

TEHNOLOOGILISTE PARAMETRITE MÕJU PALLISILO KVALITEEDILE

P. Lättemäe, U. Tamm, R.-J. Sarand

Noore toitainerikka ja hästi seeduva rohu säilitamine talveks minimaalsete kadudega on meie kliimas enamikul juhtudel võimalik selle sileerimisel. On mitmeid silovalmistamise viise, kuid suhteliselt uueks silotootmise mooduseks meil Eestis on pallisilo tehnoloogia. Pallisilo valmistamisega alustati mõned aastad tagasi, kuid nüüd on see tehnoloogia kiiresti levimas ja võidab järjest enam populaarsust talunike hulgas. Pallisilol on rida eeliseid, kuid sellel tehnoloogial on ka oma spetsiifika ja probleemid, sest tehnoloogia on uudne ja puuduvad kogemused ning sageli ka informatsioon. Peale selle kasvatatakse meil üha rohkem liblikõielisi, mida on raske sileerida. Liblikõieliste sileerimise kohta aga on teave eriti puudulik, kuna ka vastavad välismaised uurimustööd baseeruvad põhiliselt ainult kõrrelistel. Viimaste aastate tulemused ongi näidanud, et pallisilo kvaliteet on sageli madal või isegi ebarahuldav. Selle põhjuseks on mitmesugused tegurid, mis suuresti tulenevad tehnoloogiast.

Täppishekseldiga koristatud rohi anaeroobses keskkonnas on kergesti sileeritav konservantide kasutamisega. Hekseldamine koos mõningase muljumisega purustab taimede rakuseinu, põhjustades rakumahla väljavoolu ja soodustades seega kiiret piimhappelist käärimist. Katsed on näidanud, et taoline töötlus vähendab ka silomaterjali heterogeensust (Pauly, 1993). Peenestatud rohtu saab kahjuks sileerida üksnes suuremahulisse hoidlasse nagu näiteks tranšeesse, silotorni või virna. Pallisilo puhul kasutatakse pikka rohtu või osaliselt peenestatud rohtu. Märg ja pikk rohi alandab silomaterjali kuivaine tihedust ja seetõttu soodustab aeroobsete mikroobide kasvu. Hekseldamata materjal isegi viivitub käärimisprotsess alates mõnest tunnist kuni mitme päevani (McDonald, 1991). See võib põhjustada pärmide, seente ja hallituse kasvu sellises keskkonnas, luues eeldused teiste ohtlike bakterite, nagu klostriidia, aeroobsete bakterite või listeria arenguks. Tulemuseks on proteiini lagunemine, toksiinide teke ja klostriidia fermentatsioon. Pallisilo puhul materjal tavaliselt närvutatakse. Aeroobsete mikroobide arvukus rohus aga harilikult suureneb närvutamise kestel põllul. On täheldatud, et eriti suureneb pärmide ja hallituste arv ja seda eriti kuuma ja niiske ilmaga, mil rohuvaal on puutumata (Jonsson, 1989).

Pallisilo käärimistingimusi on teoreetiliselt võimalik parandada mitmel teel. Esiteks sobiva pressi valikuga, mis kindlustaks tiheda ja ühtlase palli. Teiseks kilekihtide arvu optimeerimisega, et tagada vajalik anaeroobne keskkond, ja kolmandaks sobiva konservandi kasutamisega. Konservandi puhul on tähtis, et see oleks efektiivne rasketes käärimistingimustes ja omaks laialdast toimet. Konservandi üheks komponendiks võiks olla naatriumnitrit (NaNO_2), mis, jaotudes silomaterjalis laiali gaasi kujul, takistab klostriidia arengut ja seda isegi kõrgema pH juures (Woolford, 1984). Teiseks komponendiks võib olla naatriumbensoat (NaB), mis omab antimikroobset toimet eriti pärmide ja hallituste vastu (Woolford, 1984). Need komponendid koos peaksid kindlustama suurema efektiivsuse silo kvaliteedi tagamisel. Käesoleva töö ülesandeks ja eesmärgiks oli selgitada mõningate tehnoloogiliste tegurite mõju pallisilo kvaliteedile.

Materjal ja meetodika

Pallisilo katse viidi läbi Kehtna Tõuaretuse Jaama ja Tuula talupõldudel, kasutades talunike tehnikat sileerimisel (30. juuni...1. juuli 1997). Silomaterjaliks oli punase ristiku ja põldtimuti segu, mis niideti muljurniidukiga ja seejärel närvutati kahe kuivainesisalduse astmeni (1 päev ja 1,5 päeva). Ühes talus pressiti silomaterjal Orkel-tüüpi pressiga palli ja teises talus kasutati Claas pressi. Silopallid mähiti kilesse sarnaselt Kverneland-tüüpi mähkijaga. Orkel press on varustatud passiivse lõikeseadmega, mis osaliselt ka peenestab rohu. Kilekihtide arvu järgi jagunesid katse variandid kaheks: 4 kihti ja 6 kihti kilet. Esimene variant jagunes omakorda veel kaheks: konservandi kasutamisega ja ilma konservandita. Kõik variandid olid esitatud kolmes korduses ja seega oli kokku 36 palli. Konservandiks kasutati komponentide NaNO_2 ja NaB vesilahuse segu lisamisnormiga 5 l/t (NIBEN). Värske rohu keemiline koostis Kehtnas oli alljärgnev: kuivaine (KA) 224 g/kg, toorproteiin 169 g/kg KA, toorkiud 255 g/kg KA, toortuhk 98 g/kg KA, vees lahustuvad suhkrud 54 g/kg KA. Värske rohu keemiline koostis Tuulas: kuivaine 247 g/kg, toorproteiin 134 g/kg KA, toorkiud 284 g/kg KA, toortuhk 76 g/kg KA, vees lahustuvad suhkrud 45 g/kg KA. Käärimisperiood oli 60 päeva, mille järel võeti proovid keemiliseks ja mikrobioloogiliseks analüüsiks.

Lähtematerjali ja silode analüüs. Analüüsid viidi läbi alljärgnevate meetodikate kohaselt: kuivaine (kuivatatakse ja korrigeeritakse lenduvad ühendid; Lingvall, Ericson, 1981), pH (pH-meeter), vees lahustuvad suhkrud (Potshinok, 1958), toorproteiin, $\text{NH}_4\text{-N}$ (Kjeldahl), lenduvad rasvhapped (Hacker jt., 1983), klostriidia eosed (Goudkov, Perfilev, 1978), pärmid, seened ja hallitus (Lasting, Gurfel, 1956; Hukari, Kuhmonen, 1984).

Aerobne stabiilsus määrati kontrollitud hoiutingimustes silode avatud olekus visuaalselt. Esimeste hallitus-kolooniate ilmumine silo pinnal on stabiilsuse aja fikseerimise aluseks.

Saadud andmed töödeldi statistiliselt, kasutades SAS programmi (Statistical Analyses System) GLM protseduuri (General Linear Model). Mudel:

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{Variant}_i + \text{Press}_j + \text{Kuivaine}_k + (\text{Variant} \times \text{Press})_{ij} + (\text{Variant} \times \text{Kuivaine})_{ik} + \text{viga}_{ijkl}$$

($i=3$ varianti, $j=2$ pressi, $k=2$ kuivainet, $l=3$ kordust, μ = üldine keskmine), $n=36$ silopalli

Tabel 1. Pallisilo keemiline ja mikrobioloogiline koostis.

Table 1. Chemical- and microbiological composition of big bale silage.

Näitaja / Item	Orkel press <i>Orakel baler</i>	Claas press <i>Claas baler</i>	Keskmine <i>Mean</i>	LSD _{0,05}
Kuivaine (KA), g/kg				
<i>Dry matter</i>	249	397	323	
Toorproteiin, g/kg KA-s				
<i>Crude protein</i>	168	136	152	18,2
Suhkrud, g/kg KA-s				
<i>Water soluble carbohydrates</i>	5	84	45	5,8
pH	4,4	5,2	4,8	0,1
Happesus				
<i>Acidity</i>	138	45	92	6,7
Nitraat, g/kg KA-s				
<i>Nitrates</i>	1,8	3,1	2,5	0,5
NH ₄ , g/kg KA	2,4	1,3	1,7	0,2
Äädikhape, g/kg KA-s				
<i>Acetic acid</i>	34	12	23	1,5
Propioonhape, g/kg KA-s				
<i>Propionic acid</i>	1,3	0,8	1,1	0,3
Võihape, g/kg KA-s				
<i>Butric acid</i>	0,02	1,12	0,57	0,40
Etanool, g/kg KA-s				
<i>Ethanol</i>	12	18	15	2,4
Butaandiool, g/kg KA-s				
<i>Butanediol</i>	0	0,02	0,01	0,03
Pärmid, log CFU g ⁻¹ FM				
<i>Yeasts</i>	3,71	4,05	3,88	0,35
Hallitused, log CFU g ⁻¹ FM				
<i>Moulds</i>	1,56	2,88	2,22	0,35
Klostriidia, log g ⁻¹ FM				
<i>Clostridium spores</i>	1,15	2,71	1,93	0,43

LSD_{0,05} – piirdiferents / least significant difference at the 5% probability level; n=18.

FM – värske materjal / fresh matter

CFU – koloonia / determined as colony forming units

KA – kuivaine / dry matter

Katsetulemused ja arutelu

Katsetulemused on esitatud tabelites. Pressitüübi mõju pallisilo kvaliteedile on esitatud tabelis 1 ja variantidevahelised erinevused tabelis 2. Orkel-tüüpi pressiga pallitud materjal allus vähem kuivatamisele ja oli madalama kuivainesisaldusega võrreldes Claas pressi materjaliga, kuigi keskmine närvutusae mõlemal juhul oli sama. See on seletatav asjaoluga, et see materjal sisaldas rohkem ristikut ja oli noorem, nagu on näha ka kõrgemas toorproteiinisalduses ja madalamas toorkiisisalduses. Nagu nähtub käärimisproduktidest, oli silo hästi käärinud ja hea kvaliteediga. Claas-tüüpi pressiga pallitud silo oli seevastu vähem käärinud. Üheks põhjuseks on kõrgem kuivainesisaldus, kuid see silo oli tunduvalt halvema kvaliteediga, kuna sisaldas rohkem valekäärimise produkte nagu võihape ja butaandiool, ning ka mikroobe oli rohkem. Selle katse tulemustest ilmneb, et Orkel press on efektiivsem võrreldes teise pressiga. Peamine põhjus on ilmselt selles, et selle pressiga materjal osaliselt peenestatakse. See võimaldab rakumahla kiirema eraldumise ja plasmalüüsi, millega tagatakse

ka kiirem piimhappeline käärimine. Silomaterjali närvutamise abil on üldiselt võimalik juhtida käärimisprotsesse soovitud suunas, vähendades eelkõige klostriidia aktiivsust ja proteolüüsi (McDonald, 1991). Selles töös kasutati kahte närvutusastet, kusjuures silo keskmised kuivainesisaldused olid vastavalt 280 ja 366 g/kg. Töös ilmnas, et kõrgema kuivainesisalduse juures oli silo vähem käärinud, kuid võihappesisalduses olulisi erinevusi ei olnud (andmeid ei ole näidatud).

Tabel 2. Kilekihtide arvust ja konservandi kasutamisest tulenev mõju pallisilo kvaliteedile
Table 2. The effects of number of layers of plastic film and use of additive on quality of big bale silage

Näitaja / Item	4 kihti kilet 4 layers	4 kihti kilet + NIBEN 4 layers + NIBEN	6 kihti kilet 6 layers	LSD _{0,05}
Kuivaine (KA), g/kg <i>Dry matter</i>	324	323	322	
Toorproteiin, g/kg KA-s <i>Crude protein</i>	152	155	150	14,6
Suhkrud, g/kg KA-s <i>Water soluble carbohydrates</i>	40	49	45	7,2
pH	4,8	4,8	4,7	0,13
Happesus <i>Acidity</i>	90	92	92	8,2
Nitraat, g/kg KA-s <i>Nitrates</i>	2,2	2,6	2,5	0,6
NH ₄ , g/kg KA <i>NH₄</i>	1,9	1,9	1,7	0,2
Äädikhape, g/kg KA-s <i>Acetic acid</i>	23	24	21	1,9
Propioonhape, g/kg KA-s <i>Propionic acid</i>	1,1	1,3	0,8	0,4
Võihape, g/kg KA-s <i>Butric acid</i>	0,9	0	0,9	0,5
Etanool, g/kg KA-s <i>Ethanol</i>	15	13	16	2,9
Butaandiool, g/kg KA-s <i>Butanediol</i>	0,02	0	0,02	0,03
Pärmid, log CFU g ⁻¹ FM <i>Yeasts</i>	4,09	3,76	3,78	0,42
Hallitused, log CFU g ⁻¹ FM <i>Moulds</i>	2,21	2,23	2,22	0,43
Klostriidia, log g ⁻¹ FM <i>Clostridium spores</i>	2,18	1,58	2,03	0,53

LSD_{0,05} – piirdiferents / least significant difference at the 5% probability level; n=12

FM – värsk materjal / fresh matter

CFU – koloonia / determined as colony forming units

NIBEN – konservant, mis koosneb naatriumbensoaadist ja naatriumnitritist; lisamisnorm 5 l/tonn FM / silage additive, containing of sodium benzoate and sodium nitrite; application rate 5 l ton⁻¹ FM

KA – kuivaine / dry matter

Tulemuste analüüsil selgus ka, et olulisi erinevusi ei olnud variantide vahel, kus kasutati 4 kihti kilet ja 6 kihti kilet. Mõlemal juhul oli silode kvaliteet halb, kui ei kasutatud konservanti. Konservandi NIBEN lisamine parandas oluliselt silo kvaliteeti. Võihapet ja butaandiooli selles variandis praktiliselt ei esinenud ja klostriidia eoste arv oli väiksem. Tulemused näitasid seega konservantide kasutamise vajalikkust silo kvaliteedi tagamisel. Kuigi suurema kihtide arvuga pall peaks teoreetiliselt kindlustama anaeroobsema keskkonna ja sellega ka paremad käärimistingimused, ei piisa sellest siiski, et vältida valekäärimist. Oluline tegur on ka närvutatud materjali heterogeensus ja liblikõieliste raske sileeruvus, mis muudab käärimistingimused raskeks. Tulemused on sarnased nendega, mis on saadud laboratoorses katsetes kontrollitud käärimistingimuste korral (Lättemäe, Lingvall, 1996).

Järeldused

Uurimistulemustest selgus, et raskete käärimestingimuste korral, nagu sageli esineb pallisilos, ja liblikõieliste sileerimisel tuleb silo kvaliteedi kindlustamiseks kasutada konservanti. Tulemuste alusel sobib selleks NIBEN. Kilekihtide arvu suurendamisest ainuüksi ei piisa. Kui kasutada konservanti, siis võib kihtide arv olla ka väiksem, säästes sellega vahendeid. Kvaliteetsemat silo on oodata ka siis, kui materjal osaliselt peenestatakse ja saadakse suurem pressimise tihedus.

Kirjandus

- Hacker K., Block H. J., Weissbach, F. Zur kalorimetrischen Milchsäurebestimmung in Silagen mit p-Hydroxydiphenyl. – Arch. Tierernähr. 6, S. 505...512, 1983.
- Jonsson A. The Role of Yeasts and Clostridia in Silage Deterioration. – Dissertation. – Swedish Univ. of Agric. Sci., Dep. of Microbiology, Report 42. Uppsala, 1989.
- Lasting, Gurfel: Ластинг В., Гурфель Д. К методике количественного учета грибов в почве. – Микробиология, том 25, 5, с. 610...611, 1956.
- Lingvall P., Ericson B. Dry matter determination of silage. – Mimeo. Swedish Univ. of Agric. Sci., Dept. Anim. Nutr. and Managem. – Uppsala, 1981.
- Lättemäe P., Lingvall P. Effect of hexamine and sodium nitrite in combination with sodium benzoate and sodium propionate on fermentation and storage stability of wilted and long cut grass silage. – Swedish Journal Agricultural Research, 26(3), p. 135...146, 1996.
- McDonald P., Henderson A. R., Heron S. J. E. The Biochemistry of Silage. 13 Highwoods Drive, Marlow Bottom, Marlow, Bucks SL7 3PU: Chalcombe Publications, 1991.
- Pauly T. Influence of harvest method of herbage on fermentation and homogeneity of silage. – Proceedings of the 11th International Silage Research, Dublin City University, Irland, p. 60...61, 1993.
- Potshinok: Починок Х. Н. Определение глюкозы- фруктозы и сахарозы в одном образце. – Бюллетень по физиологии растений. – Киев – 1958.
- Woolford M. K. The silage fermentation. – 270 Madison Avenue, New York 10016, USA: Marcel Dekker Inc., 1984.

Tunnustus. Uurimistöo valmis riikliku programmi "Piim" toetusel.

The Effect of Technological Factors on Quality of Big Bale Silage

P. Lättemäe, U. Tamm, R.-J. Sarand

Summary

Bale silage usually is made of unchopped or long cut grass. Long cut herbage may be difficult to ensile, because of delay in fermentation process and material heterogeneity. Long herbage reduces the density of silage and it is also difficult to distribute and mix additive in such material. The aim of the present study was to investigate the effects of baler type, number of layers of plastic film and use of additive on quality of big bale silage. The silage crop consisted of about 50% red clover and 50% of grasses. Red clover mixture was harvested by a mower conditioner and wilted for 1.0 and 1.5 days in the field. Additive NIBEN (solution of sodium benzoate and sodium nitrite) was used at an application rate of 5 l ton⁻¹ FM.

The results indicated that the quality of silage was considerably better when "Orkel" baler was used compared to "Claas". Because of restricted chopping, the fermentation conditions were obviously improved and therefore also silage quality. The number of plastic film did not affect significantly silage quality (4 and 6 layers). However, the quality of silage was unsatisfactory when additive no used. Application of NIBEN considerably increased silage quality by reducing the concentration of butyric acid and number of clostridium spores. It is concluded that the use of additive is indispensable at difficult fermentation conditions such as big bale silage. The silage quality may also be influenced by using different type of balers.