



HELSINGIN YLIOPISTO  
HELSINGFORS UNIVERSITET  
UNIVERSITY OF HELSINKI

# Säilöheinän laatu ja pilaantumisen estäminen

Yliopistonlehtori Seija Jaakkola

15.2.2008

**Helsingin yliopisto, kotieläintieteen laitos**

**Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta**



# Nurmirehun säilyvyyden perusteet

Rehu	Kuiva-aine-%	Säilyvyyden perusteet
Tuore säilörehu	Alle 25	Alhainen pH Hapettomuus Säilöntäaineet
Esikuvattu säilörehu	25 – 45	Mahdollisimman alhainen pH kuiva-ainepitoisuudesta riippuen Hapettomuus Säilöntäaineet
Säilöheinä	45 – 85	Hapettomuus Korkea kuiva-ainepitoisuus Säilöntäaineet
Kuiva heinä	Yli 85	Korkea kuiva-ainepitoisuus



# Säilöntä – ravitseminen - terveys

- Kuivumisprosessi
  - Käymisprosessi
  - Lisätyt säilöntäaineet
- 
- **Rehussa tapahtuu koostumuksellisia muutoksia, jota vaikuttavat sekä säilyvyyteen että rehun ravintoarvoon**



# Säilönnän tavoite => säilöheinän hyvä laatu

## 1) Rehuarvo

- Energia-arvo, valkuaisarvo
- Kivennäisaine- ja vitamiinipitoisuus
- Yksittäisten ravintoaineiden pitoisuus (esimerkiksi sokeri)

## 2) Säilönnällinen ja mikrobiologinen laatu

- Säilönnällinen laatu kuvaa rehun käymisprosessin onnistumista ja siinä syntyneiden tuotteiden pitoisuuksia
- Mikrobiologinen laatu liittyy haitallisten mikrobien pitoisuuksiin ja niiden tuottamiin toksineihin

## 3) Muut ominaisuudet

- Haju ja maku
- Puhtaus
- Olomuoto



# Säilöntäprosessin vaiheet rehusa

1. Aerobinen vaihe – korjuu ja varastointi
2. Käyminen – varastointivaihe
3. Stabiili vaihe (vakiintunut) – varastointi
4. Ruokintavaihe / aerobisen pilaantumisen vaihe - rehun käyttö ruokinnassa



# Säilörehun ja säilöheinän mikrobit

## ■ Hyödylliset mikro-organismit

- maitohappobakteerit
- edistävät rehun säilymistä maitohappokäymisen avulla

## ■ Haitalliset pilaajamikro-organismit

- anaerobista pilaantumista aiheuttavat, esim. **klostridit ja enterobakteerit**
- aerobista pilaantumista aiheuttavat, esim. **hiivat, homeet, basillit, listeria**
  - heikentävät rehun ruokinnallista arvoa = ravintoainetappiot, syönnin heikkeneminen
  - vaikuttavat haitallisesti eläimen/ihmisen terveyteen ja/tai maidon laatuun (esim. listeria, klostridit, homeet, basillit)



# Säilönnän perusperiaatteet

- **Anaerobisten (hapettomien) olosuhteiden nopea saavuttaminen**
  - lopettaa kasvihengityksen, rajoittaa lämpötilan nousua
  - estää aerobisten haittamikrobien kasvua (esim. hiivat, homeet, basillit, listeria)
  - edistää hyödyllisten maitohappobakteereiden kasvua ja kehittymistä
- **Haitallisten anaerobisten mikrobien (esim. klostridit ja enterobakteerit) toiminnan estävät olosuhteet**
  - nopeasti riittävän alhainen pH
  - kuiva-ainepitoisuuden nosto
  - säilöntäaineiden ominaisuudet



# Säilönnän onnistumista kuvaavat laatukriteerit

## ■ Säilörehu ja säilöheinä

### ■ Käymislaatu

- merkitys riippuu kuiva-ainepitoisuudesta  
=> 45 % erittäin tärkeä, => 45-60 % vähän, yli 60 % ei ?
- pH
- käymisessä syntyneet hapot: maitohappo, haihtuvat rasvahapot (virheikäymishapot)
- valkuaisen hajoaminen: ammoniakki

### ■ Mikrobiologinen laatu

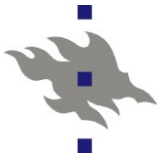
### ■ Lämpenemisherkkyys (aerobinen stabiilisuus)

### ■ Aistinvarainen laatu (haju, ulkonäkö)



# Hyvän säilönnällisen laadun edellytykset

- Rehun raaka-aineen on oltava puhdasta
  - ei multaa (klostridit), rikkakasveja ym. ylimääräistä rehuun
- Rehusta on saatava ilma pois mahdollisimman nopeasti ja pysyvästi
- Rehun happamuuden on oltava riittävä tietyssä kuiva-ainepitoisuudessa
  - kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa pH-tavoitteeseen, kuivemmassa rehussa voi olla korkeampi pH



# Rehuntekomenetelmät

- Korjuu- ja säilöntämenetelmällä saadaan hyvää rehua, jos edellä mainitut vaatimukset otetaan huomioon rehutuantoketjun kaikissa vaiheissa
  - nurmen perustaminen
  - rikkakasvien torjunta
  - niitto
  - korjuu
  - siilon/auman/tornin täyttö ja tiivistäminen tai paalaus ja kiedonta
  - rehun syöttö



# Korjuu- ja säilöntämenetelmät

## ■ Monia teknisiä vaihtoehtoja

- Korjuukoneet
- Esikuivatus
- Varastointitapa
- Säilöntäaineen käyttö

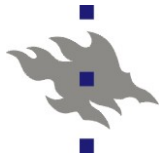
## ■ Rehunteon hallinta ratkaisee rehun laadun

- Säilönnän periaatteiden ymmärtäminen
- Olosuhteisiin ja resursseihin nähden oikeiden vaihtoehtojen valinta
- Työn huolellisuus
- Logistiikan ja ajoituksen hallinta
- Laaturiskien hallinta



# Esikuivatus

- Sääriski kasvaa: ravintoainetappiot sitä suurempia mitä pidempään ja mitä huonommassa säässä kuivatus tapahtuu
- Pyöröpaalaus ja biologiset säilöntäaineet soveltuvat hyvin vain esikuivatulle rehulle → ongelmia, jos rehu joudutaan olosuhteiden pakosta tekemään märkänä
- Hyvän sään odottaminen → sulavuus heikkenee
- Korkeaan kuiva-ainepitoisuuteen voi liittyä varisemistappioita
- Ilman poissaantiin kuivasta rehusta voi olla vaikeaa, seurauksena homeongelmia, jälkilämpenemistä



## Niitetyn nurmen kuivumisnopeus pellolla (Heikkilä ym. 2002)

---

Niitto klo 12 (1998, 1999) tai klo 10 (2000)

Kuivumisnopeus, %-yksikköä per tunti

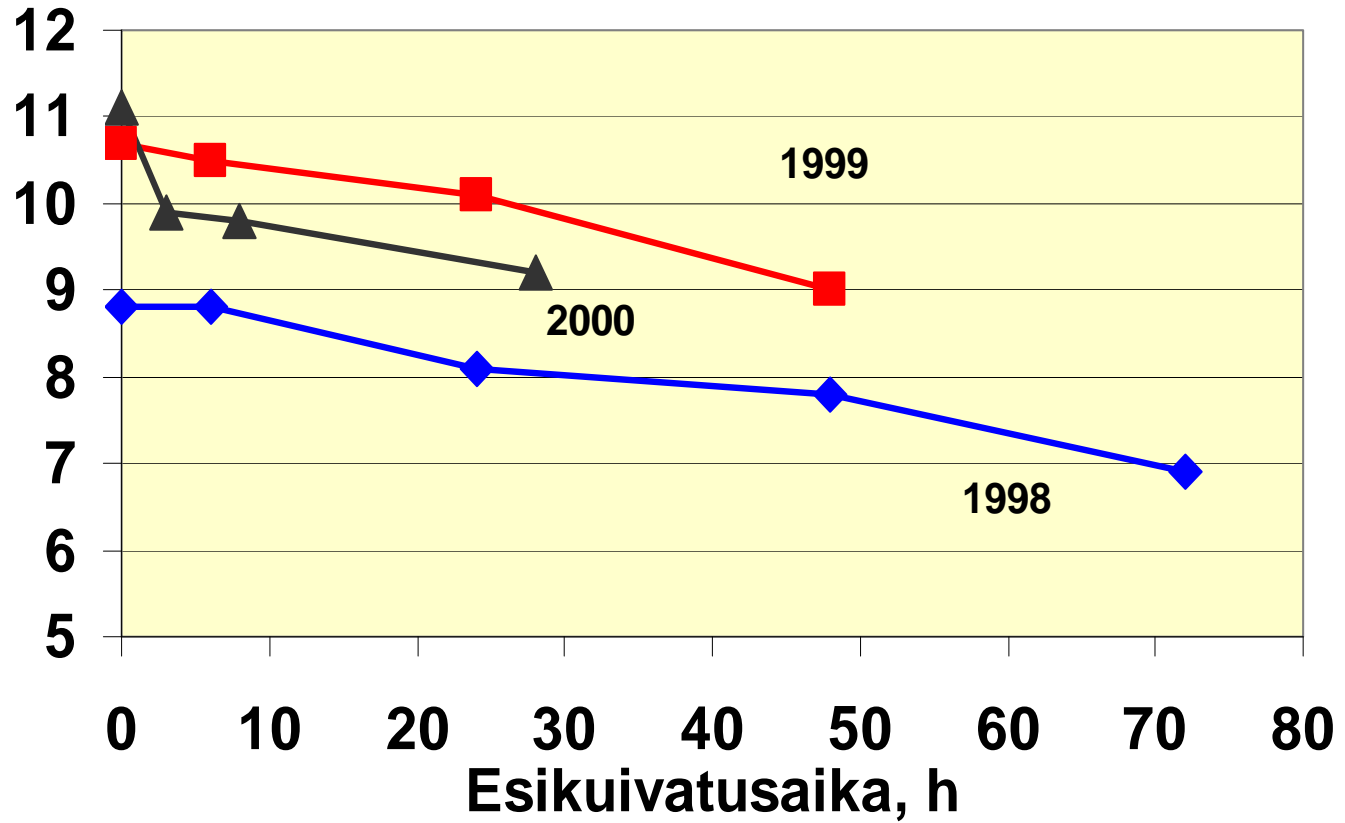
---

Tuntia niitosta	1998	1999	2000
0 – 6	1,0	1,9	1,9
6 – 24	0,2	0,5	
24 – 48	0,5	0,6	
48 – 72	0,4		
Keskiarvo	0,5	0,7	

---

# Esikuivatuksen vaikutus nurmen sokeripitoisuuteen

Sokeri, %  
ka:ssa



Heikkilä ym. 2002

# Pyöröpaalikoikeiden yhteenveto (Heikkilä ym. 2002)

- **Hyvää rehua, kun käytössä** oikeat työtavat ja laatuun panostaminen:
  - Kasvuasteeltaan aikaisin korjatusta nurmesta tiiviimpiä paaleja ja sulavampaa rehua kuin korsiintuneesta
  - Puhdas nurmi, noin 8 cm sänki,
  - Ilmava, noukkimen levyinen, tasainen karho
  - Nopea esikuivatus 30-45%:iin, sulavuus ja sokerit tallella
  - Säilöntäaine parantaa mikrobiologista ja kemiallista laatua sekä ruokinnallista arvoa

---

# Pyöröpaalikoikeiden yhteenveto (Heikkilä ym. 2002)

- **Hyvää rehua, kun käytössä** oikeat työtavat ja laatuun panostaminen:
    - Tiiviit, ryhdikkäät paalit silppuavalla paalaimella, riittävän hitaasti ajaen
    - Kiedonta varastointipaikalla pian paalauksen jälkeen hyvälaatuisella muovilla vähintään kuusi kerrosta
    - Kiedottujen paalien siirtämisen välttäminen ja varastointipaikan suojaaminen linnuilta, jyräjöiltä ym.
    - Paalien tarkkailu varastoinnin aikana
-



## Pyöröpaalien ilmatiiviys siiloon verrattuna (Forristal and O'Kiely 2005)

- Paaleissa muovin kanssa kosketuksissa oleva rehupinta 6 - 8 kertainen siiloon verrattuna
- Paalissa 50 % rehusta 12 cm:n etäisyydellä muovista. Siilorehussa alle 10 % vastaavalla etäisyydellä
- Pintamuovi selvästi ohuempi; paalissa 70  $\mu\text{m}$  ( jos 4 kerrosta) ja siilossa 250  $\mu\text{m}$  (2-kertainen peittomuovi)
- Paalin tiiviys (huokoisuus) huonompi
- Paali putoaa maahan, siirtely lisää muovin rikkoutumisriskiä
- Paaleissa kortinen, kuiva rehu altistaa muovin helpommin rikkoutumiselle



# Säilöntäprosessin vaiheet rehussa

- **IV Ruokintavaihe / aerobisen pilaantumisen vaihe**
  - Alkaa rehun joutuessa ilman kanssa tekemisiin paalin/rehusiilon avaamisen jälkeen tai varastoinnin aikana rehua peittävän muovin rikkoutuessa
  - Pilaantuminen riippuu pilaajamikro-organismien määrästä ja rehun ominaisuuksista
  - Vaihe 1: hiivat ja joskus myös etikkahappobakteerit hajottavat rehuun syntyneitä happoja (maitohappo) → pH nousee



# Säilöntäprosessin vaiheet rehussa

- **IV Ruokintavaihe tai aerobisen pilaantumisen vaihe (jatkuu)**
  - Vaihe 2: lämpötila nousee, pilaajamikro-organismien (esim. basillit) aktiivisuus lisääntyy; muut aerobiset mikro-organismit aktivoituvat (homeet, enterobakteerit)
  - **Kontrollointi:**
    - paalin/rehusiilon hyvä ilmatiiviys
    - rehu tiivistettävä hyvin korjuuvaiheessa
    - rehun riittävä syöttönopeus, ilman vaikutusaika minimiin
    - säilöntäaineen käyttö



# Säilöntäaineen valintaperusteet

- Tehokkuus – säilöntätuloksen parantaminen
- Käyttöturvallisuus
- Vaikutus koneisiin (korroosio)
- Käsittelyn ja annostelun helppous
- Hinta
- Saatavuus

# Säilöntäaineet (Oude Elferink ym./McDonald ym. 1991)

Luokka	Vaikuttavat aineosat
Käymistä edistävät	Maitohappobakteerit Sokeri (melassi) Entsyymit
Käymistä estävät	Muurahaishappo Maitohappo Mineraalihatot Nitriittisuolat, sulfiittisuolat Natriumkloridi
Aerobista pilaantumista estävät	Propionihappo Bentsoehappo Sorbiinihappo Maitohappobakteerit
Ravintoaineet	Urea, ammoniakki, kivennäisaineet
Imeytysaineet	Juurikasleike, olki



# Säilöntäaineiden kehitys

- **Tuoreen** rehun (ei esikuivattu) säilöntä muurahaishapolla tunnettu ja varma menetelmä
- Muutokset korjuuteknologiassa
  - **esikuivatus** → homeiden ja hiivojen rooli pilaajina kasvaa  
→ aerobista stabiilisuutta edistävät säilöntäaineet (hapen vaikutus, jälkilämpeneminen)
- Säilöntäaineiden käyttöturvallisuuden kehitystarpeet
  - ns. **biologiset** säilöntäaineet
  - haposäilöntäaineiden osittainen **neutralointi**



# Biologiset säilöntäaineet (ympit, inokulantit)

- Helppo ja turvallinen käsittely rehunteossa
- Eivät syövytä koneita
- Usein vaihtoehto luomutuotannossa
- Lisätään **hyödyllisiä mikrobeita** ja/tai **entsyymejä**
- Eivät estä soluhengitystä yhtä tehokkaasti kuin muurahaishappo
- Toimintavarmuus ei toistaiseksi yhtä hyvä kuin säilöntähapoilla märässä rehussa, varmuus paranee esikuivatuissa rehuissa



# Aerobisen stabiilisuuden säätelijät (=jälkilämpenemisen esto)

- 1) Stabiilisuutta parantavat kemialliset aineet
  - happoja ja niiden suojoja: bentsoehappo, sorbiinihappo, propionihappo, etikkahappo
  - erityisesti hiivoja ja homeita vastaan
  - usein yhdessä käymistä rajoittavan tai ohjaavan säilöntäaineen kanssa
- 2) Säilöntäainemikrobit tuottavat rehuun stabiilisuutta parantavia aineosia
  - etikkahappoa tuottavat heterofermentatiiviset maitohappobakteerit, esim. *Lactobacillus buchneri* (tuottaa myös 1,2-propanidiolia)
  - antimikrobiaalisia peptidejä tuottavat mikrobit (bakteriosiinit)



# Aerobisen stabiilisuuden säätelijät (=jälkilämpenemisen esto)

## 3) Rehun käymisprosessin säätely

- hapot ja biologiset säilöntäaineet tuottavat koostumukseltaan erilaista rehua
- rehun koostumuksen ja aerobisen stabiilisuuden välistä yhteyttä ei kuitenkaan toistaiseksi tunneta tarkasti

**HUOM.** Aerobisen stabiilisuuden parantuminen ei saa olla ristiriidassa rehun hyvän säilönnällisen laadun ja syöntiominaisuuksien kanssa

Pilaajamikrobien kasvua on pyrittävä pyritään estämään kaikissa rehuntekovaiheissa (esikuivatus-, korjuu-, säilöntä- ja ruokinta)

---

# Hevosten nurmirehut –hanke:

**Säilöntäosio: Kuiva-ainepitoisuuden ja säilöntäaineen vaikutus rehun laatuun ja lämpenemisherkkyyteen**

**Tavoite:** Parantaa pitkälle esikuivattujen rehujen säilöntäprosessin tuntemusta ja löytää rehujen hygieenisen laadun arviointiin ja hallintaan tarvittavia välineitä.

**Toteutus:**

Koe 1: Pienen mittakaavan koesiilot, pyöröpaalaimella silputtu rehu

Koe 2: Pyöröpaalit, joille valittiin ensimmäisen kokeen tulosten perusteella säilöntäaineet

---

# Säilöntäainekäsittelyt

Lyh		Koe 1118/06	Koe 1511/2007
PR	Painorehu, ei säilöntäainetta	X	X
TF	Topform, 8 l/t	X	X
TFS	TopformS, 7 l/t	X	
BP	AIVBioprofit10, $10^6$ pmy/g	X	
LF	Lactofast, $10^6$ pmy/g	X	
LFB	Lactofast, $10^6$ + Lact. Buchneri, $10^5$ pmy/g	X	X
LFNaB	Lactofast $10^6$ + Na-bentsoaatti, 300 g/t		X
BPR	Bioprofit R, $5 \times 10^5$ pmy/g		X

**Topform:** Propionihappo 43% Amm.propion. 27% Vesi 30%

**Topform S:** Propionih. 43% Amm.propion. 27% Vesi 28% Kaliumsorbaatti 2.5%

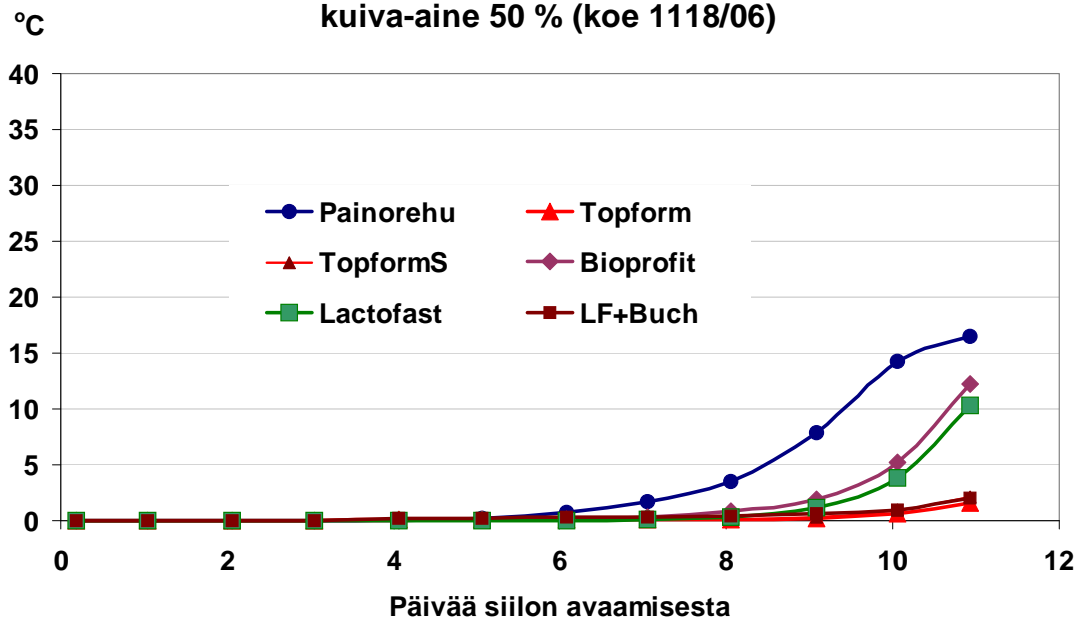
**Bioprofit:** *Lactobacillus rhamnosus* LC705 (DSM7061)  $>1^{11}$  pmy/g ja *Propionibacterium freudenreichii ssp. shermanii* JS (DSM7067)  $>1^{11}$  pmy/g, kylmäkuivattu, kaupallinen

**LactoFast:** *Lact. plantarum*, (VTT E-78076),  $1 \times 10^{11}$  pmy/g, kylmäkuivattu, kaupallinen

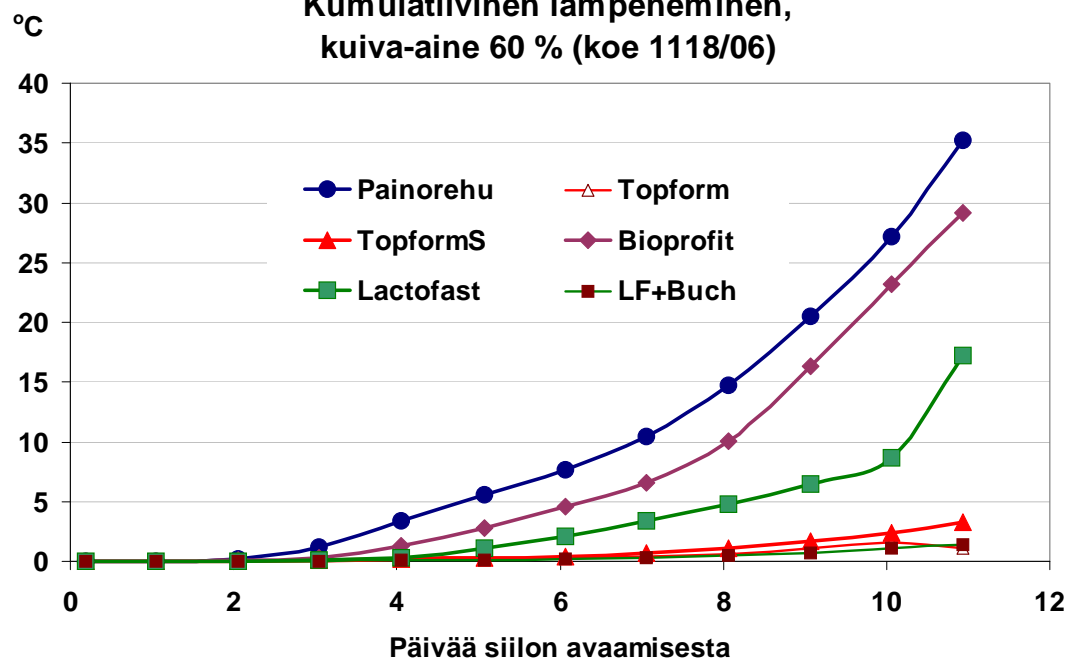
***Lactobacillus buchneri*,** VTT:n tyypikanta E-93445 DSM-20057, tuoreymppi VTT:ltä

**Bioprofit R:** *Lactobacillus rhamnosus*

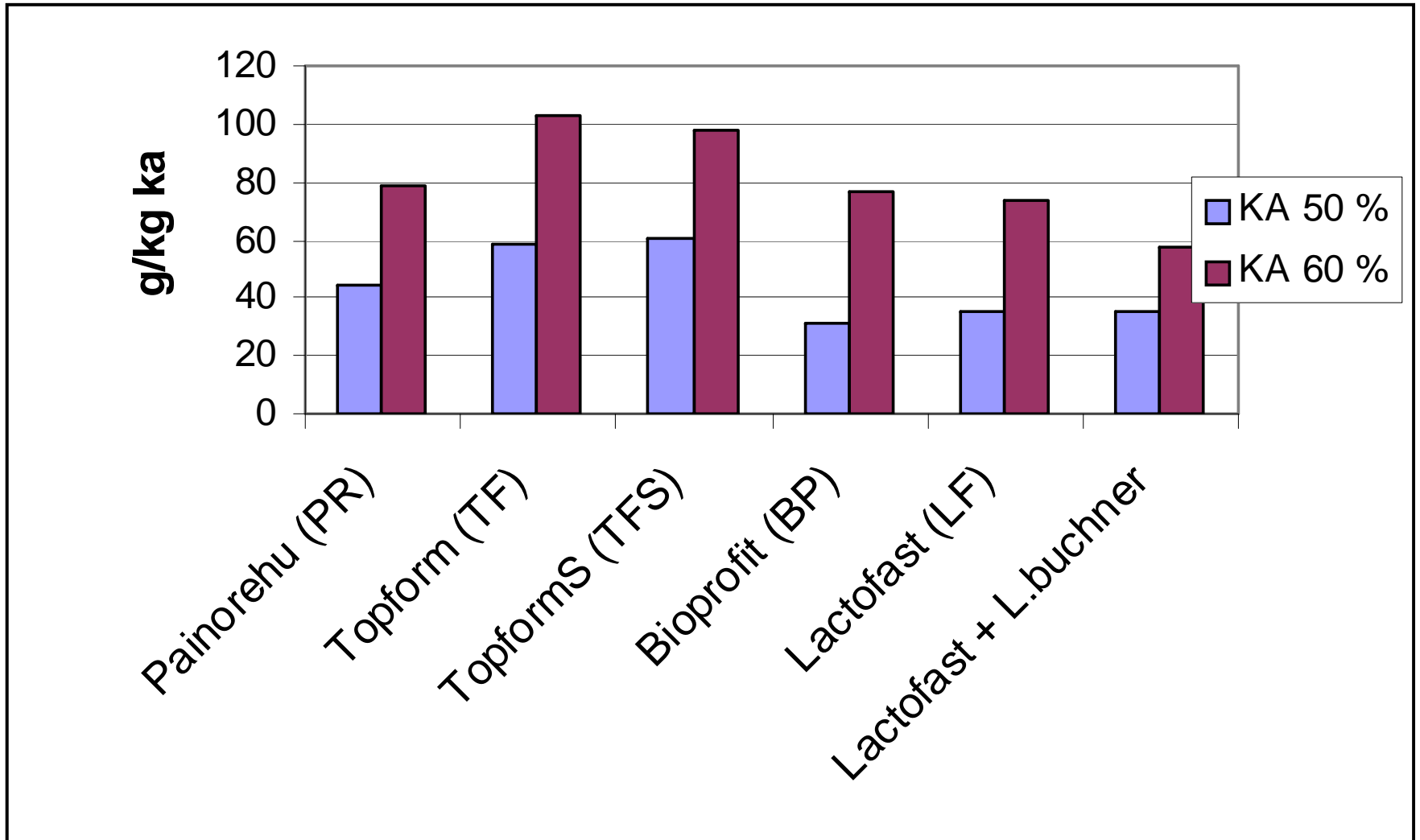
### Kumulatiivinen lämpeneminen, kuiva-aine 50 % (koe 1118/06)



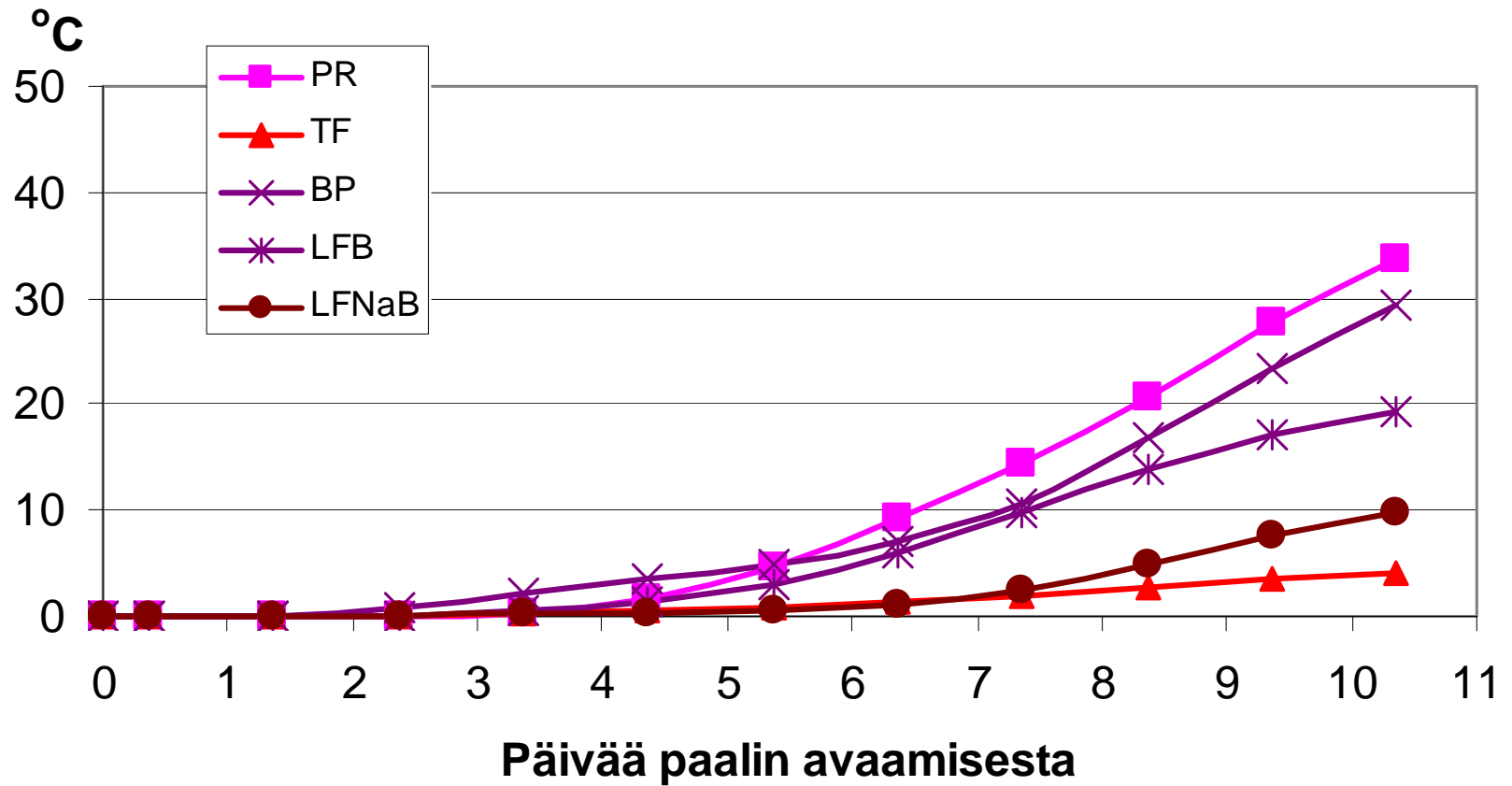
### Kumulatiivinen lämpeneminen, kuiva-aine 60 % (koe 1118/06)



Säilöheinän sokeripitoisuus, kun rehun kuiva-  
ainepitoisuus noin 50 tai 60 %. Kuivemmassa  
rehussa suurempi sokeripitoisuus



## Kumulatiivinen lämpeneminen, keskiarvo (koe 1511/07)



---

# Säilöheinien maittavuus testattiin hevosten ruokinnassa

- Mukana käsittelyt, joissa kuiva-ainepitoisuus 55 %
    - PR – ei säilöntäainetta
    - TF - propionihappopohjainen
    - LFB - maitohappobakteerit
    - LFNaB – maitohappobakteeri + Na-bentsoaatti
  - Paras tulos TF, muilla ei eroa
-

---

# Säilörehut maistuvat hevosillekin (Kajanto ym. 2000)

- Esikuivattu säilörehu, jonka kuiva-ainepitoisuus 30 %
  - Testissä 3 rehua hevosten valittavana
    - Painorehu (ei säilöntäainetta)
    - Happo
    - Biologinen säilöntäaine
  - Syöntiajasta:
    - 69 % happorehu
    - 18 % ymppirehu
    - 13 % painorehu
-

---

# Säilöheinän laatu

- Ravitsemus vs. terveys
  - Mikrobiologinen laatu
    - homeet, hiivat, toksiniit
    - varastoinnin aikana ja syöttövaiheessa
  - Säilöntäprosessin yhteydet sokeripitoisuuteen
    - Esikuivatus => sopiva kuiva-ainepitoisuus
    - Säilöntäaine
-