

MTTK

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 18/86

VESA TOIVONEN ja MARTTI LAMPILA
Kotieläinhoito-osasto

**Juurikasvisäilörehujen valmistus, laatu, rehuarvo
ja mahdollinen käyttö etanolin valmistuksessa**

**Preparation of root crop silages, their quality, feeding value
and possible use in ethanol production**

JOKIOINEN 1986
ISSN 0359-7652

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE 18/86

TOIVONEN, V. ja LAMPILA, M.

JUURIKASVISÄILÖREHUJEN VALMISTUS, LAATU, REHUARVO
JA MAHDOLLINEN KÄYTTÖ ETANOLIN VALMISTUKSESSA

PREPARATION OF ROOT CROP SILAGES, THEIR QUALITY,
FEEDING VALUE AND POSSIBLE USE IN ETHANOL PRODUCTION

Kotieläinhoito-osasto
31600 JOKIOINEN
(916) 844 11

ISSN 0359-7652

SISÄLLYSLUETTELO.....	1
YHTEENVETO.....	3
SUMMARY.....	5
A. JOHDANTO.....	7
B. MENETELMÄT.....	9
1. Säilöntäkokeet.....	9
1.1. Rehusokerijuurikkaan säilöntä- laboratoriomittakaavassa.....	9
1.2. Juurikasvien, rehukaalin ja perunan säilöntäkokeet suuremmissa mitta- kaavassa.....	10
1.2.1. Rehujen korjuu.....	10
1.2.2. Juurikkaitten puhdistus.....	10
1.2.3. Säilöttävien rehujen murskaus.....	11
1.2.4. Säilöntä.....	12
1.2.4.1. Säilöntäaineet ja säilötyt kasvit.....	12
1.2.4.2. Säilönnän suoritus.....	16
1.2.5. Näytteiden otto, käsittely ja suoritettut analyysit säilötyistä kasvimassoista.....	18
2. Juurikassäilörehun, puristenesteen ja -massan käymiskokeet.....	20
3. Etanolin haihdutuskokeet.....	22
4. Juurikassäilörehun puristuskokeet.....	22
5. Juurikassäilörehujen sulavuuskokeet.....	23
5.1. Fermentoitujen rehujen valmistus.....	23
5.2. Fermentoimattomien rehujen käsittely.....	24
5.3. Analyysit.....	25
5.4. Fermentoitujen juurikassäilörehujen sulavuuskokeet.....	25
5.5. Kemialliselta koostumukseltaan erilaisten rehusokerijuurikkaan juurisäilörehujen sulavuuskokeet.....	26
5.6. Valkopunajuurisäilörehun sulavuuskoe.....	27
6. Energiarehukasvien satokehitys (1982).....	27
C. TULOKSET JA TARKASTELU.....	28
1. Juurikasvien nosto.....	28
2. Puhdistus.....	29
3. Murskaus.....	31

4.	Säilöntä ja massojen otto silloista.....	33
5.	Käytetyt säilöntäaineet.....	35
6.	Säilöntätulokset ja tarkastelu.....	36
6.1.	Rehusokerijuurikkaan säilöntä laboratoriomittakaavassa.....	36
6.2.	Juurikasvien, rehukaalin ja perunan säilöntäkokeet suuremmissa mitta- kaavassa.....	38
6.2.1.	Säilöntäkokeet 1980/81.....	38
6.2.2.	Säilöntäkokeet 1981/82.....	38
6.2.3.	Säilöntäkokeet 1982/83.....	42
6.2.4.	Säilöntäkokeet 1983/84.....	48
6.3.	Säilöntätulosten tarkastelu.....	61
7.	Juurikasveista muodostuva puristemehu.....	65
8.	Juurikasvisäilörehujen käymis-, haihdutus- ja puristuskokeiden tulokset ja tarkastelu.....	67
8.1.	Etanolikäymiskokeet.....	67
8.2.	Etanolin haihdutuskokeet.....	75
8.3.	Juurikasmassojen puristuskokeet.....	77
8.4.	Käymis-, haihdutus- ja puristuskokeiden tarkastelu.....	79
9.	Juurikasvisäilörehujen ja tislauksen sulavuuskokeitten tulokset ja tarkastelu.....	82
9.1.	Sokerijuurikkasäilörehun ja siitä etanoli- tuotannossa jäävän tislauksen sulavuus ja rehuarvo.....	82
9.2.	Erilaisen kemiallisen koostumuksen omaavien rehusokerijuurikkaan juuri- säilörehujen sulavuus ja rehuarvo.....	86
9.3.	Valkopunajuurisäilörehun sulavuus ja rehuarvo.....	88
9.4.	Sulavuuskokeitten tarkastelu.....	91
10.	Energiarehukasvien satokehitys (1982).....	93
11.	Juurikasveista saatava rehusato ja etanolimäärä.....	94
D.	KIRJALLISUUSLUETTELO.....	102

LIITTEET

YHTEENVETO

Tiedotteessa esitetään tulokset viiden vuoden aikana suoritetuista, pääasiassa juurikasvien säilöntää, sulavuutta ja rehuarvoa koskevista kokeista. Säilöntäkokeissa tutkittiin mahdollisuutta ja menetelmiä murskatun juuri- tai perunamassan ja naattien sekä rehukaalin säilömiseksi vedenpitävissä siiloissa ilman puristemehun poistumisesta aiheutuvaa hävikkiä (LAMPILA 1981). Kokeita tehtiin laboratorio-, pilot plant- ja talousmittakaavassa. Tarkoituksena oli saada kasvimateriaali säilymään moitteettomana rehukäyttöä varten ja lisäksi säilyttää juurikasvien sokeri myöhempää etanolifermentaatiota varten. Tutkimuksessa on lisäksi selvitetty mahdollisuuksia käyttää juurikasvisäilörehuja etanolituotannon raaka-aineena ja tässä tuotannossa syntyvän sivutuotteen rehuarvoa.

Säilöntäkokeissa päästiin parhaaseen tulokseen, kun säilötävän juurikasvimassan pH pudotettiin heti säilönnän alussa bentsoehappo-muurahaishappo-suolahappo-seoksella (suomalainen patentti no. 63328) 4:n tienoille, jolloin erilaiset käymiset estyivät tehokkaasti. Pilot-siiloissa (3 m³) 1981/82 tehdyissä kokeissa saatiin sokერიjuurikassäilörehujen sokeritaso pysymään ilmatiiviisti säilöittäessä lähes täysin muuttumattomana noin 6 kk ja isossa talousmittakaavan siilossa (59 m³), ei-ilmatiiviissä olosuhteissa, noin 80 % rehusokerijuurikkaan juurisäilörehun alkuperäisestä sokermäärästä säilyi 1983/84 kokeissa käymiskykyisessä muodossa 8 kk. Bentsoehappo yhdessä muun riittävän happolisäyksen kanssa esti tehokkaasti etanolin, mannitolin ja dekstraanin muodostumisen sekä homeen kasvun. Etanolia, mannitolia ja dekstraania muodostui huonosti säilötyissä juurisäilörehuissa kutakin 3-5 painoprosenttia. Huomattavaa on, että voihapsa ei käyttämällämme säilöntämenetelmällä muodostunut yhtään juuri- tai naattisäilörehuihin. Puristemehua ei juuri- tai naattisiiloista laskettu lainkaan ulos, jotta välttyttiin turhilta sokeri- ja kuiva-ainetappioilta. Hyvin onnistuneissa 1981/82 sokერიjuurikkaan säilönnöissä painotappio tuorepainosta oli noin 2 %.

Säilötyt juuri- ja juuri+naatti-rehut osoittautuivat päseillä suoritetuissa sulavuuskokeissa hyvin maittaviksi ja sulaviksi. Juurisäilörehuun helposti muodostuvat mannitoli ja dekstraani eivät vaikuttaneet merkittävästi juurisäilörehun sulavuuteen. Erilaisen sokerikoostumuksen sisältävien rehusokerijuurikkaan juurisäilörehujen orgaanisen aineen sulavuudeksi saatiin keskimäärin 83,6 %, täyttävyydeksi 1,1 kg ka/ry ja korvausluvuksi 6,2 kg/ry. Korvausluku oli juurisäilörehulla sitä pienempi mitä vähemmän oli tapahtunut etanolikäymistä. Sulavan raakavalkuaisen määrä oli juurisäilörehuissa alhainen, 10-40 g srv/kg ka, mikä on huomioitava ruokinnassa. Valkopunajuurisäilörehun (juurta ja naattia suhteessa 3:1) orgaanisen aineen sulavuudeksi saatiin 79 %, täyttävyydeksi 1,3 kg ka/ry ja korvausluvuksi 9,8 kg/ry.

Tutkittaessa juurikassäilörehujen alkoholikäymistä havaittiin, että lähes kaikki juurikasmassan sokeri fermentoitui nopeasti etanoliksi. Ainoat tarvittavat toimenpiteet olivat massan pH:n säätö noin 5:een ja hiivan lisäys. Näytti siltä, että etanolisaalis laskettuna teoreettisesta saaliista jäi pienemmäksi, jos käytetty juurikasmassa sisälsi juurten lisäksi myös naatit. Suoritetun etanolin haihdutuskokeen perusteella etanoli on vaikeasti tislattavissa suoraan juurikasmassasta tavallisella tislauksella. Jos käytetään 'kiinteäfaasi'-fermentaatiota on etanoli tislattava massasta alennetussa paineessa tai erotettava etanoli nestefaasiin puristamalla ennen normaalipaineessa tehtävää tislausta. Yksinkertaisilla puristimilla suoritetuissa juurimassan puristuskokeissa saatiin etanolista hieman yli 80 % puristemuun.

Sokerijuurikkaan juurisäilörehusta etanolikäymisen ja etanolin haihduttamisen jälkeen jäävän sivutuotteen orgaanisen aineen sulavuus oli 84 % ja täyttävyyys 1,2 kg ka/ry. Juuri+naatti-säilörehua raaka-aineena käytettäessä vastaavat luvut olivat 78 % ja 1,4 kg ka/ry. Juurisäilörehusta jäävän sivutuotteen sulavuudet olivat kaikilta osiltaan merkittävästi parempia kuin alkuperäisen käymättömän juurisäilörehun. Sensijaan juuri+naatti-säilörehun ollessa kyseessä vain raakakuidun sulavuus oli merkittävästi parempi sivutuotteessa kuin alkuperäisessä säilörehussa.

Tutkimuksen kuluessa kehitettiin juurikasvien puhdistusta ja murskausta varten jatkuvatoiminen laitteisto, joka käsittää hydraulikäyttöisen pesurin purkukierrukoineen, laskeutusaltaan vedenkierrätyspumppuineen sekä traktorisoitteisen murskaimen. Pestävät juuret pudotetaan traktorin kauhalla pesualtaaseen, jossa ne saatetaan pyörivään liikkeeseen akseliin kiinnitettyjä pyörityslappoja käyttäen. Pesurista peseytyneet juuret nousevat ylös purkukierrukkaa pitkin ja putoavat murskaimen. Murskaimen terälevyn alla murske hapotetaan säilörehuhapotinta käyttäen samalla kun keskipakosiivekkeet heittävät sen siiloon. Suurin osa juurikkaista irtoavasta maa-aineksesta kulkeutuu pesurista keskipakovoimaisesti laskeutusaltaaseen, joka voidaan tarvittaessa tyhjentää. Laskeutettu vesi kierrätetään pienen pumpun avulla takaisin pesualtaaseen, jotta veden kulutus saadaan pieneksi ja estetään juurten kellumista. Tällä hetkellä käyttämämme laitteiston teho on parhaimmillaan noin 4 tonnia mursketta tunnissa.

Juurisäilörehuilla suoritetut maidon- ja lihantuotantokokeet tullaan esittämään myöhemmin omana tiedotteenaan.

SUMMARY

Ensiling experiments with root crops, potatoes and marrow stem kale were carried out during 1980-84 using water-tight silos. In addition to testing possibilities and means for effluent-free ensiling, the aim was to conserve sugars of roots for subsequent ethanol fermentation. Nutritive values of silages and residues from ethanol fermentation and evaporation were determined in digestibility experiments with wethers. A prototype comprising washing system and crusher for roots was constructed and is described.

Best results of ensiling were obtained when the pH of silages was dropped down to about 4 by formic acid-hydrochloric acid mixtures together with benzoic acid (LAMPILA 1983). In pilot plant experiments in 1981/82, sugar content of sugar beet roots+leaves silages was maintained at almost original level for about 6 months. In a farm-scale experiment in 1983/84, 80 % of sugar of fodder sugar beet root silage was in a fermentable form after 8 months of storage. Benzoic acid together with other acids inhibited the fermentation of sugars especially to ethanol, mannitol and dextran. The amount of these compounds produced in poorly conserved root silages was from 3 to 5 % of fresh weight. Some lactic and acetic acid fermentation took place in silages but propionic and butyric acids were almost totally absent. Because of no loss of effluent, the loss of fresh weight in properly conserved silages was only about 2 % during 6 months of storage (in 1981/82).

Root crop silages proved to be palatable and highly digestible. Mannitol and dextran did not seem to have any significant effect on the digestibility of fodder sugar beet root silages. The mean digestibility of organic matter of these silages was 83,6 %.

In solid-phase fermentation studies with sugar and fodder sugar beet silages it was found that almost all sugar fermented rapidly to ethanol when yeast was added and pH was adjusted to about 5. It seemed that ethanol yield, calculated as percentage from the theoretical yield, was lower when fermented silage contained both roots and leaves as compared to that of roots alone. According to evaporation studies of fermented sugar beet root+leaves silages, ethanol should be distilled from silage under reduced pressure or be pressed to fluid-phase before distillation in normal pressure. More than 80 % of ethanol could be pressed from the silage into the juice with a simple pneumatic or screw press.

The digestibility of ethanol byproduct, left after solid-phase fermentation of fodder sugar beet root and root+leaves silages, was also determined after ethanol evaporation in a Latin Square experiment with wethers. The digestibility of

organic matter of the byproduct from root silage was 84 % and the nutritive value 1,2 kg DM/FU (fattening feed unit) when straw was a roughage source and urea was given as a supplementary nitrogen source. Figures for the byproduct from root+leaves silage were 78 % and 1,4 kg DM/FU, respectively. The digestibilities of all components of the byproduct from root silage were statistically higher than those of original unfermented root silage. The same was not true for the byproduct from root+leaves silage as compared to original unfermented root+leaves silage. Only the digestibility of crude fiber of fermented silage was higher than that of unfermented one.

A washing machine and a crusher were constructed to handle dirty roots of root crops before ensiling. The washing machine consists of a washing pool with two circulating peddles powered by a hydraulic motor, a screw powered by another hydraulic motor to empty washed roots from the washing pool to the crusher and a second pool for the settling of soil. Water is recirculated by a small pump from top of the settling pool back to the washing pool. The tractor-powered crusher is comprised of a cylinder-form vessel and a rolling blade plate near the bottom of the cylinder. After crush and acidification the mass is thrown by centrifugal force from the crusher straight to a, mostly, underground silo. The crusher is constructed on an angle gear taken from a flail harvester. At the moment the maximum efficiency of the system is about 4 tonnes ensiled roots/hour.

Feeding experiments with dairy cows and growing bulls to compare root silage with cereal grains will be published in another context.

A. JOHDANTO

Parin viime vuosikymmenen aikana on juurikasvien viljely rehutarkoituksiin taantunut maassamme lähes olemattomiin. Tämä on johtunut siitä, että juurikasvien viljely ja korjuu on vaatinut runsasta työpanosta ja varastointi on ollut ongelmallista ja epävarmaa. Markkinoille tulleet juurikasvien monosiemenet, tehokkaat rikkakasvihävitteet samoin kuin uudet, entistä paremmat viljely- ja korjuukoneet ovat kuitenkin viime vuosina vähentäneet hehtaaria kohti tarvittavan työmäärän tuotannossa ja korjuussa murto-osaan aiemmin vaaditusta. Työpanoksen pienennyttyä ovat rehujuurikasvien viljelyn edellytykset parantuneet olennaisesti. Viime mainitusta johtuen, ja koska rehuyksikkösadot ovat huomattavasti suuremmat kuin viljoista tai nurmista saatavat, pidettiin aiheellisena ryhtyä kehittelemään juurikasvien säilöntä- ja varastointimenetelmiä (LAMPILA 1981). Lisävaikeuttimena oli myös se, että juurikasvit ovat viljaan verrattavaa väkevää rehua ja että eräät niistä antavat runsaita satoja myös maan pohjoisosissa (YLLÖ 1956).

Suomessa on rehuksi tarkoitettut juurikasvit yleensä aumattu pellolle tai varastoitu maakuoppaan ja syötetty karjalle syksyn ja alkutalven aikana ennenkuin ne ovat ehtineet pilaantua. Aumassa pesemättömät, runsasmultaiset juuret pilaantuvat helposti ja talvella jäätymismahdollisuus on suuri. Paremmän säilyvyyden takaamiseksi on juurikasveista valmistettu aiemmin myös säilörehua käyttämällä säilöntäaineena AIV-liuosta. Esimerkiksi naattinaurista säilöttiin 40-luvun lopulta lähtien maahan upotetuissa siiloissa tai torneissa. Naatteineen maasta nyhdetyt nauriit laitettiin sellaisenaan siiloon, liika multa vain kopisteltiin pois, lisättiin säilöntäaine ja suoritettiin painotus (YLLÖ 1950). Joskus juuret myös pestiin ja murskattiin ennen AIV-säilöntää (LEVÄNEN 1943).

Säilörehun valmistusta juurikasveista on parin viime vuosikymmenen aikana tutkittu erityisesti Itä-Saksassa (LAUBE ym. 1968, WILDGRUBE ja ZAUSCH 1971) ja Puolassa (KULASEK ym. 1976). Kyseisissä maissa on kehitetty menetelmät juurikkaitten suurimittaista puhdistusta, murskausta ja säilöntää varten. Säilöntä on kuitenkin suoritettu siten, että puristemehu on laskettu ulos siilosta, jolloin tappiot muodostuvat suuriksi.

Rehukäytön lisäksi juurikasveja pidetään satoisuutensa ansiosta eräänä parhaista vaihtoehtoista polttoainealkoholin, etanolin tuotannon raaka-aineeksi. Vuosien 1973 ja 1979 öljykriisit saivat aikaan tuontiöljystä riippuvissa maissa voimakkaan tutkimustoiminnan, jolla on pyritty löytämään korvaavia energiavaihtoehtoja omavaraisuuden lisäämiseksi. Etanolia valmistetaan polttoainetarkoituksiin eniten Brasiiliassa, jossa sokeriruoko on tärkein raaka-ainelähde. Myöskin USA:ssa valmistetaan lukuisissa tehtaissa polttoainealkoholia. Koemielessä valmistusta suoritetaan pienmittakavassa maatiloillakin. Raaka-aineena siellä käytetään pääasiassa ylijäämäviljaa, lähinnä maissia.

Tämän työn päämääränä oli kehittää säilöntämenetelmä, käsitellen myös juurten pesun ja murskauksen, jolla juurikasvien naatit ja juuret saadaan säilymään sokeripitoisuudeltaan mahdollisimman muuttumattomana ja hyvänlaatuisena, kun niistä valmistetaan säilörehua siten, että puristemehua ei lasketa ulos siilosta. Tarkoitus oli myös määrittää näin valmistettujen rehujen rehuarvot. Samoin oli tavoitteena selvittää voidaanko näitä säilörehuja käyttää etanolikäymisen raaka-aineena sekä tutkia niistä etanolituotannossa syntyvän sivutuotteen rehuarvo.

Yllämainittujen tutkimusten lisäksi esitetään tulokset muutamista etanolin haihdutus- ja juurikasmassojen puristuskokeista sekä kasvinviljelyosaston ruutukokeiden yhteydessä erikseen määritetyt satojen kehittymisnopeudet. Lisäksi tarkastellaan lyhyesti juurikasvien käsittelyyn liittyviä seikkoja, kuten nostoa, puhdistusta ja murskausta.

Tämä työ on tapahtunut Maa- ja metsätalousministeriön osittaisella rahoituksella maataloudellisiin yhteistutkimuksiin tarkoitetuista varoista vuosina 1981-1984. Työn tuloksia on aiemmin osittain ja alustavasti selostettu seuraavissa julkaisuissa: LAMPILA (1981), TOIVONEN ja LAMPILA (1983 ja 1984) sekä TOIVONEN (1985). Tutkimukseen liittyvistä mullien lihan- ja lehmien maidontuotantokokeista tullaan laatimaan oma tiedotteensa. Yhteistutkimuksen toisen osapuolen, MTTK:n kasvinviljelyosaston, eri puolilla Suomea suorittamista tuorerehukasvien viljelytutkimuksista on äskettäin julkaistu tiedote (PULLI ym. 1986).

B. MENETELMÄT

1. Säilöntäkokeet

1.1. Rehusokerijuurikkaan säilöntäkoe laboratoriomittakaavassa

Rehusokerijuurikkaan juurta punnittiin 8,5 kg ja naattia 4 kg. Nämä homogenoitiin leikkurihomogenisaattorilla (Kuchemaschine "Universal"). Homogenaattia punnittiin muovisäkkiin 4 kg, lisättiin säilöntäaineet ja sekoitettiin painelemalla säkkiä. Massa kaadettiin pleksisiiloon (halkaisija 14 cm, korkeus 90 cm), laitettiin muovinen kansi päälle, painettiin massa tiiviiksi ja suljettiin 3 l:n vesipussilla. Puristenestettä ei laskettu ulos.

Rinnakkaisia kokeita ei suoritettu kaikilla säilöntäaineyhdistelmillä, koska pyrittiin saamaan tietoa mahdollisimman monesta yhdistelmästä käytettävissä olevalla siilomäärällä.

Koesiilot säilytettiin huoneenlämmössä (18-20 °C) 6 kk, minkä jälkeen siilojen massoista tehtiin samat analyysit kuin raaka-aineestakin: pH, sokeri, etanoli, maitohappo ja haihtuvat rasvahapot.

Käytetyt säilöntäaineyhdistelmät käsitellään tulosten yhteydessä (kuva 4).

1.2. Juurikasmassojen, rehukaalin ja perunan säilöntäkokeet suuremmassa mittakaavassa

1.2.1. Rehujen korjuu

Naatit ja rehukaali korjattiin kelasilppurilla traktorin peräkärreyn, josta ne tyhjennettiin muovin päälle lähelle täytettäviä siiloja (koe-eläintallin siilot). Mullinavetan isoon siiloon säilötyt, kelasilppurilla korjatut rehusokerijuurikkaan naatit kipattiin kuorma-auton lavalta suoraan siiloon. Sokeri- ja rehusokerijuurikas nostettiin yleisesti käytössä olevilla nostokoneilla. Pienemmillä aloilla viljelty naattinauris ja valkopunajuuri nostettiin käsin, mutta naattinauriin korjuuta kokeiltiin myös perunannostokoneella.

1.2.2. Juurikkaitten puhdistus

Kahtena ensimmäisenä säilöntäkautena (1980/81 ja 1981/82) juurikkaat pestiin kotieläinhoito-osastolla rakennetulla traktorikäyttöisellä pesurilla (liite 1), jonka mallina oli sokeritehtailla näytteiden pesussa käytettävä pesuri.

Juurikkaat talikoitiin pesuriin noin 30-40 kg erinä. Pesurin pyörivän pohjalevyn päällä kiertoliikkeessä olevat juurikkaat peseytyivät puhtaaksi vesisuihkussa hankautuessaan toisiaan vasten noin 4-5 minuutissa.

Säilöntäkokeissa 1982/83 kokeiltiin toista pesusysteemiä (liite 2), jossa juurikkaat aluksi upotettiin häkissä vesialtaaseen. Seuraavaksi ajettiin seiväskairalla varustettu traktori altaan viereen, laskettiin kairan alapäähän hitsattu lapa lähelle häkin pohjaa ja alettiin varovasti pyörittää kairalla juurikkaita. Pyöritystä jatkettiin 3-5 minuuttia, minkä jälkeen kaira nostettiin ylös ja pestyt juuret nostettiin pesuhäkissä traktorin peräkärryn lavalle. Tyhjennetty pesuhäkki palautettiin takaisin vesialtaaseen ja täytettiin juurikkailla traktorikuormainta käyttäen.

Piensiilo- ja talousmittakaavan säilöntäkokeissa 1983/84 oli käytössä pesuriosa liitteessä 3 esitetystä laitteistosta. Liitteessä kuvatun laskeutusaltaan tilalla oli Trevira-kankaasta valmistettu säkki.

1.2.3. Juurikkaitten murskaus

Kahtena ensimmäisenä koekautena (1980/81 ja 1981/82) piensiiloihin säilötyt pestyt juuret talikoitiin Taso-pienpuuhakkuriin. Hakkurin korkea ulos-syöttötorvi korvattiin matalalla torvella, jotta kone ei tukkeutuisi. Hienojakoiseksi murskautunut juurimassa kerättiin saaveihin, joissa se punnittiin halutun suuruisiksi eriksi.

Kahtena seuraavana koekautena (1982/83 ja 1983/84) juuret esimurskattiin Tanskasta hankitun Hedborg-kuivapuhdistimen paloittelijalla (voimanlähteenä 1,1 kW sähkömoottori). Kui-

vapuhdistimessa oli kierukkakuljetin, joka paljasti mahdolliset kivet ennenkuin ne ehtivät paloittelijalle. Kuivapuhdistimeen lisättiin vanha, lanttujen murskauksessa aiemmin käytetty Junkkari-mylly (voimanlähteenä 2,2 kW sähkömoottori). Viimemainitulla saatiin paloittelijalta tulevat karkeat juureskappaleet yhtä pieneksi murskeeksi kuin Taso-hakkurilla.

1.2.4. Säilöntä

Pienemmät säilönöissä käytetyt koesiilot (3 m^3) sijaitsevat kotieläinhuolto-osaston katetussa, kylmässä hallissa ja suuremmat talousmittakaavan siilot (59 m^3) Lintupajun sivutilan mullikoenavetan pihassa maahan upotettuina (noin 4/5 siilosta maanpinnan alapuolella).

1.2.4.1. Säilöntäaineet ja säilötyt kasvit

Taulukossa 1 on esitetty eri vuosina suoritettut kokeet ja niissä käytetyt säilöntäaineet. Ennen kauden 81/82 kokeita suoritettiin sokerijuurikkaan juuren, naatin ja juuri+naatin (1:1) esititraus happoseoksella. Tätä varten otettiin 2 x 100 g:n erät kutakin hienoksi murskattuna, lisättiin vettä ja suoritettiin pH-titraus (kuva 1). Titrauksen perusteella valittiin 81/82 kokeisiin säilöntäaineena lisättäväksi 40 ja 60 happoekvivalenttia rehutonnia kohti.

Säilönöissä käytetyt hapot olivat teknistä puhtausastetta. Muurahaishappo (HCOOH) oli 23 normaalista ja suolahappo (HCl) 9,5 normaalista. Käytettyjen happoseosten koostumukset vaihtelivat eri koevuosina jonkin verran (taulukko 1). Käsien annosteltaessa happojen seosta laimennettiin vedellä niin, että tonnia kohti tuli laimennettua seosta 10 l. E-lintarvikelaatuinen bentsoehappo tai Na-bentsoaatti lisättiin kiteisenä. Käytetyt määrät selviävät taulukosta 1.

Taulukko 1. Juurikasveilla, rehukaalilla ja perunalla suoritettut säilöntäkokeet.

Table 1. Ensiling experiments with different root crops, marrow stem kale and potato.

Säilöntä- kausi (Ensilage period)	Sillo (Silo) No.	Säilötty kasvimateriaali (Ensilaged material)	Juuri: Naatti (Roots: Leaves)	Säilötty määrä, tn (Amount ensiled, tn)	Säilöntäaineet ja määrät/tn (Additives, equivalents or kg/tn)
1980/1981	5	Rehukaali (Marrow stem kale)		1,5	20 ekv HCOOH + 0,5 kg BH ^a
"	14	Naattinauris, juuri+naatti (Big-leaved turnip, root+leaves)	3:1	"	"
"	15	Rehusokerijuurikas, juuri+naatti (Fodder sugar beet, root+leaves)	1:1	"	"
"	16	Sokerijuurikas, juuri+naatti (Sugar beet, root+leaves)	1:1	"	"
"	17	Sokerijuurikas, naatti (Sugar beet, leaves)		"	"
1981/1982	9	Sokerijuurikas, naatti (Sugar beet, leaves)		1,5	20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,5 kg BH
"	10	"		"	30 " 30 " "
"	14	Sokerijuurikas, juuri (Sugar beet, root)		"	20 " 20 " "
"	15	"		"	30 " 30 " "
"	16	Sokerijuurikas, juuri+naatti (Sugar beet, root+leaves)	1:1	"	20 " 20 " "
"	17	"	"	"	30 " 30 " "

a) BH = Bentsoehappo (Benzoic acid)

jatkuu...
continues...

Taulukko 1, jatko 1...
Table 1, contin. 1...

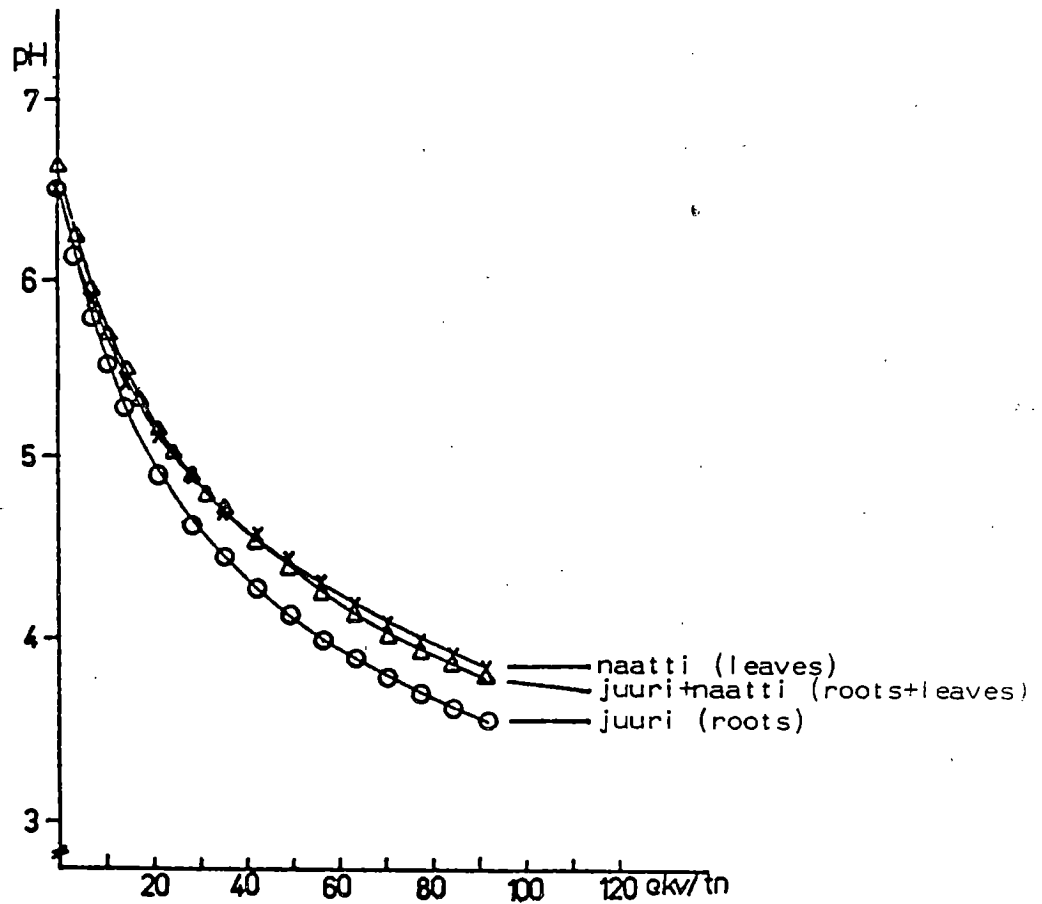
Säilöntä- kausi (Ensilage period)	Siilo (Silo)	Säilötty kasvimateriaali (Ensilaged material)	Juuri: Naatti (Roots: Leaves)	Säilötty määrä, tn (Amount ensiled, tn)	Säilöntäaineet ja määrät/tn (Additives, equivalents or kg/tn)
1982/83	14	Rehusokerijuurikas, juuri+naatti (Fodder sugar beet, root+leaves)	1,4:1	0,9	Ei säilöntäainetta (None)
"	16	"	"	"	20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl
"	17	"	"	"	" + 0,25 kg BH
"	10	"	"	"	20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,5 kg BH
"	12	Sokerijuurikas, juuri+naatti (Sugar beet, root+leaves)	1:1	1,4	
"	15	Valkopunajuuri, juuri+naatti (White variety of red beet, root+leaves)	3:1	1,5	"
"	11	Naattinauris, juuri+naatti (Big-leaved turnip, root+leaves)	2:1	"	"
"	13	Peruna (Potato)	"	"	"
"	L ^b	Rehusokerijuurikas, naatti (Fodder sugar beet, leaves)		21,0	20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,295 kg Na-B ^c
"	L	Rehusokerijuurikas, juuri (Fodder sugar beet, root)		30,0	"

b) L = Lintupajun juurikassilot (Farm-scale silos)
c) Na-B = Natriumbentsoatti (Sodium benzoate)

jatkuu...
continues...

Taulukko 1, jatko 2...
Table 1, contin. 2...

Säilöntä- kausi (Ensilage period)	Siilo (Silo)	Säilötty kasvimateriaali (Ensilaged material)	Säilötty määrä, tn (Amount ensiled, tn)	Säilöntäaineet ja määrät/tn (Additives, equivalents or kg/tn)
1983/84	15	Rehusokerijuurikas, juuri (Fodder sugar beet, root)	0,8	0,5 kg BH
"	16	"	"	0,5 kg BH
"	17	"	"	1,0 kg BH
"	10	"	"	2,0 kg BH
"	11	"	"	25 ekv HCOOH + 25 ekv HCl
"	12	"	"	" + 0,25 kg BH
"	13	"	"	" + 0,5 kg BH
"	14	"	"	" + 1,0 kg BH
"	L	Rehusokerijuurikas, naatti (Fodder sugar beet, leaves)	49,6	30 ekv HCOOH + 30 ekv HCl + 0,5 kg BH
"	L	Rehusokerijuurikas, juuri (Fodder sugar beet, root)	50,0	25 ekv HCOOH + 25 ekv HCl + 0,5 kg BH



Kuva 1. Sokerijuurikkaan murskatun juuri-, naatti- ja juuri+naatti (1:1)-massan titraus HCOOH+HCl-happoseoksella (happoekvivalenttien suhde 1:1).

Fig. 1. Titration curves of smashed roots, leaves and roots+leaves (1:1) of sugar beet. Titration was done with a mixture of HCOOH+HCl (acid equivalents 1:1).

1.2.4.2. Säilönnän suoritus

Koe-eläintallin juurta+naattia sisältäneet siilot täytettiin siten, että naattia ja juurta kasattiin halutussa suhteessa yhteensä 50-75 kg lattialla olevan muovin päälle, massaan lisättiin säilöntäaineet, happoseosliuos kastelukanulla ja kiteinen bentsoehappo ravistelemalla sihdin läpi.

Massa säilöntäaineineen sekoitettiin vetämällä muovin reunoista edestakaisin ja sekoitettu massa kaadettiin siiloon. Siilossa yksi henkilö suoritti tiivistämisen ja tasoituksen. Säilöntäkokeissa 1982/83 ei tiivistämistä suoritettu. Kun siilo täyttyi, pinta tasoitettiin ja peitettiin. Pelkkää juurta säilöittäessä (1983/84) juurimassa kaadettiin suoraan siiloon 25 kg:n erissä ja säilöntäaineet lisättiin siiloon kastelukannulla ja sihdin läpi varistamalla (BH). Loppukäsittely oli kuten 1982/83 säilönnässä.

Pelkkää juurta tai naattia (tai rehukaalia) sisältävät siilot täytettiin kaatamalla juuri- ja naattimassaa 25 kg:n erissä suoraan siiloon. Joka toisen massaerän päälle levitettiin happoseos ja joka toisen bentsoehappo. Kun siiloissa oli haluttu määrä massaa, sen pinta peitettiin muovilla ja tiiviillä vesivanerikannella (säilöntäkokeet 1980/81 ja 1981/82). Säilöntäkokeissa 1982/83 ja 1983/84 muovi asetettiin muutama sata kiloa ennen siilon täyttymistä sen reunoille siten, että muovin alareuna jäi puristuksiin seinän ja massan väliin parantaen näin ilmatiiviyttä.

Lintupajun isot juurikassiilot vuorattiin ennen 1982/83 säilönnän alkua reunoiltaan aaltopahvilla (jotta uudesta siilolaudoituksesta mahdollisesti erittyvä kyllästysaine, kreosootti, imeytyisi pahviin) ja vielä pohjalta ja seiniltä muovikalvolla. Vuoden 1983/84 säilönnöissä ei aaltopahvia eikä seinämuovia enää käytetty.

Lintupajun naattisiilo täytettiin kippaamalla naatit suoraan kuorma-auton lavalta siiloon. Kippaus pyrittiin suorittamaan kahdessa erässä. Ensin pudotettiin puolet kuormasta, levitettiin talikolla ja käsiteltiin säilöntäaineilla. Säilöntäaineista lisättiin nestemäinen happoseos kastelukannulla ja kiteinen bentsoehappo ravistelemalla sihdin läpi. Tämän jälkeen pudotettiin toinen puolikas kuormasta ja käsiteltiin samoin.

Vuosien 1982 ja -83 säilönnöissä murskattu juurimassa putosi juurisiiloon suoraan Junkkarimyllystä. Myllystä pudonneen

massan päälle lisättiin arvioitua juurimurskeen painoa vastaava säilöntäainemäärä useissa erissä. Juurikasmassa levitettiin lapiolla eri puolille siiloa.

Siilot peitettiin ensin reunamuovilla, jonka päälle lisättiin vielä erillinen muovi. Kauden 82/83 kokeissa naattisiiloon laitettiin aiemmin säilörehutornien vesipainotuskokeissa käytetty Trevira-kankainen, altaan muotoinen peitto. Muovien päälle ladottiin lämpöeristeeksi yksi kerros olkipaaleja. Peittämisessä kokeiltiin myös styrox-kantta, mutta se osoittautui epäkäytännölliseksi.

1.2.5. Näytteiden otto, käsittely ja analysointi

Siiloista näytettä otettaessa pintakerros siirrettiin syrjään ja massaa sekoitettiin lapiolla noin 30 cm syvyydeltä. Kolmena ensimmäisenä koekautena otettiin noin 20 kg näyte, joka punnittiin ja homogenoitiin leikkurimylyllä ennen analysointia. Säilöntäkokeissa 1983/84 näytettä otettiin vain 2 kg.

Säilötyistä kosteista massoista tehtiin kotieläinhuolto-osaston laboratoriossa analyysija seuraavasti: rehu jauhettiin veden kanssa tehosekoittajassa 2 x 4 min. välillä pakastimessa jäähdyttämällä, suodatettiin ja vesisuodoksesta tehtiin alla luetellut erikoisanalyysit:

- haihtuvat rasvahapot (HUIDA 1973) (poikkeus: otettu käyttöön metyyylilaktaatti sisäiseksi standardiksi)
- maitohappomääritys (BARKER ja SUMMERSON 1941, Turner-spektrofotometri, aallonpituus 560 nm, putkikyvetit)
- ammonium-typen määritys (McCULLOUGH 1967)
- sokerin määritys: säilörehun suodos (30 ml) kirkastettiin ravistamalla 1 tunti Duolite A7 (4 g) ja Amberlite JR 120 (4 g) kanssa, suodatettiin, tehtiin 0,02 normaaliseksi

- rikkihapon suhteen, hydrolysoitiin 2 t 100 asteessa ja neutralisoitiin. Liuoksesta määritettiin pelkistävät sokerit (NELSON 1944 ja SOMOGYI 1945)
- liukenevan typen määrittäminen tehtiin Kjeldahl-menetelmällä säilörehusuodoksesta (20 ml)
 - alkoholin määrittäminen: suodokseen lisättiin punnitsemalla sisäiseksi standardiksi kuivaa metanolia ja etanoli määritettiin kaasukromatografisesti (HUIDA 1982)
 - kokonaistypen määrittäminen: taarattuun maljaan punnittiin kosteata säilörehua 20 g ja lisättiin 20-25 ml väkevää rikkihappoa (p.a.), sekoitettiin, seisotettiin yli yön lämpökaapissa (60 °C), jäädytettiin ja punnittiin Kjeldahl-määrittämiseen 3-6 g.

Rehuanalyysit tehtiin seuraavasti:

- kuiva-aine: esikuivaus 60 asteessa yli yön, sitten 8 tuntia 100-105 asteessa
- sekundäärinen kuiva-aine: 105 asteessa yli yön
- rasvan määrittäminen: eetteriuutos 4-5 t Twisselman-laitteella
- tuhkan määrittäminen: poltto yön yli 600 asteessa
- kuidun määrittäminen: modifikaatio Weenden-menetelmästä lasivillasuodatuksella (HIRSIJÄRVI ja ANDERSEN 1954), (poikkeus: alkoholia käytettiin eetterin sijasta, kuivaus yli yön 105 asteessa)
- proteiinin määrittäminen: Kjeldahlin mukaan käyttäen CuSO_4 -katalysaattoria.

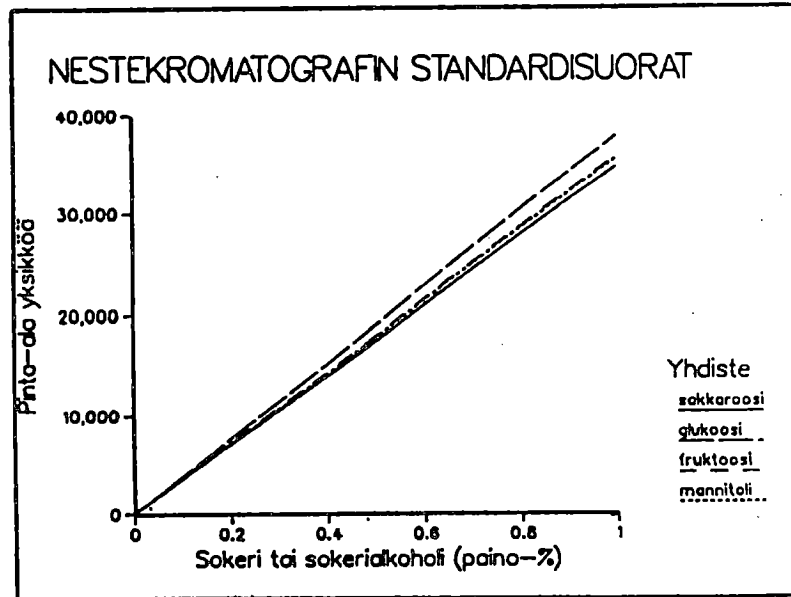
Sakkaroosi, glukoosi, fruktoosi ja mannitoli määritettiin 1982/83 kokeissa nestekromatografiolla. Siilloista otetut näytteet homogenoitiin veden lisäyksen (50 g näytettä + 100 ml vettä) jälkeen, suodatettiin tavallisen suodatinpaperin läpi ja ennen ajoa vielä 0,45 um Millipore-suodattimen läpi. Pellolta oton jälkeen kuivatut näytteet käsiteltiin samoin paitsi että kuivattua näytettä otettiin vain 3 g käsittelyyn. Nestekromatografi oli Varian 5000 ja ajokolonni sokerien ajoon tarkoitettu Hamilton'in Ca^{2+} -muodossa oleva ioninvaihtokolonni. Detektorina oli RI-detektorina. Ajo-

olosuhteet olivat: paine 87 atm, lämpötila 85 °C, virtaus 0,6 ml/min ja eluenttina 2 x ionivaihdettu H₂O. Konsentraatioita määritettäessä käytettiin ulkoista standardointia. Kuvassa 2 on esitetty määriteltävien yhdisteiden standardisuorat ja kuvassa 3 tyypillinen standardeille saatu kromatogrammi. Säilöntäkokeiden 1983/84 yhteydessä määritettiin mannitoli myös nestekromatografialla. Näytteet uutettiin homogenoimalla vedessä, suodatettiin ensin Whatman 1-paperin läpi, sitten SEP-PAK C-patruunan läpi ja vielä Millipore-suodattimen (0,45 µm) läpi. Lopuksi näytteet sentrifugoitiin (6000 rpm, 10 min.). Ajossa käytettiin sisäisenä standardina ksyloosia 0,5 paino-%. Nestekromatografi oli Hewlett Packard 1084 B ja ajokolonni Lichrosorb NH₂ (Hi-bar). Käytettiin kahta esikolonnia (Perisorb RP8 ja Lichrosorb NH₂). Ajo-olosuhteet olivat: paine 50-200 atm, lämpötila 30 °C, virtaus 1-2 ml/min ja eluenttina asetonitriili-vesi-seos (80:20).

Koekauden 1983/84 kokeissa määritettiin dekstraani kolorimetrisesti (ROBERTS 1983). Näytteet homogenoitiin (30 g näytettä + 270 g vettä), suodatettiin (Whatman 1) ja laimennettiin 1:25 ennen varsinaista määrittystä. Standardina käytettiin Sigma'n dekstraania, mp 17900.

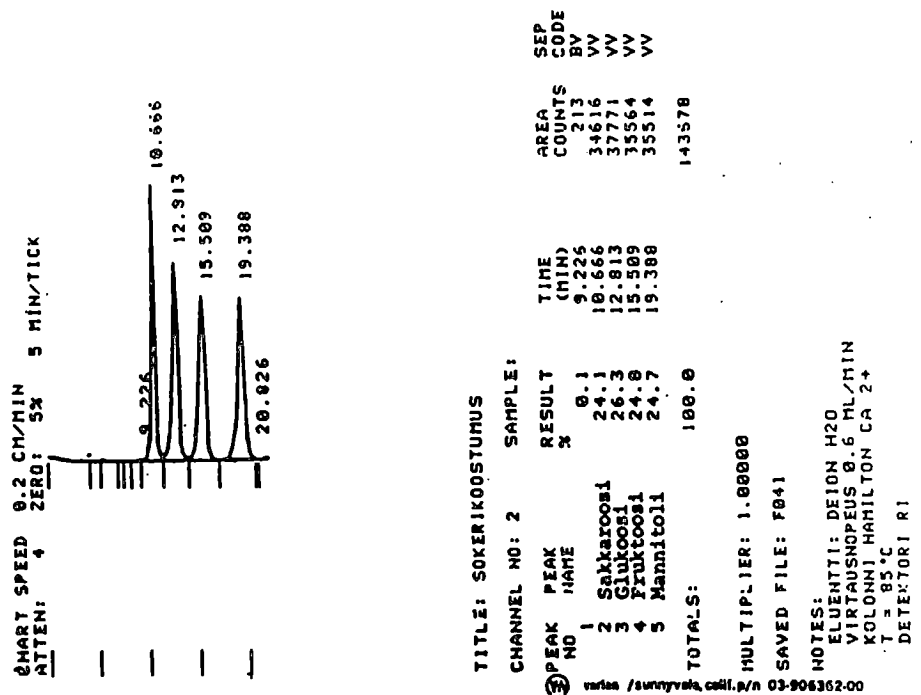
2. Juurikassäilörehun, puristemehun ja -massan käymiskokeet

Laboratoriomittakaavan käymiskokeet suoritettiin siilosta otetulla homogenoitulla massalla. Massan (200-300 g) pH nostettiin 1 N NaOH:lla halutulle tasolle ja käyminen tapahtui 500 ml:n keittopullossa, jossa oli vesilukko. Etanolikäyminen saatiin aikaan tavallisella Rajamäen leivontahiivalla (Saccharomyces cerevisiae). Juurikassäilörehumasaa ei steriloitu. Käymislämpötila oli huoneenlämpötila tai 30 °C. Käyneestä massasta analysoitiin etanoli, maitohappo, sokeri, pH, liukoinen tyyppi ja kokonaistyyppi kuten edellä esitettiin.



Kuva 2. Nestekromatografiset standardisuorat sakkaroosille, glukoosille, fruktoosille ja manniitolille ulkoista standardia käytettäessä Hamilton'in kolonnilla (Ca^{2+}).

Fig. 2. Liquid chromatography standard curves (area units/weight-% of sugar or sugar alcohol) for sucrose, glucose, fructose and mannitol.



Kuva 3. Tyypillinen nestekromatogrammi sokerien ajoon tarkoitettulla Hamilton'in kolonnilla (Ca^{2+}), kun eluenttina oli H_2O .

Fig. 3. Typical liquid chromatogram for a mixture of sucrose, glucose, fructose and mannitol; H_2O as an eluent.

Suurempien massamäärien (n. 125 kg) käyttäminen tapahtui sulavuuskokeitten yhteydessä esitettävällä tavalla (s.23). Etanolin saalis-% laskettiin teoreettiseen saaliiseen verrattuna. Viimemainittu laskettiin pelkistävän sokerin määrästä kertomalla 0,511:lla, joka saadaan etanolikäymisen reaktioyhtälöstä.

Juurikasmassan puristenesteellä suoritettiin yksi käymiskoe 500 ml:n muovipulloissa ilman hiivalisäystä. Puristetun massan säilyvyyttä tutkittiin antamalla massan olla muovilla peitettynä 22 pv kylmässä koesiilohallissa (5-10 °C).

3. Etanolin haihdutuskokeet

Massaan, puristenesteeseen ja veteen lisättiin 5 paino-% etanolia, annettiin etanolin tasapainottua massassa yön ja sen jälkeen tutkittiin etanolin haihtumisnopeutta 90 asteen lämpötilassa. Haihdutusastia oli 500 ml:n dekantterilasi, joka oli 90 asteen vesihauteessa. Sopivin väliajoin otettiin sekoituksen jälkeen n. 10 g:n näyte, josta määrättiin etanoli. Haihtuva vesi korvattiin osassa kokeita 30 minuutin välein 80 asteisella vedellä vaakaa käyttäen. Näytteen oton ja veden lisäyksen yhteydessä massa sekoitettiin. Alipainehaihdutus suoritettiin Rotavapor'issa vesimua käyttäen 50 asteessa.

4. Juurikassäilörehun puristuskokeet

Puristemehun saamista massasta erilleen kokeiltiin pienessä mittakaavassa hydraulisella paineilmapuristimella ja pienellä ruuvipuristimella, joilla pystyi puristamaan n. 1 kg

kerrallaan, sekä puristimella, joka saatiin pienin muutoksin Pasi-olkileikkurista (pystyi puristamaan n. 75 kg kerrallaan). Puristenesteestä määritettiin joko etanolin tai sokerin saalisprosentit.

5. Juurikassäilörehujen sulavuuskokeet

5.1. Fermentoitujen rehujen valmistus

Säilöntäkokeitten 1981/82 siiloista 14 (sokerijuurikkaan juurisäilörehu) ja 16 (sokerijuurikkaan juuri+naattisäilörehu) otettiin 120-135 kg kerrallaan fermentointia varten. Siilosta 14 fermentoitiin kaikkiaan 1036 kg 8:ssa erässä ja siilosta 16 1017 kg 8:ssa erässä.

Siilosta otettu erä homogenoitiin ensin "Universal" -leikkurimyllyssä ja tämän jälkeen massa siirrettiin 250 l:n muovitynnyriin, jossa se höyrykäsiteltiin. Höyryä johdettiin massaan n. 10-15 min, jolloin sen lämpötila nousi 70-90 asteeseen. Höyrytyksen yhteydessä tiivistyvä vesi lisäsi massan painoa 15-20 kg.

Massan jäähtyttyä se kaadettiin fermentointikattilaan. Tämä valmistettiin vanhasta vesivaipallisesta suurkeittiökattilasta poistamalla ylimääräiset osat ja varustamalla kattilan kansi vesilukolla ja anturilla lämpötilan seuraamista varten. Massaan lisättiin pienen näytteen esititrauksen perusteella laskettu määrä 3 N NaOH:ia kunnes pH oli 5,1-5,2. Tämän jälkeen aloitettiin etanolikäyminen lisäämällä massaan vesijohtoveteen (1:1) suspendoitua Rajamäen leipomohiivaa 0,5 paino-%. Käyminen tapahtui huoneenlämmössä (n. 20 °C) ja kesti 4-5 vuorokautta.

Käymisen loputtua massa siirrettiin etanolin haihdutuksen

aloitusta varten 250 l:n muovitynnyriin. Tässä vaiheessa yleensä määritettiin etanolipitoisuus, jotta nähtäisiin onko käyminen mennyt loppuun.

Etanolin haihdutus aloitettiin höyrytyksellä, jolloin massan lämpötila saatiin 10-15 minuutissa etanolin kiehumislämpötilaan. Höyrytyksen yhteydessä massan paino lisääntyi jälleen 15-20 kg. Höyrytystynnyristä kuuma massa kaadettiin etanolin haihdutuskattilaan.

Haihdutuskattila (250 l) oli fermentaatiokattilan tapaan valmistettu vanhasta suurkeittiökattilasta. Kattilan vaippa täytettiin lämmönsiirtoöljyllä, joka lämmitettiin neste-kaasuliekillä 130 asteeseen ja pidettiin siinä haihdutuksen ajan.

Etanolin haihdutusta jatkettiin kunnes lopputaso oli alle 0,5 %. Etanolin haihtumista seurattiin ottamalla pieni näyte ja määrittämällä alkoholi kaasukromatografisesti.

Rehusta otettiin näyte rehu- ja erikoisanalyyseja varten. Kuiva-aine määritettiin välittömästi ja näiden tulosten perusteella rehu pussitettiin päiväannoksiin sulavuuskoetta varten ja pakastettiin. Syöttöpäivää edeltävänä päivänä rehu sulatettiin lämpimässä vesihauteessa ja säilytettiin seuraavaan aamuun kylmähuoneessa (noin 5 °C).

5.2. Fermentoimattomien rehujen käsittely

Fermentoimattomat rehut otettiin suuremmissa erissä (n. 100 kg kerrallaan) samoista siiloista 14 ja 16 kuin fermentoidutkin. Massat homogenoitiin leikkurimyllyssä. Homogenaateista otettiin näyte rehu- ja erikoisanalyysejä varten. Kun kuiva-aine oli määritetty, rehut pussitettiin päiväannoksiin ja pakastettiin. Sulatus ja säilytys tehtiin ylläesitettyllä tavalla.

5.3. Analyysit

Rehuista tehtiin rehu- ja erikoisanalyysit samoilla menetelmillä kuin on esitetty säilöntäkokeissa (s.18-19).

5.4. Fermentoitujen juurikassäilörehujen sulavuuskokeet

Koerehut olivat seuraavat:

sk 892	sokerijuurikkaan juurisäilörehu
sk 893	sokerijuurikkaan juuri+ naatti-säilörehu
sk 894	fermentoitu juurisäilörehu
sk 895	fermentoitu juuri+naatti-säilörehu

Perusrehuna oli kauran olki.

Siirto-, valmistus- ja keruukaudella pyrittiin antamaan 1,15 kg orgaanista ainetta/eläin/pv. Orgaanisesta aineesta 633 g laskettiin saatavaksi juurikasmassoista ja 517 g oljesta. Ureaa annettiin siten, että raakavalkuainen (massan ja oljen raakavalkuainen + ureasta laskettu raakavalkuainen) olisi 14 % orgaanisen aineen määrästä. Sulavuuskokeissa 892 ja 894 annettiin kivennäisenä Nurmi-Tuotosta 30 g/eläin/pv sekä kokeissa 893 ja 895 Fosfori-Tuotosta 20 g/eläin/pv. Vettä annettiin vapaasti.

Koekaavio oli 4x4 latinalainen neliö ja koe-eläiminä oli neljä noin 1-vuotiaasta kastroitua pässiä painoiltaan 63 - 83 kg.

Kaikista rehuista ja jätteistä tehtiin rehu- ja erikoisanalyysit (s.18-19). Virtsaan lisättiin 50-100 ml 10 N rikkihappoa ja keruunäytteet pakastettiin. Sonnasta tehtiin rehuanalyysi, tuoreesta sonnasta ja virtsasta typpimääritys.

Tulokset analysoitiin käyttäen sulavuuskoe- ja tyypitaseohjelmaa. Tilastollinen testaus suoritettiin CSSAS-ohjelmaan sisältyvällä varianssianalyysillä.

5.5. Kemialliselta koostumukseltaan erilaisten rehusokerijuurikkaan juurisäilörehujen sulavuuskokeet

Koerehut valmistettiin koe-eläintallin siiloihin 11,14,15 ja 17 eri säilöntäainekoostumuksia käyttäen 10.11.83:

sk 2 siilo 15 rehusokerijuurikkaan juurisäilörehu		
sk 3 siilo 17	"	"
sk 4 siilo 11	"	"
sk 5 siilo 14	"	"

Käytetyt säilöntäaineet selviävät sivulta 15.

Perusrehuna käytettiin nurmisäilörehua (laakasiilo 3, timotei-koiranheinävaltainen kelasilputtu nurmi, kesän 1. sato, säilöntäaineena AIV-2, 5 l/tn).

Siirto-, valmistus- ja keruukaudella pyrittiin antamaan 1,1 kg kuiva-ainetta/eläin/pv. Kuiva-aineesta 400 g laskettiin saatavaksi juurisäilörehusta ja 700 g nurmisäilörehusta. Kivennäisenä annettiin Nurmi-Tuotosta 30 g/el/pv. Vettä annettiin vapaasti. Juurimassat ja säilörehu syötettiin yhtäaikaisesti eri astioista mahdollisten jätteiden analysoinnin helpottamiseksi.

Koekaavio oli 4x4 latinalainen neliö ja koe-eläiminä oli neljä 65-70 kg:n painoista noin 1-vuotiasta kastroitua pässiä.

Juurimassoista ja säilörehusta pussitettaessa otetuista keruunäytteistä ja jätteistä tehtiin rehu- ja erikoisanalyysi-

sit (s.18-19) juurikasmassoista myös mannitoli ja dekstraani (s.20). Virtsa ja sonta käsiteltiin kuten yllä (s.26).

Tulosten analysointi suoritettiin käyttäen sulavuuskoe- ja tyypitaseohjelmaa (SPSSX). Tilastollinen testaus suoritettiin SPSSX-ohjelmaan sisältyvällä varianssianalyysillä.

5.6. Valkopunajuurisäilörehun sulavuuskoe

Koerehuna oli valkopunajuurisäilörehu (1982/83, siilo 15, kts. taulukko 1, s.14), jossa oli juurta ja naattia suhteessa 3:1. Perusrehuna käytettiin nurmisäilörehua, jonka sulavuus oli etukäteen määritetty (sk 944/82). Kaikkiaan kuiva-ainetta pyrittiin antamaan 1,1 kg/eläin/pv, josta 600 g valkopunajuurisäilörehusta ja 500 g nurmisäilörehusta. Rehut syötettiin eri astioista mahdollisten jätteiden analysoinnin helpottamiseksi. Kivennäisenä annettiin Fosfori-Tuotosta 20 g/eläin/pv.

Koerehun sulavuus (sk 949) määritettiin neljällä noin 90 kg:n kastroidulla pässillä erotusmenettelyä käyttäen.

6. Energiarehukasvien satokehitys

MTTK:n kasvinviljelyosaston viljelemistä koeruuduista otettiin 29.7.-15.10.1982 välisenä aikana noin 2 viikon välein satonäytteet kustakin kasvilajista, juurista ja naateista erikseen, kolmesta satunnaisesta kohdasta kutakin koerutua 2 m eli yhteensä 6 m/kasvilaji.

Naatit, rehukaali ja pestyt juuret punnittiin, homogenoitiin leikkurimyllyssä ja analysoitiin säilöntäkokeitten yhteydessä esitetyillä menetelmillä.

Kasvilajit olivat sokerijuurikas (Monohill), rehusokerijuurikas (Lamono 2), valkopunajuuri (Albina Vereduda), naattinauris (Teutoburger) ja rehukaali (Grüner Rig).

Kylvö tapahtui 20.5. savimaalle. Kaikilla oli sama lannoitus: 160 kg N = 1000 kg Kemiran Yb/ha. Rivinväli oli 45 cm, kylvösyvyys 2-4 cm ja kylvötiheydet rivimetriä kohti olivat: sokeri- ja rehusokerijuurikas 4 kpl, valkopunajuuri 4-5 kpl, naattinauris 21 kpl ja rehukaali 22 kpl. Ruudut sadetettiin kerran (30 mm). (PULLI ym. 1986)

C. TULOKSET JA TARKASTELU

1. Juurikasvien nosto

Säilöttäväksi tarkoitettujen juurikasvien nostossa käytettävälle koneelle voidaan asettaa seuraavia vaatimuksia:

- nostotappiot jäätävä vähäisiksi, jolloin sokeria ja rehuyksiköitä ei menetetä turhaan
- juurten multaprosentti jäätävä alhaiseksi, jotta multa jäisi pellolle ja samalla pesu tai kuivapuhdistus helpottuisi
- juurten vioittuminen noston yhteydessä pysyttävä vähäisenä, että välttyttäisiin mikrobikontaminaatioilta
- ajokertoja pellolla mahdollisimman vähän, jotta maan tiivistyminen vähenisi.

Nykyisillä juurikkaannostokoneilla, jotka jo melko hyvin täyttävät yllä esitetyt vaatimukset, pyritään yhä puhtaampaan nostotulokseen. Multakysymyksestä on tehty selvitys (LUOMA 1982), jossa on perusteellisesti tarkasteltu juurikkaitten multapitoisuuden vaikuttavia tekijöitä ja mahdollisia keinoja multaongelman helpottamiseksi.

Rehu- ja energiakäyttöön tarkoitettujen juurikasvien nostoa voidaan suuresti helpottaa, jos viljeltävän kasvin juuresta on mahdollisimman suuri osa maan pinnalla. Tämä kasvutapa vähentää myös huomattavasti juuren multapitoisuutta ja samalla naatin korjuu silppurilla helpottuu. Nykyisten sokerijuurikaslaajikkeiden juuri kasvaa lähes kokonaan maan pinnan alapuolella. Rehusokerijuurikkaan juuresta on selvästi suurempi osa maan pinnalla kuin sokerijuurikkaan juuresta ja näinollen se pystytään nostamaan vähemmän multaisena. Säilöntäkokeissamme käytetyistä juurikasveista on nostoa ajatellen paras naattinauris, sillä se kasvaa melkein kokonaan maan pinnan yläpuolella.

2. Puhdistus

Rehukäyttöön tarkoitettut juuret pitää yleensä puhdistaa ennen säilöntää, koska muuten on odotettavissa vaikeuksia säilönnässä kuin myös multaisen rehun syötössä.

Puhdistustulokseen ja -tehokkuuteen vaikuttaa ratkaisevasti juurten multapitoisuus, joka puolestaan riippuu monesta viljely- ja korjuuteknisestä seikasta. Viljelytekniisiin seikkoihin kuuluvat sopivan viljelymaan valinta, maan tiivistymisen estäminen ja rikkaruohojen torjunta. Kevyillä hietamailla kasvatettujen juurten multapitoisuus on huomattavasti pienempi kuin savimailla kasvatettujen etenkin satteisena syksynä. Lisäksi kevyt maa irtoaa puhdistuksen yhteydessä selvästi helpommin kuin savi. Maan tiivistyminen

lisää multapitoisuutta ja tiivistynyt maa säilyy huonommin nostokunnossa sateiden jälkeen. Korjuuteknisiä seikkoja ovat korjuukonemalli, työsyvyyden säätö ja korjuuajankohta. (LUOMA 1982)

Juurikkaitten riittävä puhdistus säilöntää varten ei Suomen oloissa yleensä ole mahdollista muuten kuin vesipesua käyttäen. Työn yhteydessä kokeiltiin rehusokerijuurikkaan kuivapuhdistusta tanskalaisella Hedborg'in harjakoneella, mutta puhdistustulos oli epätydyttävä. Koska pesuun soveltuvaa laitetta ei löytynyt markkinoilta ryhdyimme kehittämään sellaista. Suunnittelussa asetimme tavoitteeksi seuraavia ominaisuuksia:

- koneen olisi oltava mahdollisimman yksinkertainen ja halpa
- käyttämiseen riittäisi 1-2 henkilöä
- käsityötä olisi mahdollisimman vähän
- vedenkulutus olisi kohtuullisen pieni
- laitteen teho olisi 3-4 tn/t
- puhdistustulos olisi tyydyttävä
- laitteessa olisi kivenerotin
- multa saataisiin helposti poistettua laitteesta
- laite olisi jatkuvatoiminen.

Tämän työn menetelmäosassa ja liitteissä 1 ja 2 kuvatut, ensimmäisinä säilöntävuosina käytetyt pesulaitteet eivät vielä täyttäneet läheskään ylläesitettyjä tavoitteita. Syksystä -83 lähtien pesu suoritettiin aiemmin saatujen kokemusten pohjalta rakennetulla, traktorin hydraulikasta voimansa saavalla pesurilla (liite 3), joka jo täytti suurimman osan yllä esitetystä tavoitteista. Laitteen pesuteho on tyydyttävä, mutta juurten käsittelynopeutta rajoitti aluksi pesurin yhteydessä käytettyjen murskainten pieni teho. Pesuri vaatii vielä nykyisessä muodossaan kaksi hydraulimoottoria. Jatkokehittelyssä pyritään toinen moottoreista korvaamaan muulla ratkaisulla.

Juurikasvien pesua ajatellen on tärkeää, että naattiosa poistetaan korjuuvaiheessa mahdollisimman tarkasti. Pesuvaiheessa juureen jäänyt naatti irtoaa ja näin syntyvä naattisilppu saattaa muodostaa huomattavan osan juurien pesussa kertyvästä jätteestä. Naattisilppu nousee pesurissa pinnalle, josta sen poistaminen aiheuttaa ylimääräistä käsityötä.

Suuria juurikasmääriä nostettaessa joudutaan yleensä käyttämään juurten aumausta. Pesun helpottamiseksi olisi aumaussyötä tehdä sellaiselle alustalle, josta juurikkaitten mukaan tulisi juurikaskauhalla otettaessa mahdollisimman vähän multaa, kiviä, olkia tai muita roskia. Lisäksi auman takana olisi hyvä olla jonkinlainen seinä. Tämä helpottaa ja nopeuttaa huomattavasti juurten ottoa traktorin kauhaan.

Sokeri- ja rehusokerijuurikkaasta poiketen naattinauris kelluu veden pinnalla puhtaassakin vedessä. Tällöin juuret eivät pesurissa pyöriessään hankaudu puhdistavasti toisiaan vasten, vaan kulkeutuvat yhtenäisenä mattona. Näyttää siltä, että naattinauriin pesu vaatii pesuriin jonkinlaista muutosta, jolla kelluminen tai siitä johtuva haitta pystytään estämään. Huomattavaa kuitenkin on, että jos naattinauris saadaan nostettua puhdistusrullastolla tai -rummulla varustetulla korjuukoneella maan ollessa kuiva, jolloin nosto onnistuu myös perunannostokoneella, jatkopuhdistus ei ilmeisesti ole lainkaan tarpeen. Tämä johtuu naattinauriin edullisesta kasvatavasta ja sopivan pyöreästä, sileästä muodosta.

3. Murskaus

Juurten murskaus on suoritettu joko pienpuuhakkurilla, raspiummulla yhdessä Junkkari-lanttumyllyn kanssa tai kotieläinhoito-osastolla rakennetulla murskaimella. Pienpuuhakkurilla (Taso) sai juuret murskattua hyvin ja tehokkaasti, kun sen pitkä ulossyöttöputki korvattiin lyhyellä tukkeutumisen

estämiseksi. Hakkurin heikkoudeksi jäi vielä ahdas syöttönielu, joka tukkeutui helposti. Kaikki hakkurit eivät kuitenkaan näytä soveltuvan murskaukseen mainitun kaltaisen muutoksen jälkeenkään, sillä eräs kokeiltu hakkurimerkki tukkeutui jo muutaman minuutin käytön jälkeen.

Syksyn -84 säilöntää varten rakennettu murskain (liite 3) saa voimansa niittosilppurista irrotetun kulmavaihteen kautta traktorista. Juuret murskautuvat vaakatasossa pyörivään levyyn asennettujen terien avulla. Hapotus tapahtuu heti murskauksen jälkeen terien alapuolisessa tilassa ennen murskeen syökyä siiloon. Laitteen ensimmäinen versio osoittautui hieman liian pienikokoiseksi, mutta muuten täysin toimintakelpoiseksi. Laitteen isompi versio osoittautui tehollaan hyväksi.

Murskauksen kannalta on välttämätöntä, että pesulaitteessa on toimintavarma kivenerotussysteemi. Yksikin murskaimeen asti päässyt kivi vahingoittaisi laitteen teriä, jolloin pesu jouduttaisiin keskeyttämään terien vaihdon tai korjauksen ajaksi. Rakentamassamme pesulaitteessa on suurimpien kivien pääsy tyhjennyskierukalle estetty yksinkertaisella kynnyksellä, jonka yli juuret kevyempinä pääsevät kulkeutumaan, suuret kivet eivät. Pienemmät kivet voivat päästä kynnyksen yli, mutta ne jäävät sen takana olevaan laskeutustilaan, riittävästi kierukan alapään alapuolelle eivätkä siten nouse ylös. Kivien erottuminen on ollut varmaa, sillä pesulaitteella on kahtena syksynä pesty yli 100 tonnia juurikkaita, eikä yhtään kiveä ole päässyt murskaimelle.

Juurikkaitten murskaus olisi mahdollista suorittaa myös siten, että juuri leikattaisiin leikkeeksi, kuten sokeritehtailla. Puolalaiset tutkijat (KULASEK ym. 1976) ovat säilöneet juurikkaita tässä muodossa. Säilöntäaineen tasainen levitys tällaiseen leikkeeseen saattaa kuitenkin olla vaikeampaa kuin tässä työssä valmistettuun, suhteellisen pienirakeiseen massaan. Lisäksi pienirakeinen massa tiivistyy siilossa helpommin kuin leike.

4. Säilöntä siiloihin ja massojen otto siiloista

Kun säilöntäkokeissa siirryttiin pienistä koesiiloista suuriin talousmittakaavan siiloihin, törmättiin useihin tekijöihin, jotka voivat vaikuttaa säilönnän onnistumiseen:

- käytössä aluksi olleet pesu- ja murskaussysteemit olivat vielä teholtaan pieniä, mistä johtuen ison siilon täyttö kesti kauan ja massan pintaosat joutuivat olemaan varsin pitkään ilman kanssa kosketuksissa
- pienessä siilossa massan tasoittaminen käy helposti, mutta halkaisijaltaan 5 m olevassa siilossa tasoitus lapiolla oli työläs ja aikaavievä
- massan perusteellinen tiivistys onnistuu pienissä siiloissa helposti polkemalla, mutta polkeminen isoissa siiloissa käy raskaaksi.

Säilöntäkaudella 1983/84 Lintupajun isosta siilosta saatujen juurisäilörehun hyvien säilöntätulosten perusteella näytti siltä, että säilöntävaiheen venyminen pitkäksikin, massan tiivistämättä jättäminen tai siilon huolimaton peittäminen eivät välttämättä aina ilmene rehun laadussa.

Tässä tiedotteessa selostettujen säilöntäkokeitten jälkeen otettiin syksyllä -84 käyttöön useita työtä nopeuttavia ja helpottavia ratkaisuja: uusi murskain, uusi helposti tyhjentävä mullan laskeutusallas, säilöntäaineen annostelu haptimella murskaimeen, murskeen keskipakoinen heitto murskaimesta eri puolille siiloa ja massan siirto sekä tiivistäminen traktoriin liitettävää maatalanosturia käyttäen. Näistä uudistuksista huolimatta säilöntätehoa ei saatu edellisyyksyyn verrattuna nostettua, koska sateisesta korjuuajankohdasta johtuen juurten multaisuus oli 2-3 kertainen. Syksyllä -85 saatiin säilöntäteho multaisillakin juurikkailla paranemaan, kun pesusysteemiin järjestettiin koko ajan toimiva vedenkierto laskeutusaltaasta pesupuolelle, suurempi tila mullan laskeutumista varten ja suurempi murskain. Vedenkierrätys laskeutusaltaan ja pesurin välillä on tarpeen,

koska muuten pesurin vesi tulee nopeasti niin likaiseksi, että juuret alkavat kellua eivätkä purkaudu nopeasti ulos pesurista. Esitettyjen parannusten jälkeen 50-60 m³ siilon täyttö pystytään suorittamaan parhaimmillaan 3 päivässä, mitä voidaan säilönnän kannalta pitää jo varsin tyydyttävänä aikana.

Tässä työssä käytetyn pyöreän tornisiilon sijasta voitaisiin juurikasrehujen säilönnässä ajatella käytettäväksi myös suorakaiteen muotoista, maahan upotettua siiloa, kuten eräissä tutkimuksissa on käytetty Itä-Saksassa (WILDGRUBE ja ZAUSCH 1971). Siilossa voisi olla hieman syvenevä pohja, joka keräisi muodostuvan puristemehun siilon toiseen päähän. Tällaisen siilon tyhjentämisen voisi suorittaa esim. traktorin etu- tai takakuormaajalla ajoramppia käyttäen. Suomessakin on tämänkaltaisia maahan upotettuja siiloja käytetty mm. perunasäilörehua tehtäessä (SALOKANGAS 1939). Kuvattu siilo on mahdollista täyttää ja tyhjentää osastottain, kun siilo varustetaan väliseinillä.

Siilojen tyhjennys tehtiin ensimmäisinä koevuosina käsityönä, joka ei käytännössä voi tulla kyseeseen työn rasittavuuden vuoksi, jos kerralla käytettävät massamäärät ovat suuria. Sokerijuurikasmassaa yritettiin työn yhteydessä pumpata siilosta lietelantapumpulla, mutta pumppaus onnistui vasta, kun massaan lisättiin noin puolet sen painosta vettä. Tällaista lisäystä ei kuitenkaan voi pitää järkevänä. Juurikasmassasta poiketen onnistui Junkkari-myllyllä murskatun perunasäilörehun pumppaus lietelantapumpulla. Suuremmasta kuiva-ainepitoisuudesta huolimatta perunasäilörehu oli pumpaukseen riittävän vellimäistä ja hienojakoista lietettä.

Koekaudesta 1983/84 lähtien on isojen juuri- ja naattisiilojen tyhjennyksessä käytetty traktorin perään sijoitettua maatilanoستوريا. Se on osoittautunut käteväksi ja toimintavarmaksi apuvälineeksi nostotyön lisäksi myös juuri- ja naattisäilörehuja valmistettaessa, kun murskattua juurikasmassaa pitää tasoittaa ja tiivistää siilossa. Naattimassaa käsiteltäessä voidaan laitteessa käyttää haarukkaa ja juurimassaa käsiteltäessä kauhaa.

5. Käytetyt säilöntäaineet

Työn eräänä päätarkoituksena oli vertailla erilaisia säilöntäaineita ja niiden seoksia juurikasvimassojen säilönnässä tavoitteena etenkin sokerin säilyttäminen. Viimemainittu edellyttää, että säilöntäaine estää sokeria tuhlaavat käymistapahtumat. Tälläisenä säilöntäaineena kokeiltiin suomalaisen patentin (LAMPILA 1983) mukaisia seoksia.

Ensimmäisenä koevuonna (1980) seos koostui muurahaishaposta ja bentsoehaposta. Seuraavina koevuosina tähän koostumukseen lisättiin suolahappo ja melassi. Viimemainittu lisäys tehtiin syksyn -84 säilöntäkokeissa, jotta bentsoehappo saataisiin levitettyä hapottimella yhdessä muiden happojen kanssa. Melassi tuo seokseen viskositeettia, joka on tarpeen kiteisen niukkaliukoisen bentsoehapon pysymiseksi tasaisesti seokseen jakautuneena.

Bentsoehapon antimikrobinen vaikutus tehostuu voimakkaasti säilöttävän materiaalin happamuuden myötä. Rehun maittavuuden säilyttämiseksi ei pH:ta tulisi laskea paljoakaan alle 4:n, vaikka se bentsoehapon säilöntävaikutuksen puolesta olisikin edullista. Näinollen bentsoehappoa on tarkoituksenmukaista käyttää säilönnässä yhdessä sellaisen happomäärän kanssa, joka pudottaa säilöttävän massan pH:n lähelle 4:ää, mutta ei sen alle.

Tässä tutkimuksessa käytetty bentsoehappomäärä, yleensä 0,05 % tuoreen rehun määrästä, on eläimille turvallinen ja harmiton. Itä-Euroopan maissa on säilönnässä yleisesti käytetty mainittuun määrään verrattuna moninkertaisia määriä, 0,2-0,3 %, eikä haittavaikutuksia ole ilmennyt (DROZDENKO 1970, KOLESNIKOV ym. 1972, EPIFANOV ym. 1980).

Lähinnä kustannustekijöitä ajatellen kokeiltiin muurahaishapon lisäksi happoseoksessa suolahappoa, koska sen hinta on

happoekvivalenttia kohti laskettuna vain noin puolet muura-
haishapon hinnasta. Viimeisimmissä säilönnöissä ei suolahap-
poa kuitenkaan enään ole käytetty, vaan seos on koostunut
muurahais- ja bentsoehaposta sekä melassista.

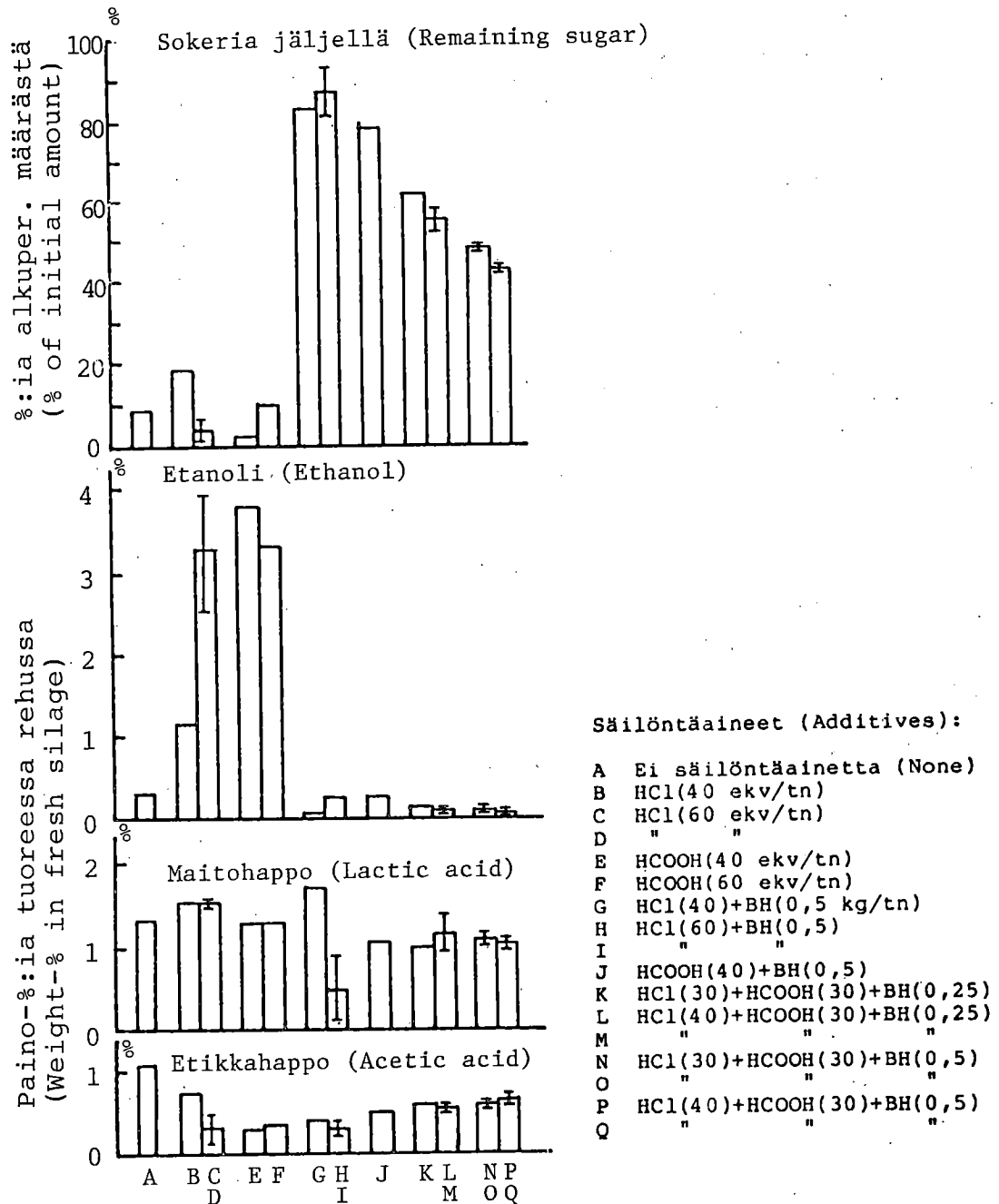
6. Säilöntätulokset ja tarkastelu

6.1. Rehusokerijuurikkaan säilöntä laboratoriomittakaavassa

Tämän koesarjan tarkoituksena oli selvittää suolahapon (HCl)
ja muurahaishapon (HCOOH) vaikutusta, ilman bentsoehappoa
(BH) tai sen kanssa, rehusokerijuurikkaan juuri+naatti-seok-
sen säilönnässä pienissä noin 14 litran pleksisiiloissa.

Kuvassa 4 esitetyt tulokset osoittavat, että sokeri säilyi
parhaiten juurikasmassoissa, joissa oli joko suolahap-
po-bentsoehappo- tai muurahaishappo-bentsoehappo-lisäys (ku-
va 4). Yhtenä vertailuna ollut ilman säilöntäaineita säilöt-
ty juurikasmassa (A) sisälsi kokeen lopussa alle 10 % alku-
peräisestä sokerimäärästään. Tässä kontrollisiilossa tapah-
tui etikkahappokäyminen muihin siiloihin verrattuna selvästi
voimakkaammin. Etanolia ei siinä sen sijaan muodostunut kuin
suhteellisen pieni määrä. Etanoli-, maito- ja etikkahappo-
käymiset eivät selitä tässä siilossa tapahtunutta sokerin
lähes täydellistä häviämistä. Pelkkästä suola- tai muura-
haishappoa sisältäneissä siiloissa (B-F) jäljellä oleva so-
kerimäärä oli hyvin alhainen, mikä näytti yhdeltä osin joh-
tuneen runsaasta etanolikäymisestä. Kaikissa bentsoehapon
sekä suola- ja/tai muurahaishapon seosta sisältäneissä sii-
loissa etanolikäyminen oli hyvin vähäistä.

Kaikkien siilojen loppu-pH:t olivat 3,6 - 3,8:n välillä.
Kokeen alussa siilojen pH:t olivat happomäärästä riippuen
3,9 - 4,8 (ilman happolisäyksiä 6,6).



Kuva 4. Rehusokerijuurikkaan säilöntäkoe pleksisiiloissa (6 kk). Murskatun juuren ja silputun naatin seosta (2:1) säilöttiin 4 kg/siilo. Käytetyt säilöntäaineet on esitetty yllä. Rinnakkaissiiloista (mikälitehty) on merkitty näkyviin kummastakin siilosta saadut tulokset. Puristemehua ei päästetty ulos siiloista.

Fig. 4. Main results of ensiling experiments made with chopped fodder sugar beet roots (washed) and leaves (2:1) in small plexi silos (4 kg/silo) sealed air tight with a water bag. Ensiling period was 6 months and temperature 18-20°C. Additives are shown above. Equivalents/tn of HCOOH and HCl and kg/tn of benzoic acid (BH) added are shown in parentheses. Effluent was not allowed to flow out of the silos.

6.2. Juurikasvien, rehukaalin ja perunan säilöntäkokeet suuremmassa mittakaavassa

6.2.1. Säilöntäkokeet 1980/81

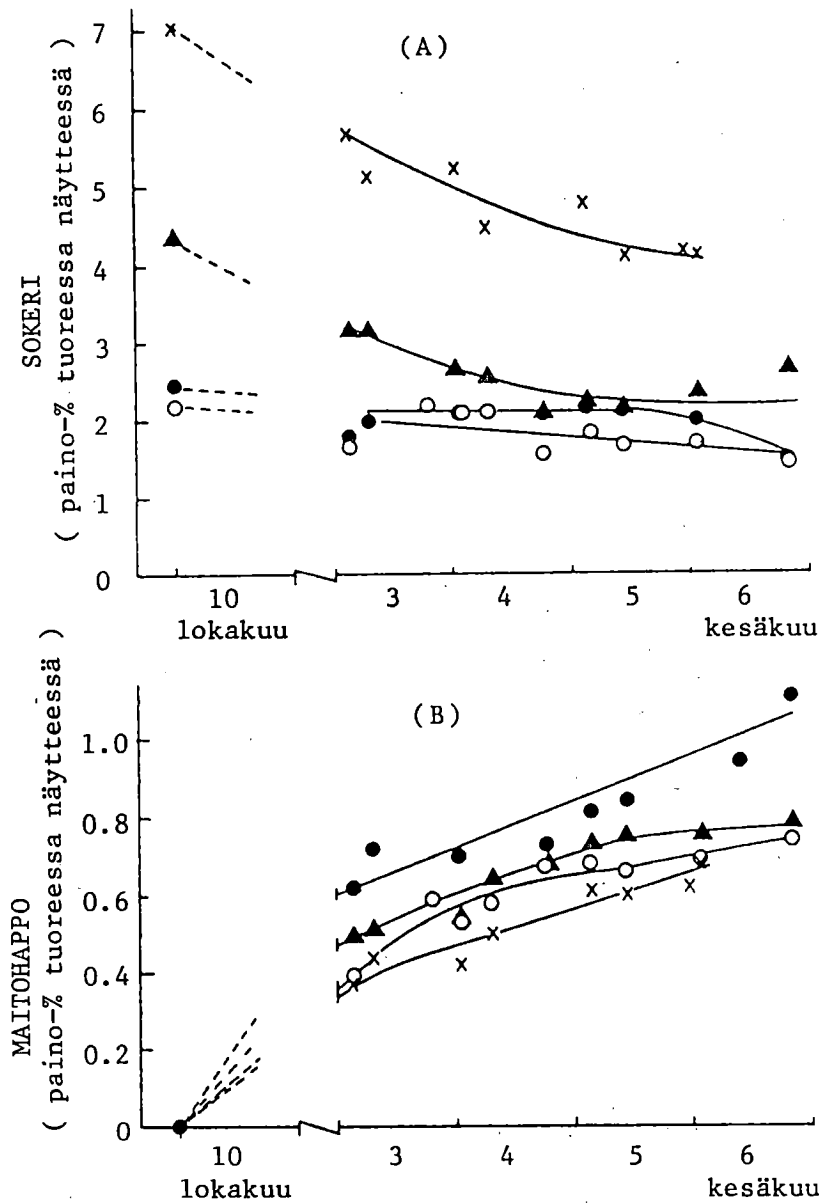
Vuoden 1980 syksyllä säilötyistä energiarehukasveista saadut tulokset on sokerin ja maitohapon osalta esitetty kuvassa 5 ja muilta osin liitteissä 4-7. Koesiiloista otettiin näytteitä vasta maaliskuulta lähtien, joten siiloissa säilönnän alkuvaiheessa tapahtuneiden muutosten nopeudet eivät tule näkyviin.

Liitteistä 4-7 nähdään, että haihtuvista rasvahapoista löytyi ainoastaan etikkahappoa. Etanolia ei löytynyt kaikista siiloista lainkaan tai muodostuneet määrät olivat pieniä, korkeintaan hieman yli 0,1 % tuorepainosta. Kaikissa koesiiloissa pH oli kokeitten lopussa pudonnut neljään tai sen alle.

6.2.2. Säilöntäkokeet 1981/82

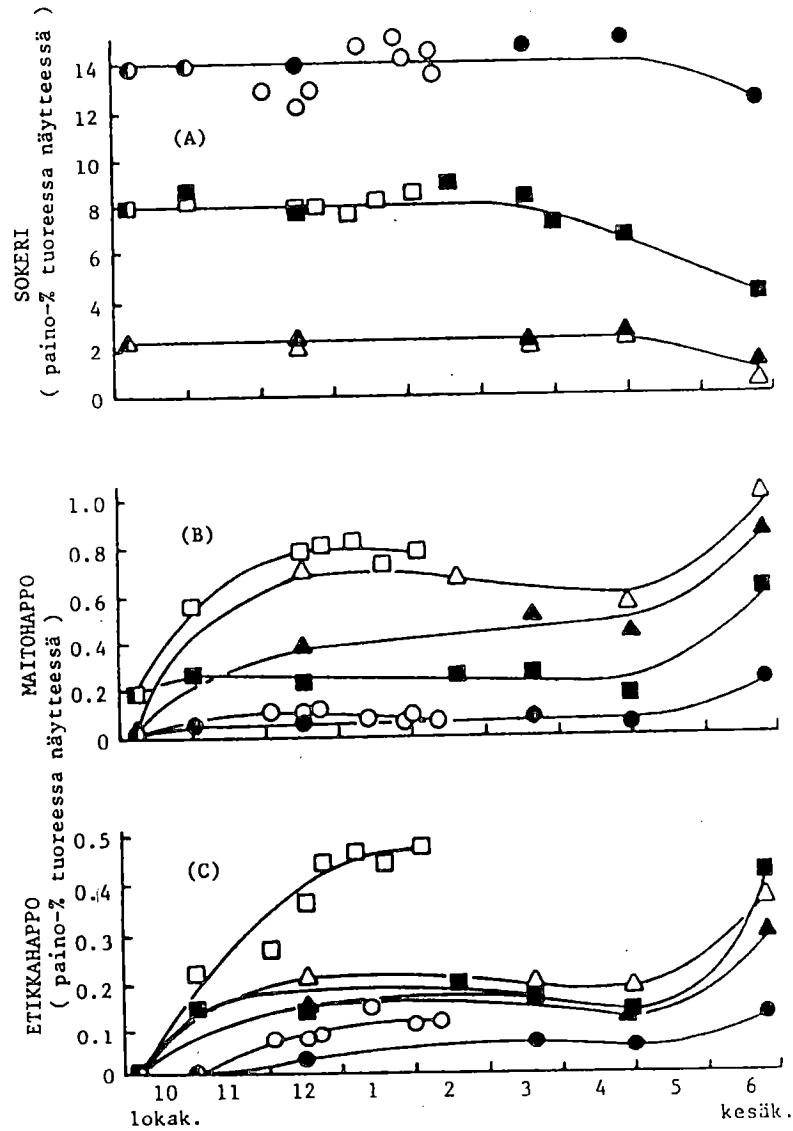
Näissä kokeissa käytettiin raaka-aineena sokerijuurikkaan juurta ja naattia. Säilöntäkokeitten 1980/81 tulosten ja esititrauksen (kuva 1) perusteella lisättiin säilönnässä käytettyä happoekvivalenttimäärää kaksin- tai kolminkertaiseksi edellisvuoteen verrattuna bentsoehapon määrän pysyessä ennallaan. Säilöntähapposeokseen otettiin komponentiksi myös HCl. Näillä muutoksilla pyrittiin estämään sokerin käyminen mahdollisimman perusteellisesti.

Tulokset on esitetty kuvassa 6 ja liitteissä 8-13. Sokerimäärät pysyivätkin tehdyissä säilönnöissä lähes täysin muuttumattomina aina toukokuulle saakka (kuva 6). Siilot 14 ja



Kuva 5. Juurikasvien ja rehukaalin säilöntäkoel 1980/81. Ku-
vassa on esitetty tulokset sokerin (A) ja maitohapon
(B) osalta. Muut tulokset liitteissä 4-7. Säilötyt
kasvimateriaalit olivat: rehusokerijuurikkaan juuri-
naatti (1:1)(x); naattinauriin juuri+naatti (3:1)(▲);
sokerijuurikkaan naatti (o) ja rehukaali (●). Säilön-
tämenetelmät on esitetty sivulla 12.

Fig. 5. Concentration (weight-% in fresh silage) of sugar (A)
and lactic acid (B) from October 1980 to June 1981 in
ensiling experiments with different, chopped root
crops and marrow stem kale. Plants ensiled were:
fodder sugar beet root+leaves (1:1)(x); big-leaved
turnip root+leaves (3:1)(▲); sugar beet leaves (o)
and marrow stem kale (●). Additives and other
information is given in Appendices 4-7. Effluent was
not allowed to flow out of the silos.



Kuva 6. Sokerijuurikkaan säilöntäkoe 1981/82. Tulokset on esitetty sokerin (A), maitohapon (B) ja etikkahapon (C) osalta paino-%:na tuoreessa rehussa. Muut kokeesta saadut tulokset on esitetty liitteissä 8-13. Säilötyt kasvimateriaalit ja käytetyt säilöntäaineet olivat: (o) juuri (root), HCOOH (20 happoekv./tn) + HCl (20 happoekv./tn + BH (bentsoehappo, 0,5 kg/tn); (●) juuri (root), HCOOH (30) + HCl (30) + BH (0,5); (□) juuri+naatti (1:1) (root+leaves), HCOOH (20) + HCl (20) + BH (0,5); (■) juuri+naatti (1:1) (root+leaves), HCOOH (30) + HCl (30) + BH (0,5); (△) naatti (leaves), HCOOH (20) + HCl (20) + BH (0,5); (▲) naatti (leaves), HCOOH (30) + HCl (30) + BH (0,5). Säilöntämenetelmät on esitetty sivulla 12.

Fig. 6. Concentration (weight-% in fresh silage) of sugar (A), lactic acid (B) and acetic acid (C) from October 1981 to June 1982 in ensiling experiments with chopped sugar beet roots (washed), root+leaves and leaves. Additives are shown above. Equivalents/tn of HCOOH and HCl and kg/tn of BH (benzoic acid) added are shown in parentheses. Effluent was not allowed to flow out of the silos. Other results and information is given in Appendices 8-13 and Table 2.

16 tyhjenivät sulavuuskokeessa jo helmikuun alussa, johon mennessä niiden sokeripitoisuudessa ei tapahtunut selviä muutoksia. Siiloissa 9 ja 16 (happoekvivaletteja lisätty 40/tn) tapahtui säilönnän alkuvaiheessa huomattavasti enemmän maitohappokäymistä (kuva 6) kuin siiloissa 10 ja 17 (happoekvivalentteja 60/tn). Sen sijaan pelkkää juurimassaa sisältäneissä siiloissa 14 ja 15 ei tapahtunut sanottavaa maitohappokäymistä säilönnän alussa kummallakaan säilöntähappotasolla.

Siiloissa 16 ja 17 (juuri+naatti-seos) oli maitohapon lähtötaso korkeampi kuin siiloissa 9 ja 10 siksi, että viimeainnut täytettiin heti naattien pellolla tapahtuneen silppuamisen jälkeen, mutta siilot 16 ja 17 vasta korjuuta seuraavana päivänä. Naattikasassa ehti tapahtua maitohappokäymistä yön aikana niin, että naattien maitohappopitoisuus oli seuraavana päivänä ennen säilöntää 0,36 paino-% tuoreessa rehussa.

Voihappokäymistä ei tapahtunut yhdessäkään koesiilossa (liitteet 8-13). Propionihappoa löytyi joissain hajatapauksissa. Etikkahappoa muodostui sensijaan kaikissa siiloissa, mutta yleensä vain pieniä määriä (kuva 6).

Sokerijuurikkaan juuriosan (tuoreen) kokonaistypestä oli huomattavan suuri osa liukoista tyyppiä, noin 86 %. Naattirehussa liukoisen tyyppien osuus oli selvästi pienempi, noin 55 % kokonaistypestä. NH_4 -tyypin muodostuminen tapahtui säilönnän alkuvaiheessa. Sen osuudet kokonaistypestä olivat suurimmillaan -liitteiden 8-13 luvuista laskettuna- seuraavat: naattisäilörehut 7,6 % (säilöntähappoa 40 ekvivalenttia/tn) ja 5,9 % (säilöntähappoa 60 ekvivalenttia); juurisäilörehut vastaavasti 5,8 % ja 3,6 % sekä juuri+naatti-säilörehut 8,7 % ja 6,8 %.

pH-arvot eri siiloissa ja eri ajankohtina olivat rajoissa 4,0-4,7. Oli jossain määrin yllättävää, että taso oli näinkin korkea huolimatta verraten runsaasta happolisäyksestä. Kesäkuussa siilojen pH-arvot olivat selvästi alemmat kuin

huhtikuun lopussa johtuen touko-kesäkuussa tapahtuneista happokäymisistä.

Taulukossa 2 on esitetty rehujen tuorepainohävikit, jotka olivat noin 2 %:n luokkaa. Kuiva-ainehävikkiä, joka käyttä-mässämme säilöntätavassa oli mahdollinen ainoastaan haihtu-malla, ei pyritty arvioimaan, koska ensinnäkään haihtumis-kaasuja ei analysoitu. Toiseksi, käyneistä rehuista uunikui-vatuksessa haihtuvien orgaanisten aineiden määrän mittaami-nen on toistaiseksi epävarmaa ja työlästä, joten siihen ei ryhdytty. Pieni, mittavirheen luokkaa oleva painohävikki viittaa siihen, että (orgaanisten) ravintoaineiden hävikki oli erittäin vähäinen. Oletettavasti osa tuorepainohävikistä on veden haihtumista, joten siilojen kuiva-ainehävikit oli-vat ilmeisesti jonkin verran pienempiä kuin taulukossa 2 annetut tuorepainohävikit.

6.2.3. Säilöntäkokeet 1982/83

Yhtä rehusokerijuurikassiiloa (14) lukuunottamatta kaikkiin muihin 1982/83-säilöntäkokeiden siiloihin lisättiin 40 ekvi-valenttia/tn happoseosta ja melkein kaikkiin 0,25 kg/tn bentsoehappoa tai vastaava määrä Na-bentsoaattia. Tällä happoekvivalenttimäärällä siilojen alku-pH:t jäivät aikai-sempiin säilöntävuosiin verrattuna poikkeuksellisen korkeik-si, osassa rehusokerijuurikassiiloja jopa 5-6:een.

Hyvin säilyneessä naattinaurissäilörehussa (siilo 11, lii-te 14) tapahtui pääasiassa maitohappokäymistä ja jonkin verran etikkahappokäymistä, mutta muita haihtuvia happoja ei muodostunut lainkaan eikä myöskään sanottavasti etanolia. Suhteellisen hyvin säilyivät myös sokerijuurikas (siilo 12, liite 15) ja valkopunajuuri (siilo 15, liite 17), joissa käymistapahtumat olivat naattinauriin käymisiä muistuttavia. Etanolia muodostui kuitenkin huomattavasti enemmän, erityi-

Taulukko 2. Tuorepainohävikit säilöntäkoikeissa 1981/82. Säilöntämenetelmät on esitetty sivulla 12.

Table 2. Fresh weight loss of sugar beet silages (1981/82). For additives and other information see Fig. 6 and Appendices 8-13.

Säilörehu (Silage)	Silo (Silo) No.	Säilöntäaika, kk (Storage time, months)	Painohävikki (Weight loss)	
			kg	%
Sokerijuurikas, naatti (Sugar beet, leaves)	9	8,5	35	2,3
"	10	8,5	30	2,0
Sokerijuurikas, juuri (Sugar beet, root)	14	4	20	1,3
"	15	8,5	27	1,8
Sokerijuurikas, juuri+naatti (Sugar beet, root+leaves)	16	4	24	1,6
"	17	8,5	31	2,1

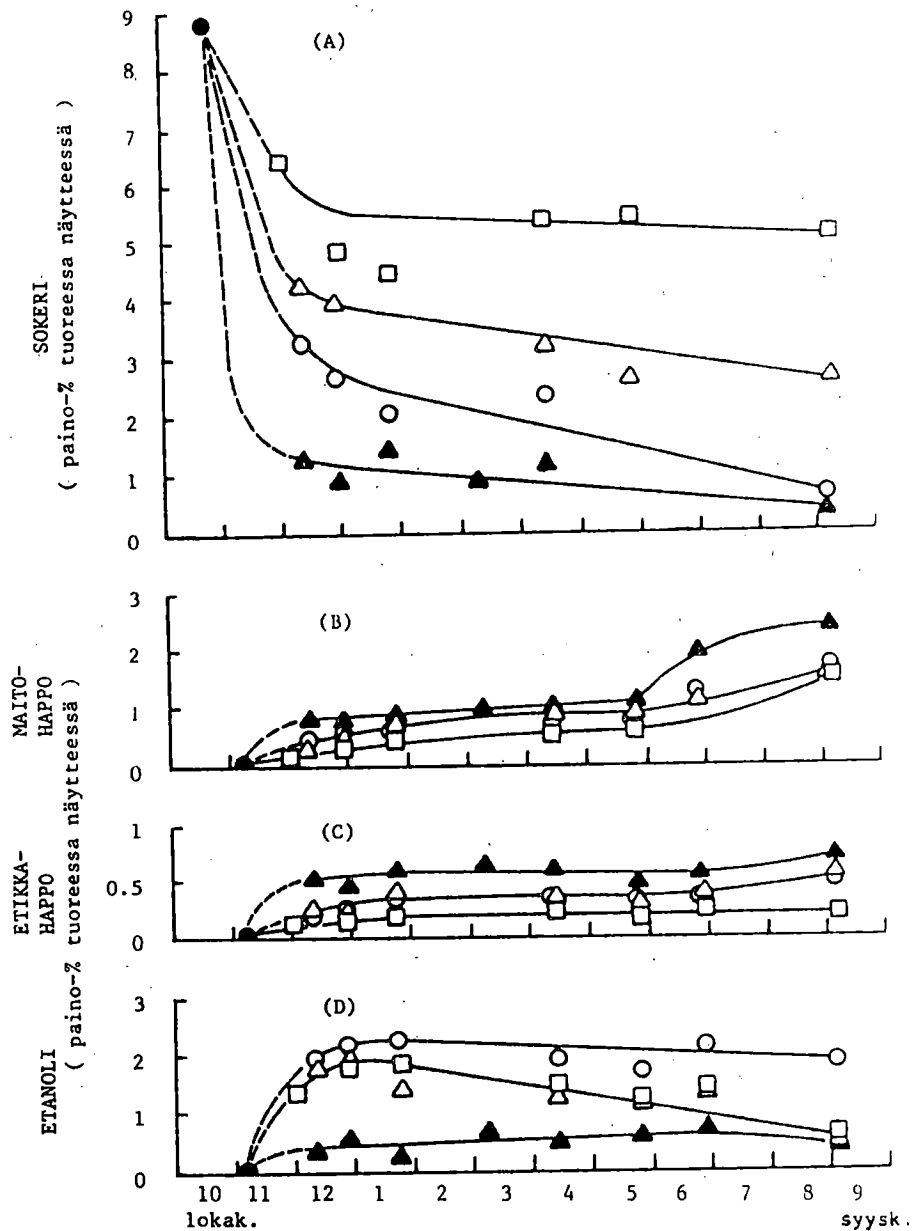
sesti valkopunajuurisiilossa. Runsaasta maitohappokäymisestä johtuen naattinauris-, sokerijuurikas- ja valkopunajuurisiilörehussa pH:t laskivat säilönnän alussa alle 4:n.

Perunamassassa (siilo 13, liite 16) oli hyvin vähän pelkistävää sokeria. Maito- ja etikkahappoa muodostui kuitenkin sen verran, että lisäsubstraattina on täytynyt olla myös jokin muu (todennäköisesti hydrolysoitunut tärkkelys) kuin säilönnän alussa mitattu pelkistävä sokeri. Perunasäilörehuun muodostunut maitohappo metaboloitui touko-kesäkuussa lähes täysin pois ja kun samalla muodostui runsaasti NH_4 -typpiä, niin pH nousi voimakkaasti. Kesäkuun loppuun mennessä perunasiilo haisi niin pahasti, että säilöntä tässä siilossa keskeytettiin.

Sokerijuurikas-, valkopunajuuri- ja perunasiiloista löytyi pieniä määriä isovaleriaanahappoa ja viimeksimainitusta lisäksi propionihappoa. Voihappoa ei esiintynyt missään siilossa.

Typen suhteen voidaan taulukoista todeta, että kaikissa siiloissa (11, 12, 13 ja 15) liukoisen typen määrä kohosi voimakkaasti säilönnän alkuvaiheessa, kun pH oli säilöntää ajatellen liian korkea. Alkuvaiheen jälkeen NH_4 -typpi lisääntyi selvästi vain perunasäilörehussa ollen säilöntää keskeytetäessä jopa lähes 20 % kokonaistypestä.

Koesarja, jossa tutkittiin erilaisten happolisäysten vaikutusta rehusokerijuurikkaan säilyvyyteen, esitetään kuvassa 7 ja liitteissä 18-21. Tuloksista voidaan havaita, että siilossa 14, johon ei lisätty säilöntäaineita lainkaan, tapahtui happokäyminen ja jonkin verran etanolikäymistä. Nämä käymiset eivät kuitenkaan yksinomaan selitä pelkistävän sokerin lähes täydellistä kulumista. Seuraavaksi eniten sokeria kului siilossa 16, johon lisättiin 40 ekvivalenttia $\text{HCOOH} + \text{HCl}$:ää ja vähiten siiloissa 17 ja 10, joissa oli tämän happoseoksen lisäksi myös bentsoehappoa. Kaikissa kolmessa viimeksimainitussa siilossa muodostui huomattavasti enem-



Kuva 7. Rehusokerijuurikkaan säilöntäkoee 1982/83. Tulokset on esitetty sokerin (A), maitohapon (B), etikkahapon (C) ja etanolin (D) osalta. Muut säilöntäkoekkeesta saadut tulokset on esitetty liitteissä 18-21. Säilötty massa sisälsi juurta ja naattia suhteessa 1,4:1. Säilöntäaineet olivat:

- (▲) siilo 14, ei säilöntäainetta (no additives)
 - (○) siilo 16, HCOOH (20 ekv/tn) + HCl (20 ekv/tn)
 - (△) siilo 17, " " + BH (0,25 kg/tn)
 - (□) siilo 10, " " + BH (0,5 kg/tn).
- Säilöntämenetelmät on esitetty sivulla 12.

Fig. 7. Concentration (weight-% in fresh silage) of sugar (A), lactic acid (B), acetic acid (C) and ethanol (D) from October 1982 to September 1983 in ensiling experiments with chopped fodder sugar beet roots (washed) + leaves (1,4:1). Additives are shown above. Equivalents/tn of HCOOH and HCl and kg/tn of BH (benzoic acid) added are shown in parentheses. Effluent was not allowed to flow out of the silos. Other results and information is given in Appendices 18-21.

män etanolia sekä vähemmän maito- ja etikkahappoa kuin säilöntäaineettomassa siilossa. Eniten etanolia oli siilossa 16, jossa oli HCOOH + HCl -lisäys ilman bentsoehappoa. Haihtuvista rasvahapoista löytyi isovaleriaanahappoa muista koesarjan siiloista paitsi eniten bentsoehappoa sisältäneestä siilosta 10. Typen osalta voidaan havaita, että kaikissa tämän koesarjan siiloissa kehittyi varsin vähän NH_4 -tyyppiä. pH:t jäivät säilöittäessä poikkeuksellisen korkeiksi, mutta laskivat säilönnän kuluessa kaikissa siiloissa kuitenkin lähelle 4:ää tai sen alle.

Lintupajun isoihin siiloihin mullien ruokintakoetta varten säilötyistä rehusokerijuurikkaan juuresta ja naatista saadut analyysitulokset on esitetty liitteissä 22 ja 23. Pelkistävää sokeria hävisi kummassakin siilossa noin puolet alkuperäisestä, mutta maito- ja etikkahappo- sekä etanolikäymisiin sitä kului hyvin vähän. Erityisesti juurisiiloon muodostui runsaasti mannitolia (taulukko 3) ja juurimassan limaisuudesta päätellen myöskin polysakkaridia. Juurisiiloon kehittyi myös isovaleriaanahappoa, mutta ei naattisiiloon. Kummassakin siilossa kokonaistyyppitaso näytti säilyvän muuttumattomana. Naattisiilossa oli NH_4 -typen muodostuminen vähäisempää kuin juurisiilossa.

Säilöntäkokeiden 1982/83 juurikasvisäilörehuista määritettiin liukoisten hiilihydraattien koostumus nestekromatografialla. Taulukosta 3 voidaan nähdä, että sakkaroosia ei säilötyissä massoissa enään keväällä ollut lainkaan tai sen pitoisuus oli hyvin alhainen. Ennen säilöntää otetut ja kuivatut näytteet antoivat seuraavat tulokset: naattinauriin juuren liukoisesta sokerista oli sakkaroosia 13,8 %, glukooosia 50,6 % ja fruktoosia 35,6 %; valkopunajuuren juuren vastaavat prosenttiluvut olivat 80,3, 11,2 ja 8,5; rehusokerijuurikkaan juuren 72,1, 18,1 ja 9,8 sekä sokerijuurikkaan juuren 95,4, 4,6 ja 0.

Varsin huomattava osa taulukossa 3 esitettävien säilörehujen pelkistävästä sokerista (fruktoosista) oli bakteeritoi-

Taulukko 3. Sokerien ja mannitolin nestekromatografiset tulokset (paino-% tuoreessa rehussa) säilöntäko-
keiden 1982/83 rehuista 5,5-7 kk:n säilönnän jälkeen.

Table 3. Concentration (weight-% in fresh silage) of sugars and mannitol as determined by HPLC in
different root crop silages after 5,5-7 months storage.

Näyte (Sample)	Säilöntäaika, kk (Storage time, months)	Sakkarooosi (Sucrose)	Glukoosi (Glucose)	Fruktuosi (Fructose)	Mannitoli (Mannitol)
Naattinauris (Big-leaved turnip, root+leaves 2:1)	7	0	3,3	0,8	0,6
HCOOH+HCl+BH ^b (0,25 kg/tn); siilo 11					
Sokerijuurikas (Sugar beet, root+leaves 1:1)	6,5	0,5	3,3	2,3	2,1
HCOOH+HCl+BH (0,25 kg/tn); siilo 12					
Valkopunajuuri (A white variety of red beet, root+leaves 3:1)	6	0	4,9	2,7	1,8
HCOOH+HCl+BH (0,25 kg/tn); siilo 15					
Rehusokerijuurikas (Fodder sugar beet, root+ leaves 1,4:1)	6,5	0,4	0,6	0,9	3,2
Ei säilöntäainetta (no additives), siilo 14					
Rehusokerijuurikas (the same as the former)	6,5	0	1,8	1,6	1,1
HCOOH+HCl, siilo 16					
Rehusokerijuurikas (the same as the former)	6,5	0	2,4	2,3	1,4
HCOOH+HCl+BH (0,25 kg/tn), siilo 17					
Rehusokerijuurikas (the same as the former)	6,5	0	2,9	3,3	0,5
HCOOH+HCl+BH (0,5 kg/tn), siilo 10					
Rehusokerijuurikas, Lintupajun juurisilo (Fodder sugar beet root silage, farm scale silo)	5,5	0,3	2,4	3,5	2,9
HCOOH+HCl+Na-Bc (0,295 kg/tn)					
Rehusokerijuurikas, Lintupajun naattisilo (Fodder sugar beet leaves silage, farm scale silo)	5,5	0,8	0,3	0,1	0,2
HCOOH+HCl+Na-B (0,295 kg/tn)					

Säilöntäaineina (as additives): a) HCOOH+HCl, 20+20 happoekvivalenttia (acid equivalents)/tn;
b) BH = Bentsoehappo (Benzoic acid); c) Na-B = Na-bentsoaatti (Na-benzoate).

minnan vaikutuksesta metaboloitunut sokerialkoholiksi, mannitoliksi. Ennen säilöntää otetuista näytteistä ei mannitolia löytynyt.

Kokeiltujen erilaisten säilöntäaineyhdistelmien (siilot 14, 16, 17 ja 10) vaikutukset rehusokerijuurikassäilörehun sokerien ja mannitolin pitoisuuksiin tulevat myös selvästi esille taulukosta 3. Mannitolia muodostui eniten siilossa 14, johon ei lisätty mitään säilöntäainetta ja vähiten siilossa 10, jossa oli happoseoksen ($\text{HCOOH} + \text{HCl}$) lisäksi runsaampi määrä (0,5 kg/tn) bentsoehappoa.

6.2.4. Säilöntäkokeet 1983/84

Kuvissa 8 a-h on esitetty tulokset edellisen vuoden kokeita täydentävästä koesarjasta. Edellisen vuoden kokeissa pH:t eivät happolisäyksellä pudonneet toivotulle tasolle heti säilönnän alussa. Niihin verrattuna tehtiin nyt seuraavat muutokset: säilötty raaka-aine oli pelkkää rehusokerijuurikkaan juurta, säilöntöjä tehtiin myös pelkällä bentsoehapolla, happoekvivalenttimäärää lisättiin 50:een, ja näytteistä analysoitiin myös dekstraani.

pH:t (kuva 8 a) olivat 3 viikon säilönnän jälkeen yhtä siiloa lukuunottamatta lähellä neljää tai sen alle. Poikkeuksen muodosti siilo, johon oli lisätty suurin määrä (2 kg/tn) pelkkää bentsoehappoa. Näin suurena annoksena lisättynä bentsoehappo näytti estäneen happokäymisiä ja siilon pH oli koko säilöntäajan muita selvästi korkeampi eikä 6 kk:n säilönnän jälkeen tapahtunut yhtä suurta pH:n laskua kuin muissa siiloissa.

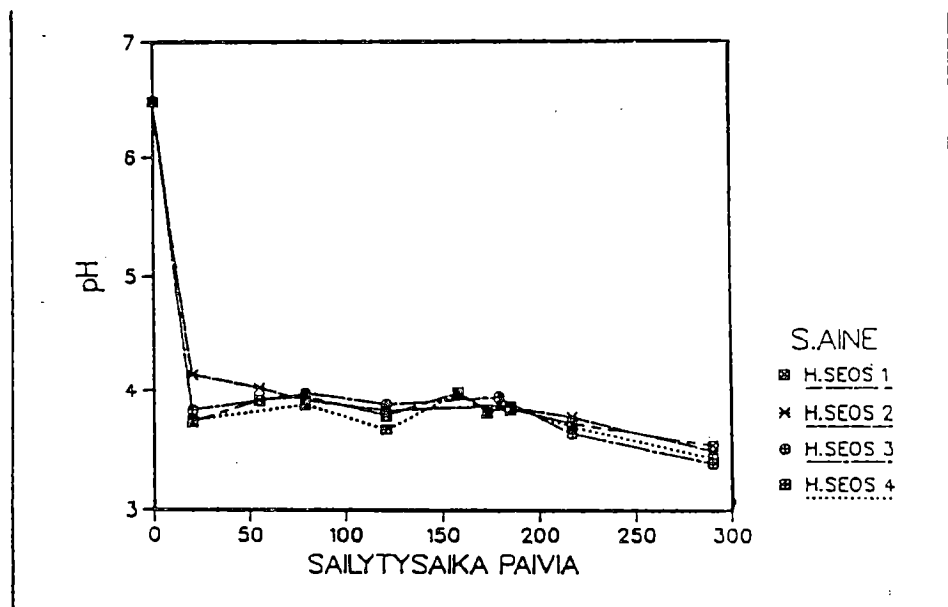
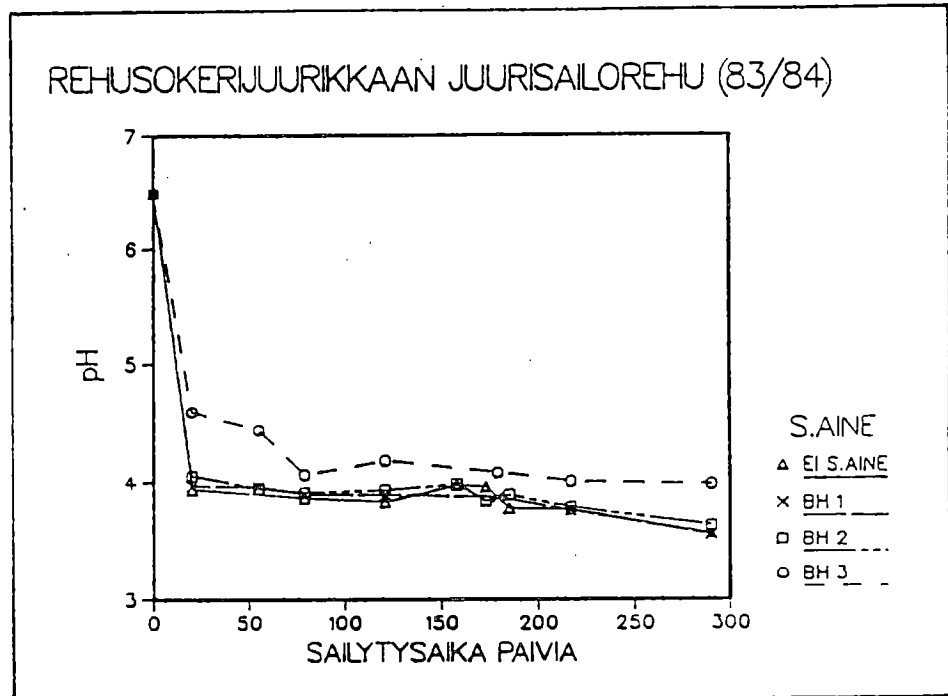
Kuvasta 8 b havaitaan, että säilönnän lopussa oli eniten sokeria siiloissa, joissa säilöntäaineina oli suurin määrä (2 kg/tn) pelkkää bentsoehappoa tai $\text{HCOOH} + \text{HCl} + \text{bentsoehappo-seosta}$ (50 ekv + 1,0 kg BH). Säilöntäaineettomassa ja

Kuvat 8a-h. Rehusokerijuurikkaan säilöntäkoee 1983/84. Eri säilöntä aineitten vaikutus juurisäilörehun pH:hon sekä sokeri-, mannitoli-, dekstraani-, maitohappo-, etikkahappo-, etanoli- ja ammoniumtyppipitoisuuksiin säilönnän kuluessa. Käytetyt säilöntäaineet olivat:

EI S.AINE = Ei säilöntäainetta (No additives)
 BH1 = Bentsoehappo (Benzoic acid), 0,5 kg/tn
 BH2 = " " " " , 1,0 kg/tn
 BH3 = " " " " , 2,0 kg/tn
 H.SEOS1 = Happoseos (Acid mixture) =
 HCOOH 25 ekv (equivalents) + HCl 25 ekv
 H.SEOS2 = H.SEOS1 + BH 0,25 kg/tn
 H.SEOS3 = " + BH 0,5 kg/tn
 H.SEOS4 = " + BH 1,0 kg/tn.

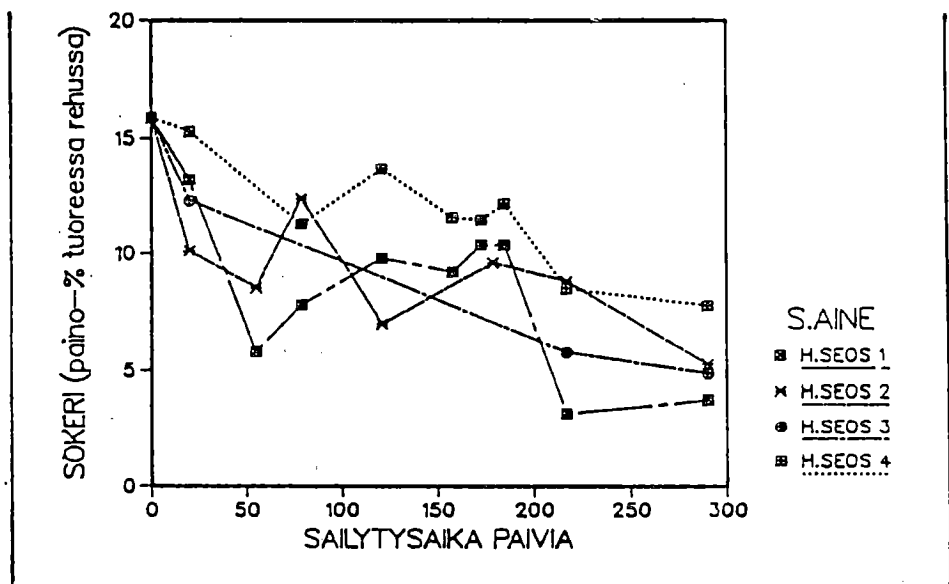
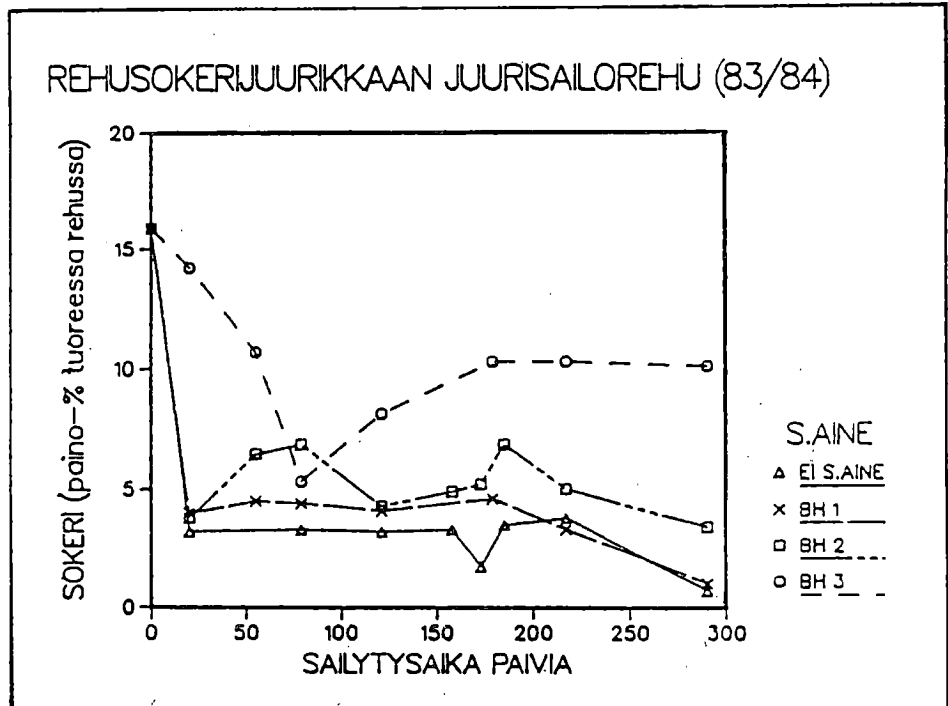
Säilöntämenetelmät on esitetty sivulla 12.

Figs. 8a-h. Results of ensiling (1983/84) washed and chopped fodder sugar beet roots. Except pH, all results are shown as weight-% in fresh silage. Storage time is expressed in days. Amount of ensiled mass in 3 m³ glass fibre enforced plastic silos was 0,8 tn. Silos were in a cool hall. Additives are shown above. Effluent was not allowed to flow out of the silos.



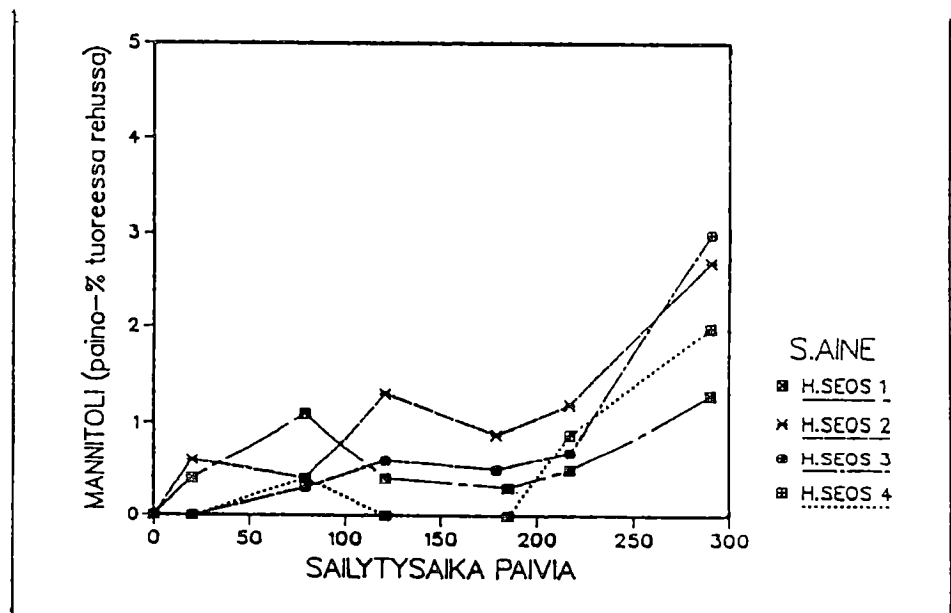
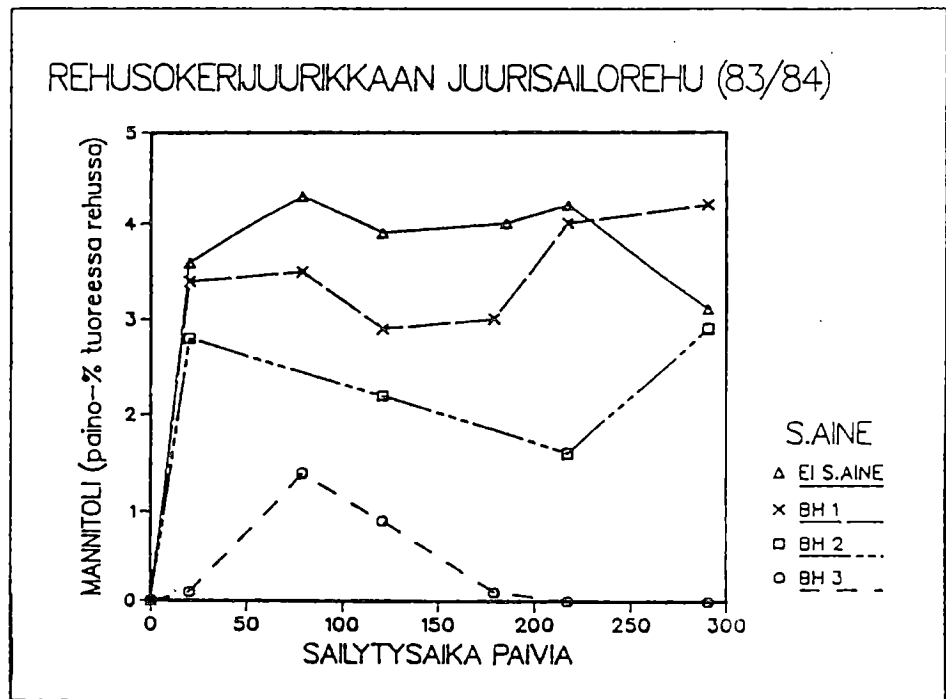
Kuva 8a. Eri säilöntäaineitten vaikutus rehusokerijuurikkaan juurisäilörehun pH:hon. Muu kuvateksti sivulla 49.

Fig. 8a. Effect of different additives on pH of fodder sugar beet root silage. For additives and other information see page 49.



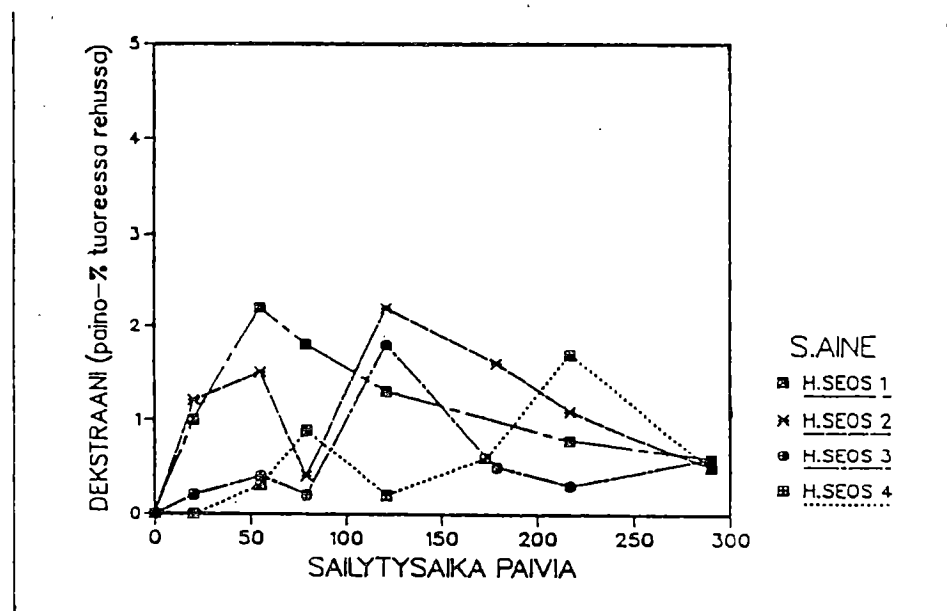
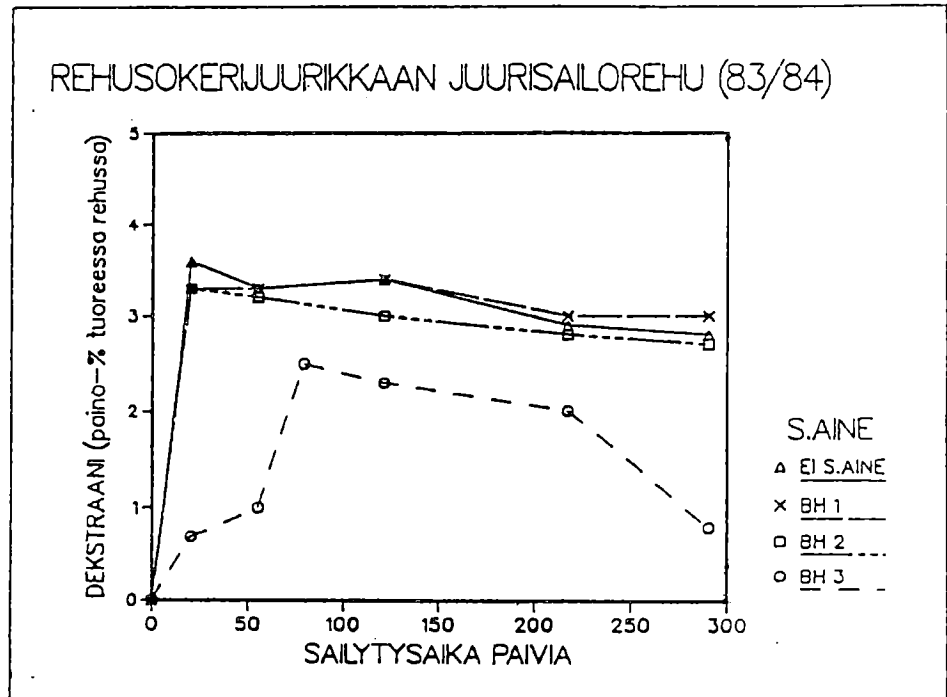
Kuva 8b. Eri säilöntäaineitten vaikutus rehusokerijuuriikkaan juurisäilörehun sokeripitoisuuteen (pelkistävä sokeri). Muu kuvateksti sivulla 49.

Fig. 8b. Effect of different additives on reducing sugar concentration of fodder sugar beet root silage. For additives and other information see page 49.



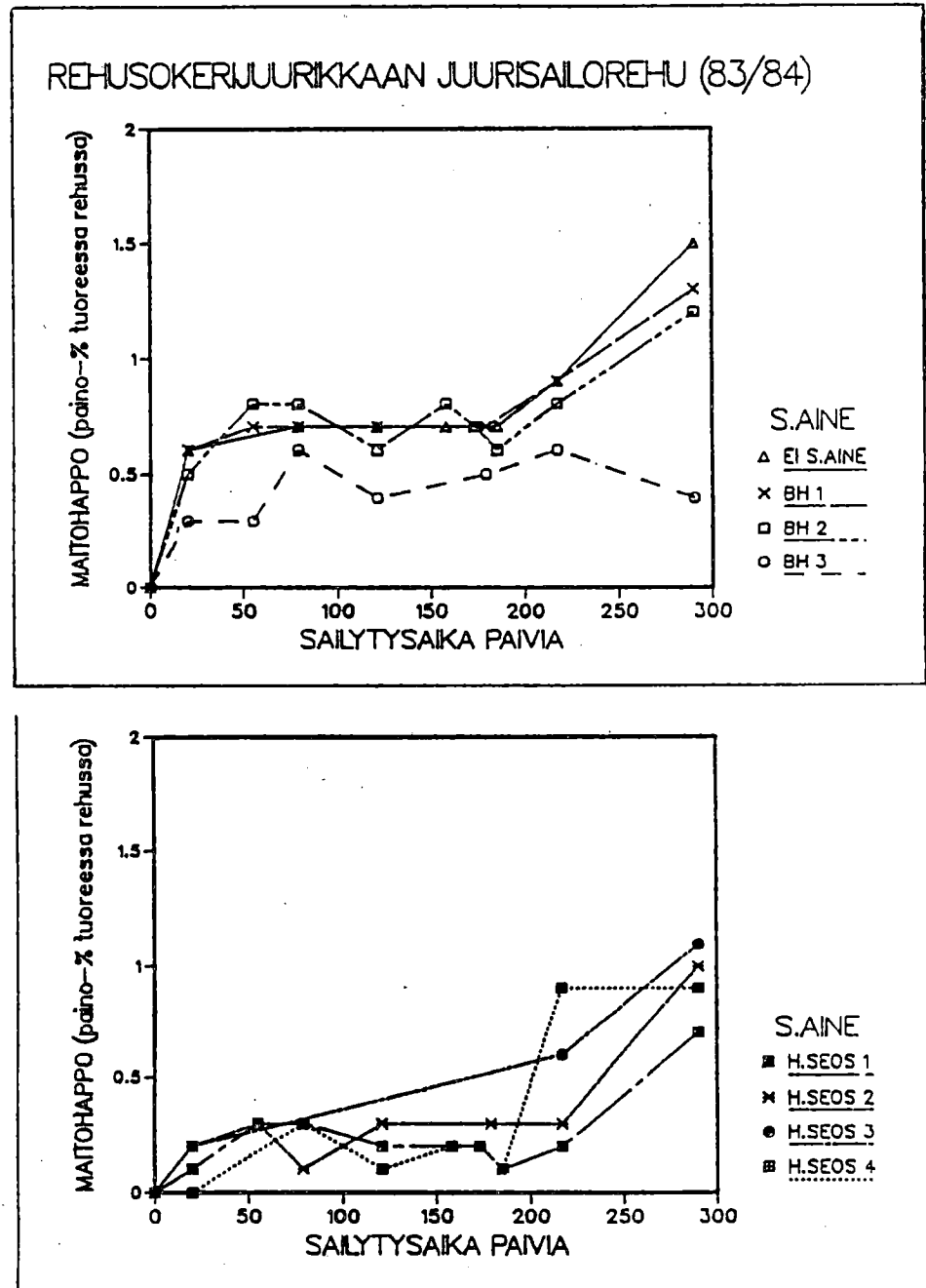
Kuva 8c. Eri säilöntäaineitten vaikutus rehusokerijuurikkaan juurisäilörehun mannitolipitoisuuteen. Muu kuvateksti sivulla 49.

Fig. 8c. Effect of different additives on mannitol concentration of fodder sugar beet root silage. For additives and other information see page 49.



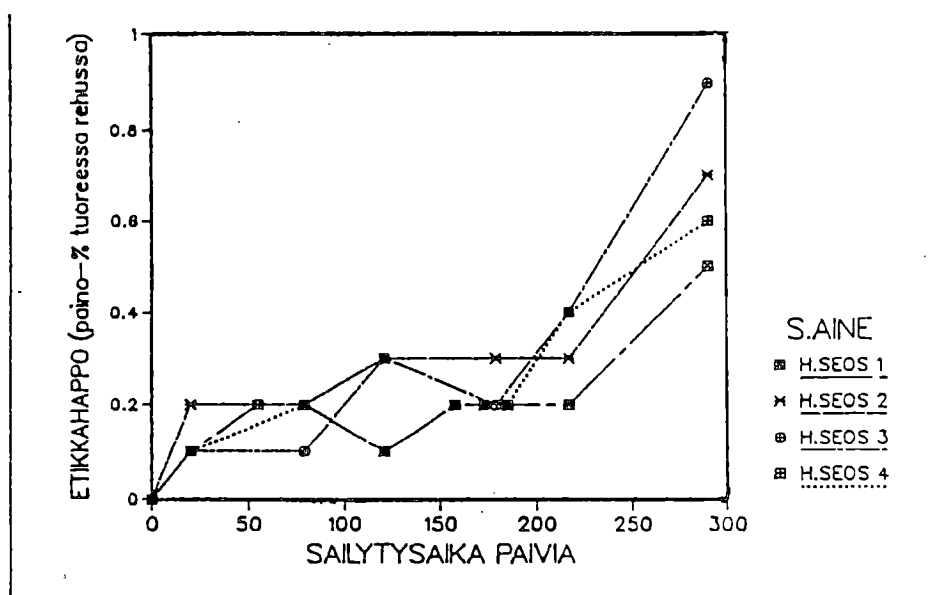
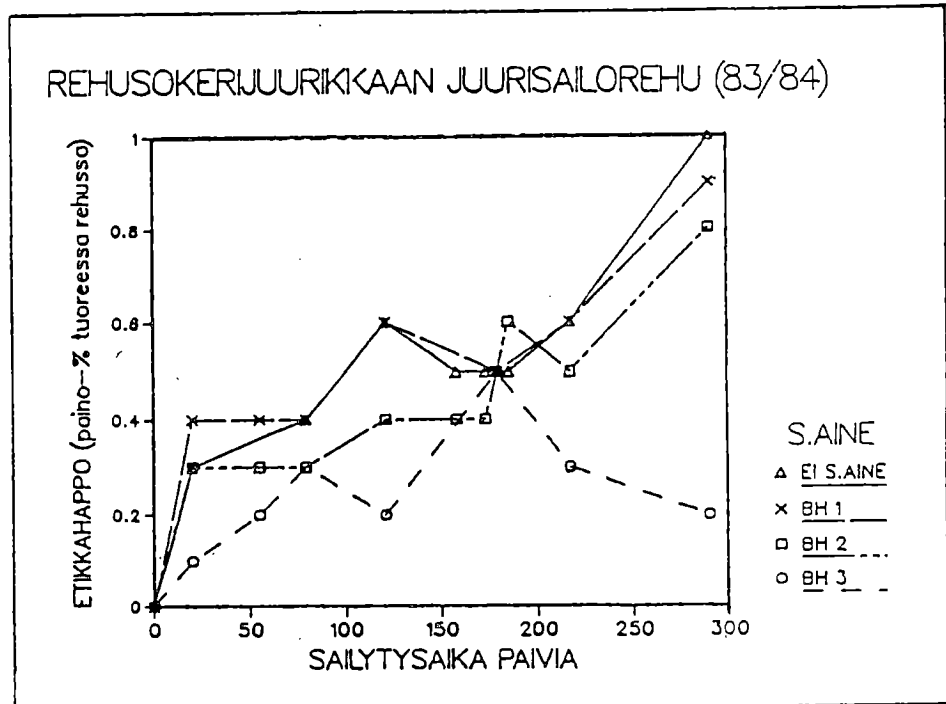
Kuva 8d. Eri säilöntäaineitten vaikutus rehusokerijuurikkaan juurisäilörehun dekstraanipitoisuuteen. Muu kuvateksti sivulla 49.

Fig. 8d. Effect of different additives on dextran concentration of fodder sugar beet root silage. For additives and other information see page 49.



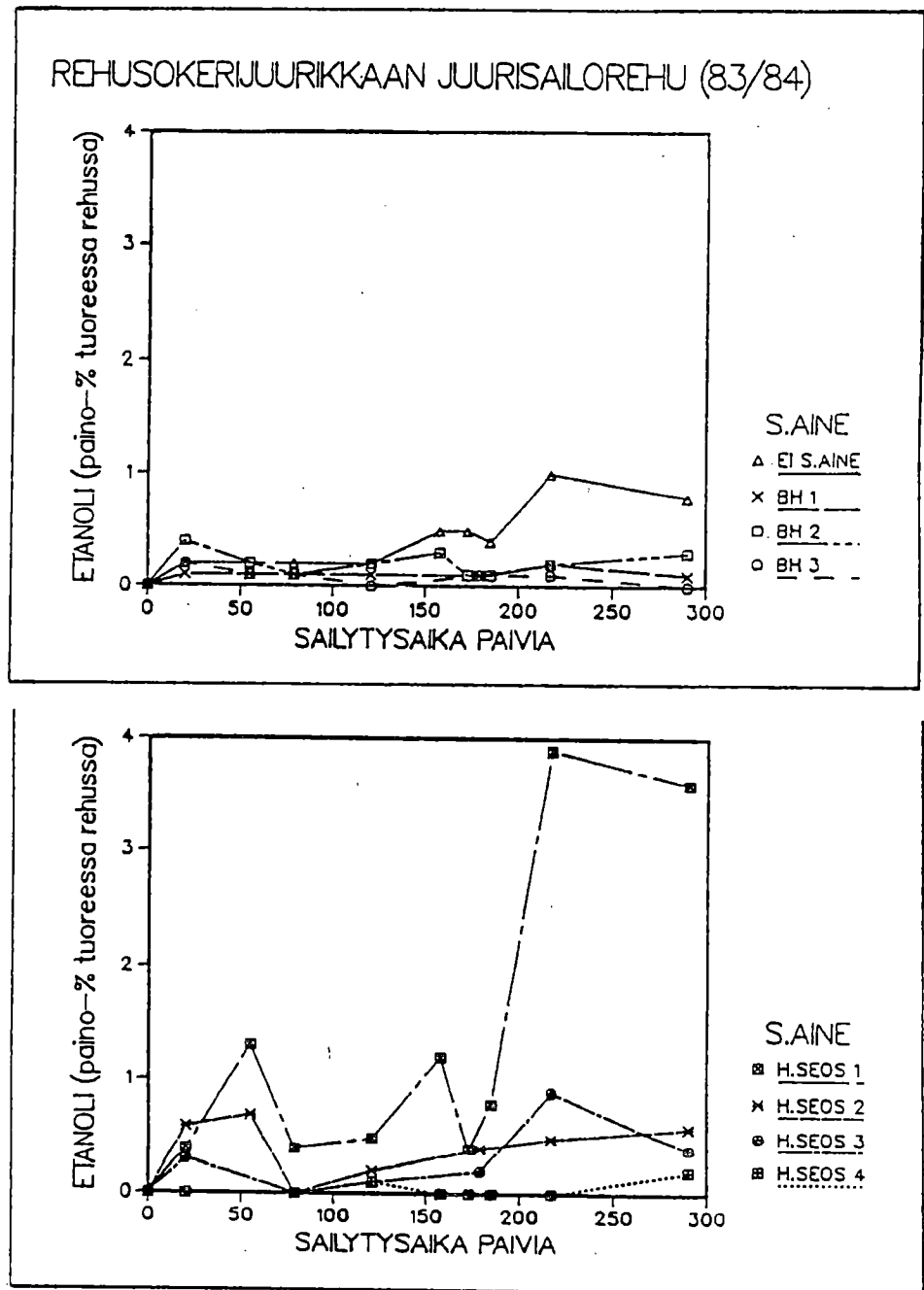
Kuva 8e. Eri säilöntäaineitten vaikutus rehusokerijuuriikkaan juurisäilörehun maitohappopitoisuuteen. Muu kuvateksti sivulla 49.

Fig. 8e. Effect of different additives on lactic acid concentration of fodder sugar beet root silage. For additives and other information see page 49.



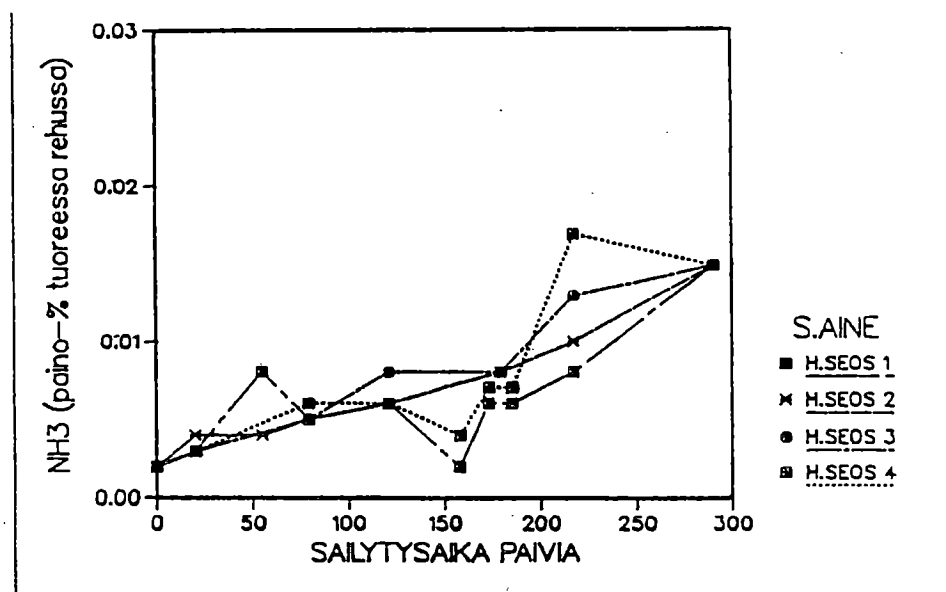
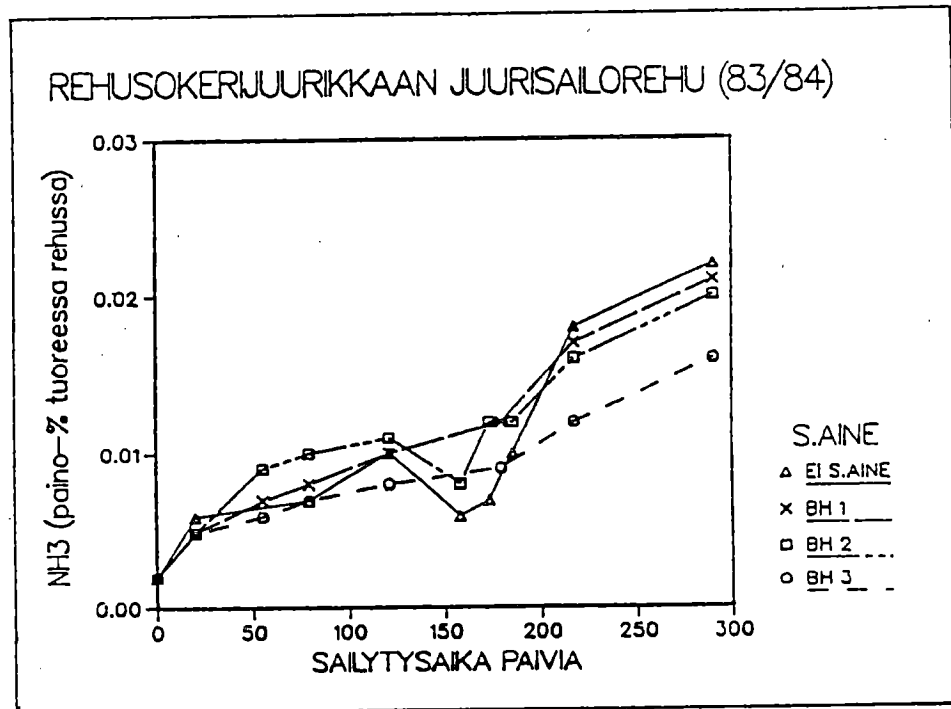
Kuva 8f. Eri säilöntäaineitten vaikutus rehusokerijuuriikkaan juurisäilörehun etikkahappopitoisuuteen. Muu kuvateksti sivulla 49.

Fig. 8f. Effect of different additives on acetic acid concentration of fodder sugar beet root silage. For additives and other information see page 49.



Kuva 8g. Eri säilöntäaineitten vaikutus rehusokerijuurikkaan juurisäilörehun etanolipitoisuuteen. Muu kuvateksti sivulla 49.

Fig. 8g. Effect of different additives on ethanol concentration of fodder sugar beet root silage. For additives and other information see page 49.



Kuva 8h. Eri säilöntäaineitten vaikutus rehusokerijuurikkaan juurisäilörehun ammoniumtyppipitoisuuteen. Muu kuvateksti sivulla 49.

Fig. 8h. Effect of different additives on NH₄-nitrogen concentration of fodder sugar beet root silage. For additives and other information see page 49.

pienemmät määrät pelkkää bentsoehappoa sisältävissä siiloissa sokeri oli jo 3 ensimmäisen viikon aikana pudonnut noin 1/4:aan raaka-aineen pitoisuudesta. Happoseoksia ja suurimman määrän pelkkää bentsoehappoa sisältävissä siiloissa sokeripitoisuuden lasku oli edellämainittuja selvästi hitaampaa. Käyrissä esiintyviä yhtäkkisiä heittoa on vaikea selittää muuten kuin, että siilossa oleva massa ei ole ollut kemialliselta koostumukseltaan aivan homogeenista tai, että jotkin näytteet ovat päässeet käymään analyysien teon aikana.

Bentsoehapolla oli selvästi ehkäisevä vaikutus mannitolin muodostumiseen (kuva 8 c) verrattuna negatiivisena kontrollina toimineeseen säilöntäaineettomaan siiloon. Jo pieninkin lisätty bentsoehappomäärä (0,5 kg/tn) vaikutti mannitolin pitoisuuteen ja vaikutus korreloi suhteellisen hyvin bentsoehapon määrän kanssa. Happoseoksia sisältäneissä siiloissa mannitolin muodostuminen oli aluksi hidasta ensimmäisten 6 kk:n aikana, minkä jälkeen sen synteesi selvästi nopeutui.

Dekstraanin muodostuminen (kuva 8 d) erosi mannitolin muodostumisesta siten, että pelkkää bentsoehappoa lisättäessä vasta suurin bentsoehappomäärä pystyi estämään synteesiä selvästi havaittavissa määrin. Lisäksi 6 kk:n säilönnän jälkeen ei yhdessäkään tämän koesarjan säilörehuista tapahtunut dekstraanin lisäsynteesiä kuten paria poikkeusta lukuunottamatta tapahtui mannitolilla.

Säilönnän alkuvaiheissa muodostunut mannitoli ja erityisesti dekstraani näyttävät osittain metaboloituvan säilönnän aikana.

Maitohapon ja etikkahapon kohdalta (kuvat 8 e ja f) voidaan todeta, että siiloissa, joihin ei lisätty HCl + HCOOH-seosta tapahtui säilönnän alussa enemmän maito- ja etikkahappokäymistä. Noin 6 kk:n säilönnän jälkeen siilojen lämmitessä alkoivat happokäymiset uudelleen. Poikkeuksen muodosti juurisäilörehu, johon oli lisätty suurin määrä pelkkää bentsoehappoa. Tässä siilossa, päinvastoin kuin muissa, maito- ja

etikkahapon määrät näyttivät hieman vähenevän.

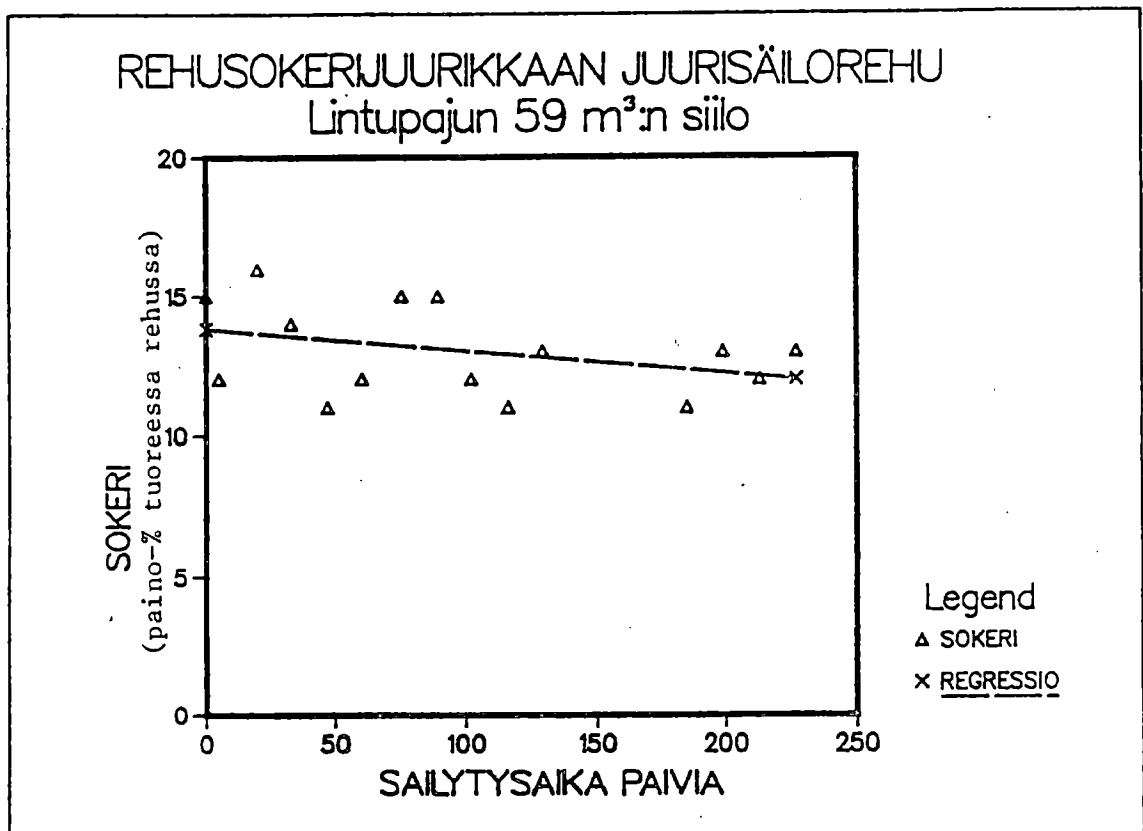
Etanolia (kuva 8 g) muodostui pelkkää bentsoehappoa sisältävissä juurisäilörehuissa hyvin vähän. Säilöntäaineettoman siilon tulos poikkesi edellisistä vasta 5 kk:n säilönnän jälkeen ja etanolipitoisuus nousi lähelle 1 %:n tasoa. Happoseosta sisältävissä siiloissa etanolipitoisuus jäi yleisesti ottaen alhaiseksi. Selvän poikkeuksen tässä ryhmässä muodostaa rehu, joka oli säilötty happoseoksella (HCl + HCOOH) ilman bentsoehappoa. Siinä muodostui merkittävän paljon etanolia (lähes 4 paino-% tuoreessa rehussa) 6 kk:n säilönnän jälkeen siilon lämmitessä keväällä.

NH₄-tyypeä (kuva 8 h) muodostui säilöntäaineettomassa ja pelkkää bentsoehappoa sisältävissä juurisäilörehuissa jonkin verran enemmän kuin niissä, joihin lisättiin happoseosta. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että NH₄-tyypeä muodostui eniten kahden ensimmäisen säilöntäkuukauden aikana sekä siilojen lämmitessä kevätkesällä noin 6 kk:n säilönnän jälkeen. NH₄-tyypen prosentuaaliset osuudet kokonaistypestä olivat säilönnän lopussa eri siiloissa seuraavat: säilöntäaineeton siilo 11,2 %; pelkkää bentsoehappoa sisältävät siilot 11,1 % (0,5 kg/tn BH), 10,4 % (1,0 kg/tn BH) ja 8,5 % (2,0 kg/tn BH); HCOOH + HCl -siilossa 8,0 %, HCOOH + HCl + BH (0,25 kg/tn) 7,9 %, HCOOH + HCl + BH (0,5 kg/tn) 7,7 % ja HCOOH + HCl + BH (1,0 kg/tn) 8,2 %.

Kuvien ulkopuolelta todettakoon (tuloksia ei esitetä tarkemmin), että tutkituista haihtuvista hapoista löytyi etikkahapon lisäksi muutamista harvoista näytteistä propionihappoa (enimmillään 0,16 paino-%), noin puolet näytteistä sisälsi hieman isovaleriaanahappoa (useimmiten 0,02 paino-%) ja yksi ainoa säilöntäaineeton näyte sisälsi voi-happoa (0,02 paino-%) ja yhdestä eniten pelkkää bentsoehappoa sisältävistä näytteistä löytyi valeriaanahappoa (0,01 paino-%).

Mullikoetta ja lehmäkoetta varten Lintupajun isoon siiloon säilötyn juurisäilörehun pelkistävän sokerin määrä säilöntäajan kuluessa on esitetty kuvassa 9. Sokeri säilyi hyvin 8 kk, minkä jälkeen alkoi tapahtua käymistä. Rehu säilyi

kuitenkin rehuopillisesti katsoen moitteettomana: pH oli heinäkuun puolessa välissä 3,8, maitohappoa oli 1,1 paino-%, etikkahappoa 0,9 paino-%, etanolia 0,8 paino-%. Voihappoa ei esiintynyt ja NH_4 -typen osuus kokonaistypestä oli 7,0 %. Koska sokeripitoisuus oli viimemainittuna ajankohtana pudonnut hieman alle 6 %:n eivätkä yllämainitut käymiset selitä putoamista kuin osittain, voidaan aiempien piensiilotulosten perusteella päätellä, että sokeria oli kulunut lähinnä ehkä mannitolin muodostumiseen (ei määritetty). Pinnan homehtumisen estämiseksi juurisiilo käsiteltiin ripottelemalla massan päälle kiteistä bentsoehappoa toukokuun puolivälissä.



Kuva 9. Sokerin säilyvyys rehusokerijuuriikkaan juurisäilörehussa maatilamittakaavaisessa säilönnässä 1983/84. Säilöntäaineena oli 25 ekv HCOOH + 25 ekv HCl + 0,5 kg bentsoehappoa/tn. Säilöntämenetelmät on esitetty sivulla 12.

Fig. 9. Concentration of sugar (weight-% in fresh silage) of fodder sugar beet root silage (1983/84) in a farm scale silo (59 m³). Additives were 25 eqv HCOOH + 25 eqv HCl + 0,5 kg benzoic acid/tn. Storage time is expressed in days. Effluent was not allowed to flow out of the silos.

Toiseen isoon siiloon säilötty naattimassa säilyi moitteetomana toukokuun puoliväliin, jolloin se syötettiin loppuun. Esittämättä tuloksia tarkemmin todettakoon, että säilönnän lopussa naattimassan pH oli 3,7, paino-%:eina ilmaisten tuoreessa näytteessä oli sokeria 1,1, maitohappoa 0,3 ja etikkahappoa 0,1. Etanolia oli alle 0,1 % eikä haihtuvia happoja, etikkahappoa lukuunottamatta, esiintynyt lainkaan. NH_4 -typen osuus kokonaistypestä oli 3,8 %.

6.3. Säilöntätulosten tarkastelu

Tarkasteltaessa tuloksia juurikasvien energiakäytön kannalta voidaan koekausien 80/81 ja 82/83 säilöntätuloksia pitää sokerin runsaanpuoleisen käymisen vuoksi epätydyttävinä. Kokeissa 80/81 käytetty happomäärä (20 ekv/tn) ei riittänyt alentamaan kasvimassojen pH:ta alle 5:n, joten erilaisten käymisten edellytykset olivat happamuuden puolesta suotuisat. Sama selitys pätee osittain myös 82/83 kokeissa, vaikka lisätty happomäärä oli runsaampi (40 ekv/tn).

Koekaudella 81/82 olivat säilöntätulokset sokerijuurikkaalla sekä energia- että rehukäyttöä ajatellen erittäin hyvät: sokeritaso säilyi käytännöllisesti katsoen muuttumattomana aina toukokuulle saakka. Happoekvivalenttien lisäys 20:stä (koekausi 80/81) 40:een ja 60:een riitti pudottamaan pH:n lähelle 4:ää heti säilönnän alusta lähtien. pH:n laskun seurauksena lisääntynyt bentsoehapon aktiivisuus oli ilmeisesti osaltaan myötävaikuttamassa hyvään tulokseen erityisesti pelkkää juurta sisältävissä siiloissa. Naatin ja juuren säilöminen yhdessä lisäsi jonkin verran happokäymisiä. Käytännössä naatin ja juuren seoksen säilöminen suuressa mittakavassa on vaikeasti toteutettavissa, koska se vaatisi hankalana lisätyövaiheena silputun naatin syöttämisen murskaimen samanaikaisesti pestyjen juurien kanssa.

Tutkimuksissa, joissa juurikassäilörehua on valmistettu käyttäen säilöntäaineena yksinomaan bentsoehappoa ilman muuta happolisäystä (LAUBE 1967, WILDGRUBE ja ZAUSCH 1971, KULASEK ym. 1976), ei sokeria ole saatu säilymään kovinkaan hyvin. LAUBE'n kokeissa sokeria kului melko runsaasti maito- ja etikkahappokäymisiin. WILDGRUBE'n ja ZAUSCH'in tulosten mukaan Na-bentsoaatilla (0,2 %) säilöittäessä sokeritappio oli 68 % ja bentsoehapolla (0,2 %) 49,5 %. Osa tästä sokeritappiosta johtui kuitenkin puristemehun poistumisesta eikä niinkään käymisestä. KULASEK'in ym. suorittamissa säilöntäkokeissa Na-bentsoaatilla (0,2 %) säilötyn sokerijuurikkaan sokerista hajosi 10-30 % kahden ensimmäisen säilöntäviikon aikana, minkä jälkeen sokerin kuluminen loppui.

Jäätymään ja sulamaan päässeitä juurikkaita aumattaessa muodostuu helposti limamaista polysakkaridia dekstraania ja sokerialkoholia mannitolia (NASH 1978). Tämä johtuu siitä, että sulamisen tapahtuessa juurikkaan pintasolukko hajoaa ja nämä solut sekä niistä vapautuvat ravintoaineet toimivat suotuisana kasvualustana dekstraania ja mannitolia muodostaville heterofermentatiivisille maitohappobakteereille Leuconostoc mesenteroides'ille ja Leuconostoc dextranicum'ille (MURPHY ja WHISTLER 1973, WHITTENBURY 1968). Säilöntätulostemme mukaan dekstraania ja mannitolia voi muodostua runsaasti myös juurikassäilörehuun. Rehua valmistettaessa mikro-organismien tarvitsemia ravintoaineita vapautuu juurikkaitten murskauksessa.

Koekauden 82/83 kokeissa kului fruktoosista monissa tapauksissa varsin huomattava osa mannitolin muodostumiseen ja dekstraanin synteesiä voitiin pitää ilmeisenä rehujen limaisuuden perusteella. Näissä kokeissa oli säilöttävänä juuria, jotka osittain jäättyivät lokakuussa tulleessa yllättävän kovassa pakkasessa ja sulivat myöhemmin ilman lämmentyä. Tästä syystä dekstraanin ja mannitolin muodostumiselle on ollut edellytyksiä jo ennen juurien murskausta. Pakkasvaurioiden lisäksi heterofermentatiivisten maitohappobakteerien aktiivisen toiminnan eräänä syynä 82/83 kokeissa oli todennäköisesti liian pieni happolisäys. Raaka-aine kysei-

siin säilöntäkokeisiin sisälsi luultavasti aikaisempia vuosia enemmän emäksisiä kivennäisiä tai muita puskuroivia yhdisteitä, koska 81/82 kokeissa hyvin riittänyt happoekvivalenttimäärä (40 ekv/tn) oli nyt liian vähän niin, että pH:t jäivät säilönnän alussa yli 4,5:n.

WOOLFORD'in (1975) nurmisäilörehukokeiden mukaan heterofermentatiivinen maitohappokäyminen pystytään estämään pH 4:n ja 5:n välillä, kun Na-bentsoaatin konsentraatio on 7 mM (900 g/tn). Säilöntäkokeissa 82/83 lisättiin bentsoaattia vain kolmasosa tästä määrästä, joten kyseisten bakteerien toiminta oli tässäkin mielessä mahdollista.

Dekstraanin pitoisuus määritettiin vain säilöntäkauden 83/84 koesarjasta. Näiden määritysten perusteella näyttää juurisäilörehun glukoosiyksiköistä olevan mahdollista kulua dekstraanin synteesiin jopa noin puolet. Kauden 83/84 kokeissa käytetyt juuret eivät päässeet jäätymään ja sulamaan ennen säilöntää, kuten tapahtui edellisen säilöntäkauden raaka-aineella. Heterofermentatiivisten maitohappobakteerien toiminta pääsi näinollen alkamaan ilmeisesti vasta juurikkaitten murskauksen jälkeen pääasiassa siiloissa, joiden massan pH:ta ei pudotettu säilönnän alussa lähelle 4:ää ja joihin ei lisätty riittävästi bentsoehappoa.

Koekauden 83/84 koesarjan perusteella mannitolia ja dekstraania syntetisoivien bakteerien toiminta estyi melko tehokkaasti, kun bentsoehappoa lisättiin 500 g/tn tai enemmän yhdessä HCl:n ja HCOOH:n kanssa. Mannitolin synteesi näytti olevan herkemmin riippuvainen bentsoehapon konsentraatiosta kuin dekstraanin synteesi. Tämä voisi johtua esimerkiksi siitä, että kyseisiä yhdisteitä syntetisoisivat hieman eri bakteerit, joiden herkkyys bentsoehappoa kohtaan on erilainen.

Keväällä massan lämmitessä tapahtui 83/84 koesarjassa yleensä nopeasti mannitolin muodostumista. Sensijaan dekstraania ei tällöin enään syntetisoitunut. Tämä johtuu toden-

näköisesti siitä, että dekstraania syntetisoivan dekstraanisakkaraasin substraatin, sakkaroosin, konsentraatio on juurisäilörehuissa toukokuussa jo hyvin alhainen tai sitä ei ole lainkaan (taulukko 3 s.47).

Kasvavilla ruohokasveilla esiintyviä maitohappobakteereja tutkittaessa on yli 80 % eristetyistä organismeista havaittu olevan heterofermentatiivisia *Leuconostoc*-lajeja (STIRLING ja WHITTENBURY 1963). Tilanne on luultavasti hyvin samanlainen juurikasveilla päätellen mannitolin ja dekstraanin runsaasta muodostumisesta heti, jos olosuhteet ovat säilönnän alussa vähänkin otolliset.

Bentsoehapon tiedetään estävän tehokkaasti hiivojen ja homeiden toimintaa. Näin näyttää myös tämän työn säilöntäkokeissa tapahtuneen, koska etanolia muodostui kaikissa bentsoehappoa sisältävissä koesiiloissa vain vähäisiä määriä, eikä homettakaan yleensä esiintynyt. Etanolikäymisen estymisen edellytyksenä oli kuitenkin pH:n lasku lähelle 4:ää heti säilönnän alusta asti eli bentsoehapon aktivointi. Erityisen selvästi tuli bentsoehapon vaikutus etanolikäymisen osalta näkyviin pienissä pleksisiiloissa suoritettussa koesarjassa (kuva 4 s.37) ja 83/84 koesarjassa (kuva 8 g s.56).

Merkille pantavaa esitettyissä säilöntätuloksissa on se, että voihippaa ei ole tekemistämme juurikasvisäilörehuista löytenyt kahta näytettä lukuunottamatta minään koevuonna. Voihippopitoisuus on eräs tärkeimpiä nurmisäilörehun laadun kriteereitä. Huonolaatuiseen nurmisäilörehuun voihippo muodostuu klostridien vaikutuksesta. Voihapon lähes täydellinen puuttuminen juurikasvisäilörehuista johtunee ainakin osittain niiden runsaasta sokeripitoisuudesta, suhteellisen alhaisesta kuitupitoisuudesta ja riittävän alhaisesta pH:sta (KREULA 1955).

Juurikasvien lisäksi työssä tehtiin muutama säilöntäkoehukaalilla ja perunalla. Rehukaalin säilöntä puristemehui-
neen onnistui naattien tapaan, mutta perunan säilöntä osoit-

tautui vaikeammaksi. Raakaa perunaa säilörehuksi tehtäessä olisi ilmeisesti tärkeää, että pH saataisiin heti säilönnän alussa alle 4:n, jolloin proteiinien hajoaminen estyisi tehokkaasti. Toinen keino säilöntätuloksen parantamiseksi saattaisi olla sokerialisäys esimerkiksi juuresmassan, juurikkaitten puristemehun tai melassin muodossa. Raaka peruna ei sisällä sokereita juuri lainkaan, joten käymishappojen muodostus jää vähäiseksi. pH:n ollessa verraten korkea, pääsevät tällöin vallalle proteolyttiset mikrobit, jotka proteiineja hajottaessaan tuottavat pH:ta edelleen kohottavaa ammoniakkia.

Yhteenvetona voidaan todeta, että pyrittäessä pitämään juurikasvisäilörehujen laatu hyvänä ja säilöntätappiot minimaalisin - ajatellen sekä rehukäyttöä että etanolituotantoa - on syytä kiinnittää erityistä huomiota seuraaviin seikkoihin:

- juuret ja naatit pitäisi säilöä puristemehuineen vedenpitävissä siiloissa
- säilöttävien juurien ja naattien tulisi olla melko puhkaita
- säilöntähappoa pitäisi lisätä riittävästi, jotta juurikasmassan pH laskee nopeasti lähelle 4:ää; bentsoehappoa tulisi lisätä vähintään 0,5 kg/tn
- hapon levitys pitäisi suorittaa juurimassaan tasaisesti, edullisesti pesun jälkeen murskaimessa, ja naatit olisi hapotettava jo pellolla silppuamisen yhteydessä
- siilo olisi hyvä peittää muovilla suhteellisen ilmatiiviisti.

7. Juurikasveista muodostuva puristemehu

Eräs tämän työn päämääristä oli selvittää saadanko ja miten juurikasvisäilörehut säilymään huolimatta siitä, että puris-

temehua ei lasketa ulos siilosta. Tällöin vältetään ilman 'kuivikkeita' syntyvät puristemehutappiot, jotka muuten ovat suuret johtuen juuri- ja naattisäilörehujen suhteellisen alhaisesta kuiva-ainepitoisuudesta.

WILDGRUBE ja ZAUSCH (1971) saivat murskatulla sokerijuuri-kasmassalla tuloksia, joiden mukaan orgaanisen aineen tappio puristemehun mukana oli ilman säilöntäainetta 11,6 %, 0,2 % Na-bentsoaatilla säilötyllä 8,0 % ja 0,2 % bentsoehapolla säilötyllä 8,4 %. Sokerijuurikkaan olleessa kyseessä, suurin osa tästä tappiosta oli sokeria ja orgaanisia happoja.

Juurikasvien puristetappiot riippuvat paitsi säilöttävän juuren kuiva-ainepitoisuudesta, myös siitä, miten juuri on käsitelty ennen säilöntää. Tanskassa suoritetuissa juurikaskokeissa saatiin pienimmät puristetappiot 'muusatuilla' juurikkailla (7,5 %), seuraavaksi pienimmät juurikasleikkeellä (11,4 %), ja kokeen suurimmat tappiot (18,7 %) tulivat raastetuilla juurikkailla (STATENS FORSOGSVIRKS. 1957).

SALON ja SORMUSEN (1974a,b) kokeissa muodostui sokerijuurikkaan naattisäilörehusta puristemehua 320 - 420 kg/tn naatteja. Tälläisessä määrässä puristenestettä menetetään SALON (1975) mukaan orgaanisten aineitten lisäksi useita kiloja eläimelle tärkeitä kivennäisiä, joita naatit sisältävät erittäin runsaasti: yleensä 5 - 50-kertaisen määrän muiden kasviperäisten rehujen keskimääriin verrattuna.

Puristetappioiden lisäksi juuri- ja naattisäilörehuista irtoava sokeri- ja ravinnepitoinen puristemehu muodostaisi pohjaveteen tai vesistöön joutuessaan suuren ympäristörisikin. Tämä täytyy estää joko tässä tutkimuksessa käytetyllä tavalla, 'kuivikkeella' tai keräämällä mehu erilliseen säiliöön. Säiliöstä mehu voitaisiin juottaa eläimille ainakin osittain. Siilosta uloslasketun puristemehun juottokäyttöä rajoittaa huono säilyvyys ja se, että mehua muodostuu lyhyellä aikavälillä määriä, jotka yleensä ylittävät eläinten juontikyvyn.

Kokemustemme mukaan juurisäilörehusta siiloon irtoava puristemehu pystytään syöttämään suurimmaksi osaksi juurimassan mukana ilman erityistoimenpiteitä. Naattimassasta muodostuva hyvin runsas puristemäärä on ongelmallisempi. Lukuisista eri puolilla maailmaa suoritetuista kokeista (SALO ja SORMUNEN 1974b, WOOLFORD 1978, PEDERSEN ja WITT 1979, WOOLFORD ym. 1983) huolimatta ei vielä näytä olevan käytettävissä sellaista puristemehun sitomiskeinoa, joka olisi riittävän taloudellinen, tehokas ja käytännössä helppo suorittaa. Tämän työn yhteydessä naattimassasta siiloon erottunut puristemehu on syötetty naattimassan mukana niiltä osin kuin se on saatu helposti massan mukana ylös siilosta. Siilon pohjalle jäänyt puristemehu on sitten naattimassan lopputtua ajettu pellolle lannoitteeksi.

8. Juurikasvisäilörehujen käymis-, haihdutus- ja puristus- kokeitten tulokset ja tarkastelu

8.1. Etanolikäymiskokeet

Käymiskokeita aloitettaessa haluttiin nähdä, voiko juurikas-säilörehun sokerin käyttää etanoliksi massaa sterilöimatta. Tässä esikokeessa ja seuraavaksi esitettävissä käymiskokeissa käytettiin säilöntäkokeitten 80/81 ja 81/82 massoja, joista ensin mainitussa oli verrattain vähän käymiskykyistä sokeria. Esikokeen tuloksista ilmenee (taulukko 4), että sokeri kävi lähes täysin etanoliksi; maitohappokäymistä (muita happoja ei määritetty) tapahtui jonkin verran, mikä aiheutti pH:n laskua.

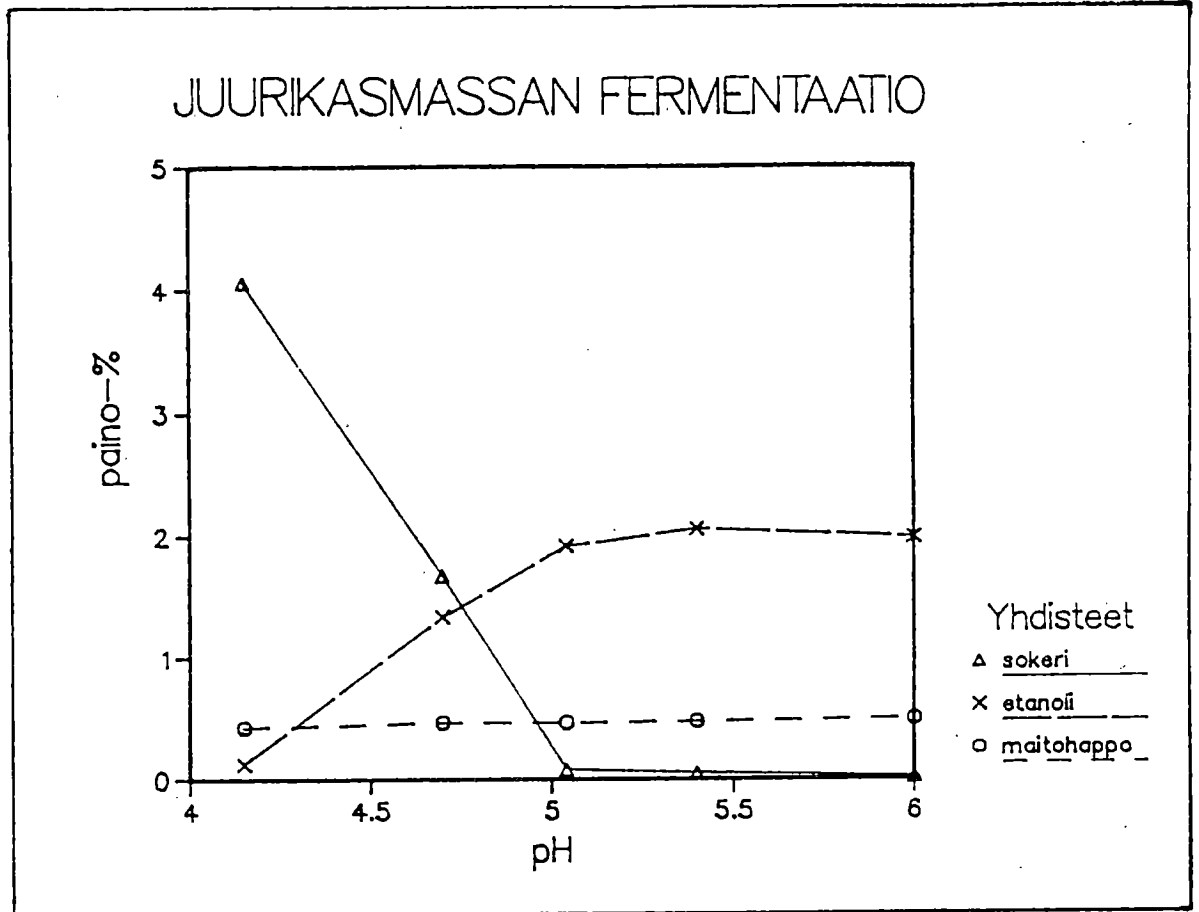
Taulukko 4. Rehusokerijuuriikkaan juuri+naatti-säilörehun fermentointi: käymisaika 14 t; hiivalisäys 0,9 paino-%; lämpötila 21°C; pH säädettiin 1 N NaOH:lla 5:een ennen käymisen aloittamista; käytettiin steriloimatonta juurikasmassaa.

Table 4. Fermentation of fodder sugar beet silage (root+leaves). Fermentation time was 14 hours; amount of yeast added was 0,9 weight-%; temperature 21°C; pH was adjusted to 5 before fermentation with 1 N NaOH; unsterilized silage.

Analyysi (paino-% tuoreessa rehussa) (Analysis, weight-% in fresh silage)	Käyminen (Fermentation)	
	ilman hiivalisäystä (without yeast addition)	hiivalisäyksellä (with yeast addition)
Sokeri ennen käymistä (Sugar before fermentation)	2,3	2,3
Sokeri käymisen jälkeen (Sugar after fermentation)	1,9	0
Etanoli ennen käymistä (Ethanol before fermentation)	0	0
Etanoli käymisen jälkeen (Ethanol after fermentation)	0,1	0,9
Maitohappo ennen käymistä (Lactic acid before fermentation)	0,6	0,6
Maitohappo käymisen jälkeen (Lactic acid after fermentation)	1,0	NT

a) NT = Näyte tuhoutui (Sample destroyed)

Seuraavassa kokeessa pyrittiin selvittämään, missä pH-arvossa säilötty (HCOOH + bentsoehappo) steriloimaton rehusokerijuurikasmassa käy riittävän nopeasti loppuun niin, että mahdolliset häiritsevät happokäymiset eivät ehdi päästä vallalle. Kuvasta 10 havaitaan, että pH 4,15:ssä etanolikäyminen oli vielä tuskin päässyt alkuun, kun se massoissa, joiden pH oli 5-6, oli jo lähes tai täysin päättynyt. Sokeri oli käynyt kvantitatiivisesti etanoliksi eikä maitohappokäymistä ollut tapahtunut mainittavasti.

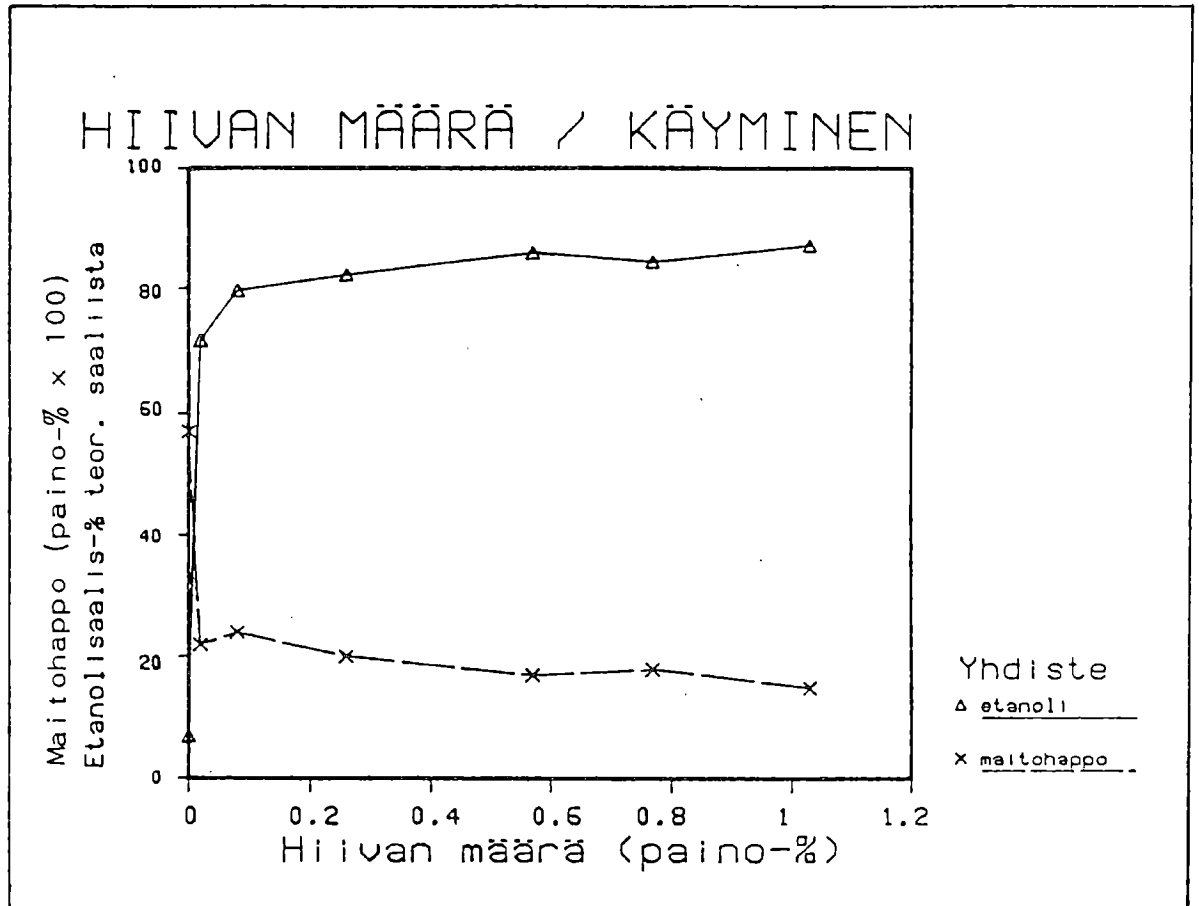


Kuva 10. pH:n vaikutus rehusokerijuurikassäilörehun (juuri+naatti 1:1) käymiseen. Fermentointiaika 21 tuntia; Hiivaa lisättiin 0,9 paino-%; käymislämpötila 30°C; pH:t 4,15 , 4,70 , 5,04 , 5,40 ja 6,00; steriloimaton juurikassäilörehu.

Fig. 10. Effect of pH on ethanol fermentation of fodder sugar beet root+leaves (1:1) silage: sugar (Δ), ethanol (x) and lactic acid (o) concentration (weight-% in fresh mass) after 21 h fermentation. Yeast addition was 0,9 weight-%; temperature 30°C; unsterilized silage.

Käymislämpötilan lasku 30 asteesta 20 asteeseen ei vaikuttanut käymistäpahtumaan (tuloksia ei esitetä tarkemmin) eri pH-arvoissa oleellisesti (0,9 %:n hiivamäärällä): steriloimattoman massan sokeri kävi kvantitatiivisesti etanoliksi pH 5:n ja 6:n välillä myös tässä alemmassa lämpötilassa alle 20 tunnissa.

Kuvassa 11 on esitetty tulokset kokeesta, jossa selvitettiin eri hiivamäärien vaikutusta juurikassmassan käymiseen.

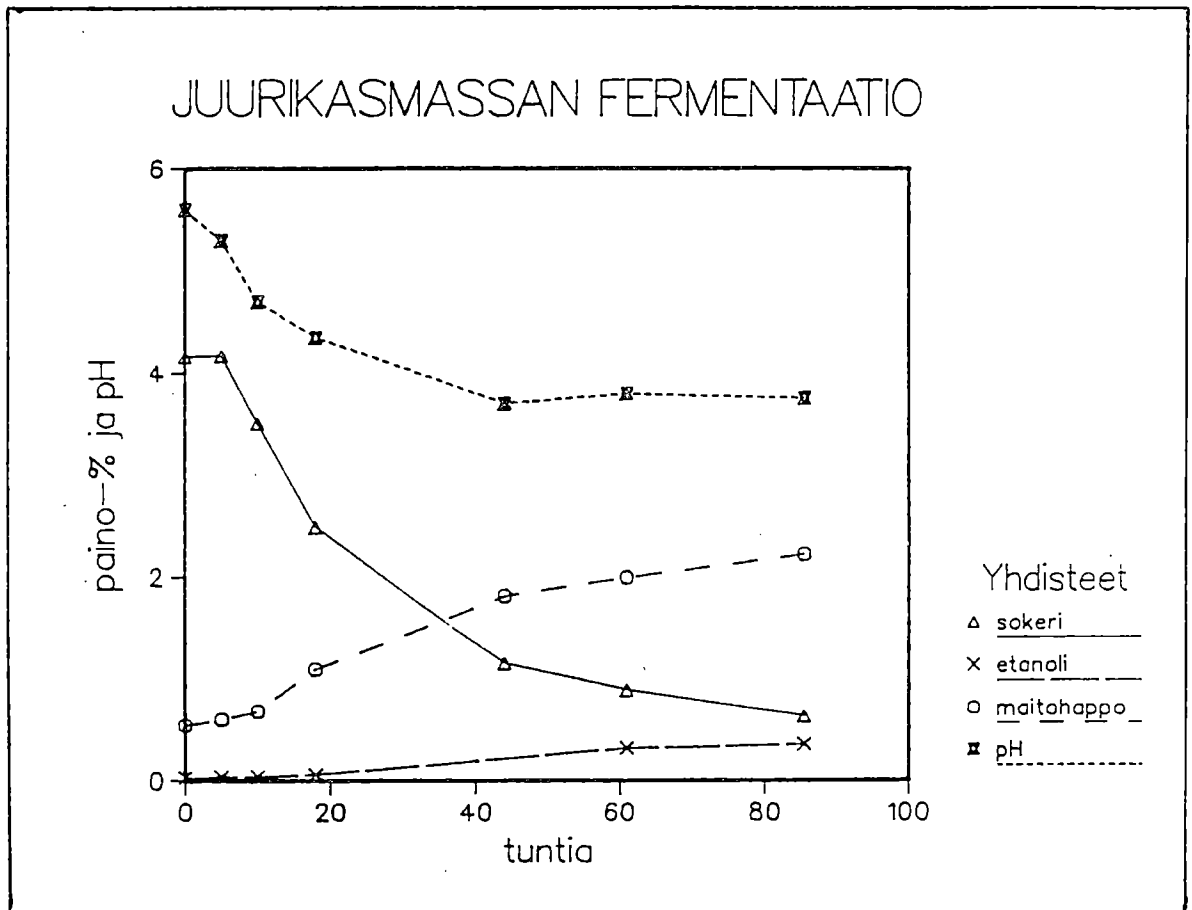


Kuva 11. Hiivan määrän vaikutus etanolin saalis-%:iin (Δ) (teoreettisesta saaliista) ja maitohappokäymiseen (x). Käymisen raaka-aineena oli rehusokerijuurikkaan juuri+naatti (1:1)-säilörehu; fermentointiaika 19 tuntia; lämpötila 30 ° C; alku-pH 5,8; steriloimaton massa.

Fig.11. Effect of amount (weight-% of fresh yeast) of added yeast on ethanol gain (Δ)(from theoretical gain) and lactic acid (x) concentration (weight-% x100). Fermentation raw material was fodder sugar beet root+leaves (1:1) silage; fermentation time 19 hours; temperature 30 ° C; initial pH 5,8; unsterilized silage.

Etanolisaalis kasvoi hyvin voimakkaasti hiivamäärän funktiona n. 0,1 paino-%:iin saakka, jonka jälkeen etanolisaaliin lisäys oli vähäinen. Maitohappomäärä käyttäytyi päinvastoin: jo pienimmällä käytetyllä hiivamäärällä maitohapon muodostuminen väheni merkittävästi.

Inkuboitaessa rehusokerijuurikkäsäilörehua ilman hiivali-säystä (kuva 12) tapahtui pääasiassa maitohappokäymistä ja pH aleni kahdessa vuorokaudessa lähtötasoltaan 4:n alapuolelle.



Kuva 12. Rehusokerijuuriikkaan juuri+naatti (1:1)-säilörehun käyminen ilman hiivalisäystä. Käymislämpötila oli 30°C; alku-pH 5,6; sterilioimaton juurikassäilörehu.

Fig. 12. Fermentation of fodder sugar beet root+leaves (1:1) silage without yeast addition: sugar (Δ), ethanol (x), lactic acid (o) as weight-% in fresh mass and pH (⊠). Fermentation temperature 30°C; initial pH 5,6; unsterilized silage. Fermentation time is expressed in hours.

Naattinaurissäilörehulla suoritettiin myös yksi käymiskoe hiivaa lisäämällä ja ilman lisäystä, vaikka kyseisen rehun sokeripitoisuus olikin kovin alhainen (taulukko 5). Ilman hiivalisäystä tapahtui maitohappokäyminen ja 0,25 %:n hiivalisäyksellä saatiin noin 73 %:ia teoreettisesta etanolisäiliistä.

Myöhemmin esitettävää sulavuuskoetta varten fermentoiduista sokerijuurikkaan juuri- ja juuri+naatti-säilörehuista (noin 125 kg/käyntierä) saadut etanolimäärät on esitetty taulukossa 6. Juurimassoilla päästiin täydellisempään etanolikäymiseen (keskim. saalis-% 101,2) kuin juuri+naatti-massoilla, (keskim. saalis-% 79,6), joissa tapahtui keskimäärin hieman enemmän maitohappokäymistä.

Juurisäilörehun puristuskokeissa (s.77) saatu puristemehu kävi ilman hiivalisäystä ja pH:n säätöä huoneenlämpötilassa kuvan 13 mukaisesti. Käyminen hidastui selvästi 6 päivän käymisen jälkeen, jolloin sokerista oli kulunut noin 80 %:ia. Etanolikäymisen hidastuessa alkoi puristemehuun muodostua jonkin verran maito- ja etikkahappoa.

Säilytettäessä puristettua massaa avonaisessa astiassa, viileässä (5-10 °C), tapahtui kuvan 14 mukainen käyminen. Puristemehun käymiseen verrattuna voidaan todeta, että puristetussa massassa ei tapahtunut maito- eikä etikkahappokäymistä, vaan sokeria kului pelkästään etanolikäymiseen.

Puristemehua ja puristemassaa käytettäessä ei muodostunut yhtään propioni-, voi-, valeriaana- tai isovaleriaanahappoa.

Taulukko 5. Naattinaurissäilörehun käyminen 0,25 paino-%:n hiivalisäyksellä; käymisaika 18,5 t; lämpötila 30 °C; pH säädettiin ennen käymistä 1 N NaOH:lla 5,7:een; käytettiin steriloiमतonta massaa.

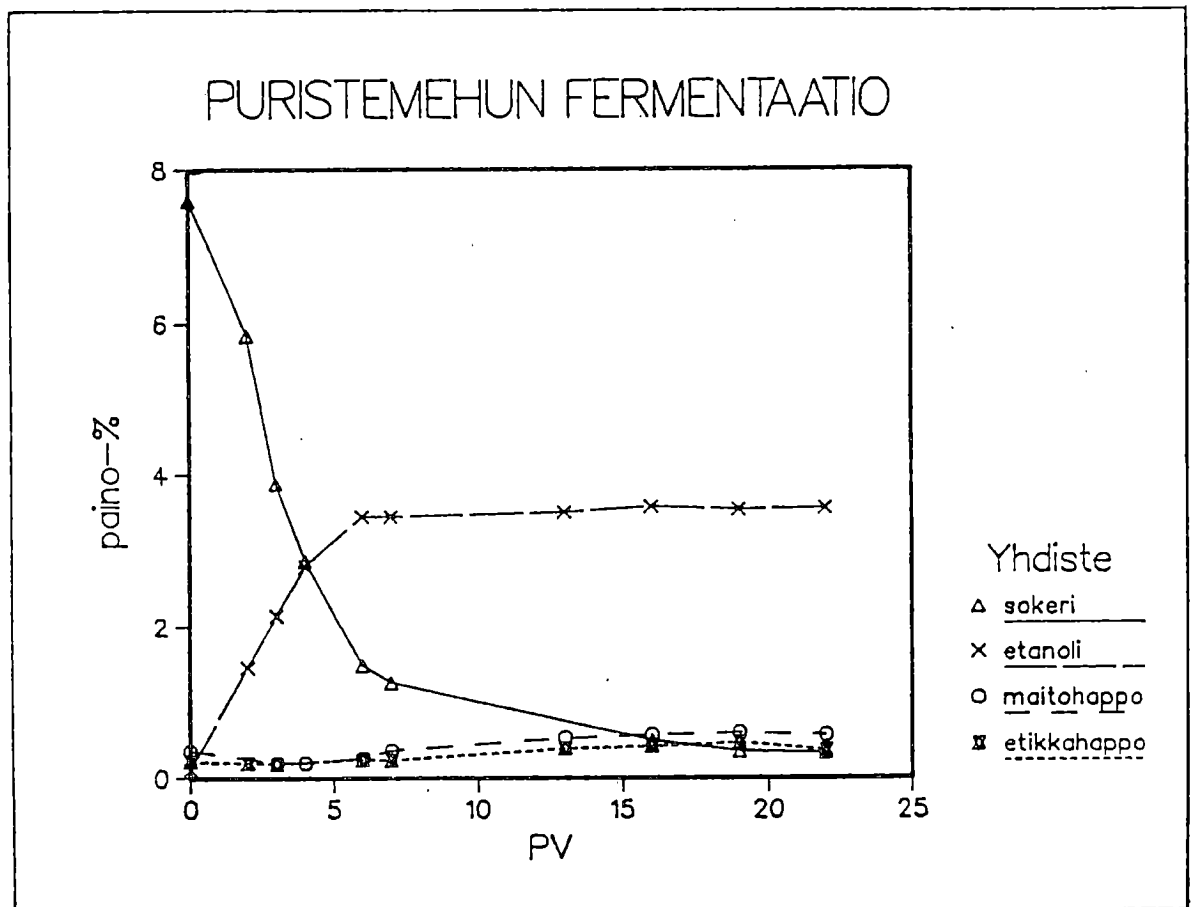
Table 5. Fermentation of big-leaved turnip silage (root+leaves 3:1); fermentation time 18,5 hours; temperature 30 °C; pH was adjusted to 5,7 before fermentation with 1 N NaOH; unsterilized silage.

Analyysi (paino-% tuoreessa rehussa) (Analysis, weight-% in fresh silage)	Ennen käymistä (Before fermentation)	Käymisen jälkeen (After fermentation)
Sokeri (Sugar)	3,2	0,1
Etanoli (Ethanol)	0,1	1,3
Maitohappo (Lactic acid)	0,3	0,5
pH	5,7	5,3

Taulukko 6. Sokerijuurikkaan juuri- ja juuri+naatti-säilörehujen etanolikäyminen. Massat höyrykäsiteltiin; suoritus esitetty sulavuuskokeitten menetelmien yhteydessä (s.23). Tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa näytteessä.

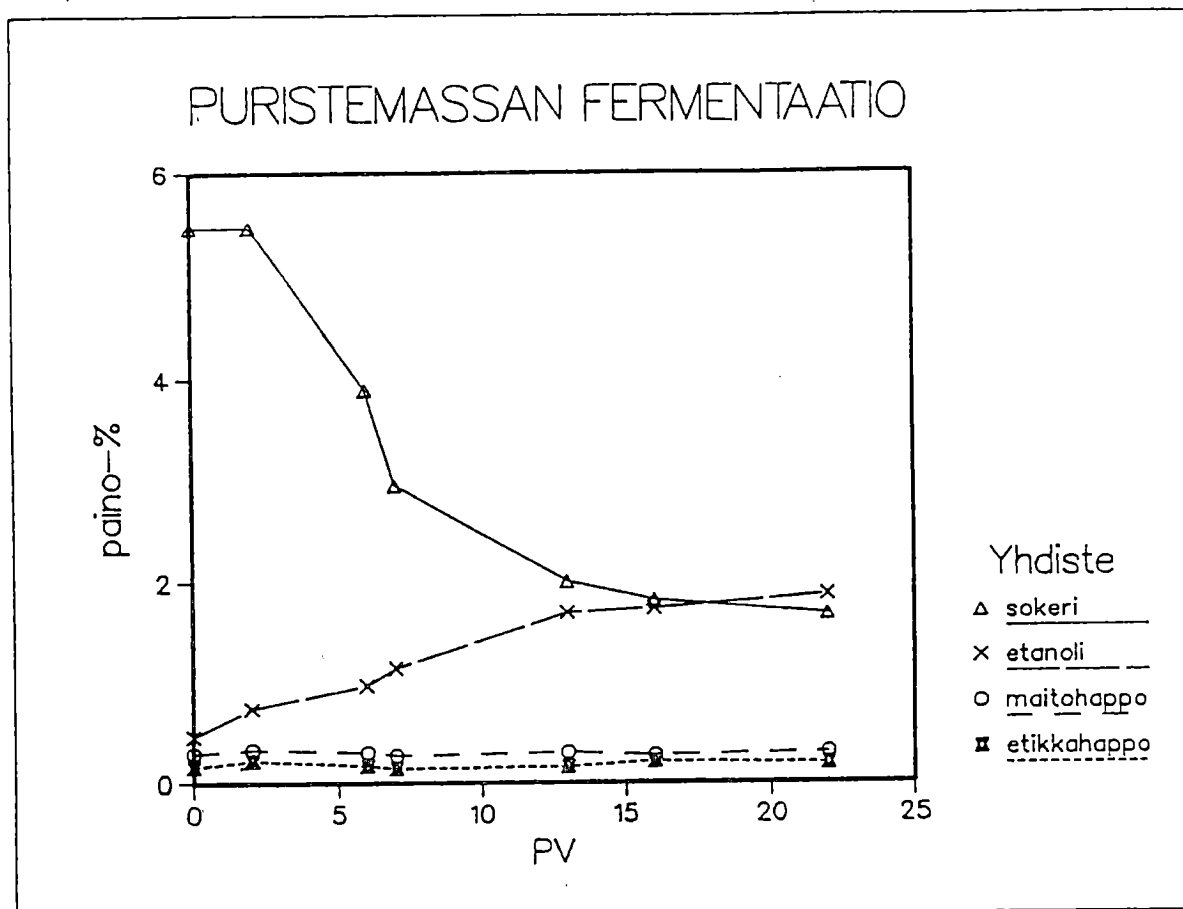
Table 6. Fermentation of sugar beet root and root+leaves silage. Fermentation time was 4-5 days; yeast addition was 0,5 weight-%; temperature 20°C; pH was adjusted to 5,1-5,2 with 1 N NaOH; silages were steam-heated before fermentation. Results are given as weight-% in fresh sample.

Fermentoitu massa (Fermented silage)	Erä (Batch)	Sokeria ennen fermentointia (Sugar before fermentation)	Etanolia käy- misen jälkeen (Ethanol after fermentation)	Maitohappoa en- nen käymistä (Lactic acid before fermentation)	Maitohappoa käy- misen jälkeen (Lactic acid after fermentation)
Sokerijuurikkaan juuri (Sugar beet root)	1	12,2	6,3	0,1	0,2
	2	12,5	6,4	0,1	0,1
	3	12,0	6,3	0,1	0,5
	4	12,2	6,3	0,1	0,2
Sokerijuurikkaan juuri+ naatti 1:1 (Sugar beet root+ leaves 1:1)	1	6,7	2,7	0,7	1,0
	2	6,7	2,6	0,7	0,9
	3	6,8	2,9	0,6	1,0
	4	6,7	2,8	0,7	1,2



Kuva 13. Sokerijuurikkaan juuri+naatti (1:1)-säilörehun steriloimattoman puristemehun käyminen ilman hiivali-säystä. Käymislämpötila oli 20°C. Puristemehu erotettiin juurikasmassasta puristamalla muunnetulla Pasi-olkileikkurilla.

Fig.13. Fermentation of press juice from sugar beet root+leaves (1:1) silage without yeast addition: sugar (Δ), ethanol (x), lactic acid (o) and acetic acid (X) as weight-% in fresh sample. Fermentation time is expressed in days. Fermentation temperature 20 °C. Unsterilized juice.



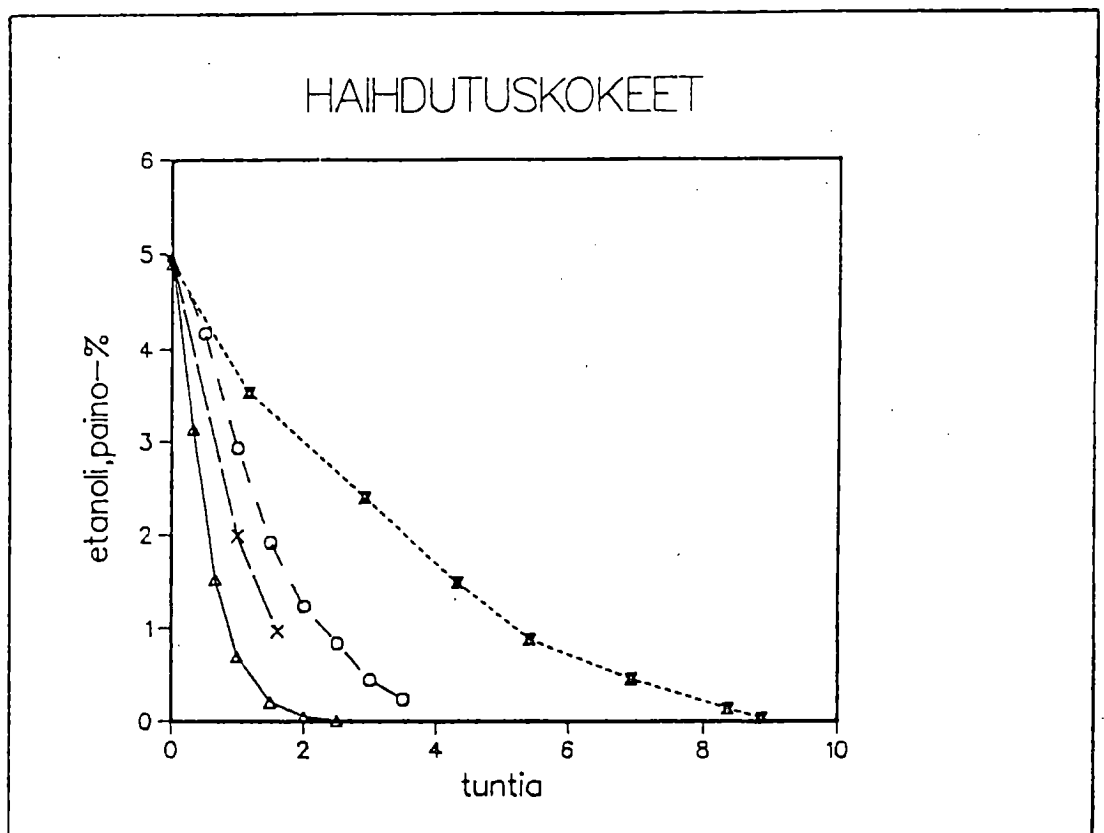
Kuva 14. Sokerijuurikkaan juuri+naatti (1:1)-säilörehusta saadun puristemassan käyminen ilman hiivalisäystä viileässä (5-10°C).

Fig. 14. Fermentation of press mass of sugar beet root+leaves (1:1) silage without yeast addition: sugar (Δ), ethanol (x), lactic acid (o) and acetic acid (⊗) as weight-% in fresh mass. Fermentation time is expressed in days. Fermentation temperature 5-10°C.

8.2. Etanolin haihdutuskokeet

Silmällä pitäen mahdollista etanolin tislausta fermentoidusta massasta suoritettiin vertailevia kokeita etanolin haihtumisen määrittämiseksi. Kuvasta 15 havaitaan, että etanolin

haihtuminen massasta oli hyvin hidasta verrattuna etanolin haihtuvuuteen vesiliuoksesta ja juurikasmassan puristemehusta. Jos haihtumisessa otetaan lopputasoksi 0,5 % etanolia, niin massasta haihtuminen kesti noin 2 kertaa niin kauan kuin puristemehusta ja noin 6-7 kertaa niin kauan kuin vesiliuoksesta. Alennettua painetta käytettäessä oli haihtuminen massasta jopa hieman nopeampaa kuin normaalipaineessa puristemehusta.



Kuva 15. Etanolin haihtuminen normaalipaineessa ja 90 asteessa sokerijuurikkaan juuri+naatti-säilörehusta (⊠), puristemehusta (o) ja vedestä (Δ) sekä em. säilörehusta alennetussa paineessa 50 asteessa (x).

Fig. 15. Evaporation of ethanol at normal pressure and 90°C from fodder sugar beet root+leaves silage (⊠), press juice (o), water (Δ) and from before mentioned silage at reduced pressure and 50 °C (x). Evaporation time is expressed in hours and ethanol concentration is shown as weight-% in fresh mass.

8.3. Juurikasmassojen puristuskokeet

Etanolin haihtuvuuden massasta ollessa hyvin hidasta verrattuna puristenesteestä tapahtuneeseen tehtiin muutamia juurikasmassan puristuskokeita erilaisilla puristimilla. Kokeissa käytettiin pientä paineilmapuristinta, ruuvipuristinta tai suurempaa olkisirppipuristinta. Kokeilla pyrittiin saamaan käsitys siitä, kuinka tehokkaasti pystyttäisiin etanoli tai sokeri saamaan puristetun mehun mukana ulos massasta.

Taulukosta 7 selviää, että etanolista saatiin mehuun yli 70 % jo ensimmäisellä puristuksella. Etanolin puristussaalis lisääntyi noin 5 %-yksikköä, kun puristusten välissä lisätyn huuhteluveden määrä oli 15 % alkuperäisen massan painosta ja noin 10 %-yksikköä, kun huuhteluveden määrä oli 30 %. Puolta pienemmällä massamäärällä päästiin samaan 10 %-yksikön lisäykseen jo 15 %:n vesilisäyksellä.

Taulukko 7. Etanolin saaminen puristemehuun rehusokerijuurikassailörehusta paineilma- ja ruuvi-puristimella. Massoihin imeytettiin ennen puristusta 5 paino-% etanolia. Puristus suoritettiin kahdessa vaiheessa, joiden välissä massoihin lisättiin vettä.

Table 7. Pressing of ethanol out of fodder sugar beet silage with a pneumatic and a screw press. Ethanol (5 weight-%) was added to silage before pressing. Water was added between presses.

Puristustapa (Press used)	Puristetun massan paino, g (Weight of mass pressed, g)	Puristemehun paino, g (Weight of press juice, g)	Massaan lisätystä eta- nolista puristemehussa, % (Yield-% of ethanol in juice)
Paineilmapuristus (Pneumatic press)	500		
1. puristus (1st press), huuhtominen (rinsing); 75 ml vettä (water)		409	75,1
2. puristus (2nd press)		62	5,6
Paineilmapuristus (Pneumatic press)	500		
1. puristus (1st press), huuhtominen (rinsing); 150 ml vettä (water)		402	72,5
2. puristus (2nd press)		145	9,5
Paineilmapuristus (Pneumatic press)	1000		
1. puristus (1st press), huuhtominen (rinsing); 150 ml vettä (water)		702	70,3
2. puristus (2nd press)		202	9,5
Ruuvipuristus (Screw press)	1000		
1. puristus (1st press), huuhtominen (rinsing); 150 ml vettä (water)		653	73,6
2. puristus (2nd press)		172	8,7

Suuremmalla, olkisilppurista muunnetulla puristimella saatiin sokerijuurikassäilörehun sokerista, puristetun massan määrästä riippuen, puristemehuun noin 60-80 % ilman huuhteluveden käyttöä (taulukko 8).

Taulukko 8. Sokerin saaminen puristemehuun rehusokerijuurikkaan juuri+naatti-säilörehusta olkipaalisilppurista muunnetulla puristimella. Massaa puristettiin useita kertoja, kunnes nestettä ei enään valunut.

Table 8. Pressing of sugar out of fodder sugar beet root+leaves silage with a modified straw bale cutter.

Puristetun massan paino, kg (Weight of mass pressed, kg)	Massan sokeri, paino-% (Sugar, weight-%)	Puristemehun paino, kg (Weight of press juice, kg)	Sokerista puristemehussa, % (% of mass sugar in press juice)
33	7,8	20	79
100	7,1	59	63

8.4. Käymis-, haihdutus- ja puristuskokeiden tarkastelu

Kuvassa 16 on esitetty erilaisia vaihtoehtomahdollisuuksia pyrittäessä valmistamaan juurikasveista eläinten rehua ja etanolia. Juurikasmassan sokeri voidaan käyttää etanoliksi kahdella tavalla: 'kiinteäfaasi'- tai 'nestefaasi'-fermentaatiolla. Tätä työtä aloitettaessa päädyttiin kokeilemaan ensin mainittua menetelmää (merkitty kuvassa nuolilla). Kyseisessä menetelmässä hiiva lisätään suoraan juurikasmassaan. 'Kiinteäfaasi'-fermentaatio tuntui edullisemmalta vaihtoehdolta etenkin siksi, että menetelmässä hiiva jää joko osittain tai kokonaan eläimille syötettäväksi tarkoitettuun sivutuotemassaan. Aiemmin ovat myös THIROUIN (1972) sekä KIRBY ja MARDON (1980) käyttäneet 'kiinteäfaasi'-fermentaatiota sokerijuurikkaan sokerin fermentaatioissa etanoliksi.

Tässä työssä saatujen kokemusten mukaan liittyy säilötyillä juurikasmassoilla suuremmassa mittakaavassa tehtyihin 'kiinteäfaasi'-fermentaatioihin eräitä ongelmia. Niitä ovat mm. hankaluudet massan saattamisessa käymislämpötilaan ja sekoituksen hankaluus pH:ta säädettäessä ja hiivaa lisättäessä. Kenties pahin ongelma on siinä, että etanolin erottaminen massasta ilmeisestikin edellyttää alipainetislausta, joka on laitteiston puolesta vaativampi ja kustannusten suhteen tavanomaista tislausta kalliimpi menettely.

Etanolin tuotantoa ajatellen on hyvin tärkeää, että mannitolin ja dekstraanin muodostuminen juurikasmassaan säilönän aikana pystytään tehokkaasti estämään, koska hiivat eivät kykene hyödyntämään niitä etanolikäymisessä (ABDEL-FATTAH ym. 1984). Lisäksi dekstraani haittaisi mahdollisia puristus- tai suodatusprosesseja.

Laboratoriomittakaavassa suoritetuissa kokeissa juurikasvi-massan sokeri kävi nopeasti ja lähes täydellisesti etanoliksi. Häiritseviä happokäymisiä ei tapahtunut, vaikka massaa ei steriloitukaan ennen käymisen aloittamista. Ainoat tarvittavat toimenpiteet näissä pienen mittakaavan kokeissa olivat massan pH:n säätö noin 5:een, jolloin bentsoehapon vaikutus eliminoitui, ja hiivan lisäys.

KIRBY ja MARDON (1980) saivat sokerijuurikkaalla tehdyissä puristuskokeissa etanolista ulos yhdellä puristuksella 67 % ja kahdella puristuksella 95 %, kun huuhteluvettä käytettiin 15 % massan painosta. Sokerilla vastaavissa juurikasmassoilla suoritetuissa puristuskokeissa saadut saalisprosentit olivat 40 ja 60 %. Heidän tulostensa mukaan massan sokeri kannattaisi ensin fermentoida etanoliksi ja suorittaa puristus vasta sen jälkeen.

Tässä työssä saatiin pieniä, käyneitä massaeriä puristettaessa etanolin määrästä hieman yli 80 % puristemehuun huuhteluvettä käyttäen. Isompia, käymättömiä eriä muunnetulla olkisilppurilla puristettaessa saatiin sokerista ulos ilman huuhtelua 60-80 %. Tätä tulosta voitaisiin vielä parantaa,

jos puristimen voimanlähteenä olisi hydraulimoottori työssä käytetyn sähkömoottorin sijasta ja puristusten välissä li-sättäisiin hieman huuhteluvettä.

Kun etanolia valmistetaan juurikkaista teollisesti (esim. Ranskassa), sokeri erotetaan juurikasleikkeestä sokeriteh-
taiden tapaan uuttamalla. Leike kulkee putkessa kierrukan
avulla ylöspäin samalla, kun sokeria uuttava kuuma (70 °C)
vesi kulkee vastakkaiseen suuntaan putkea alas. Tällaisen
uuttamisen menetelmän soveltuvuutta pienen mittakaavan etano-
lituotantoon ei liene vielä tutkittu.

Yhteenvetona käymis-, haihdutus- ja puristuskokeista voi-
daan todeta seuraavaa:

- juurikasmassan sokeri saatiin suhteellisen helposti ja kvantitatiivisesti käytettyä etanoliksi tavallisella lei-
pomohiivalla
- häiritseviä happokäymisiä ei steriloimattomallakaan mas-
salla tapahtunut, etenkin, milloin naattia ei ollut muka-
na
- mitään ravinteita ei tarvinnut käymistä varten lisätä
- etanolin haihtuminen 'kiinteäfaasi'-massasta oli huomatta-
van hidasta verrattuna haihtumiseen puristenesteestä nor-
maalipaineessa; alennetussa paineessa haihtuminen massasta
oli jopa hieman nopeampaa kuin puristenesteestä normaali-
paineessa.

9. Juurikasvisäilörehujen ja tislausjätteen sulavuuskokeit- ten tulokset ja tarkastelu

9.1. Sokerijuurikassäilörehujen ja niistä etanolituotannossa jäävän tislausjätteen sulavuus ja rehuarvo

Etanolituotannossa sivutuotteena syntyvän jätteen rehukäy-

töllä on tuotannon taloudellisuuden kannalta suuri merkitys. Tämän vuoksi määritettiin päseillä suoritetuissa sulavuuskokeissa niiden sivutuotteiden rehuarvot, joita syntyi 'kiinteäfaasi'-fermentaatioissa etanolin haihdutuksen jälkeen, kun raaka-aineena oli sokerijuurikkaan juuri- tai juuri+naatti-säilörehu. Vertailun vuoksi määritettiin sulavuudet ja rehuarvot myös fermentoimattomille, alkuperäisille juuri- ja juuri+naatti-säilörehuille.

Taulukosta 9 voidaan havaita käymisen ja etanolin haihdutuksen aiheuttamat muutokset rehujen kemiallisessa koostumuksessa ja laadussa. Fermentoitujen rehujen orgaanisen aineen, typettömien uuteaineitten ja raakahiilihydraattien määrä kuiva-aineesta aleni merkitsevästi fermentoimattomiin verrattuna johtuen sokerien (sakkaroosin, glukosin ja fruktoosin) käymisestä hiilidioksidiksi ja etanoliksi, joka haihdutettiin pois. Tämän seurauksena tuhkan, raakavalkuaisen, raakarasvan ja raakakuidun prosentuaalinen osuus kuiva-aineesta lisääntyi. Naattia sisältävissä koerehuissa oli maitohappoa selvästi enemmän kuin pelkkää juurta sisältävissä koerehuissa. Taulukosta 9 havaitaan myös, että aivan kaikkea sokeria ei fermentoiduissa rehuissa saatu käytettyä etanoliksi.

Kaikilla koerehuilla orgaanisen aineen sulavuus oli korkea luokkaa (taulukko 10). Orgaanisen aineen, raakavalkuaisen ja raakahiilihydraattien sulavuudessa oli rehujen välillä merkitsevä ero ainoastaan juurisäilörehun ja fermentoidun juurisäilörehun välillä fermentoinnin parantaessa sulavuutta. Tämä tulos oli odottamaton ja johtuneepä sokerin epäsuorasta vaikutuksesta perusrehun sulavuuteen.

Juurta+naattia sisältävillä säilörehuilla oli raakarasvan sulavuus parempi kuin pelkkää juurta sisältävillä säilörehuilla, joilla arvot olivat jopa negatiiviset. Typettömien uuteaineitten sulavuus oli fermentoiduilla juurisäilörehuilla jonkin verran muita parempi. Raakakuidun sulavuus oli fermentoiduissa säilörehuissa merkitsevästi korkeampi kuin fermentoimattomissa. Sama efekti on havaittavissa myös raa-

Taulukko 9. Sokeri-juurikassailõrehujen ja niistä saatujen, tislauksjätettä vastaavien rehujen kemialliset koostumukset ja laatua kuvaavat tulokset. Käytetyt rehut ja niiden valmistus on kuvattu tarkemmin menetelmäosassa (s.23).
 Table 9. Percentage composition of sugar beet silages before and after ethanol fermentation (ethanol evaporated).

	Koerehut (Silages tested)		
	Juuri (Root)	Fermentoitu juuri (Fermented root)	Juuri+naatti (Root+leaves) Fermentoitu juuri+naatti (Fermented root+leaves)
Rehun koostumus ja laatu (Composition and quality of silage)			
Kuiva-aine, % (DM ^a)	20,8c	11,1a	14,8b
Kuiva-aineessa, % (% in DM)			
tuhka (ash)	3,7a	11,7c	8,6b
orgaaninen aine (organic matter)	96,3d	88,3b	91,4c
raakavalkuainen (crude protein)	7,5a	20,1c	12,1b
raakarasva (ether extract)	0,3a	0,9ac	1,5c
raakakuitu (crude fibre)	4,8a	13,5b	7,1a
N-vap. uuteaineet (N-free extractives)	83,7c	53,9a	70,8b
raakahiilihydraatit (crude carbohydrate)	88,5d	67,4b	77,9c
pH	4,4	4,6	4,2
Tuoreessa rehussa, paino-% (Weight-% in fresh silage)			
sokeri (sugar)	13,5c	0,8a	8,1b
maitohappo (lactic acid)	0,1a	0,3a	0,8b
etiikkahappo (acetic acid)	0,1a	0,2ab	0,4bc
voihappo (butyric acid)	0	0	0
etanoli (ethanol)	0,1a	0,4c	0,1a
kokonaistyyppi (total N)	0,2a	0,3c	0,3c
Kokonaistyypeistä % (% of total N)			
liukoista tyyppiä (soluble N)	77,3d	66,7c	53,6b
NH ₄ -typpiä (NH ₄ -N)	2,7a	7,9d	6,8c
a) DM = Dry matter			

*Lukuarvot, joihin ei liity samaa kirjainta, eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (P<0,05) (NS= ei merkitsevää eroa).

*Figures without a common superscript letter on the same line differ significantly (P<0,05) (NS= nonsignificant).

Taulukko 10. Sokerijuurikkassäilörehujen ja niistä saatujen, tiislausjätettä vastaavien rehujen sulavuusprosentit, tyypitase ja rehuarvo. Käytetyt rehut ja niiden valmistus on kuvattu tarkemmin menetelmäosassa (s.23).

Table 10. Digestibility, nitrogen balance and nutritive value of sugar beet silages before and after ethanol fermentation (ethanol evaporated) in a 4 x 4 Latin Square experiment with wethers.

	Koerehut (Silages tested)		
	Juuri (Root)	Fermentoitu juuri (Fermented root)	Fermentoitu juuri+naatti (Root+leaves)
Sulavuus-% ja tyypitase (Digestibility and nitrogen balance)			
orgaaninen aine (organic matter)	75,8a	83,8b	78,0ab *
raakavalkuainen (crude protein)	49,3a	73,4b	65,3ab *
raakarasva (ether extract)	-122,7a	-31,2b	25,1b *
raakakuitu (crude fibre)	-27,9a	77,7c	72,8c *
N-vap. uuteaineet (N-free extractives)	84,8a	90,8b	85,7a *
raakahiilihydraatit (crude carbohydrates)	78,7a	88,2b	83,3ab *
N-tase, g/vrk (N-balance, g/day)	1,6	1,3	2,5 NS
(N-balance percent from total N)	6,4	4,4	5,9 NS
Rehuarvo (Nutritive value)			
täytävyyks, kg ka/ry (kg DM ^a /FU ^b)	1,2a	1,2a	1,4b *
korvausluku, kg/ry (kg/FU)	5,8a	10,8c	9,8c *
g srv/kg ka (g DCP ^c /kg DM)	38a	147b	127b *
g srv/ry (g DCP/FU)	45a	176c	175c *
Syönti, g ka/eläin/pv (Intake, restricted, g DM/animal/day)			
juurikkasrehu (sugar beet silage)	674	702	782
olki (straw)	519	390	445
a) DM= Dry matter; b) FU= Fattening feed unit= 0,7 kg Starch Equivalents; c) DCP= Digestible crude protein			
*Lukuarvot, joihin ei liity samaa kirjainta, eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (P<0,05)			
(NS= ei merkitsevää eroa).			
*Figures without a common superscript letter on the same line differ significantly (P<0,05)			
(NS= nonsignificant).			

kavalkuaisen ja raakarasvan kohdalla pelkkää juurta sisältäviä säilörehuja verrattaessa. Tyypitaseet olivat kaikilla rehuilla positiiviset eikä eri rehujen välillä ollut merkitseviä eroja.

Juuri+naatti-säilörehulla täyttävyyys lisääntyi fermentoinnissa mutta ei juurisäilörehulla. Fermentoidut säilörehut sisälsivät sokerin poistumisesta ja hiivasta johtuen huomattavasti enemmän sulavaa raakavalkuaista kuiva-aineessa kuin fermentoimattomat.

9.2. Erilaisen kemiallisen koostumuksen omaavien rehusokerijuurikkaan juurisäilörehujen sulavuus ja rehuarvo

Kokeessa haluttiin tutkia vaikuttaako erilainen sokerikoostumus juurisäilörehun sulavuuteen ja rehuarvoon. Mannitolin ja dekstraanin hajoamisnopeus pötsissä on oleellisesti erilainen kuin pelkistävien sokerien, joten juurisäilörehun hiilihydraattikoostumuksella saattaisi olla vaikutuksia esimerkiksi raakakuidun sulavuuteen.

Koerehuina käytettiin neljää juurisäilörehua koesarjasta 83/84, joka oli tehty piensiiloissa eri säilöntäaineita käyttäen. Rehuanalyysien perusteella kuiva-aineen koostumuksessa ei ollut mainittavia eroja rehujen välillä (Taulukko 11).

Rehun laatua kuvaavassa kemiallisessa koostumuksessa oli sen sijaan huomattavia eroja, etenkin hiilihydraattien kohdalla. Pelkistävän sokerin määrä vaihteli 17,2:n ja 64,2 prosentin välillä kuiva-aineesta laskien. Ei-pelkistävän sokerialkoholin, mannitolin, määrä laski rehuissa päinvastaisessa järjestyksessä kuin pelkistävä sokeri 22,4 prosentista 0:aan ja samoin dekstraanin määrä 16,6:sta 4,4 prosenttiin. Eniten

Taulukko 11. Säilönnän seurauksena erilaisen sokerikoostumuksen omaavien rehusokerijuurikkaan juuri-säilörehujen kemiallinen koostumus ja rehun laatu. Rehut olivat silloista 15, 17, 11 ja 14 säilöntäkaudelta 1983/84.

Table 11. Percentage composition of fodder sugar beet root silages with different carbohydrate composition. Silages 1, 2, 3 and 4 were from silos 15, 17, 11 and 14, respectively, in ensilage period 1983/84. For additives see Table 1.

Rehun koostumus ja laatu (Composition and quality of silage)	Koerehut (Silages tested)			
	1	2	3	4
Kuiva-aine, % (DM ^a)	17,6a	18,4ab	17,3a	18,7b *
Kuiva-aineessa, % (% in DM)				
tuhka (ash)	5,3b	5,2ab	5,4b	5,0a *
orgaaninen aine (organic matter)	94,7a	94,8ab	94,6a	95,0b *
raakavalkuainen (crude protein)	6,9c	6,3ab	6,9bc	6,3a *
raakarvasva (ether extract)	0,2	0,2	0,3	0,3 NS
raakakuitu (crude fibre)	5,8bc	5,9c	5,7ab	5,5a *
N-vap. uuteaineet (N-free extractives)	81,8a	82,2ab	82,0a	82,8b *
raakahiilihydraatit (crude carbohydrates)	87,7a	88,1ab	87,7a	88,4b *
sokeri, pelkistävä (reducing sugar)	17,2a	34,9b	60,3c	64,2c *
mannitoli (mannitol)	22,4c	10,3b	2,6a	0a *
dekstraani (dextran)	16,6b	14,7b	6,4a	4,4a *
maitohappo (lactic acid)	3,7b	3,5b	0,8a	0,8a *
etikkahappo (acetic acid)	2,6b	2,9b	1,1a	0,9a *
voihappo (butyric acid)	0	0	0	0
etanoli (ethanol)	2,1b	0,6a	4,2b	0,1a *
kokonaistyyppi (total N)	1,1b	1,0a	1,1b	1,0a *
liukoinen tyyppi (soluble N)	0,9b	0,8b	0,8a	0,7a *
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0,05b	0,07b	0,03a	0,04a *
pH	3,8	3,9	3,9	3,9 NS

a) DM = Dry matter

*Lukuarvot, joihin ei liity samaa kirjainta, eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (P<0,05) (NS= ei merkitsevää eroa).

*Figures without a common superscript letter on the same line differ significantly (P<0,05) (NS= nonsignificant).

kahta viimemainittua komponenttia sisältävissä rehuissa 1 ja 2 oli myös huomattavasti enemmän maito- ja etikkahappoa kuin toisissa. Rehuissa 1 ja 2 oli lisäksi jonkin verran enemmän liukoista tyypeä ja NH_4 -tyypeä kuin rehuissa 3 ja 4. Vähiten kuiva-ainetta sisältäneissä rehuissa 1 ja 3 oli tapahtunut runsaimmin etanolikäymistä.

Rehun laatua kuvaavien yhdisteiden määrissä esiintyneistä eroavuuksista huolimatta ei koerehujen sulavuuksien, jotka laskettiin erotusmenettelyä käyttäen, tai tyyppitaseitten välillä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja (taulukko 12).

9.3. Valkopunajuurisäilörehun sulavuus ja rehuarvo

Kokeen suoritus on kuvattu edellä (s.27). Sulavuuskokeessa ollut säilörehu vastasi juuri-naatti-suhteen puolesta suurin piirtein saatavia satoja.

Rehun kemiallinen laatu (taulukko 13) oli analyysien ja aistinvaraisen arvostelun perusteella moitteetonta, ainoastaan NH_4 -typpipitoisuutta voidaan pitää hieman korkeana. Pelkistävän sokerin määrä oli rehussa suhteellisen alhainen, koska osa sokerista oli muuttunut mannitoliksi (taulukko 3) ja mahdollisesti dekstraaniksi (ei määritetty). Valkopunajuurisäilörehua pässit söivät hyvin halukkaasti eikä kokeessa syötetty päiväannos aiheuttanut ruuansulatushäiriöitä.

Rehun orgaanisen aineen sulavuus oli juurikasvirehuille tyyppilliseen tapaan erittäin hyvä ja täyttävyyys samaa luokkaa kuin edellä esitetyillä sokeri- ja rehusokerijuurikasrehuilla.

Taulukko 12. Säilönnän seurauksena erilaisen sokerikoostumuksen omaavien rehusekerijuurikkaan juuri-säilörehujen sulavuus, tyypitase ja rehuarvo.

Table 12. Digestibility, nitrogen balance and nutritive value of fodder sugar beet root silages with different carbohydrate composition. Silages 1, 2, 3 and 4 were from silos 15, 17, 11 and 14, respectively; ensilage period 1983/84. For additives see Table 1.

	Koerehut (Silages tested)			
	1	2	3	4
Sulavuus (%) ja tyypitase (Digestibility and nitrogen balance)				
orgaaninen aine (organic matter)	84,6	81,8	84,0	84,1
raakavalkuaine (crude matter)	32,5	20,8	34,2	30,1
raakarasva (ether extract)	37,8	-60,5	0,3	-8,5
raakakuitu (crude fibre)	47,8	35,9	40,3	38,0
N-vap. uteineet (N-free extractives)	91,7	90,2	91,3	91,7
raakahiilihydraatit (crude carbohydrates)	88,7	86,6	88,0	88,3
N-tase, g/vrk (N-balance, g/day)	2,7	2,6	3,2	3,4
Rehuarvo (Nutritive value)				
täyttyvyys, kg ka/ry (kg DM ^a /FU ^b)	1,1	1,1	1,1	1,1
korvausluku, kg/ry (kg/FU)	6,2bc	6,1b	6,4c	5,9a
g srv/kg ka (g DCPc/kg DM)	22	13	23	19
g srv/ry (g DCP/FU)	24	15	25	20
Syönti, g ka/eläin/pv (Intake, restricted, g DM/animal/day)				
juurisäilörehu (root silage)	405	422	398	393
nurmisäilörehu (grass silage)	701	702	700	701
a) DM= Dry matter; b) FU= Fattening feed unit= 0,7 kg Starch Equivalents; c) DCP= Digestible crude protein				
*Lukuarvot, joihin ei liity samaa kirjainta, eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (P<0,05)				
(NS= ei merkitsevää eroa).				
*Figures without a common superscript letter on the same line differ significantly (P<0,05)				
(NS= nonsignificant).				

Taulukko 13. Valkopunajuurisäilörehun (juuri+naatti 3:1) kemiallinen koostumus, laatu, sulavuus-%, typpitase, rehuarvo ja syönti.

Table 13. Percentage composition, quality, digestibility, nitrogen balance, nutritive value and intake of red beet (a white variety) silage (root+leaves 3:1) in a group experiment with four wethers.

Rehun koostumus ja laatu (Composition and quality of silage)	
Kuiva-aine, % (DM)	13,0
Kuiva-aineessa, % (% in DM)	
tuhka (ash)	12,9
orgaaninen aine (organic matter)	87,1
raakavalkuainen (crude protein)	12,5
raakarasva (ether extract)	1,1
raakakuitu (crude fibre)	12,0
N-vap. uuteaineet (N-free extractives)	61,5
raakahiilihydraatit (crude carbohydrates)	73,4
pH	3,7
Tuoreessa rehussa, paino-% (Weight-% in fresh silage)	
sokeri (sugar)	4,0
maitohappo (lactic acid)	1,3
etikkahappo (acetic acid)	0,4
voihappo (butyric acid)	0
etanoli (ethanol)	0,8
kokonais-N (total N)	0,3
Kokonaistypestä, % (% from total N)	
liukoista tyypeä (soluble N)	56,5
NH -N	11,2
Sulavuus-% ja typpitase (Digestibility and nitrogen balance)	
orgaaninen aine (organic matter)	79,0
raakavalkuainen (crude protein)	57,0
raakarasva (ether extract)	68,4
raakakuitu (crude fibre)	58,3
N-vap. uuteaineet (N-free extractives)	87,7
N-tase, g/vrk (N-balance, g/day)	0,8
N-tase, % rehun tyypestä (N-balance, % from total N)	2,8
Rehuarvo (Nutritive value)	
täyttävyyys, kg ka/ry (kg DM/FU)	1,3
korvausluku, kg/ry (kg/FU)	9,8
g srv/kg ka (g DCP /kg DM)	71
g srv/ry (g DCP/FU)	90
Syönti, g ka/eläin/pv (Intake, restricted, g DM/animal/day)	
valkopunajuurisäilörehu (red beet silage)	647
nurmisäilörehu (grass silage)	481

a) DM= Dry matter; b) FU= Fattening feed unit= 0,7 kg Starch Equivalents; c) DCP= Digestible crude protein.

9.4. Sulavuuskokeitten tarkastelu

Tässä työssä esitetyt sulavuuskokeet ovat jatkoa kotieläin-
hoito-osastolla aiemmin suoritetuille kokeille (LAMPILA
1981), joissa tutkittiin pässeillä erilaisten, juurikas-
veista (ja rehukaalista) valmistettujen säilörehujen sula-
vuutta ja rehuarvoa. Yhdessä nämä kokeet osoittavat, että
naattinauriista, valkopunajuuresta sekä rehusokeri- ja
sokerijuurikkaasta (sekä rehukaalista) voidaan valmistaa
erittäin hyvin sulavia ja maittavia säilörehuja. Näitä re-
huja voidaan pitää vielä kohtalaisesti onnistuneen säilön-
nän jälkeenkin varsinaisina sokerirehuina.

Aiemmin ei ole tiettävästi tutkittu valkopunajuuren rehuar-
voa. Koetulosten mukaan valkopunajuurisäilörehu (juurta ja
naattia suhteessa 3:1) vastaa kemialliselta koostumukseltaan
ja rehuarvoltaan melko tarkasti aiemmin tutkittua (LAMPILA
1981) rehusokerijuurikassäilörehua (juurta ja naattia suh-
teessa 1:1). Esitettyjen tulosten lisäksi mainittakoon, että
valkopunajuurisäilörehu ei eronnut olennaisesti nitraattipi-
toisuudeltaan tai aminohappokoostumukseltaan muista juuri-
kasvisäilörehuista.

Juurikasveista valmistettu säilörehu sisältää runsaasti
helppoliukoista sokeria, joka muutaman kuukauden onnistuneen
säilönnän jälkeen koostuu pääosin glukoosista ja fruktoosis-
ta. Pötsissä nämä monosakkaridit fermentoituvat hyvin no-
peasti haihtuviksi rasvahapoiksi ja maitohapoksi, minkä seu-
rauksena pötsinesteen pH voi pudota voimakkaasti (HUNGATE
1966, KULASEK ym. 1980, BAREJ ym. 1981). Kun pH alenee lä-
helle 5:ttä ja pysyy alhaisena pitkään on seurauksena asi-
doosin nimellä tunnettu metabolinen häiriö. Häiriötilojen
riskiä voidaan vähentää ja poistaa totuttamalla eläimet re-
huun varovasti annosta suurentamalla ja rajoittamalla tar-
vittaessa syötön määrää. Kaikissa juurikasveilla suoritta-
missamme sulavuuskokeissa (myös LAMPILA 1981) eläinten ter-
veys on ollut hyvä, eikä ruoansulatushäiriöitä ole esiinty-
nyt.

Dekstraanin mahdollisia haittapuolia rehussa ja sen hajoamista pötsissä ei ole paljoakaan tutkittu. Useista eläinkudoksista (mm. suolisto) löytyy dekstraania hajottavaa dekstranaasi-entsyymiä, mutta sen aktiivisuus on suhteellisen alhainen verrattuna esimerkiksi tärkkelystä hajottavan amylaasin aktiivisuuteen (TACU 1972). Pötsimikrobeista ainakin Lactobacillus bifidus muodostaa dekstranaasia. Se hajottaa dekstraanin isomaltotriooksi ja lyhytketjuiseksi polymeereiksi (BAILEY ja CLARKE 1959). Viimemainitut hajoavat puolestaan α -1,6-glukosidaasin vaikutuksesta glukooksi (BAILEY ja ROBERTON 1962). Pötsissäkin voi syntetisoida dekstraania sakkaroosista, sillä Streptococcus bovis muodostaa konstitutiivisesti dekstraanin synteesiä katalysoivaa dekstraanisakkaraasia (BAILEY 1959).

Nurmisäilörehuissa esiintyy yleisesti pieniä määriä mannitolia. Mannitolin muodostumisreaktiossa energiahukka on vain 1 % (McDONALD 1981), joten sen vaikutus rehun energiasisältöön on käytännössä merkityksetön.

Pötsissä mannitoli fermentoituu muiden polyolien tapaan mono- ja disakkarideja huomattavasti hitaammin. Lehmän pötsinesteellä suoritettussa in vitro-kokeessa (SIRVIÖ 1977) on todettu, että polyoleista fermentoituivat mannitoli ja sorbitoli selvästi nopeammin kuin muut tutkitut polyolit (ksylitoli, arabinitoli ja galaktitoli). Pässeillä suoritettuna kokeen mukaan polyoleilla ei ollut vaikutusta rehuannoksen sulavuuteen (PEKKARINEN 1979). Tulos on yhdenmukainen tässä työssä tehtyjen havaintojen kanssa.

Sokerijuurikkaan juurisäilörehun tislauksjätteen sulavuudet olivat yllättäen paremmat kuin fermentoimattoman, runsaasti sokeria sisältävän juurisäilörehun. Sataprosenttisesti sulavan sokerin poistamisen odotettiin heikentävän sulavuutta. Päinvastainen tulos viittaa siihen, että sokeri on kokeessamme vaikuttanut epäsuorasti tuloksiin heikentämällä rehuannoksen muiden komponenttien sulavuutta. Kuitenkin on todettava, että nämä fermentoidut rehut ovat korkean sulavuutensa ja valkuaispitoisuutensa puolesta jo sellaisenaan arvokkaita rehuja.

Helppoliukoisen sokerin määrän muutos selittänee pääosin alkuperäisen juurikassäilörehun ja 'tislauSJätteen' raakakuidun sulavuuden erot. Sulavuuskokeissa eläinten saamat sokerimäärät olivat fermentoimattomissa rehuissa noin 400 g/pv eli 37 % rehuannoksen kuiva-aineesta, mitä voidaan pitää varsin runsaana annoksena. Fermentoiduista rehuista saadut sokerimäärät olivat sensijaan vain noin 2-5 % kuiva-aineen määrästä. Myös useissa aiemmissä tutkimuksissa (MITCHELL ym. 1940, HAMILTON 1942, HEAD 1953, SYRJÄLÄ 1972) on suurina annoksina annettujen sokerien tai tärkkelyksen tode-ttu heikentävän raakakuidun ja selluloosan sulavuutta. Heikkenemisen on selitetty voivan johtua sellulolyyttisten bakteerien tarvitsemien ravintoaineiden, ennenkaikkea ty-pel-listen, loppumisesta pötsissä, liiallisesta pötsin pH:n ale-nemisestä, liukoisten sokerien aiheuttamasta sellulaasin inhibiitiosta tai sokerien aikaansaamasta sellulaasin syn-teesin kataboliittirepressiosta (el-SHAZLY ym. 1961, TERRY ym. 1969, HUNGATE 1966, SMITH ym. 1973, STEWART 1977, RUSSELL ja BALDWIN 1978, HITCHNER ja LEATHERWOOD 1980, LEATHERWOOD 1981).

Raakarasvan sulavuuksien numerollisesti suuret negatiiviset arvot johtuvat olennaisesti siitä, että raakarasvan määrät olivat hyvin pienet. Suolistosta normaalisti erittyvä ras-vafraktion määrä saattoi helpostikin ylittää syödyn rasvan määrän johtaen näin negatiivisiin sulavuuslukuihin.

10. Energiarehukasvien satokehitys 1982

Laajempi selvitys tämän yhteistutkimuksen kuluessa suorite-tuista juurikasvien ja eräiden muiden tuorerehukasvien vil-jelykokeista on esitetty PULLIn ym. (1986) julkaisussa. Nii-tä pieneltä osin täydentäen esitetään seuraavassa satokehi-tystulokset vuodelta 1982.

Kuvissa 17a, b ja c on esitetty sokeri- ja rehusokerijuurikkaan, valkopunajuuren, naattinauriin ja rehukaalin satokehitys kuiva-aineen, sokerin ja raakavalkuaisen osalta.

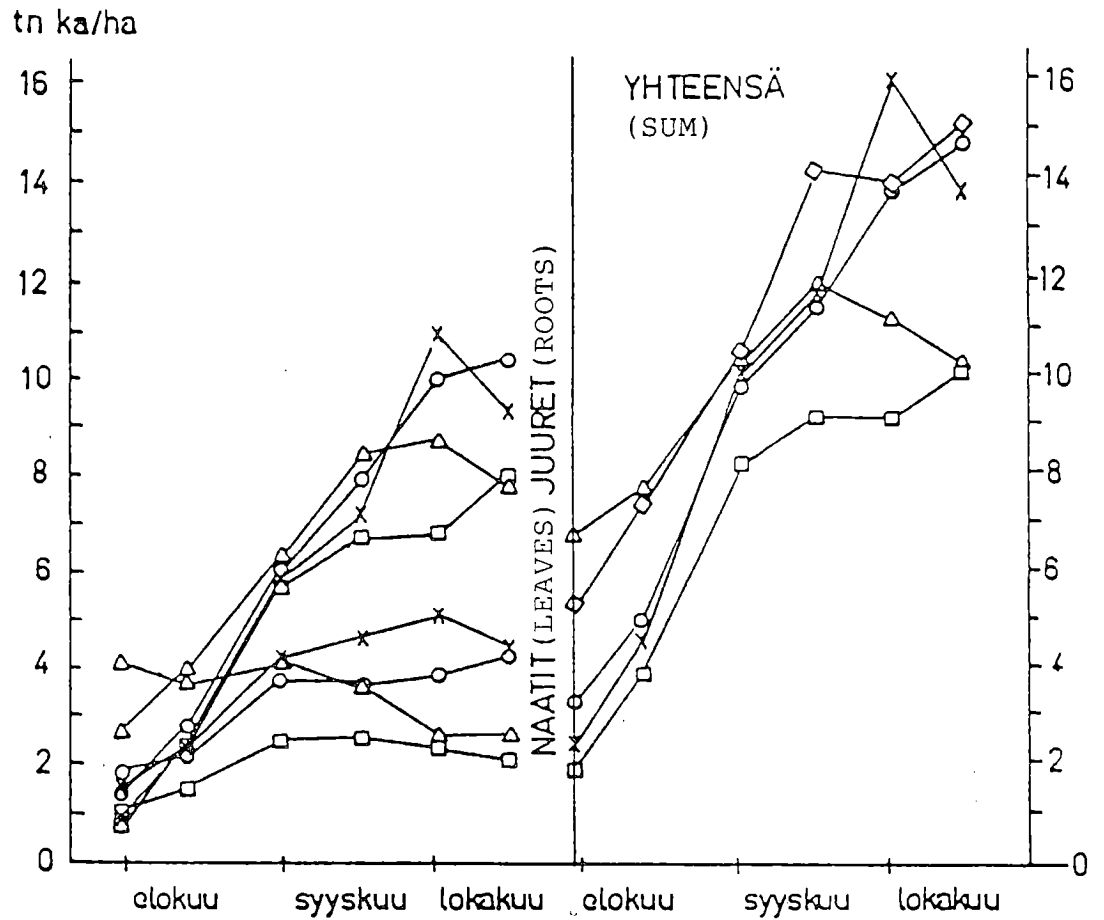
Parhaat kuiva-ainesadot (kuva 17a) noin 14-15 tn/ha, saatiin sokeri- ja rehusokerijuurikkaalla sekä rehukaalilla. Heinäkuun kuivuus ja helle vaikutti ilmeisen haitallisesti naattinauriin naattisadon kehitykseen, sillä naatin kuiva-ainesato oli kääntynyt laskusuuntaan jo ensimmäisiä näytteitä otettaessa kyseisen kuun lopussa.

Sokerisadon kehitys ja määrä (kuva 17b) olivat sokeri- ja rehusokerijuurikkaalla samanlaiset sokerimäärien kohotessa kummallakin aina 8 tonniin/ha (juuri+naatti). Naattinauriin, valkopunajuuren ja rehukaalin sokerisadot olivat huomattavasti pienemmät, jääden 4-5 tonniin/ha.

Raakavalkuaismäärät (kuva 17c) olivat parhaimmillaan 1150-1400 kg kasvilajista riippuen. Elokuun lopussa totaali-alkuaismäärät/ha eivät yleensä enään paljon koonneet. Tämä johtui naattien valkuaisen laskusta kyseisen ajankohdan jälkeen. Naattinauriin naatin valkuais-sato putosi muista poiketen noin 200 kg/ha jo elokuun alkupuoliskolla. Tämän ajankohdan jälkeen kaikkien tutkittujen kasvilajien naattien valkuais-sadot laskivat yhdensuuntaisesti.

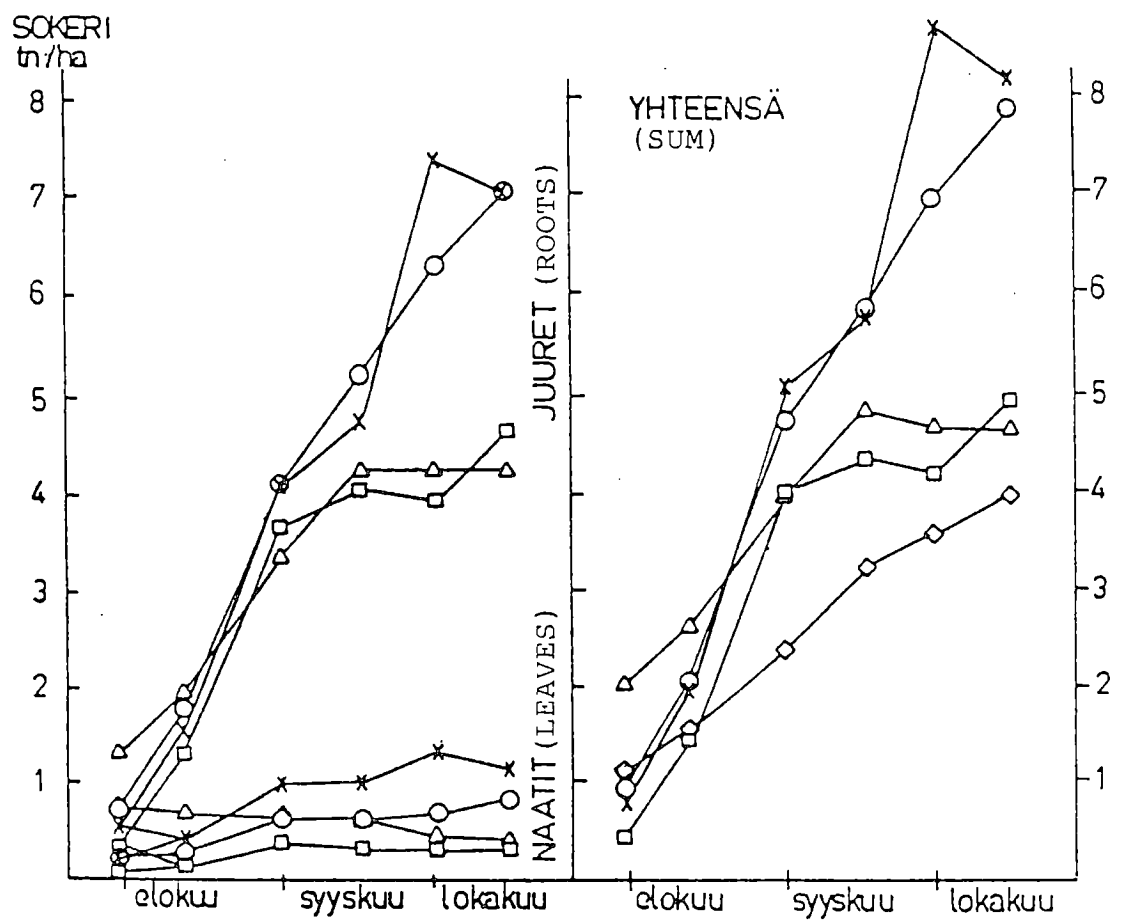
11. Juurikasveista saatava rehusato ja etanolimäärä

Viljelykasvit huomioon ottaen saadaan juurikasveista selvästi suurimmat hehtaarisadot Suomessa. Ne pystyvät tehokkaimmin hyödyntämään valoenergiaa ja käyttävät lähes puolet tästä energiasta syntetisoidakseen yksinkertaisia sokereita, pääasiassa sakkaroosia, glukoosia ja fruktoosia. Etanolin tuotantoa ajatellen juurikasveilla on se etu, että mainitut sokerit ovat suoraan käymiskykyisessä muodossa. Näinollen ei tarvita mitään monimutkaisia, aikaa vieviä ent-



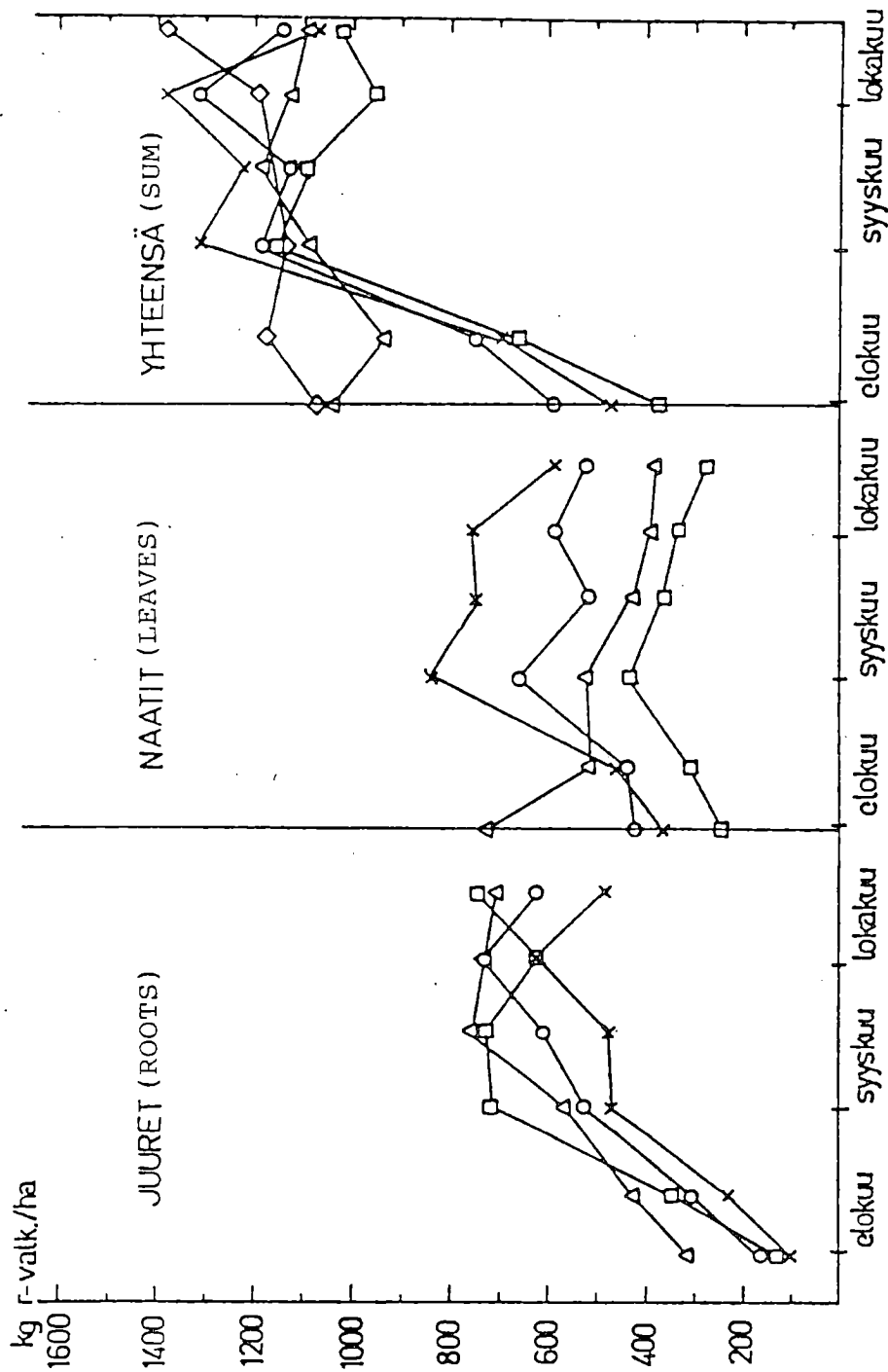
Kuva 17a. Energiarehukasvien satokehitys 1982 Jokioisilla: kuiva-aine (tn/ha). Symbolit: (x) sokerijuurikas (sugar beet), (o) rehusokerijuurikas (fodder sugar beet), (Δ) naattinauris (big-leaved turnip), (□) valkopunajuuri (a white variety of red beet) ja (◇) rehukaali (marrow stem kale). Lannoitus kaikilla 160 kg N/ha.

Fig. 17a. Yield formation of root crops and marrow stem kale between the end of July and the middle of October (1982) in Jokioinen: dry matter (tn/ha). Stands received 160 kg N/ha. Symbols are explained above.



Kuva 17b. Energiarehukasvien satokehitys 1982 Jokioisilla: sokeri (tn/ha). Symbolit: (x) sokerijuurikas (sugar beet), (o) rehusokerijuurikas (fodder sugar beet), (Δ) naattinauris (big-leaved turnip), (□) valkopunajuuri (a white variety of red beet) ja (◇) rehukaali (marrow stem kale). Lannoitus kaikilla 160 kg N/ha.

Fig. 17b. Yield formation of root crops and marrow stem kale between the end of July and the middle of October (1982) in Jokioinen: sugar (tn/ha). Stands received 160 kg N/ha. Symbols are explained above.



Kuva 17c. Energiarehukasvien satokehitys 1982 Jokioisilla: raakavalkuainen (kg/ha). Symbolit: (x) sokerijuurikas (sugar beet), (o) rehuserijuurikas (fodder sugar beet), () naattinauris (big-leaved turnip), () valkopunajuuri (a white variety of red beet) ja () rehukaali (marrow stem kale). Lannoitus kaikilla 160 kg N/ha.

Fig. 17c. Yield formation of root crops and marrow stem kale between the end of July and the middle of October (1982) in Jokioinen: crude protein (kg/ha). Symbols are explained above.

syymi- ja lämpökäsittelyjä, jotka ovat välttämättömiä valmistettaessa etanolia tärkkelys- tai selluloosapohjaisista raaka-aineista kuten esimerkiksi viljasta tai selluloosaa sisältävistä jätteistä.

Taulukossa 14 vertaillaan ruutukokeista -82 otettujen näytteiden pohjalta laskettujen satotulosten ja juurikasvisäilörehuilla tehtyjen sulavuuskokeiden (myös LAMPILA 1981) perusteella eri juurikasveista saatavia rehumääriä sekä teoreettisesti mahdollisia etanolimääriä. Taulukkoa on tarkasteltava tietyllä varovaisuudella, koska ruutukokeet antavat runsaamman sadon kuin mitä käytännön viljelyssä saadaan. Taulukon rehumääriä laskettaessa ei ole myöskään huomioitu juurta koneella nostettaessa syntyvää nostotappiota eikä naatteja silputtaessa tapahtuvaa hävikkiä. Naattien hävikin suuruus riippuu oleellisesti siitä, miten tarkasti silppurilla pystytään ajamaan ilman, että multaa imeytyy häiritsevässä määrin rehun joukkoon. 'Korkealla maasta' kasvavien rehusokerijuurikaslaajikkeiden naatti pystytään ajamaan lähes tappioitta, mutta sokerijuurikkaan naatista menee hukkaan jopa neljännes. Nyt tutkituista juurikasveista on naatin suhteen vaikeimmin silppurilla korjattavissa valkopunajuuri suhteellisen pienestä naatin koosta johtuen.

Vertailun vuoksi mainittakoon, että keskimääräinen sokerijuurikkaasta saatava sokerisato on Suomessa vaihdellut vuosina 1976-82 3500-4500 kg:n välillä hehtaarilta, ollen keskimäärin koko ajan nousussa (RAININKO 1983). Sokerisatoa voitaneen vielä näistä määristä nostaa pelkästään viljelyteknisillä toimenpiteillä ja erityisesti, jos juurikkaan alkukehitystä pystytään nykyisestä nopeuttamaan. Geenitekniologian hyödyntäminen myös kasvinjalostuksen puolella saattaa lisäksi johtaa entistä paremmin sokeria ja kuiva-ainetta tuottavien juurikasvilajikkeiden kehittämiseen.

Taulukon 14 mukaan sokerijuurikkaasta, rehusokerijuurikkaasta ja naattinauriista näyttäisi tällä hetkellä olevan optimiolosuhteissa saatavissa 11000-12000 rehuyksikköä hehtaarilta. Tulososan (kuva 16a) mukaan myös rehukaali antoi

Taulukko 14. Juurikasveista ruutukokeissa saatujen satotulosten (kuva 16) perusteella lasketut rehuyksikkömäärät ja teoreettisesti, tappioita huomioimatta arvioidut etanolimäärät hehtaarilta. Rehuyksiköitä laskettaessa käytettiin hyväksi juurikasäilörehulle määritettyjä rehuarvoja. Etanolin määrää arvioitaessa käytettiin etanolin käymisreaktioista saatavaa kerrointa (0,51) ja otettiin huomioon etanolin tiheys.

Table 14. Calculation of available feed units and theoretical yield of ethanol (amount of sugar x 0,51) per hectare from different root crops based on yield results given in Fig. 17 (supposing no losses during harvest, ensilage, fermentation and distillation).

Korjuu- aika (Harvest time)	Juurikasvi (Root crop)	Kuiva- aine		ry/ha FU/ha	Sokeri (Sugar) tn/ha	Etanoli (Ethanol) l/ha	Sivutuotteen (Byproduct)			
		(DM ^a) tn/ha	kg/ry (DM kg/FU ^b)				kuiva-aine (DM) tn	ry/ha (FU/ha)		
15.10.	Sokerijuurikas (Sugar beet)	juuri (root)	9,2	1,1c	8400	7,0	4500	2,2	1,2	1800
		naatti (leaves)	4,4	1,4	3100	1,1		4,4	1,4d	3100
		yhteensä (sum)	13,6		11500	8,1		6,6		4900
15.10.	Rehusokerijuurikas (Fodder sugar beet)	juuri (root)	10,4	1,1	9500	7,0	4500	3,4	1,2e	2800
		naatti (leaves)	4,2	1,4d	3000	0,8		4,2	1,4d	3000
		yhteensä (sum)	14,6		12500	7,8		7,6		5800
16.9.	Naattinauris (Big-leaved turnip)	juuri (root)	8,4	1,1c	7600	4,3	2800	4,1	1,2e	3400
		naatti (leaves)	3,6	1,4d	2600	0,6		3,6	1,4d	2600
		yhteensä (sum)	12,0		10200	4,9		7,7		6000
16.9.	Valkopunajuuri (Red beet, a white variety)	juuri (root)	6,7	1,1c	6100	4,1	2600	2,6	1,2e	2200
		naatti (leaves)	2,5	1,4d	1800	0,3		2,5	1,4d	1800
		yhteensä (sum)	9,2		7900	4,4		5,1		4000

a) (DM = Dry matter).

b) (FU = Fattening Feed Unit = 0,7 kg Starch Equivalents).

c) Käytettiin rehusokerijuurikkaan juurisäilörehulle määritettyä arvoa (The nutritive value determined for fodder sugar beet root silage was used).

d) Käytettiin sokerijuurikkaan naattisäilörehulle määritettyä arvoa (The nutritive value determined for sugar beet leaves silage was used).

e) Käytettiin sokerijuurikkaan juurisäilörehusta jäävälle sivutuotteelle määritettyä arvoa (The nutritive value determined for the byproduct from sugar beet root silage was used).

satomäärän, josta tulisi samaa luokkaa oleva rehuyksikkömäärä kuin sokeri- ja rehusokerijuurikkaasta. Rehukaalinäytteet jouduttiin kuitenkin ottamaan huomattavasti pienemmistä ruuduista kuin em. juurikasvinäytteet ja vielä niiden laidasta, joten rehukaalituloksissa on ilmeisesti reunavaikutusta. Valkopunajuuresta saatiin rehuyksiköitä hieman edellä mainittuja vähemmän, mutta valkopunajuuren satomäärää pystyttäneen vielä parantamaan huomattavastikin tihentämällä kasvustoa ja selvittämällä muutenkin tämän Suomessa tähän asti viljelemättömän juurikaslain parhaat kasvuolosuhteet. Valkopunajuuren viljelyn mahdollisuuksia näyttää kuitenkin rajoittavan sen suhteellisen huono kylmänkestävyys.

Etanolin osalta voidaan taulukosta todeta, että hyvissä kasvuolosuhteissa, ilman nosto-, säilöntä-, käymis- ja tislaushävikkejä, olisi sokeri- ja rehusokerijuurikkaan juurta käyttäen mahdollista valmistaa noin 4500 l etanolia/ha. Naattinaurista ja valkopunajuurta raaka-aineena käyttäen etanolisaalis olisi huomattavasti pienempi. Naattinauriin ja valkopunajuuren käyttömahdollisuuksia etanolituotannossa heikentää niiden alhaisempi sokeripitoisuus, mikä merkitsee alemmaa etanolipitoisuutta ja siksi suhteellisesti suurempaa energiankulutusta tislauksessa. Sivutuotteena syntyisi taulukon satomäärillä vielä rehua sokerijuurikkaasta noin 4900 ry/ha ja rehusokerijuurikkaasta noin 5800 ry/ha.

Naatin sokeria ei kannata laskea mukaan etanolisaalista arvioitaessa, koska saavutettu hyöty ei vastaisi suurempaa työmenekkiä jouduttaessa käsittelemään puolta suurempaa massamäärää. Käymiskokeiden tulosten mukaan saattaa naatti lisäksi pienentää etanolisaalista teoreettiseen saaliiseen verrattuna.

Jos etanolimäärä ja sivutuotteista saatavat rehuyksikkömäärät arvioidaan sokerijuurikkaan tämänhetkisen keskimääräisen sokeri- (4000 kg/ha) ja kuiva-ainesadon perusteella, ilman hävikkejä, tulee etanolisaaliiksi noin 2500 l/ha ja sivutuotteena saadaan 2000-3000 ry. Perunasta olisi teoriassa tuotettavissa 20 tn/ha (18 % tärkkelystä) satotasolla myös-

kin 2500 l/ha etanolia, mutta sivutuotteen (pelkän rankin) rehuyksikkömäärä jäisi noin 500 ry:öön/ha, koska perunanvarsia ei käytetä rehuna niiden sisältämän solaniinin vuoksi. Vehnästä ja ohrasta (3500 kg/ha, 60 % tärkkelystä) tulisi vastaavasti vain noin 1500 l/ha etanolia ja sivutuotteena rankkia 750 ry/ha sekä olkea 600-1000 ry/ha eli keskimäärin sivutuotteena noin 1500 ry/ha.

Keskikokoisen, alkoholikäyttöiseksi muunnetun traktorin etanolikulutus voidaan, dieselöljyn (6 l/t) ja etanolin polttoarvoero huomioiden, laskea olevan 10 l/t. Kun traktorin keskimääräiseksi käyttötuntimääräksi otetaan 400 t, on etanolin kulutus 4000 l vuodessa (CEDER 1981). Edellisen kappaleen numerotietoihin perustuen voidaan tehdä erilaisia arvioita traktoria kohti tarvittavista viljelyaloista.

Yhteenvetona voidaan todeta, että ylläesitetyn perusteella näyttävät sokeri- ja rehusokerijuurikas olevan maan eteläosissa juurikasveista parhaita vaihtoehtoja rehu- ja etanolitarkoitukseen, koska ne sisältävät prosentuaalisesti eniten kuiva-ainetta, niistä saadaan suurin määrä rehuyksiköitä ja eniten etanolia sekä sen sivutuotteena jäävää rehua. Maan pohjoisosissa naattinauris (PULLI ym. 1986) näyttää sensijaan parhaalta vaihtoehdolta.

D. KIRJALLISUUSLUETTELO

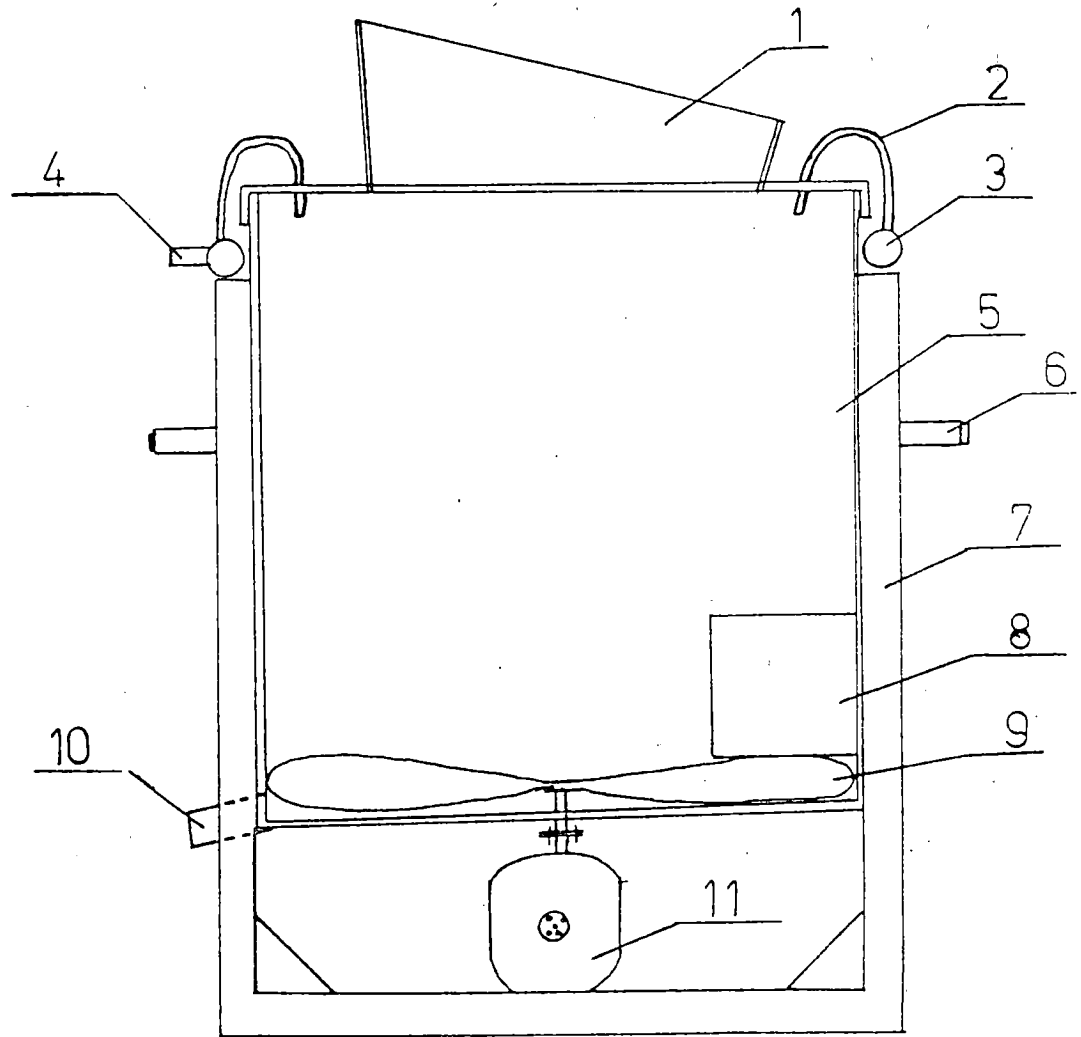
- ABDEL-FATTAH, A.F., ABOU-ZEID, A.A. & FARID, M.A. 1984. Production of ethyl alcohol by Saccharomyces cerevisiae, including utilization of onion juice. Agric. Wastes 9:101-110.
- BAILEY, R.W. 1959. Transglucosidase activity of rumen strains of Streptococcus bovis. Biochem. J. 72:42-49.
- BAILEY, R.W. & CLARKE, T.J. 1959. A bacterial dextranase. Biochem. J. 72:49-54.
- BAILEY, R.W. & ROBERTON, A.M. 1962. Carbohydrases of a rumen strain of Lactobacillus bifidus. 2. The intracellular α -1-6 glucosidase. Biochem. J. 82:272-277.
- BAREJ, W., KULASEK, G., KRZEMINSKI, R. & LEONTOWICZ, H. 1981. Antibutyric effect of thiabendazole and monensin in the rumen of sheep fed sugar beet silage with urea. Z. Tiererphysiol. Tierernährg. u. Futtermittelkde. 46:90-94.
- BARKER, S.B. & SUMMERSON, W.H. 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. J. Biol. Chem. 138:535-554.
- CEDER, I. 1981. Rypsiöljy hevosvoimiksi. Saroilta (8), s.43.
- DROZDENKO, N.P. 1970. (Silage with benzoic acid for young cattle.) Him. sel'sk. Hoz. (8) 942-943. (Nutr. Abstr. Rev. 1971. 41,4844).
- EL-SHAZLY, K., DEHORITY, B.A., JOHNSON, R.R. 1961. Effect of starch on the digestion of cellulose in vitro and in vivo by rumen microorganisms. J. Anim. Sci. 20:268-273.
- EPIFANOV, G., PETROVA, M. & DMITRIEV, A. 1980. (Conservation of annual grass with benzoic acid.) Zhivotnovodstvo (9) 46-47. (Nutr. Abstr. Rev. 1981. 51,4382).
- HAMILTON, T.S. 1942. The effect of added glucose upon digestibility of protein and of fiber in rations for sheep. J. Nutr. 23: 101-110.
- HEAD, M.J. 1953. The effect of quality and quantity of carbohydrate and protein in the ration of the sheep on the digestibility of cellulose and other constituents of the ration with a note on the effect adding vitamins of the B-complex on the digestibility and retention of the nutrients of the hay ration. J. Agric. Sci. 43:281-293.

- HIRSIJÄRVI, V.P. & ANDERSEN, L. 1954. Über die Rohfaserbestimmung II. Z. anal. Chemie 141:348-361
- HITCHNER, E.V. & LEATHERWOOD, J.M. 1980. Use of a cellulase-derepressed mutant of *Cellulomonas* in the production of a single-cell protein product from cellulose. Appl. Environ. Microbiol. 39:382-386.
- HUIDA, L. 1973. Quantitative determination of volatile fatty acids from rumen sample and silage by gas liquid chromatography. J. Sci. Agric. Soc. Finl. 45:483-488.
- HUIDA, L. 1982. Gas chromatographic determination of water and ethanol in silage by internal standard method. J. Sci. Agric. Soc. Finl. 54:137-143.
- HUNGATE, R.E. 1966. The Rumen and its Microbes. Academic Press.
- KIRBY, K.D. & MARDON, C.J. 1980. Production of fuel ethanol by solid-phase fermentation. Biotechnol. Bioengin. 22:2425-2427.
- KOLESNIKOV, N.V., VOROB'VE, L.N. & RYZHKOVSKII, Yu.V. 1972. (Preservation of green feeds with benzoic acid.) Khimiya v Sel'skom Khozyaistve 10: 863-866. (Nutr. Abstr. Rev. 1973. 43,4375).
- KREULA, M. 1955. On the content of butyric acid and butyric acid bacteria in silage. Acta Agral. Fenn. 83:238-243.
- KULASEK, G., BAREJ, W., LEONTOWICZ, H., KRASICKA, B., CHOMYSZYN, M. & ZAWITKOWSKI, J. 1980. The effect of feeding sugar-beet silage and non-protein-N on rumen and blood metabolites in bulls. Br. J. Nutr. 43:229-233.
- KULASEK, G., BAREJ, W., ZAWITKOWSKI, J., ZOUNER, H. & CHOMYSZYN, M. 1976. Preserved sugar beets fed with NPN in ruminants. World Rev. Anim. Production 12:31-36.
- LAMPILA, M. 1981. Juurikasveista ja rehukaalista säilörehua ilman puristetappiota. Karjatalous (12) 32-34.
- LAMPILA, M. 1983. Suomalainen patentti nr. 63328. Säilönseos tuorerehun ja sen tapaisen säilöntää varten - Ensileringsmedelkomposition för ensilering av grönfoder och liknande.

- LAUBE, W. 1967. Zur Problematik der Silierung zuckerreicher Futterstoffe unter besonderer Berücksichtigung der Alkoholbildung. Tagungsberichte Nr 92: Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Silierung, s. 169-176, Rostock.
- LAUBE, W., WEISSBACH, F. & BUDZIER, H.H. 1968. Untersuchungen zur Konservierung von Hackfrüchten durch Silierung. Archiv für Tierernährung 18:229-238.
- LEATHERWOOD, J.M. 1981. Development of bacterial systems for the utilization of cellulose, p.22., report, Department of Animal Science, North Carolina State University. ANS Report no 232. North Carolina State University at Raleigh.
- LEVÄNEN, O. 1943. Lantuista A.I.V.-rehua. Karjatalous (6) 155-156.
- LUOMA, T. 1982. Sokerijuurikkaiden puhdistus ja erotetun mullan käsittely. Työtehoseuran maatalous- ja rakennusosaston monisteita 1/1982.
- MCCULLOUGH, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. Clin. chim. Acta 17:297-304.
- MCDONALD, P. 1981. The Biochemistry of Silage. s. 141-142. John Wiley & Sons.
- MITCHELL, H.H., HAMILTON, T.S. & HAINES, T. 1940. The utilization by calves of energy in rations containing different percentages of protein and in glucose supplement. J. Agric. Res. 61:847-864.
- MURPHY, P.T. & WHISTLER, R.L. 1973. Industrial Gums (toim. Whistler & Bemiller) s. 513-542. Academic Press.
- NASH, M.J. 1978. Crop Conservation and Storage. s. 227. Pergamon Press.
- NELSON, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. J. Biol. Chem. 153:375-380.
- PEDERSEN, E.J.N. & WITT, N. 1979. Ensilering af bederoetop iblandet halm. Statens Planteavlfsforsog. Beretning nr. 1449:137-150.
- PEKKARINEN, E. 1979. Hiilihydraattien ja polyolien fermentoitumisesta ja virtauksesta pötsi-verkkomahasta ohutsuoleen. Pro-gradu-työ. Helsingin yliopisto. Kotieläintieteen laitos.

- PULLI, S., VESTMAN, E., TOIVONEN, V. & AALTONEN, M. 1986. Yksivuotisten tuorerehukasvien sopeutuminen Suomen kasvuoloihin. MTTK:n tiedote 13/86:1-51.
- RAININKO, K. 1983. Juurikas (2) s. 2.
- ROBERTS, E.J. 1983. A quantitative method for dextran analysis. Int. Sugar J. 85:10-13.
- RUSSELL, J.B. & BALDWIN, R.L. 1978. Substrate preferences in rumen bacteria: evidence of catabolite regulatory mechanisms. Appl. Environ. Microbiol. 36:319-329.
- SALO, M. 1975. Sokerijuurikkaan naatit rehuna. Karjatalous (9) 26-28.
- SALO, M. & SORMUNEN, R. 1974a. Sokerijuurikkaan naatit ja niistä valmistettu säilörehu. I. Koostumus ja rehuarvo. J. Sci. Agric. Soc. Finl. 46:88-96.
- SALO, M. & SORMUNEN, R. 1974b. Sokerijuurikkaan naatit ja niistä valmistettu säilörehu. II. Säilöntä-tappiot ja puristemehun sidonta. J. Sci. Agric. Finl. 46:97-102.
- SALOKANGAS, A. 1939. Perunaa säilörehuksi. Karjatalous (18) 513-517.
- SIRVIÖ, I. 1977. Polyolien aineenvaihdunnasta, anti-ketogeenisestä vaikutuksesta ja in vitro-fermentaatiosta. Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kotieläintieteen laitos.
- SMITH, W.R., YU, I. & HUNGATE, R.E. 1973. Factors affecting cellulolysis by Ruminococcus albus. J. Bacteriol. 114:729-737.
- SOMOGYI, M. 1945. A new reagent for the determination of sugars. J. Biol. Chem. 160:61-68.
- STATENS FORSOGSVIRKSOMHED i PLANTEKULTUR. 1957. Forsog med ensilering af bederoer, nr 584.
- STEWART, C.S. 1977. Factors affecting the cellulolytic activity of rumen contents. Appl. Environ. Microbiol. 33:497-502.
- STIRLING, A.C. & WHITTENBURY, R. 1963. Sources of the lactic acid bacteria occurring in silage. J. Appl. Bact. 26:86-90.

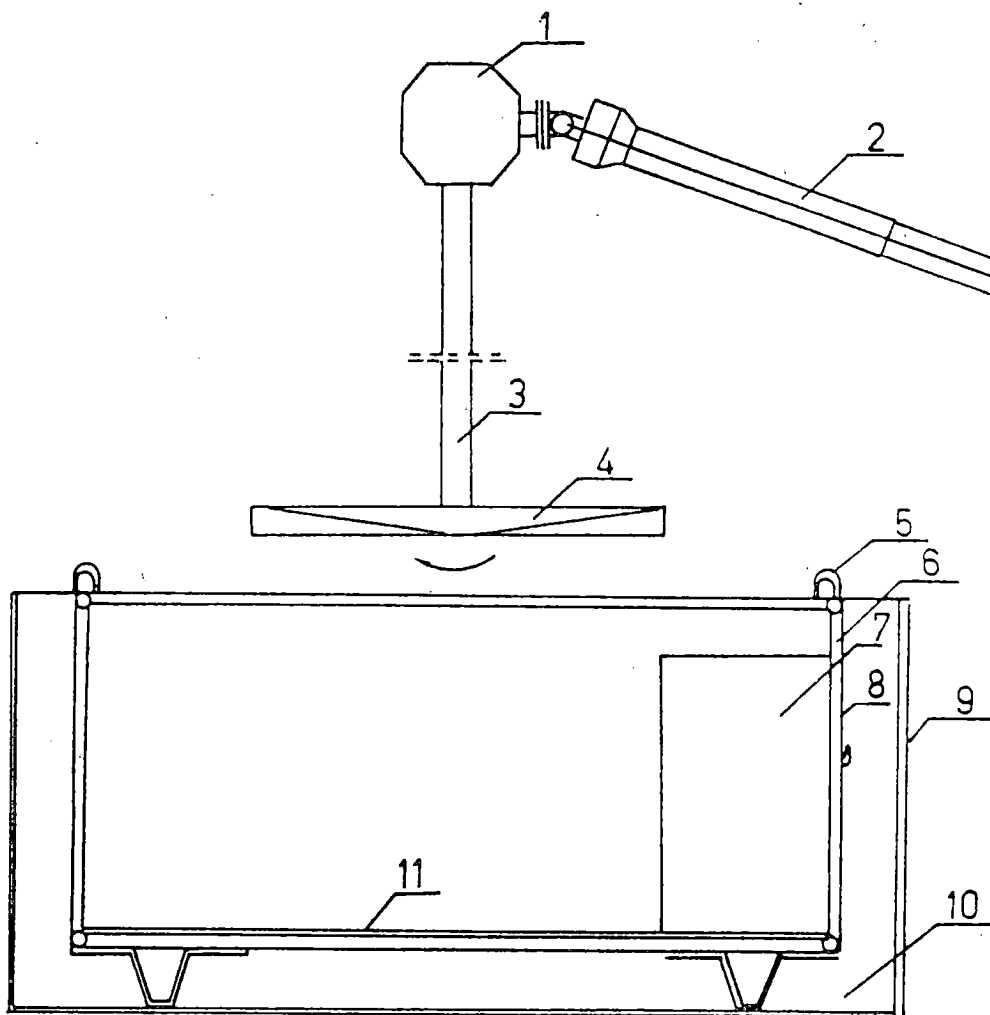
- SYRJÄLÄ, L. 1972. Effect of different sucrose, starch and cellulose supplements on the utilization of grass silages by ruminants. *Ann. Agric. Fenn.* 11:199-276.
- TACU, A. 1972. (Activity of carbohydrases of the intestine and pancreas in lambs sucking, weaned and fattened on a diet high in concentrates). *Lucrarile Stiintifice ale Institutului de Cercetari pentru Nutritie Animala* 1:341-366. (*Nutr. Abstr. Rev.* 1974, 44:4608).
- TERRY, R.A., TILLEY, J.M.A. & OUTEN, G.E. 1969. Effect of pH on cellulose digestion under in vitro conditions. *J. Sci. Food Agric.* 20:317-320.
- THIROUIN, D. 1972. Process for production of alcohol, particularly from beet. *Ranskalainen patentti nr 2 136 860*.
- TOIVONEN, V. 1985. Ensilage of root crops for fodder and use in ethanol production. *NJF-Seminarium Nr 17, Energiödling: Energigrödor och deras användning s. 25-35, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala*.
- TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. 1983. Säilörehua juurikasveista ja rehukaalista. *Koetoim. ja Käyt.* 18.10.1983.
- TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. 1984. Juurikasvi- ja rehukaali-säilörehujen sulavuus ja rehuarvot. *Koetoim. ja Käyt.* 5.6.1984.
- WHITTENBURY, R. 1968. Microbiology of grass silage. *Process Biochem.* 19:27-31.
- WILDGRUBE, M. & ZAUSCH, M. 1971. Silierung von Zuckerrüben. *Tierzucht* 25:90-93.
- WOOLFORD, M.K. 1975. Microbiological screening of food preservatives, cold sterilants and specific antimicrobial agents as potential silage additives. *J. Sci. Fd. Agric.* 26:229-237.
- WOOLFORD, M.K. 1978. The problems of silage effluent. *Herb. Abstr.* 48:397-403.
- WOOLFORD, M.K., WILKINSON, J.M. & COOK, J.E. 1983. Investigations on the effect of sodium bentonite and other moisture absorbents on the production of effluent from grass silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 8:107-118.
- YLLÖ, L. 1950. Naattinauriin säilönnästä AIV-rehuksi. *Koetoim. ja käyt.* 7,9:3.
- YLLÖ, L. 1956. Über den einfluss der Anbautechnik auf den Ertrag der Blattrübe in Finnland. *Doctorarbeit. Acta Agral. Fenn.* 41:1-164.



Säilöntäkokeissa 1980/81 ja 1981/82 käytetty juurikaspesuri.

Root washer used in ensiling experiments in 1980/81 and 1981/82.

- 1 = Syöttösuppilo (Hopper)
- 2 = Suutinputki, ϕ 6 mm, 12 kpl (Nozzle pipe)
- 3 = Jakotukki suutinputkille (Distribution header for nozzle pipes)
- 4 = Paineveden tulo jakotukkiin (Water inlet);
- 5 = Pesulieriö (Washing cylinder)
- 6 = Kiinnitystapit traktorin nostolaitetta varten (Attachment pins for tractor lifting mechanism)
- 7 = Pesurin runko (Washer frame)
- 8 = Tyhjennysluukku; tyhjennys keskipakovoimalla (Outlet door; washer emptied by centrifugal force)
- 9 = Aaltomainen pyörivä pohjalevy (Corrugated, rotating metal sheet)
- 10 = Veden ja lietteen poistoputki (Outlet pipe for water and sludge)
- 11 = Auton perästä tehty suunnanvaihdin; kytketty nivelakselilla traktorin ulosottoon (Automobile reversing gear; coupled with a cardan shaft to a tractor transmission shaft)



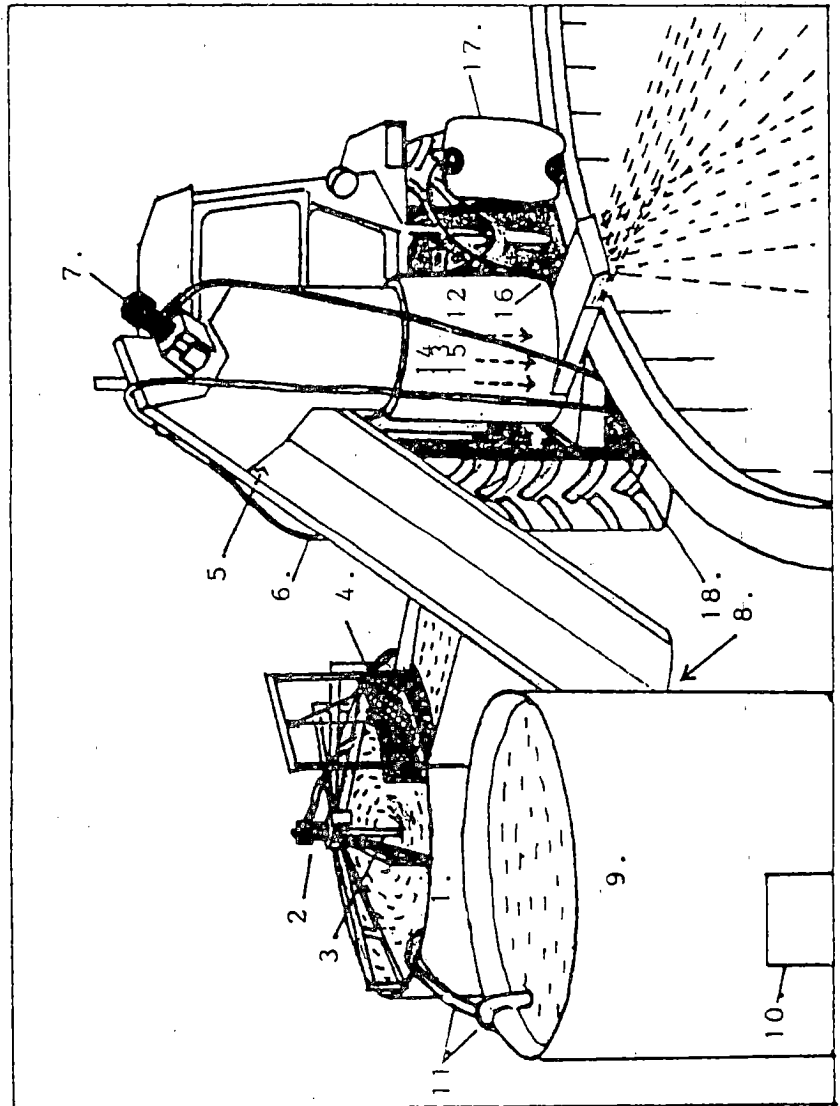
Säilöntäkokeissa 1982/83 käytetty juurikaspesuri.

Root washer used in ensiling experiments in 1980/81 and 1981/82.

- 1 = Kulmavaihde (Angle gear)
- 2 = Nivelakseli traktoriin (Cardan shaft to a tractor)
- 3 = Pesurin akseli; 1+3 = seiväskaira (Washing shaft; 1+3 = Hay pole drill)
- 4 = Pesurin lapa (Washing peddle)
- 5 = Nostokorvat, 3 kpl (Lift hooks)
- 6 = Pesukehän runko, ϕ 12 mm (Frame of washing cylinder)
- 7 = Tyhjennysluukku (Outlet door)
- 8 = Pesukehän verhoilu, st 0,75 mm (Metal sheet)
- 9 = Vesiallas (Water basin)
- 10 = Lietteen laskeutumistila (Settling space)
- 11 = Pesukehän pohjaritilä; Expamet-verkkoa (Bottom grating; Expamet-wire netting)

Tällä hetkellä juurikkaitten pesussa ja murskauksessa käytettävä laitteisto.

Washing and chopping devices used nowadays in ensiling roots at the Institute of Animal Husbandry in Jokioinen.



A. Pesuri (Washing machine)

- 1 = Pesuallas (Wash basin): ϕ 1,5 m, korkeus (height) 1 m
- 2 = Hydraulimoottori (Hydraulic motor): Danfors OMR 160
- 3 = Siipisekoitin (Propeller stirrer)
- 4 = Säädettävä luuku Expamet-verkosta (Adjustable trap door)
- 5 = Purkauskierukka (Unloading screw conveyor): ϕ 30 cm, kierteen nousu (pitch) 36 cm
- 6 = Huuhtelusuihku (Rinsing shower)
- 7 = Hydraulimoottori (Hydraulic motor): Danfors OMP 315
- 8 = Yhdysputki laskeutusaltaaseen (Connection pipe to a settler)

B. Laskeutusalas (Settler)

- 9 = Alias (Basin): ϕ 1,5 m, korkeus (height) 1,25 m, pohjana muovi (plastic bottom)
- 10 = Tyhjennysluku (Outlet door)
- 11 = Vedenkierätysputki (Water cycle by pump), kierätys pumpulla

C. Murskain (Chopper)

- 12 = Murskainlieriö (Cylinder): ϕ 56 cm, korkeus (height) 65 cm
- 13 = Terälevy (Blade plate): ϕ 55 cm
- 14 = Terät (Blades): 3 kpl, leveys (width) 18 cm
- 15 = Ulosheittosiivekkeet (Throwing wings)
- 16 = Suutinreikä (Nozzle hole for an acidifier)
- 17 = Säilöntäaineastia (Additive vessel)
- 18 = Niittosilppurin kulmavaihe (Angle gear from a flail harvester)

D. Silo (tower silo, water-tight, mostly underground).

Analyysitulokset (1980/81) siilosta 15: rehusokerijuurikkaan juuri+naatti (1:1); säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 0,5 kg BH (bentsoehappoa)/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1980/81) chopped fodder sugar beet roots (washed)+leaves (1:1); additives were 20 eqv HCOOH + 0,5 kg BH (benzoic acid)/tn. Except pH, all results are shown as weight-% in fresh silage. Amount of ensiled mass in 3 m³ enforced plastic glass fibre silos was 1,5 tn. Silos were in a cool hall. See also Fig. 5.

Näyte otettu (Sampling date)	30.9.	9.3.	1.4.	13.5.	25.6.
Kuiva-aine (Dry matter)	14,1	16,1	14,7	13,9	13,5
pH	EM ^a	EM	EM	3,8	3,8
Etanoli (Ethanol)	EM	0,1	0	EM	0
Etikkahappo (Acetic acid)	EM	0,2	0,2	0,3	0,5
Muut haihtuvat rasvahapot: Pro, Bu, Val, Ival ^b	EM	0	0	0	0
(Other volatile fatty acids)					
Kokonaistyyppi (Total N)	0,34	0,33	0,32	0,31	0,34
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,18	0,18	0,18	0,19	0,21
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

b) Pro = Propionihappo (Propionic acid), Bu = Voihappo (Butyric acid), Val = Valeriaanahappo (Valeric acid), Ival = Isovaleriaanahappo (Isovaleric acid).

Analyysitulokset (1980/81) siilosta 14: naattinauriin juuri + naatti (3:1); säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 0,5 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1980/81) chopped big-leaved turnip roots (washed) + leaves (3:1). For additives and other information see Appendix 4.

Näyte otettu (Sampling date)	2.10.	9.3.	1.4.	13.5.	25.6.
Kuiva-aine (Dry matter)	9,1	9,1	8,5	7,9	9,6
pH	EMa	EM	EM	3,8	3,9
Etanoli (Ethanol)	EM	0	0	0	0
Etikkahappo (Acetic acid)	EM	0,2	0,3	0,3	0,4
Muut haihtuvat rasvahapot: Pro, Bu, Val, Ival (Other volatile fatty acids)	EM	0	0	0	0
Kokonaisytyppi (Total N)	0,20	0,21	0,19	0,20	0,24
Liukoinen typpi (Soluble N)	0,13	0,14	0,12	0,13	0,14
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0	0,02	0,02	0,02	0,02

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

Analyysitulokset (1980/81) siilosta 17: sokerijuurikkaan naatti; säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 0,5 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1980/81) chopped sugar beet leaves. For additives and other information see Appendix 4.

Näyte otettu (Sampling date)	3.10.	9.3.	1.4.	13.5.	2.6.
Kuiva-aine (Dry matter)	11,5	1,7	11,5	11,4	10,7
pH	EM ^a	EM	EM	4,0	4,0
Etanoli (Ethanol)	EM	0,1	0,1	0	0,1
Etikkahappo (Acetic acid)	EM	0,2	0,2	0,3	0,4
Muut haihtuvat rasvahapot: pro, Bu, Val, Ival (Other volatile fatty acids)	EM	0	0	0	0
Kokonaistyyppi (Total N)	0,22	0,26	0,25	0,25	0,23
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,17	0,15	0,14	0,14	0,14
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0	0,01	0,01	0,02	0,01

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

Analyysitulokset (1980/81) siilosta 5: rehukaali; säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 0,5 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1980/81) chopped marrow stem kale. For additives and other information see Appendix 4.

Näyte otettu (Sampling date)	3.10.	9.3.	1.4.	13.5.	26.6.
Kuiva-aine (Dry matter)	11,6	13,8	14,2	14,6	11,7
pH	EM ^a	EM	EM	4,4	3,9
Etanoli (Ethanol)	EM	0,1	0	0	0
Etikkahappo (Acetic acid)	EM	0,2	0,2	0,3	0,3
Muut haihtuvat rasvahapot: Pro, Bu, Val, Ival (Other volatile fatty acids)	EM	0	0	0	0
Kokonaistyyppi (Total N)	0,37	0,45	0,44	0,45	0,36
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,20	0,18	0,20	0,25	0,22
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0	0,02	0,02	0,02	0,02

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

Analyysitulokset (1981/82) siilosta 9: sokerijuurikkaan naatti; säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,5 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1981/82) chopped sugar beet leaves; additives were 20 eqv HCOOH + 20 eqv HCl + 0,5 kg BH/tn. Except pH, all results are shown as weight-% in fresh silage. Amount of ensiled mass in 3 m³ enforced plastic glass fibre silos was 1,5 tn. Silos were in a cool hall. See also Fig. 6.

Näyte otettu (Sampling date)	5.10.	15.12.	19.3.	29.4.	24.6.
Kuiva-aine (Dry matter)	11,4	11,5	12,3	11,2	11,7
pH	4,6	4,5	4,7	4,6	4,3
Etanoli (Ethanol)	0	EM ^a	0	0,1	0,3
Muut haihtuvat rasvahapot: Pro, Bu, Val, Ival (Other volatile fatty acids)	0	0	0	0	0
Kokonaisytyppi (Total N)	0,37	0,38	0,46	0,44	0,41
Liukoinen typpi (Soluble N)	0,21	0,19	0,20	0,20	0,19
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

Analyysitulokset (1981/82) sillosta 10: sokerijuuriikkaan naatti; säilöntäaineena 30 ekv HCOOH + 30 ekv HCl + 0,5 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1981/82) chopped sugar beet leaves; additives were 30 eqv HCOOH + 30 eqv HCl + 0,5 kg BH/tn. For other information see Appendix 8.

Näyte otettu (Sampling date)	5.10.	15.12.	19.3.	29.4.	24.6.
Kuiva-aine (Dry matter)	11,4	11,1	12,7	12,2	11,9
pH	4,2	4,4	4,6	4,6	4,2
Etanoli (Ethanol)	0	0	0	0	0,2
Muut haihtuvat rasvahapot: Pro, Bu, Val, Ival (Other volatile fatty acids)	0	0	0	0	0
Kokonaistyyppi (Total N)	0,37	0,36	0,48	0,37	0,43
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,21	0,17	0,18	0,14	0,19
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01

Analyysitulokset (1981/82) siilosta 14: sokerijuurikkaan juuri; säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,5 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1981/82) washed and chopped sugar beet roots; additives were 20 eqv HCOOH + 20 eqv HCl + 0,5 kg BH/tn. For other information see Appendix 8.

Näyte otettu (Sampling date)	7.10.	30.10.	21.12.	29.1.	20.2.
Kuiva-aine (Dry matter)	21,1	20,2	20,6	20,7	20,5
pH	4,3	4,3	4,4	4,5	4,5
Etanoli (Ethanol)	0	0	0,1	EM ^a	0
Muut haihtuvat rasvahapot: Pro, Bu, Val, Ival (Other volatile fatty acids)	0	0	0	0	0,03 ^b
Kokonaistyyppi (Total N)	0,22	0,20	0,22	0,21	0,21
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,19	0,17	0,18	0,17	0,16
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0	0,003	0,007	0,007	0,003

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

b) Propionihappo (Propionic acid)

Analyysitulokset (1981/82) siilosta 15: sokerijuurikkaan juuri; säilöntäaineena 30 ekv HCOOH + 30 ekv HCl + 0,5 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1981/82) washed and chopped sugar beet roots; additives were 30 eqv HCOOH + 30 eqv HCl + 0,5 kg BH/tn. For other information see Appendix 8.

Näyte otettu (Sampling date)	7.10.	30.10.	19.3.	29.4.	24.6.
Kuiva-aine (Dry matter)	21,1	20,3	20,2	19,3	17,9
pH	4,0	4,1	4,2	4,3	4,0
Etanoli (Ethanol)	0	0	0	0,1	0,7
Muut haihtuvat rasvahapot: Pro, Bu, Val, Ival (Other volatile fatty acids)	0	0	0	0	0
Kokonaistyyppi (Total N)	0,22	0,21	0,26	0,25	0,26
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,19	0,17	0,15	0,13	0,19
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0	0,003	0,008	0,009	0,004

Analyysitulokset (1981/82) siilosta 16: sokerijuurikkaan juuri + naatti (1:1); säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,5 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1981/82) chopped sugar beet roots (washed) + leaves (1:1); additives were 20 eqv HCOOH + 20 eqv HCl + 0,5 kg BH/tn. For other information see Appendix 8.

Näyte otettu (Sampling date)	6.10.	30.10.	1.12.	6.1.	3.2.
Kuiva-aine (Dry matter)	16,2	12,6	14,3	14,4	14,7
pH	4,5	4,2	4,2	4,1	4,2
Etanoli (Ethanol)	0,1	0,1	0,1	0	EM ^a
Muut haihtuvat rasvahapot: Pro, Bu, Val, Ival (Other volatile fatty acids)	0	0	0	0	0,06 ^b
Kokonaistyyppi (Total N)	0,29	0,22	0,30	0,29	0,28
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,18	0,14	0,16	0,15	0,15
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0,005	0,017	0,015	0,020	0,024

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

b) Propionihappo (Propionic acid)

Analyysitulokset (1981/82) siilosta 17: sokerijuuriikkaan juuri + naatti (1:1); säilöntäaineena 30 ekv HCOOH + 30 ekv HCl + 0,5 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1981/82) chopped sugar beet roots (washed) + leaves (1:1); additives were 30 eqv HCOOH + 30 eqv HCl + 0,5 kg BH/tn. For other information see Appendix 8.

Näyte otettu (Sampling date)	6.10.	30.10.	19.3.	29.4.	24.6.
Kuiva-aine (Dry matter)	16,2	13,1	14,9	13,8	12,5
pH	4,2	4,2	4,4	4,5	4,1
Etanoli (Ethanol)	0,1	0	0,1	0,7	1,3
Muut haihtuvat rasvahapot: Pro, Bu, Val, Ival (Other volatile fatty acids)	0	0	0	0	0
Kokonaistyyppi (Total N)	0,29	0,23	0,33	0,36	0,34
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,18	0,14	0,15	0,12	0,16
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0,005	0,015	0,020	0,016	0,013

Analyytitulokset (1982/83) siilosta 11: naattinauriin juuri + naatti (2:1); säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,25 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1982/83) chopped big-leaved turnip roots (washed) + leaves (2:1); additives were 20 eqv HCOOH + 20 eqv HCl + 0,25 kg BH/tn. Except pH, all results are shown as weight-% in fresh silage. Amount of ensiled mass in 3 m³ enforced plastic glass fibre silos was 1,5 tn. Silos were in a cool hall.

Näyte otettu (Sampling date)	3.9.	10.12.	8.3.	24.5.	23.6.	23.9.
Kuiva-aine (Dry matter)	9,2	9,2	8,2	9,1	8,7	7,7
pH	4,5	3,8	3,7	3,7	3,7	EMa
Sokeri (Sugar)	3,2	2,3	2,4	2,1	1,6	1,5
Etanoli (Ethanol)	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Maitohappo (Lactic acid)	0	1,1	1,1	0,9	1,2	1,0
Etikkahappo (Acetic acid)	0	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3
Muut haihtuvat rasvahapot (Other volatile fatty acids)	0	0	0	0	0	0
Kokonaistyyppi (Total N)	0,17	0,17	0,17	0,16	0,19	0,14
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,07	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10
NH ₄ -tyyppi (NH ₄ -N)	0,009	0,003	0,011	0,010	0,019	0,011

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

Analyysitulokset (1982/83) siilosta 12: sokerijuurikkaan juuri + naatti (1:1); säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,25 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1982/83) chopped sugar beet roots (washed) + leaves. For additives and other information see Appendix 14.

Näyte otettu (Sampling date)	28.9.	10.12.	8.3.	24.5.	23.6.	19.9.
Kuiva-aine (Dry matter)	17,6	16,8	14,8	16,0	13,8	14,6
pH	4,3	3,9	3,9	4,0	3,9	EM ^a
Sokeri (Sugar)	6,3	4,4	5,2	4,2	3,3	3,0
Etanoli (Ethanol)	0	0,3	0,3	0,4	0,7	0,4
Maitohappo (Lactic acid)	0	1,0	1,0	0,9	1,1	1,6
Etikkahappo (Acetic acid)	0	0,5	0,6	0,4	0,5	0,7
Muut haihtuvat rasvahapot (Other volatile fatty acids)	0	0	0	0,02 ^b	0,01 ^b	0
Kokonaistyyppi (Total N)	0,33	0,32	0,28	0,29	0,30	0,29
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,11	0,14	0,14	0,15	0,17	0,17
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0,020	0,009	0,018	0,016	0,034	0,018

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

b) Isovaleriaanahappo (Isovaleric acid)

Analyysitulokset (1982/83) siilosta 13: peruna; säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,25 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1982/83) chopped potatoes. For additives and other information see Appendix 14.

Näyte otettu (Sampling date)	30.9.	1.12.	28.12.	25.1.	12.4.	23.6.
Kuiva-aine (Dry matter)	23,0	25,6	24,5	16,0	15,6	16,7
pH	4,7	4,9	5,0	4,9	4,9	5,9
Sokeri (Sugar)	0,3	0	0,1	0	0,1	EM ^a
Etanoli (Ethanol)	0	0	0	0	0	0
Maitohappo (Lactic acid)	0	0,5	0,4	0,5	0,6	0,1
Etikkahappo (Acetic acid)	0	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Muut haihtuvat rasvahapot (Other volatile fatty acids)	0	0	0,01 ^{bc}	0,01 ^{bc}	0	0
Kokonaistyyppi (Total N)	0,36	0,33	0,32	0,30	0,30	0,33
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,15	0,18	0,18	0,19	0,19	0,24
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0,003	0,015	0,032	0,026	0,038	0,064

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

b) Propionihappo (Propionic acid)

c) Isovaleriaanahappo (Isovaleric acid)

Analyysitulokset (1982/83) siilosta 15: valkopunajuuren juuri + naatti (3:1); säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,25 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1982/83) chopped red beet (a white variety) roots (washed) + leaves (3:1). For additives and other information see Appendix 14.

Näyte otettu (Sampling date)	12.10.	10.12.	8.3.	24.5.	23.6.	1.9.
Kuiva-aine (Dry matter)	15,3	11,7	13,5	13,5	12,4	12,0
pH	4,6	3,9	3,8	3,9	3,8	EM ^a
Sokeri (Sugar)	6,8	4,0	6,1	EM	4,6	3,0
Etanoli (Ethanol)	0	1,1	0,2	0,1	0,5	0,3
Maitohappo (Lactic acid)	0	1,1	1,1	1,2	1,1	1,3
Etikkahappo (Acetic acid)	0	0,3	0,5	0,4	0,5	0,6
Muut haihtuvat rasvahapot (Other volatile fatty acids)	0	0,01 ^b	0	0,01 ^{bc}	0	0
Kokonaistyyppi (Total N)	0,30	0,25	0,26	0,24	0,27	0,24
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,14	0,15	0,16	0,19	0,18	0,18
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0,018	0,026	0,028	0,030	0,033	0,033

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

b) Propionihappo (Propionic acid)

c) Isovaleriaanahappo (Isovaleric acid)

Analyysitulokset (1982/83) siilosta 14: rehusokerijuurikkaan juuri + naatti (1,4:1); ei säilöntäaineita. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on ilmoitettu paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1982/83) of chopped fodder sugar beet roots (washed) + leaves (1,4:1); no additives. Except pH, all results are shown as weight-% in fresh silage. Amount of ensiled mass in 3 m³ glass fibre silos was 0,9 tn. Silos were in a cool hall. See also Fig. 7.

Näyte otettu (Sampling date)	22.10.	10.12.	28.12.	25.1.	12.4.	24.5.	23.6.	3.9.
Kuiva-aine (Dry matter)	15,1	14,4	14,1	14,1	12,4	11,4	11,1	13,1
pH	6,7	4,3	4,3	4,1	4,2	4,1	3,8	EM ^a
Haihtuvat rasvahapot: Pro, Bu, Val, Ival (Volatile fatty acids)	0	0,01 ^b	0	0	0	0,02 ^b	0	0,03 ^c
Kokonaistyyppi (Total N)	0,23	0,24	0,24	0,25	0,21	0,18	0,23	0,22
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,12	0,14	0,15	0,14	0,13	0,13	0,14	0,17
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0,004	0,005	0,011	0,009	0,014	0,016	0,026	0,022

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

b) Isovaleriaanahappo (Isovaleric acid)

c) Propionihappo (Propionic acid)

Analysitulokset (1982/83) sillosta 16: rehusokerijuurikkaan juuri + naatti (1,4:1); säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1982/83) of chopped fodder sugar beet roots (washed) + leaves (1,4:1); additives were 20 eqv HCOOH + 20 eqv HCl/tn. For other information see Appendix 18.

Näyte otettu (Sampling date)	22.10.	10.12.	28.12.	25.1.	12.4.	24.5.	23.6.	5.9.
Kuiva-aine (Dry matter)	15,1	12,2	11,3	11,3	11,1	11,0	9,6	10,7
pH	5,2	4,3	4,1	3,9	3,9	3,9	3,8	EM ^a
Haihtuvat rasvahapot: Pro, Bu, Val, Ival (Volatile fatty acids)	0	0,01 ^b	0,01 ^b	0	0	0,02 ^b	0	0,03 ^b
Kokonaisytyppi (Total N)	0,23	0,26	0,24	0,26	0,24	0,22	0,25	0,22
Liukoinen typpi (Soluble N)	0,12	0,13	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,15
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0,004	0,002	0,009	0,010	0,015	0,014	0,018	0,020

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

b) Isovaleriaanahappo (Isovaleric acid)

Analyytitulokset (1982/83) sillosta 17: rehusokerijuurikkaan juuri + naatti (1,4:1); säilöntä-
aineena 20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,25 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on
esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1982/83) of chopped fodder sugar beet roots (washed) + leaves (1,4:1);
additives were 20 eqv HCOOH + 20 eqv HCl + 0,25 kg BH/tn. For other information see Appendix 18.

Näyte otettu (Sampling date)	22.10.	10.12.	28.12.	25.1.	12.4.	24.5.	23.6.	7.9.
Kuiva-aine (Dry matter)	15,1	12,7	11,8	12,2	11,5	12,8	11,5	13,2
pH	5,3	4,4	EM ^a	3,9	3,9	3,9	3,8	EM
Haihtuvat rasvahapot: Pro, Bu, Val, Ival (Volatile fatty acids)	0	0,01 ^b	0	0,01 ^b	0	0	0	0
Kokonaistyyppi (Total N)	0,23	0,26	0,24	0,24	0,22	0,24	0,26	0,22
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0,004	0	0,06	0,008	0,011	0,028	0,015	0,018

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

b) Isovaleriaanahappo (Isovaleric acid)

Analyysitulokset (1982/83) siilosta 10: rehusokerijuuriin juuri + naatti (1,4:1); säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,5 kg BH/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1982/83) of chopped fodder sugar beet roots (washed) + leaves (1,4:1); additives were 20 eqv HCOOH + 20 eqv HCl + 0,5 kg BH/tn. For other information see Appendix 18.

Näyte otettu (Sampling date)	22.10.	1.12.	28.12.	25.1.	12.4.	24.5.	23.6.	7.9.
Kuiva-aine (Dry matter)	15,1	13,4	11,7	11,6	11,6	12,3	11,1	13,4
pH	6,0	4,7	4,4	4,0	4,1	4,0	3,8	EMA
Haihtuvat rasyahapot: Pro, Bu, Val, Ival (Volatile fatty acids)	0	0	0	0	0,06 ^b	0	0	0
Kokonaistyyppi (Total N)	0,23	0,24	0,25	0,24	0,22	0,23	0,23	0,23
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,12	0,12	0,13	0,13	0,12	0,14	0,15	0,15
NH ₄ -typpi (NH ₄ -N)	0,004	0,001	0,006	0,005	0,008	0,012	0,012	0,017

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

b) Propionihappo (Propionic acid)

Analyysitulokset (1982/83) Lintupajun sivutilan isosta juurikassilosta: rehusokerijuurikkaan juuri; säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,295 kg Na-bentsoattia/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1982/83) of washed and chopped fodder sugar beet roots in a 59 m³, mostly underground, outdoor silo. Additives were 20 eqv HCOOH + 20 eqv HCl + 0,295 kg Na-benzoate/tn. Except pH, all results are shown as weight-% in fresh silage. Amount of ensiled mass was 30 tn.

Näyte otettu (Sampling date)	3.11.	10.12.	8.3.	24.5.	23.6.	19.9.
Kuiva-aine (Dry matter)	19,0	17,8	17,0	17,0	16,2	16,2
pH	4,9	4,2	3,8	3,8	3,7	EMa
Sokeri (Sugar)	11,8	4,5	5,4	5,0	4,0	2,3
Etanoli (Ethanol)	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	0,2
Maitohappo (Lactic acid)	0	0,3	0,6	0,7	0,9	1,3
Etikkahappo (Acetic acid)	0,1	0,4	0,4	0,5	0,5	0,8
Muut haihtuvat rasvahapot (Other volatile fatty acids)	0	0,04 ^b	0,02 ^b	0,02 ^b	0,03 ^b	EM
Kokonaistyyppi (Total N)	0,21	0,22	0,23	0,22	0,23	0,22
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,14	0,17	0,16	0,17	0,17	0,17
NH ₄ -tyyppi (NH ₄ -N)	0,004	0,007	0,015	0,033	0,028	0,028

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

b) Valeriaanahappo (Valeric acid)

Analyysitulokset (1982/83) Lintupajun sivutilan isosta juurikassiilosta: rehusokerijuurikkaan naatti; säilöntäaineena 20 ekv HCOOH + 20 ekv HCl + 0,295 kg Na-bentsoaattia/tn. pH:ta lukuunottamatta kaikki tulokset on esitetty paino-%:na tuoreessa rehussa.

Results of ensiling (1982/83) of chopped fodder sugar beet leaves in a 59 m³ mostly underground, outdoor silo. Additives were 20 eqv HCOOH + 20 eqv HCl + 0,295 kg Na-benzoate/tn. Except pH, all results are shown as weight-% in fresh silage. Amount of ensiled mass was 21 tn.

Näyte otettu (Sampling date)	25.10.	2.12.	1.2.	27.5.	14.7.	12.8.
Kuiva-aine (Dry matter)	15,1	14,7	15,1	11,2	10,0	11,2
pH	4,4	4,2	4,0	4,2	EM ^a	3,9
Sokeri (Sugar)	3,0	2,0	1,6	1,0	0,9	0,3
Etanoli (Ethanol)	0	0,2	0,1	0,1	0	0,1
Maitohappo (Lactic acid)	0	0,5	0,5	0,4	0,7	1,2
Etikkahappo (Acetic acid)	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
Muut haihtuvat rasvahapot (Other volatile fatty acids)	0	0	0	0	0,01 ^b	0,02 ^{bc}
Kokonaistyyppi (Total N)	0,40	0,42	0,42	0,31	0,29	0,32
Liukoinen tyyppi (Soluble N)	0,11	0,16	0,20	0,13	0,13	0,15
NH ₄ -tyyppi (NH ₄ -N)	0,002	0,007	0,011	0,021	0,010	0,019

a) EM = Ei määritetty (Not measured)

b) Propionihappo (Propionic acid)

c) Voihappo (Butyric acid)

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1983

1. Maatalouden tutkimuskeskuksen yksiköiden tiedotteet 1975-1982. 48 p.
2. KONTTURI, M. Mallasohra - kirjallisuuskatsaus. 42 p.
3. NORDLUND, A. & ESALA, M. Maatalouden sääpalvelut ulkomailla. Kirjallisuustutkimus. 66 p.
4. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1975-1982. 186 p. + 4 liitettä.
5. SUONURMI-RASI, R. & HUOKUNA, E. Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus tuorerehunurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuksiin. 13 p. + 8 liitettä.
6. KEMPPAINEN, E. & HEIMO, M. Förbättring av stallgödselns utnyttjande. Litteraturöversikt. 81 p.
7. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. 10 p.
8. LÖFSTRÖM, I. Kasvien sisältämät aineet tuholaiistorjunnassa. 26 p.
9. HEIKINHEIMO, O. Kirvojen preparointi ja määrittäminen. 67 p. + 12 liitettä.
10. SAARELA, I. Soklin fosforimalmi fosforilannoitteena. p. 1-13. Humuspitoiset lannoitteet. p. 14-20.
11. YLÄRANTA, T. Jordanalytiska metoder i de nordiska länderna. 13 p.
12. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Avomaan vihanniskasvien lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1979-82. 21 p.
13. KIVISAARI, S. & LARPES, G. Kylvöajankohdan vaikutus kevätvehnän, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979 Tikkurilassa. 54 p.
14. ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys. ESPOO - INKOO. 26 p.
15. BREMER, K. Ydinkasvien tuottaminen kasvisolukkoviljelyn avulla. 63 p.

1984

1. Tiivistelmät eräistä MTTK:n julkaisuista 1983. 74 p.
2. ESALA, M. & LARPES, G. Kevätviljojen sijoituslannoitus savimailla. 35 p.
3. ETTALA, E. Ayrshire-, friisiläis- ja suomenkarjalehmien vertailu kotoisilla rehuilla. 7 p. + 18 liitettä.

4. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Keräkaalin lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1975-83. 22 p.
 5. KURKI, L. Tomaattilajikkeet ja hiilidioksidin lisäys. Kasvihuonetomaatin viljelylämpötiloista. Kasvihuonekurkun tuentamenetelmien vertailua. Sijoituslannoitus ja kasvualustan ilmastus kasvihuonekurkulla ja tomaattilla. 21 p.
 6. VIJORINEN, M. Italianraiheinä ja viljat tuorerehuna. 17 p.
 7. ANISZEWSKI, T. Lupiini viherlannoituskasvina. Arviointeja esikokeiden ja kirjallisuuden pohjalta. 11 p.
 8. HUOKUNA, E. & HAKKOLA, H. Koiranheinän ja timotein kasvu ja rehuarvon muutokset säilörehuasteella. 54 p.
 9. VALMARI, A. Roudan kehittymisen tilastollinen malli. 33 p.
 10. HAKKOLA, H. Kuonakalkituskoekokeiden tuloksia 1978-83. 42 p.
 11. SIPPOLA, J. & SAARELA, I. Eräät maa-analyysimenetelmät fosforilannoitustarpeen ilmaisijoina. 20 p.
 12. RAVANTTI, S. Terhi-punanata. 37 p.
 13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Kolme ravinnesuhdetta Suomen maalajeissa. 10 p.
 14. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., KERSALO, J. & NORDLUND, A. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1983. 101 p.
 15. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1976-1983. 202 p. + 4 liitettä.
 16. JÜNNILA, S. Ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien käyttäytymiseen maassa. Kirjallisuustutkimus. 15 p. + 4 liitettä.
 17. PESSALA, R., HAKKOLA, H. & VALMARI, A. Kylvöajan merkitys porkkanan viljelyssä. 22 p.
 18. NISULA, H. Uusimpia tuloksia Ruukin lihanautakokeista. 39 p.
 19. SAARELA, I. Kevätöljykasvien boorilannoitus. 122 p. + 2 liitettä.
 20. URVAS, L. Maaperäkarttaselitys. PORI - HARJAVALTA. 28 p. + 14 liitettä.
 21. LEHTINEN, S. Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeet 1978-1983. 62 p. + 17 liitettä.
 22. ANISZEWSKI, T. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima eräillä MTTK:n kiertokoealueilla. Kirjallisuustutkimus ja MTTK:n kolmen tutkimusaseman näytteiden analyysi. p. 1-38.
- PALDANIUS, E. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemien maanäytteissä. p. 39-56.

23. RINNE, S-L. & SIPPOLA, J. Maatalouden jätteiden kompostointi. 52 p.
I Typpi -ja fosforilisä oljen kompostoinnissa
II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina
III Kompostin arvo lannoitteena

1985

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1984. 67 p.
2. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., NORLUND, A. & PILLI-SIHVOLA, Y.
Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1984. 127 p.
3. ETTALA, E. Säilörehu Maatalouden tutkimuskeskuksen lypsykarjakokeissa
1970 - luvulla. 270 p.
4. ETTALA, E. Laidun lypsykarjaruokinnassa. 220 p.
5. TUORI, M. & NISULA, H. Ruokintarutiinien merkitys naudoilla. Kirjallisuus-
tutkimus. 38 p.
6. TURTOLO, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus
typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
7. AURA, E. Avomaan vihannesten veden ja typen tarve.
Nitrogen and water requirements for carrot, beetroot, onion and cabbage. 61 p.
8. Puutarhaosaston tutkimustuloksia. Taimitarha ja dendrologia. 94 p.
9. KEMPPAINEN, E. Kuivikkeen vaikutus lannan arvoon.
Kuivikkeiden ammoniakkin sitomiskyky. 25 p.
10. JAAKKOLA, A., HAKKOLA, H., HIIVOLA, S-L., JÄRVI, A., KÖYLIJÄRVI, J. &
VUORINEN, M. Terästeollisuuden kuonat kalkitusaineina. 44 p.
11. JAAKKOLA, A., ETTALA, E., HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R. & VUORINEN, M.
Siilinjärven kalkki kalkitusaineena. 53 p.
12. TAKALA, M. Asumajätevesien imeyttäminen maahan ja energiapajun viljely
imeytyskentällä. 36 p.
13. JOKINEN, R. & HYVÄRINEN, S. Eri maalajien magnesiumpitoisuus ja sen
vaikutus ravinnesuhteisiin Ca/Mg ja Mg/K. 15 p.
14. JUNNILA, S. Rikkakasvien siementen itämislepo. Kirjallisuuskatsaus. 29 p.
15. MÄKELÄ, K. Talven aikana kuolleiden ryhmäruusujen versoissa esiintyvä
sienilajisto vuosina 1976-1982. 13 p. + 8 liitettä.

17. SÄKÖ, J. Maatalouden tutkimuskeskuksen puutarhaosastolla Piikkiössä kokeillut ja kokeiltavana olevat omenalajikkeet.
Perusrungon merkitys omenapuiden talvehtimisessä 1983-84.
SÄKÖ, J. & LAURINEN, E. Omenapuiden harjuistutus.
HIIRSALMI, H. & SÄKÖ, J. Mansikan jalostus johtanut tulokseen.
18. ETTALA, E., SUVITIE, M., VIRTANEN, E., PITKÄNEN, T., ZITTING, M., NÄSI, M., TUOMIKOSKI, T. & NISKANEN, M. Metsä- ja maatalouden sivutuotteet lihamullien rehuna. 51 p.
19. MANNER, R. & AALTONEN, T. Pitko-syysvehnä. 6 p. + 27 liitettä.
20. MANNER, R. & AALTONEN, T. Kartano-syysruis. 5 p. + 13 liitettä.
21. ANISZEWSKI, T. Lupiini viljelykasvina. 134 p.
22. HUOKUNA, E., JÄRVI, A., RINNE, K. & TALVITIE, H. Nurmipalkokasvit puhtaan kasvustona ja heinäseoksena. p. 1-12.
HUOKUNA, E. Apilan pahkahomeen esiintymisestä. p. 13-20.
HUOKUNA, E. & HÄKKINEN, S. Englanninraiheinä säilörehunurmissa. p. 21-26.
23. VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., LARPES, E., MICORDIA, A. & LAMPILA, M.
Eri säilötäaineet esikuivatun ja tuoreen säilörehun valmistuksessa sekä kiinteä ja nouseva väkirehun annostus mullien kasvatuksessa. p. 1-32.
VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., SORMUNEN-CRISTIAN, R. & LAMPILA, M.
Eri säilöntäaineet nurmirehun säilönnässä. p. 33-45.
24. RISSANEN, H., ETTALA, E., MELA, T. & MUSTONEN, L. Laitumen sadetuksen ja väkirehujen käytön vaikutus lehmien tuotoksiin. p. 1-21.
RISSANEN, H., KOSSILA, V. & VASARA, A. Urean, Urea-Fosforihappo-Viherjauhoyhdisteen (UPV) ja soijan vertailu raakavalkuaislähteinä maidontuotantokokeissa lehmillä. p. 22-30.
KOSSILA, V., KOMMERI, M. & RISSANEN, H. Monokalsiumfosfaatti ja ureafosfaatti sekä käsittelemätön olki ja ammoniakilla käsitelty olki mullien ruokinnassa. p. 31-40.
25. KORTET, S. Puna-apilan paikalliskantojen ekologia. 66 p.
26. MEHTO, U. Viljojen rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä.
Kirjallisuustutkimus. 77 p.
27. HUHTA, H. & HEIKKILÄ, R. Rehuviljan viljely Pohjois-Karjalassa.
24 p. + 2 liitettä.

2. KEMPPAINEN, E. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. 102 p. + 6 liitettä.
3. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Lietelanta nurmen peruslannoitteena. 25 p.
4. NIEMELÄINEN, O. Nurmikkoheinien ominaisuudet. Kirjallisuustutkimus. Tuloksia punanatojen ja niittynurmikan virallisista nurmikon lajikekokeista vuosilta 1977-84. 48 p.
5. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikeko-keiden tuloksia 1978-1985. 128 p.+ 4 liitettä.
6. NIEMELÄINEN, O. & PULLI, S. Puna-apilalajikkeiden siemenmuodostus. Tuloksia apilan virallisista siemenviljelyn lajikekokeista vuosilta 1978-84. 42 p.
7. NIEMELÄINEN, O. Syksyn, talven ja kevään lämpö- ja valo-olojen vaikutus koiranheinä, niittynurmikan ja punanadan röyhymuodostukseen. Kirjallisuustutkimus. 51 p.
8. ERVIÖ, L-R. & ERKAMO, M. Pakettipellon viljelyn uudelleen aloittaminen herbisidien avulla.
ERVIÖ, L-R. Korren vahvistaminen timotein siemenviljelyksillä.
HIIVOLA, S-L. Klormekvatin käyttö timotein siemennurmilla.
ERVIÖ, L-R. & HIIVOLA, S-L. Herbisidien käytön vähentäminen viljakasvutossa.
9. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Säilörehun puristeneste ja virtsa lannoitteina. 43 p.
10. MATIKAINEN, A. & HUHTA, H. Nurmikasvilajikkeet Karjalan tutkimusasemalla. 24 p.
11. SOVERO, M. Nopsa-kevätrypsi. 15 p. + 2 liitettä.
12. NIEMELÄ, P. Kuiviketurpeen soveltuvuus turkistarhoilla kertyvän sonnan ja virtsan käsittelyyn. 15 p + 4 liitettä.
13. PULLI, S., Vestman, E., TOIVONEN, V. & AALTONEN, M. Yksivuotisten tuorerehukasvien sopeutuminen Suomen kasvuoloihin. 51 p.
14. SIMOJOKI, P., RINNE, S-L., SIPPOLA, J., RINNE, K., HIIVOLA, S-L. & TALVITIE, H. Hernekaurasta saatava typpilannoitusohyöty. 27p. + 22 liitettä.

15. SÄKÖ, J. & YLI-PIETILÄ, M. Hedelmäpuiden ja marjakasvien talvehtiminen talvella 1984-85. 28 p.
16. MANNER, R. & KORTET, S. Niina-ohra. 31 p. + 1 liite.

18. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikasvisäilörehujen valmistus, laatu, rehuarvo ja mahdollinen käyttö etanolin valmistuksessa. 106 p. + 23 liitettä.

