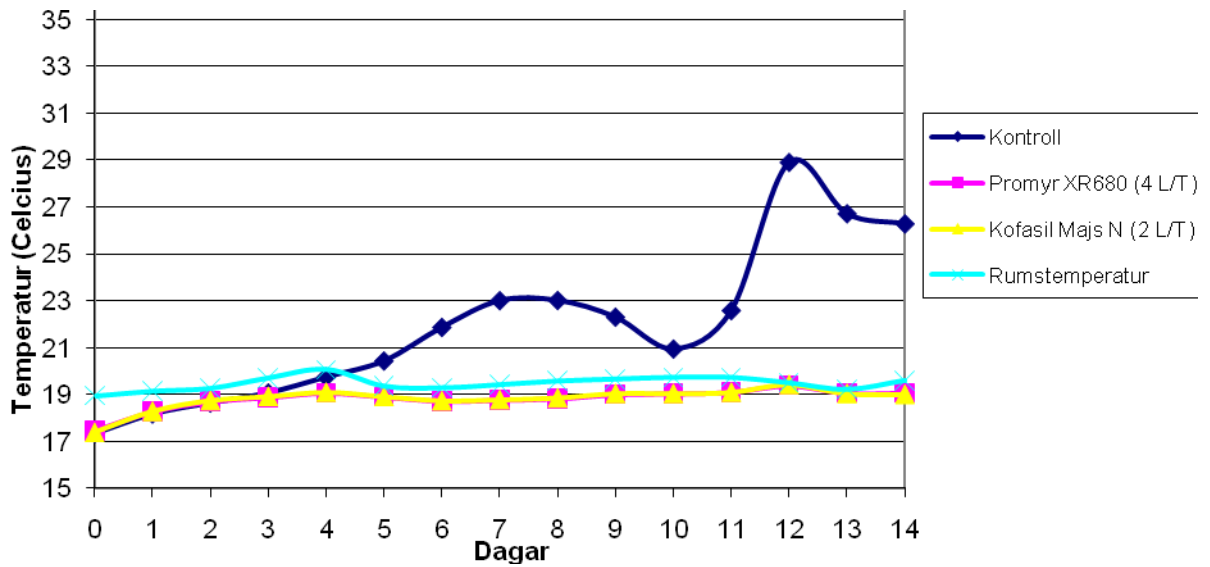
^{a, b} medelvärden med olika bokstäver på samma rad skiljer sig signifikant ($P < 0,05$) eller tendens till signifikans ($0,05 < P < 0,10$)

Tabell 13. Effekt av behandling inom mognadsgrad på antal dagar innan temperaturen i ensilaget har ökat 2°C över omgivande temperatur vid lagringsstabilitetstest i 13,7 dagar (n = 4) efter 110 dagars lagring av ensilaget.

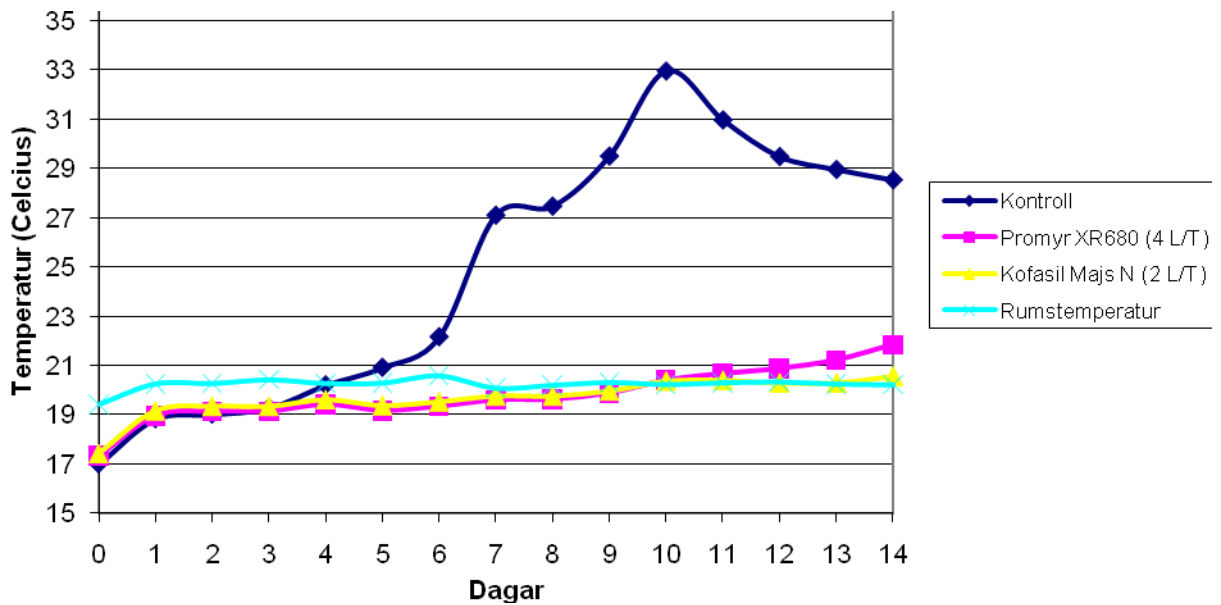
Mognadsgrad vid skörd	Kontroll	Kofasil	Kofasil	ProMyr XR680	SEM	P - värde
		Life M	Majs N			Behandling
Degmognad, 24 sept,	5,7 ^b	6,3 ^{ab}	≥ 13,7 ^a	11,0 ^{ab}	1,7	0,021
Dentmognad, 20 okt,	5,4 ^b	≥ 13,7 ^a	≥ 13,7 ^a	10,3 ^a	1,0	0,0002
Fysiologisk mognad, 2 nov,	4,7 ^b	11,4 ^a	10,5 ^a	10,6 ^a	1,4	0,020

^{a, b} medelvärden med olika bokstäver på samma rad skiljer sig signifikant ($P < 0,05$)

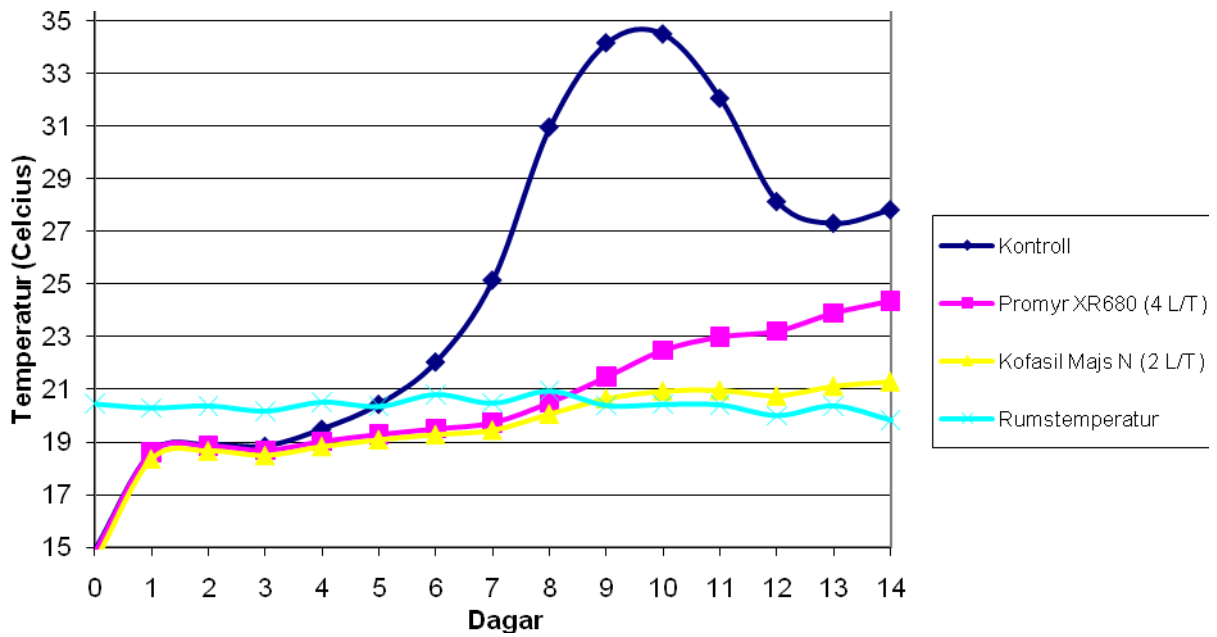
Kontrollensilaget vid 28 dagar ökade i temperatur relativt snabbt och nådde maximala temperaturer kring 33-35 °C vid de senare skördetidpunkterna (Figur 3-5). Syrabehandlingen ökade i temperatur efter 10 dagar vid det sista utvecklingsstadiet men höll nere temperaturen vid de två första utvecklingsstadierna efter 28 dagars lagring (Figur 3-5). Syrabehandlat ensilage lagrat i 110 dagar ökar i temperatur efter ca 10 dagar vid de två senare skördetidpunkterna (Figur 7 och 8). Ensilage behandlat med Kofasil Majs N höll mycket stabila låga temperaturer under hela mätperioden förutom vid den sista skördetidpunkten i ensilage lagrat i 110 dagar där temperaturen ökade efter 10 dagar (Figur 8). Dessutom syns en stigning av temperaturen med bakteriebehandlingen i degmognadstadiet, (figur 6) men inte i de två senare stadierna (Figur 7 och 8).



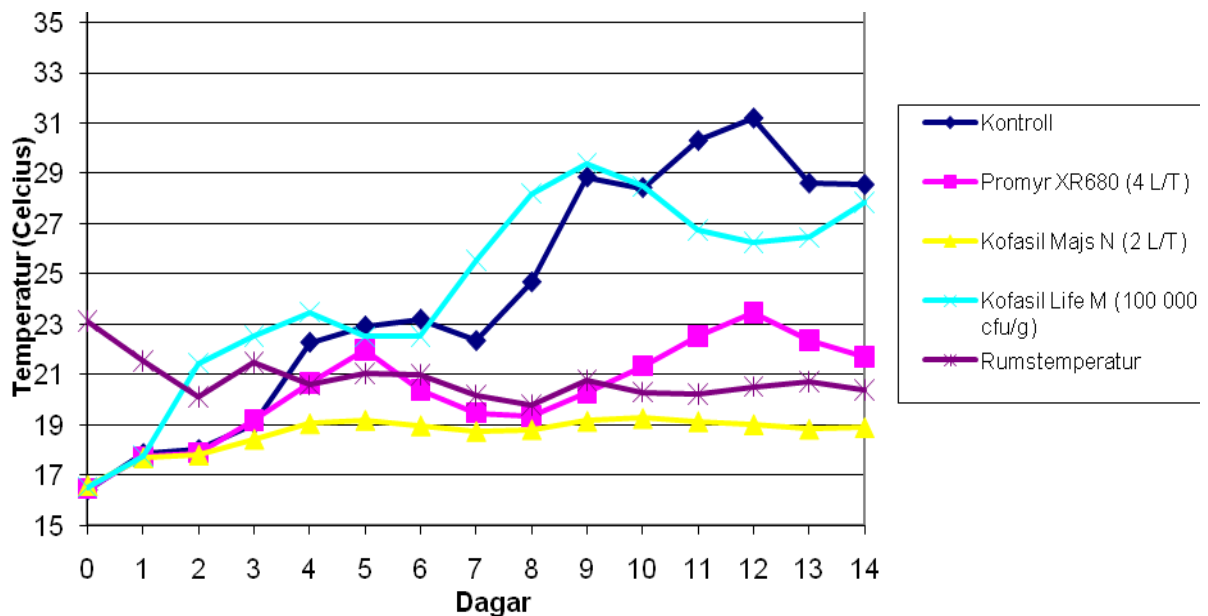
Figur 3. Temperaturförändringar under lagringsstabilitetstest i majsensilage som har lagrats i 28 dagar efter skörd vid degmognad, 24 september 2009 (n=4).



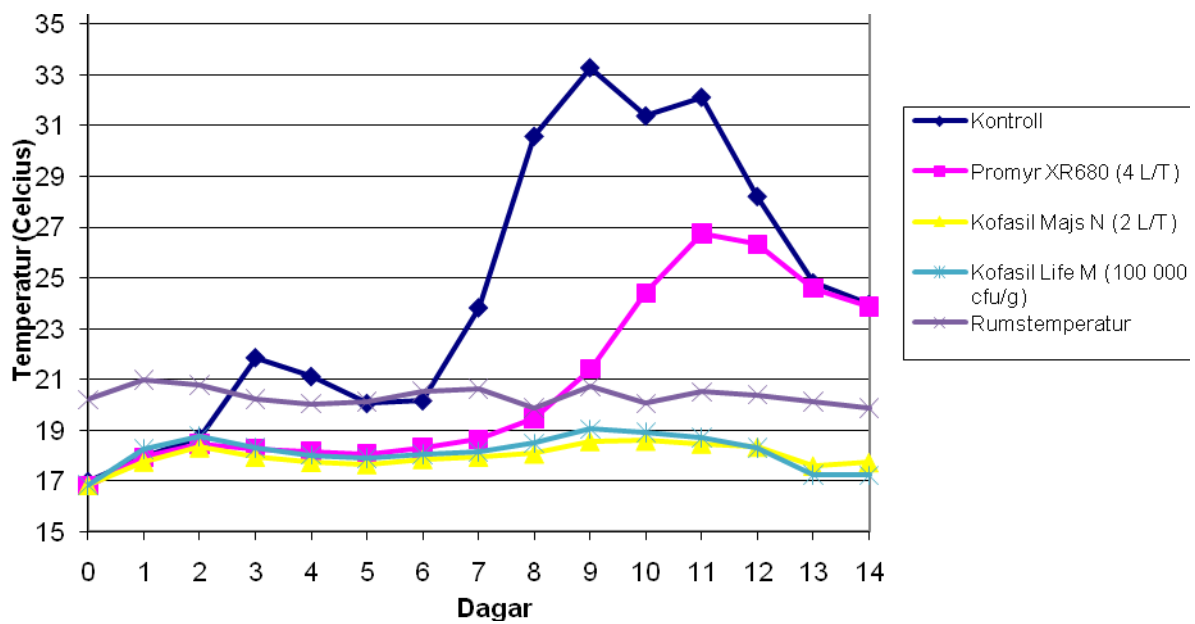
Figur 4. Temperaturförändringar under lagringsstabilitetstest i majsensilage som har lagrats i 28 dagar efter skörd vid dentmognad, 20 oktober 2009 (n=4).



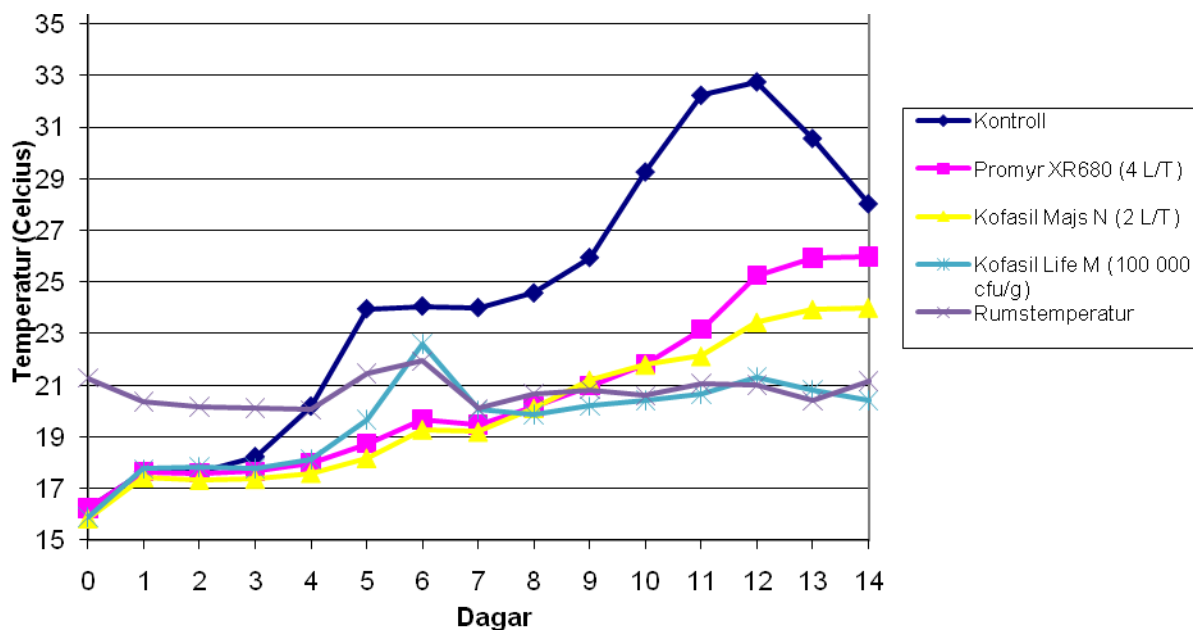
Figur 5. Temperaturförändringar under lagringsstabilitetstest i majsensilage som har lagrats i 28 dagar efter skörd vid fysiologisk mognad, 2 november 2009.



Figur 6. Temperaturförändringar under lagringsstabilitetstest i majsensilage som har lagrats i 110 dagar efter skörd vid degmognad, 24 september 2009 (n=4).



Figur 7. Temperaturförändringar under lagringsstabilitetstest i majsensilage som har lagrats i 110 dagar efter skörd vid dentmognad, 20 oktober 2009 (n=4).



Figur 8. Temperaturförändringar under lagringsstabilitetstest i majsensilage som har lagrats i 110 dagar efter skörd vid fysiologisk mognad, 2 november 2009 (n=4).

Det blev en minskning av den organiska substansens smältbarhet för det obehandlade ensilaget under luftning (aerob lagringsstabilitetstest) efter 28 och 110 dagars lagring (Tabell 14). Dessutom minskade smältbarheten under luftning av ensilage behandlat med bakteriepreparat och lagrat i 110 dagar. Övriga behandlingar hade ingen skillnad i smältbarhet som en effekt av luftning.

Ensilage som skördades vid dentmognad och fysiologisk mognad och lagrats i 28 dagar hade en minskning av smältbarheten av den organiska substansen under luftning (Tabell 15). Dock kunde inte denna effekt påvisas i ensilage som lagrats i 110 dagar (Tabell 15).

Tabell 14. Effekt av luftning i 13,7 dagar på organiska substansens smältbarhet in vitro (%) i ensilage behandlat med olika tillsatsmedel och lagrat i 28 och 110 dagar (n=12).

Lagrings- tid	Före lagringsstabilitetstest				Efter lagringsstabilitetstest				SEM	P-värde Tillsats x Luftning
	Kon- troll	Kofasil Life M	Kofasil Majs N	Promyr XR 680	Kon- troll	Kofasil Life M	Kofasil Majs N	Promyr XR 680		
28 dagar	81,4 ^a	-	81,1 ^a	81,9 ^a	73,7 ^b		80,4 ^a	79,8 ^a	0,9	0,0001
110 dagar	83,3 ^a	83,6 ^a	82,6 ^a	82,6 ^a	76,4 ^b	79,9 ^b	82,3 ^a	80,0 ^a	1,0	0,002

^{a, b} medelvärden med olika bokstäver på samma rad skiljer sig signifikant ($P < 0,05$)

Tabell 15. Effekt av luftning i 13,7 dagar på organiska substansens smältbarhet in vitro (%) i ensilage skördat vid olika mognadsstadier och lagrat i 28 och 110 dagar (n=12 vid 28 dagar och n=16 vid 110 dagar).

	Före lagringsstabilitetstest			Efter lagringsstabilitetstest			SEM	P-värde Mognad x Luftning
	Deg mognad 24 sept.	Dent mognad 20 okt.	Fysiologisk mognad 2 nov.	Deg mognad 24 sept.	Dent mognad 20 okt.	Fysiologisk mognad 2 nov.		
28 dagar	82,8 ^a	80,5 ^a	81,1 ^a	81,5 ^a	76,0 ^b	76,3 ^b	0,9	0,045
110 dagar	84,8	82,2	82,1	79,9	78,6	80,3	0,9	0,083

^{a, b} medelvärden med olika bokstäver på samma rad skiljer sig signifikant ($P < 0,05$)

pH-värdet ökade för syrabehandlat och obehandlat ensilage under luftning efter 28 och 110 dagars lagring (Tabell 16). Detsamma kunde påvisas för bakteriebehandlat ensilage efter 110 dagars lagring. Saltpreparatet var oförändrat i pH-värde. Vid de två sista mognadsstadierna ökade pH-värdet under luftning av ensilage lagrat i 28 dagar (Tabell 17).

Tabell 16. Effekt av luftning i 13,7 dagar på pH i ensilage behandlat med olika tillsatsmedel och lagrat i 28 och 110 dagar (n=12).

Lagrings- tid	Före lagringsstabilitetstest				Efter lagringsstabilitetstest				SEM	<i>P</i> - värde Tillsats x Luftning
	Kon- troll	Kofasil Life M	Kofasil Majs N	Promyr XR 680	Kon- troll	Kofasil Life M	Kofasil Majs N	Promyr XR 680		
28 dagar	4,27 ^c	-	4,23 ^c	4,53 ^c	6,25 ^a		4,19 ^c	5,27 ^b	0,11	<0,001
110 dagar	4,14 ^c	4,23 ^c	4,12 ^c	4,28 ^c	6,39 ^a	5,41 ^b	4,47 ^c	5,85 ^{ab}	0,20	0,0005

^{a, b, c} medelvärden med olika bokstäver på samma rad skiljer sig signifikant ($P < 0,05$)

Tabell 17. Effekt av luftning i 13,7 dagar på pH i ensilage skördat vid olika mognadsstadier och lagrat i 28 och 110 dagar (n=12 vid 28 dagar och n=16 vid 110 dagar).

	Före lagringsstabilitetstest			Efter lagringsstabilitetstest			SEM	<i>P</i> -värde Mognad x Luftning
	Dag mognad 24 sept.	Dent mognad 20 okt.	Fysiologisk mognad 2 nov.	Dag mognad 24 sept.	Dent mognad 20 okt.	Fysiologisk mognad 2 nov.		
28 dagar	4,15 ^b	4,36 ^b	4,53 ^b	4,55 ^b	5,43 ^a	5,72 ^a	0,11	0,002
110 dagar	3,93	4,31	4,34	5,60	5,36	5,63	0,18	0,233

^{a, b} medelvärden med olika bokstäver på samma rad skiljer sig signifikant ($P < 0,05$)

5. Diskussion

5.1 Fermentering

Majs är en lättensilerad gröda eftersom den har en hög halt av lättillgängliga kolhydrater, låg proteinhalt och en låg buffringsförmåga [Pahlow *et al.*, 2003; Tabell 3]. Den låga buffringskapaciteten i majs ger en snabb pH-sänkning under ensileringen till ett pH kring 4,0 [Allen *et al.*, 2003]. Detta kan styrkas av kontrollensilage, som har låga ammoniakvärden i procent av totalkvävet och i nivå med ammoniakhalterna i ensilage med tillsatsmedel. En låg etanolhalt i samtliga ensilage är en annan parameter som visar att ensilage har genomgått en god fermentering [E. Nadeau, pers. medd.; Allen *et al.*, 2003].

Ensilagets fermentering varierar beroende på om och vilket tillsatsmedel som tillsatts grönmassan vid ensilering. Obehandlat ensilage och ensilage behandlat med Kofasil Majs "N" har liknande fermentationsgrad (Tabell 7 och Tabell 10). Ensilage behandlat med Kofasil Life "M" liknade också dessa två ensilage vid första skördetidpunkten. Vid de två senare skördarna fanns det dock mer ättiksyra än mjölksyra i ensilage med de heterofermentativa mjölksyrabakterierna (Tabell 10). ProMyr XR680 begränsade fermenteringen och sparade på de lättlösliga kolhydraterna under ensileringen. Detta ensilage har efter konservering bildat en otroligt liten mängd mjölksyra, endast 0,1 till 1,5 % av ts. Även halterna av ättiksyra och ammoniakkväve var låga i det ProMyr-behandlade ensilage. Det stämmer överens med liknande försök som Pauly (2008) gjorde, där mjölksyra- och ättiksyrabildningen hämmades i jämförelse med kontrollen. I detta försök var mjölksyrhalten nästan sex gånger högre för kontrollen och ensilage behandlat med Kofasil Majs N än för ProMyr XR680 räknat som ett genomsnitt vid 28 dagars lagring och tre gånger så hög för kontrollensilage, ensilage behandlat med Kofasil Majs N och Kofasil Life "M" än för ensilage behandlat med ProMyr XR680 efter 110 dagars lagring (Tabell 7 och Tabell 10). Enligt Pauly (2008) skall ammoniakbildningen begränsas av syrorna i ProMyr XR680, vilket stämmer överens med resultatet ur detta försök (Tabell 7 och Tabell 10). ProMyr XR680 hade lägre halter av ammoniakkväve jämfört med kontrollen vid de två första skördetidpunkterna men hade liknande ammoniakkvävehalt som kontrollen vid den sista skördetidpunkten. Detta kom också Weiss & Auerbach (2010) fram till i sin studie om att ProMyr XE680 ger en låg ammoniakkvävehalt. De visade också att deras saltbehandling nästan hade exakt samma halt av ammoniakkväve som deras kontroll, vilket stämmer väl överens med resultaten i detta försök. Resultat angående mjölksyra- och ättiksyrabildningen i ensilage behandlat med Kofasil Majs N i denna studie stämmer väl överens med resultat från Weiss & Auerbach (2010).

Resultatet från fermenteringen i detta projekt visade att tillsatsmedel vanligtvis inte behövs för att få en bra fermentering/konservering av majs. Det fanns dock mer jästsvamp i flera av de obehandlade ensilagen och i några av ensilagen behandlade med Kofasil Life "M" och ProMyr XR680 jämfört med ensilage behandlat med Kofasil Majs N. Den högre halten av jästsvamp i obehandlat ensilage kan öka risken för värmeutveckling i ensilage vid uttag [Pahlow *et al.*, 2003]. Samtliga ensilage hade dock halter av jästsvamp som var lägre än riktvärdet för dåligt ensilage, som är 100 000 cfu/g. Ensilage innehöll obefintliga mängder mögel. [Spörndly, 2003].

Ensilage behandlat med heterofermentativa mjölksyrabakterier, som i Kofasil Life "M", hade normalt större viktsförluster än de tillsatsmedel som gav högre mjölksyrabildning (Tabell 10). Detta beror på att det blir mer förluster under ensileringen när socker fermenteras till ättiksyra

och mjölksyra och mjölksyran i sin tur blir ättiksyra än när socker förjäses av homofermentativa mjölksyrabakterier till mjölksyra. Dock behöver detta inte betyda att ensilaget får en sämre kvalitet. Syftet med att använda ett bakteriepreparat, som innehåller heterofermentativa mjölksyrabakterier, är att hämma tillväxt av jäst och mögel med den bildade ättiksyran och därmed förbättra lagringsstabiliteten i ensilaget vid öppning av silon, vilket även har påvisats av Kristensen *et al.* (2010).

Skördetidpunkten spelade också en relativt stor roll på fermenteringen på ensilaget som ett genomsnitt över ensilagebehandlingarna. En av de grundläggande ”parametrarna” var ts-halten och den ökade precis som den skall med senare utvecklingsstadium. Strukturen i plantan blir grövre och det finns mindre vatten i grödan vid senare mognad. Sockerhalten sjunker med utvecklingen medan stärkelsehalten ökar. Den högre ts-halten och mindre mängd vattenlösliga kolhydrater resulterade i högre pH samt mindre mjölk- och ättiksyrabildning vid senare utvecklingsstadium, vilket även andra har påvisat [Allen *et al.*, 2003; Johnson *et al.*, 2003; Kung. *et al.*, 2003]. Denna minskning i mjölk- och ättiksyrahalter med senare skördetidpunkt skedde i obehandlat ensilage samt i ensilage behandlat med Kofasil Majs N och Kofasil Life ”M”. Däremot påverkades inte mjölk- och ättiksyrahalterna av skördetidpunkt i ensilage behandlat med Promyr XR680. Däremot ökade halterna av ammoniak-kväve i procent av totalkväve och etanol med senare skördetidpunkt men de absoluta halterna var relativt låga även vid senare skördetidpunkt [Tabell 4 och Tabell 6].

5.2 Lagringsstabilitet

Ett av syftena med tillsatsmedel vid ensilering av majs var att hindra tillväxt av jäst- och mögelsvampar efter öppning av silon [Stryszewska, *et al.*, 2006]. Mikroorganismer såsom jäst och mögelsvampar, tillväxer vid tillgång på syre och vid respirationen förbrukas syret och det sker en värmeutveckling i ensilaget. Mikroorganismerna förbrukar lättillgänglig näring i form av mjölksyra, lättillgängliga kolhydrater och protein samt en del smältbara fibrer. När mjölksyra förbrukas leder det till en pH höjning och det blir en ännu mer gynnsam miljö för oönskade mikroorganismer. Detta blir en accelererande process som påskyndar värmeutvecklingen [Pahlow *et al.*, 2003]. Mikroorganismerna konsumerar en del av den smältbara näringen och då blir smältbarheten av den organiska substansen lägre i ensilaget, vilket minskar energivärdet i ensilaget. Den minskade smältbarheten medför lägre konsumtion och foderutnyttjande hos idisslarna [Pahlow *et al.*, 2003]. Dessutom kan mögeltillväxt i ensilaget under luftning bilda giftiga toxiner som kan äventyra djurhälsan.

Ensilagebehandlingarna var olika bra på att stå emot tillväxt av mikroorganismer under luftning av ensilagen, som i sin tur resulterade i temperaturförändringar. Temperaturförändringar mättes i de olika behandlingarna i en kontrollerad miljö för att se hur lång tid det tog under en 14 dagars period innan behandlingarna steg två grader över rumstemperaturen. Tiden det tar innan behandlingarna tar värme minskar med största sannolikhet under praktiska förhållanden eftersom packningen i silon, renlighet på angränsande ytor samt omgivande lufttemperatur kan variera kraftigt [Allen *et al.*, 2003]. Generellt kan det påstås att ju senare skördetidpunkt desto lättare blir det värmebildning i ensilage. Detta kan förklaras med att ensilagen får en grövre struktur samt en lägre sockerhalt och högre ts-halt med senare utvecklingsstadium, vilket gör dem mer svårpackade och större risk för feljäsning [Allen *et al.*, 2003; Kung. *et al.*, 2003]. Resultat från vår studie visar dock inte på en tydlig trend för snabbare värmebildning vid senare skörd, vilket kan förklaras av att vi lyckades packa grönmassan vid de olika skördetidpunkterna till ungefär samma densitet (225-250 kg ts/m³).

I denna studie var pH ökningen i ensilaget under luftning större för sent, än för tidigt skördat ensilage lagrat i 28 dagar (Tabell 17). Denna ökning i ensilagens pH vid senare skördetidpunkt kunde inte påvisas efter 110 dagars lagring. Det förhöjda pH-värdet i sent skördat ensilage efter 28 dagars lagring kan bero på en större konsumtion av mjölksyra av t.ex. laktatassimilerande jästsvampar samt en mer omfattande total mikrobiell aktivitet vid senare skördetidpunkt (Pahlow *et al.*, 2003). Detta visar sig i en större temperaturökning i senare skördat ensilage under luftning (Figur 3-5). Den ökade temperaturstigningen under luftning resulterade i minskad smältbarhet av den organiska substansen i ensilaget, med senare skördetidpunkt (28 dagars lagring).

Kontrollen var den behandling som hade snabbast och störst temperaturstigning oavsett skördetidpunkt eller lagringstid. Därmed minskade smältbarheten i det obehandlade ensilaget med 8-9 % under 14 dagars lufttillträde. Resultaten visade att kontrollensilaget fick ett förhöjt pH efter lagringsstabilitetstesten, vilket tyder på att mjölksyran kan vara konsumerad och när den syran försvann steg pH. Dessutom kan det ske en nedbrytning av proteinet till ammoniak, som också kan orsaka en höjning av pH-värdet. Kofasil Majs N var den behandling som höll samma konstanta temperatur under hela lagringsstabilitetstesten, vilket stämmer väl överens med resultat av Kung (2003) och Weiss och Auerbach (2010). Därefter följde ProMyr XR680 som lyckades att hålla temperaturen nästan lika bra. Ensilage behandlat med ProMyr XR680 skilde sig dock inte statistiskt i antal dagar till 2° C höjning av ensilagetemperaturen vid en av de tre skördetidpunkterna för båda lagringstiderna. Det var dock numeriskt längre tid innan temperaturhöjning för syrapreparatet än för kontrollen, vilket indikerar att det fanns silor som tog värme snabbt medan andra höll temperaturen relativt oförändrad för syrabehandlingen. Att syrapreparatet ofta ger en bra aerobisk stabilitet stämmer överens med resultat av Woolford (2006).

Kofasil Life "M" höll nere temperaturen vid de två sista skördetidpunkterna men inte vid den första skördetidpunkten där bakteriepreparatet tog värme lika fort som kontrollen. Att ensilage behandlat med Kofasil Life "M" fick denna temperaturstigning kan bero på att det kan ha funnits en del jästsvamp i grönmassan innan ensilering, vilket stöds av att det fanns något förhöjda halter av jästsvampar i det färdiga obehandlade ensilaget innan luftning skedde. Enligt en studie av Kristensen *et al.* (2010) var deras resultat angående bakteriepreparat innehållande *Lactobacillus buchneri*, mycket samstämmiga med resultaten i vår studie. Nämligen att hålla nere temperaturen under lagringsstabiliteten och ha relativt höga halter av ättiksyra i jämförelse med mjölksyra [Kristensen *et al* 2010]. Behandlingen med Kofasil Majs N var den som bäst stod emot mikroorganismerna och deras respiration. Denna behandling förhindrade temperaturökning i ensilaget och bibehöll därmed det låga pH värdet i ensilaget under luftning. Som en följd blev smältbarheten i ensilaget oförändrad under luftningen. Det skedde en höjning av pH-värdet under luftning av ensilage behandlat med ProMyr XR680. Eftersom temperaturökningen i ensilaget generellt sett skedde relativt sent under luftningen behöll det syrabehandlade ensilaget sin smältbarhet under lufttillträde. Temperaturökningen under luftning av tidigt skördat ensilage behandlat med Kofasil Life "M" resulterade i en minskning av den organiska substansens smältbarhet med 4 % och en pH höjning i ensilaget. Vid de två senare skördetidpunkterna var dock temperaturen i ensilaget med Kofasil Life "M" oförändrad under luftning.

6. Slutsatser

- Det går vanligtvis att åstadkomma en god fermentering av majs utan tillsatsmedel. Det fanns dock något fler jästsvampar i obehandlat ensilage än i ensilage behandlat med tillsatsmedel, speciellt då kemiska preparat användes. Den något större förekomsten av jästsvampar i obehandlat ensilage ökade risken för värmegång i ensilaget vid öppning av silon. Detta kunde påvisas med en snabbare temperaturökning och en högre temperaturstigning i obehandlat än i många av de behandlade ensilagen under luftning av silon. Temperaturökningen resulterade i minskad smältbarhet av obehandlat ensilage, som orsakar minskad konsumtion, utnyttjande och produktion hos idisslare som utfodras med ett sådant ensilage. Dessutom är ett ensilage med förhöjd temperatur ofta kontaminerat med mögelsvamp, som kan producera toxiner och därmed vara hälsofarligt för djuren. Tillsatsmedel behövs därför vid skörd för att förhindra värmeutveckling i ensilaget under lufttillträde, som alltid sker efter öppning av silon.
- Bland tillsatsmedlen är Kofasil Majs N bäst på att förhindra värmeutveckling under luftning, vilket kunde påvisas med mycket stabila temperaturer i ensilaget behandlat med saltpreparatet under 14 dagars luftning i denna studie. Därmed bibehölls ensilagens smältbarhet under hela luftningen och ingen höjning av pH-värdet i ensilaget skedde. Ensilage behandlat med ProMyr XR680 bibehöll temperaturen i ensilaget vid två av de tre skördetidpunkterna för varje lagringstid. Temperaturhöjningen skedde dock ofta ganska sent under luftningsperioden och påverkade därmed inte smältbarheten i det syrabehandlade ensilaget. Ensilage behandlat med Kofasil Life "M", innehållande den heterofermentativa mjölksyrabakterien *Lactobacillus buchneri*, motverkade värmegång i ensilaget under luftning vid två av de tre skördarna.
- Ju senare skördetidpunkt desto mer stärkelse och mindre sockerinnehåll men högre ts-halt i ensilaget, vilket kan öka risken för minskad lagringsstabilitet i ensilaget. Detta påvisades med en ökning av pH-värdet i ensilaget och en ökad förlust av smältbar näring vid luftning av ensilaget vid senare skördetidpunkt.
- För att bibehålla näringen, få ett lättensilerat ensilage samt lyckas med lagringsstabiliteten är skörd vid dentmognadsstadium den lämpigaste skördetidpunkten.

7. Referenser

7.1 Litteratur

- Adegbola Adesogan T., 2007. Mycotoxins in ensiled forage. University of Florida, Lallemand Animal Nutrition, 2010-02-01. <http://dairy.ifas.ufl.edu/dpc/2008/Proceedings.pdf> (2010)
- Agrios G. 2005. Academic Press. In: *Plant Pathology*. Chap 6. How plants defend themselves against pathogens. ISBN: 0120445654. Elsevier Academic Press, Burlington
- Allen, M., Coors, J., & Roth, G., 2003. Corn Silage. Chap 12. sid. 547- 607. In: *Silage Science and Technology* (eds. Al-Amoodi et al.) Agronomy series no.42. ASA, CSSA & SSSA, Madison Wis., USA.
- Arnesson, A., Nadeau, E., Rustas, B., & Swensson, C. 2009. Majsproduktionen på gårdar i södra Sverige-odling, konservering och foderkvalitet. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, Skara, Rapport 27. ISSN 1652-2885.
- Auerbach, H., Oldenburg, E., & Pahlow, G. 2000. Preventia of *Pencillum roqueforti* – associated aerobic deterioration of maize silage by various additives. Proc. Mycotoxin Research. Pp. 146-149, 5 – 7 June 2000. Bonn, Germany.
- Bang Bligaard, H. 2005. Perfekt ensilering af majs kraever disciplin. Kvaeg. *Husdyrbrug nr. 33*.
- Bergen, W. G., Byrem, T. M., & Grant, A. L. 1991. Ensiling characteristics of whole-crop small grains harvested at milk and dough stages. *Journal of Animal Science*. 69:1766-1774.
- Bunting, E.S. 1978. Agronomic and physiological factors affecting forage maize production. In: *Forage maize* (ed. E.S. Bunting, B.F. Pain, R.H. Phipps, J.M. Wilkinson & R.E. Gunn), 57-85. London: Agricultural Research Council.
- Chai, W.H., & Udén, P. 1998. An alternative oven method combined with different detergent strengths in the analysis of neutrak detergent fibre. *Animal Feed Science and Technology* 74(4), 281-288.
- Cheryan, M., & Shukla, R., 2001. Zien: The industrial protein from corn. *Industrial Crops and Products* 13 (3). 171-192.
- Driehuis, F., Oude Elferink, S.J.W.H., & Spoelstra, S.F. 1999. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. *Journal of Applied Microbiology* 87 (4), 583-594.
- Fogelfors, H. (Ed.) 2001. *Växtproduktion i jordbruket*. Stockholm: Natur och kultur/LT i samarbete med Sveriges lantbruksuniversitet
- Goering H.K., & van Soest P. J., 1970. Forage fiber analyses. *Agricultural Handbook No 379*, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture US Government Printing Office, Washington, DC.
- Hansson, A., & Schmidt Detlefsen, M. 2008. *Majsensilage - partikelstorleksfördelning och hygienisk kvalitet*. Examensarbete inom Lantmästarprogrammet, Sveriges lantbruksuniversitet, LTJ- fakulteten, Alnarp.
- Heinrichs J, Kononoff P., & Buckmaster D.R, 2003, Modification of the Penn State

Forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the effects of Moisture Content on it's Measurements, *Journal Dairy Science.*, Vol. 86, 1858- 1863.

Hägglblom, P. 1983. *Förekomst av svampgifter (mykotoxiner) i relation till användning av kemiska bekämpningsmedel.* Sveriges lantbruksuniversitet. Avd. för skoglig mykologi och patologi, Uppsala ISSN, 0042-2169

Hörberg, H. 2001. Fusarium-svampar i stråsåd. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Konsultavdelningen, Sektionen för växtskydd. *Faktablad om växtskydd*, Jordbruk 103 J.

Jensen, C., Weisbjerg, M.R., Norgaard, P., & Hvelpund, T., 2005. Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 118, 279-294.

Johnson, L. M., Harrison, J. H., Davidson, D., Mahanna, W. C., & Shinnors, K. 2003. Corn Silage Management: Effects of Hybrid, Maturity, Inoculation, and Mechanical Processing on Fermentation Characteristics. *Journal. Dairy Science.* 86: 287–308.

Juniper, D.T., Browne, E.M., Bryant M.J., & Beever, D.E. 2006. Digestion, rumen fermentation and circulating concentrations of insulin, growth hormone and IGF-1 in steers given maize silage harvested at three stages of maturity. *Animal Science* 82, 41-48.

Kleinschmit, D. H. and Kung, Jr., L. 2006. The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the fermentation of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 89: 3999-4004.

Kleinschmit D. H., Schmidt, R. J., & Kung, Jr. L. 2005. The Effects of Various Antifungal Additives on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage. *Journal of Dairy Science* 88: 2130–2139.

Kristensen, N. B., Sloth, K. H., Højberg, O., Spliid, N. H., Jensen, C., & Thøgersen, R. 2010. Effects of microbial inoculants on corn silage fermentation, microbial contents, aerobic stability, and milk production under field conditions. *Journal Dairy Science.* 93 :3764–3774.

Kung, Jr, L., Stokes, M. R., & Lin, C.J. 2003. Silage Additives (Chap 7).sid. 251 - 305. In: *Silage Science and Technology* (eds. Al-Amoodi et al.) Agronomy series no.42. ASA, CSSA & SSSA, Madison Wis., USA.

Larsson, K., & Bengtsson, S. 1983. Bestämning av lättillgängliga kolhydrater i växtmaterial (Determination of nonstructural carbohydrates in plant material). *Method description No. 22:* National Laboratory of Agriculture Chemistry, Uppsala, Sweden.

Lengereken, von, J., & Zimmermann, K. 1991. *Handbuch Futtermittelprüfung.* Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 1:a upplaga.

Lindberg, A. & Berglund, G. 1986. *Mögel och mögelgifter att se upp med.* Svenska Mejeriernas Riksförening. ISBN 91-970401-4-2.

Lindgren, E. 1979. The nutritional value of roughages estimated *in vivo* and by laboratory methods. Rapport no. 45, SLU, Avdelningen för husdjurens näringsfysiologi.

Mahanna, B., & Peterson, M. 2003 *Effects of Genetics and Management on the Yield and Nutritional Variability of Corn Silage.* Global Agronomy and Nutritional Sciences Pioneer. A DuPont Company. Mid-South Ruminant Nutrition Conference. 2004.

McDonald, P., Edwards. R.A., Greenhalgh, J.F.D., & Morgan, C.A. 2002. *Animal Nutrition*, 6th edition. Edinburgh, Pearson Education Limited.

- Mc Geough, E.J., O'Kiely, P., Foley, P. A., Hart, K. J., Boland, T. M., & Kenny, D. A. 2009. Methane emissions, feed intake, and performance of finishing beef cattle offered maize silages harvested at 4 different stages of maturity. *Journal of Animal Science* 88: 1479-1491.
- Mgbeahurike, A.C., 2007. *Faecal characteristics and production of dairy cows in early lactation*. Dissertation Skara: Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Environment and Health, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science. Report 62.
- Mueller, D., Pope, R., Abendroth, L., Elmore, R., Hartzler, B., McGrath, C., Munkvold, G., Rice, M., Robertson, A., Sawyer, J., Schaefer, K., Tollefson, J., & Tylka, G. 2009. *Corn field guide*. CSI 0001. Iowa State Univ. Ext., Ames, IA.
- Nadeau, E., Johansson, L., Nordqvist, M., Eriksson, T., & Nørgaard, P., 2007. Värdera gödseln och anpassa nötkreaturens foderstat! *Svenska vallbrev* nr 5. Svenska Vallföreningen.
- Nadeau, E., Rustas, B-O., Arnesson, A. & Swensson, C., 2010. *Maize silage quality on Swedish dairy and beef farms*. 14th International Symposium Forage Conservation. Brno, Czech Republic, Sid. 195-197.
- Naumann, & Bassler. 1976. *Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*. Methodenbuch – Band III. VDLUFA-Verlag, Darmstadt, Tyskland.
- Nishino, N., Yoshida, M., Shiota, H., Sakaguchi E. 2003. Accumulation of 1,2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. *Journal of applied microbiology*. Volume 94, Issu 5. Sid 800 -807. DOI: 10.1046/j.1365-2672.2003.01810.x <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2672.2003.01810.x/full>
- NMKL. 2005. Nordisk Metodikkommitté för Livsmedel, Nr. 98, 4:e upplagan.
- Nyberg, a., Strömberg, J., Stenberg, M., Stenberg, B., & Nadeau, E., 2002. *Snabbmetoder för bestämning av torrsubstans i grönmassan och ensilage*. Teknisk rapport 9. Institutionen för jordbrukvetenskap. Sveriges lantbruksuniversitet, Skara. ISSN 1650-6472.
- Nørgaard, P. 1983: *Fysisk struktur*, 551. Beretning fra Statens Husdyrsbrugsforsok. sid.3.37-3.45.
- Nørgaard, P. 2006. *Partikellængde og strukturværdi i majsensilage*. I: Temamøde om kvægnæring. Danmarks JordbrugsForskning. sid. 19-27
- Pauly, T. 2007. *Ensiling experiments with acid-based additives to maize silage to improve aerobic storage stability*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. SE - 753 23 Uppsala. 14 pp.
- Pahlow, G., Muck, R.E., Friehuis, F., Oude. W.H., Elferink, S.J., & Spoelstra, S.F. 2003. Microbiology of Ensiling (Chap 3). Sid. 31- 95. In: *Silage Science and Technology* (eds. Al-Amoodi et al.) Agronomy series no.42. ASA, CSSA & SSSA, Madison Wis., USA.
- Pedroso, A., Nussio, L.G., Santana, L.D.R., de Fátima, P.S., Ribeiro, J.L, José, M.L., Zopollatto, M., Schmidt, P, Soares, M, Wilson, R & Horii J. 2008. Fermentation, losses, and aerobic stability of sugarcane silages treated with chemical or bacterial additives. *Scientia Agricola* 65(6), Sid. 589-594. (*Piracicaba, Brasilien*) ISSN 0103-9016.
- Rooke, J A., & Hatfield, R D., 2003. Biochemistry of Ensiling (Chap3). Sid. 95 – 141. . In: *Silage Science and Technology* (eds. Al-Amoodi et al.) Agronomy series no.42. ASA, CSSA & SSSA, Madison Wis., USA. Silage Science and technology. Agronomy no.42.

- Savoie, P. & Jofriet, J.C. 2003. Silage Storage. (Chap. 9). Sid. 405 – 469. In: Silage Science and Technology (eds. Al-Amoodi et al.) Agronomy series no.42. ASA, CSSA & SSSA, Madison Wis., USA.
- Spörndly, R. 2003. Fodertabeller för idisslare. Rapport 257. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Uppsala.
- Stryszewska, K., & Pyś J.B., 2006. Effects of different silage additives on the microbial population and aerobic stability of maize silage. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 15, Suppl. 1, 121–124.
- Thorell, H., 2005. *Majs-historik-odling sorter*. Sveriges lantbruksuniversitet. SLU, Institutionen för växtvetenskap. ISSN-0282-180X.
- Turesson, M. 1985. Temperaturklimatets inverkan på tillväxt och utveckling hos majs och åkerböna vid Ultuna. Institutionen för växtodling. Rapport 151. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Vasal, S.K., 2001. High Quality Protein Corn. (Kap 4). Specialty Corns, Hallauer, A.R. (Ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida, Sid: 85-129.
- Weiss, K. & Auerbach, H. 2010. *Internal Report*. Humboldt University, Berlin, Addcon Europe GmbH. 8 pp.
- Weißbach, F., & Strubelt, C. 2008. Correcting the dry matter content of grass silages as a substrate for biogas production. *Landtechnik* 63. 210 - 211.
- Weidow, B. 1998. Odling av grönfoderväxter. *Växtodlingens grunder* Sid. 323-328. Stockholm: LTs förlag. ISBN 91-36-03311-1.
- Weiss, K. 2001. *Gärungsverlauf und Gärqualität von Silagen aus nitratarmem Grünfutter*. Dis-ertation. Humboldt-Universität zu Berlin
- Weiss, K., & Kaiser, E., 1995. Milchsäurebestimmung in Silageextrakten mit Hilfe der HPLC. *Das wirtschaftseigene Futter* 41, 69-80.
- Weissbach, F. 2005. *A simple method for the correction of fermentation losses measured in laboratory silos*. Sid. 278. Park, R.S and Stronge, M.D (eds.). Silage production and utilization. Proceedings of the XIVth International Silage Conference, July 2005, Belfast, Northern Ireland
- Woolford, M. 2006. Microbiological screening of food preservatives, cold sterilants and specific antimicrobial agents as potential silage additives. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 26(2), 229–237.

7.2 Internet

www, Addcon, 2010. Tillsatsmedel; www.addcon.net 2010-06-24

www.perstorp.com1. Tillsatsmedel; 2010-07-20

www.perstorp.com.2. Tillsatsmedel; 2010-07-20

<http://www.spannex.se/uploads/file/Perstorp%20sortiment%202010.pdf> 2010-06-24

www, How a Corn Plant Develops. 1993. How a Corn Plant Develops. Special Report No. 48; Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa Utvecklingsstadium för majs; <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/library/maize/www.ag.iastate.edu/departments/agronomy/corngrows.html#how> 2010-06-15

www, Nationalencyklopedin, 2010. C4-växter; <http://www.ne.se/c4-växt> 2010-06-15.

www, SJV. 2010 Jordbruksverket, publicerat 2010: Statistik över arealer; <http://statistik.sjv.se/Dialog/Saveshow.asp> 2010-06-20

7.3 Personligt meddelande

Svensson Jan-Åke. DuPont Sverige AB 2010-02-10

Nadeau, Elisabet. PhD, docent, forskningsledare, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, SLU. Skara.2010-06-15

Pauly, Thomas. Agr. Dr. Institutionen för husdjurens utfordring och vård, SLU. Uppsala. 2010-10-09

7.4 Bildreferenser

Bild av majsens utvecklingsstadium:

<http://weedsoft.unl.edu/documents/GrowthStagesModule/Corn/Corn.htm> How a Corn Plant Develops. 1993. How a Corn Plant Develops. Special Report No. 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa

Bild framsida: Nadeau, Elisabet, PhD.

Vid **Institutionen för husdjurens miljö och hälsa** finns tre publikationsserier:

- * **Avhandlingar:** Här publiceras masters- och licentiatavhandlingar
- * **Rapporter:** Här publiceras olika typer av vetenskapliga rapporter från institutionen.
- * **Studentarbeten:** Här publiceras olika typer av studentarbeten, bl.a. examensarbeten, vanligtvis omfattande 7,5-30 hp. Studentarbeten ingår som en obligatorisk del i olika program och syftar till att under handledning ge den studerande träning i att självständigt och på ett vetenskapligt sätt lösa en uppgift. Arbetenas innehåll, resultat och slutsatser bör således bedömas mot denna bakgrund.

Vill du veta mer om institutionens publikationer kan du hitta det här:
www.slu.se/husdjurmiljohalsa

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och
Husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Box 234
532 23 Skara
Tel 0511-67000
E-post: hmh@slu.se
Hemsida:
www.slu.se/husdjurmiljohalsa

*Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal
Science
Department of Animal Environment and Health
P.O.B. 234
SE-532 23 Skara, Sweden
Phone: +46 (0)511 67000
E-mail: hmh@slu.se
Homepage:
www.slu.se/animalenvironmenthealth*
