

**Säilörehun säilönnällisen laadun vaikutus sonnien
tuotantotuloksiin**

Ella Renko

Maisterintutkielma

Helsingin yliopisto

Maataloustieteiden laitos

Kotieläinten ravitsemustiede

Maaliskuu 2018

Tiedekunta/Osasto □ Fakultet/Sektion □ Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos □ Institution □ Department Maataloustieteiden osasto	
Tekijä □ Författare □ Author Ella Renko			
Työn nimi □ Arbetets titel □ Title Säilörehun säilönnällisen laadun vaikutus sonnien tuotantotuloksiin			
Oppiaine □ Läroämne □ Subject Kotieläinten ravitseminen			
Työn laji □ Arbetets art □ Level Maisterintutkielma		Aika □ Datum □ Month and year Maaliskuu 2018	Sivumäärä □ Sidoantal □ Number of pages 37
Tiivistelmä □ Referat □ Abstract Suomalaisessa naudanlihan tuotannossa laadukas säilörehu on pääosassa sonnien ravitsemuksessa. Sonnien kasvupotentiaali pyritään maksimoimaan vapaalla syönnillä, joka lisää päivittäistä energian saantia. Rehun laadun vaikutus korostuu etenkin vapaalla syönnillä. Laadukas, hyvin säilynyt säilörehu on maittavaa, jolloin päivittäinen rehunsyönti lisääntyy. Lisäksi laadukas säilörehu vähentää väkirehujen tarvetta, jolloin tuotantokustannukset ovat alhaisemmat kuin heikkolaatuista rehua käytettäessä. Säilöntäaineiden tehtävänä on parantaa ravinteiden säilymistä estämällä virheikäymistä sekä homeiden ja hiivojen kasvua säilönnän aikana. Säilönnän epäonnistuminen lisää tuotantokustannuksia, jolloin vaikutukset tilan talouteen ovat huomattavia. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kahden erityyppisen nurmirehun säilöntäaineen vaikutusta maitorotuisten sonnien rehun syöntiin ja tuotantotuloksiin. Kokeessa oli 45 ayrshiresonnia ja 45 holsteinsonnia. Sonnit jaettiin sattumanvaraisesti kolmeen ryhmään. Ryhmät muodostivat kolme koeruokintaa: 1. Timoteisäilörehu, ilman säilöntäainetta (KONTROLLI) + ohra, 2. Timoteisäilörehu, säilöttynä muurahaishappopohjaisella säilöntäaineella (HAPPO)+ ohra, 3. Timoteisäilörehu säilöttynä kolmen tehoaineen (natriumbentsoaatti, kaliumsorbaatti, natriumnitriitti) säilöntäaineella (SUOLA) + ohra. Koerhut tarjottiin seosrehuna vapaasti. Tulosten tilastollinen analysointi suoritettiin SAS-ohjelmiston GLM-proseduurilla. Kokeen rehunäytteiden analysointia ei voitu suorittaa tilastollisesti, koska näytteet eivät olleet aitoja toistoja. Keskimääräinen kuiva-aineen syönti kokeen aikana (259 vrk.) oli 10,1 kg/vrk, eikä koeruokintojen välillä ollut merkitsevää eroa. Keskimääräinen päiväkasvu oli 1363 g ja ruhokasvu 741 g/vrk. Kontrolliryhmän päiväkasvu oli 5 % korkeampi kuin säilöntäaineryhmillä (P<0,05), mutta ruhon lihakuus oli keskimäärin 6 % parempi säilöntäaineryhmällä kuin kontrolliruokinalla (P<0,01). Koe osoitti, että tehtäessä nurmirehu esikuivatusta raaka-aineesta, jonka kuiva-ainepitoisuus on yli 350 g/kg, voi pyöröpaalisäilöntä onnistua hyvissä olosuhteissa myös ilman säilöntäaineiden käyttöä. Tällöin säilöntäaineen käytöllä ei välttämättä ole saavutettavissa merkittäviä etuja eläintuotokseen.			
Avainsanat □ Nyckelord □ Keywords Nauta, säilöntäaineet, ruokinta, tuotantotulos			
Säilytyspaikka □ Förvaringsställe □ Where deposited Maataloustieteiden osasto ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja □ Övriga uppgifter □ Further information Tutkimus tehtiin Luonnonvarakeskuksen (Luke) Siikajoen toimipisteessä. Työtä ohjasi tutkimusprofessori Arto Huuskonen (Luke) ja yliopistonlehtori Seija Jaakkola			

Tiedekunta/Osasto □ Fakultet/Sektion □ Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos □ Institution □ Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä □ Författare □ Author Ella Renko			
Työn nimi □ Arbetets titel □ Title Impact on the quality of the silage production results of the bulls			
Oppiaine □ Läroämne □ Subject Animal nutrition			
Työn laji □ Arbetets art □ Level Master's thesis		Aika □ Datum □ Month and year March 2018	Sivumäärä □ Sidoantal □ Number of pages p. 37
Tiivistelmä □ Referat □ Abstract <p>In Finnish beef production, high quality silage is the main ingredient in bull nutrition. The aim is to maximize the growth potential of the bulls with ad libitum feeding, which increases the daily energy supply. The effect of the quality of the feed is emphasized, especially in ad libitum feeding. High quality and well-preserved silage increases palatability, which increases the daily feed rate. In addition, high quality silage reduces the need for concentrated feed, which means lower production costs than low-quality feed. The role of preservatives is to improve nutrient stability by preventing unfavorable fermentation and the growth of molds and yeasts during preservation. The failure of storage increases the costs of production, and the effects on farm economy are considerable.</p> <p>This study looked at the effect of two different types of silage additives on the feeding and production results of dairy bulls. 45 Ayrshires and 45 Holstein bulls were chosen to the study. The bulls were randomly divided into three groups. The groups consisted of three treatments: 1. timothy silage, without preservative + barley (CONTROL), 2. timothy silage, preserved with acid additive + barley (ACID), 3. timothy silage with salt additive + barley (SALT). The bulls were fed ad libitum with total mixed rations. The statistical analysis of the results was performed in the SAS software GLM procedure.</p> <p>The average intake of dry matter during the experiment (259 days) was 10.1 kg/day, and there were no significant difference between the treatments. The average live weight gain was 1363 g and the carcass gain was 741 g/day. The control group's daily growth was 5% higher than the preservatives ($P < 0.05$), but the carcass quality score was on average 6% higher in the preservative groups than in the control group ($P < 0.01$). It can be concluded that the results of the experiment are indicative and it is possible that the silage without additives can be successful when the dry matter content of the feed is 350-400 g / kg and the feed is ensiled in round bales. In that case the effect of the additives is not necessarily significant.</p>			
Avainsanat □ Nyckelord □ Keywords Bull, nutrition, additives, silage quality			
Säilytyspaikka □ Förvaringsställe □ Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja □ Övriga uppgifter □ Further information Study was executed in Natural resources institute Finland (Luke), Siikajoki. Supervisor: Research Professor Arto Huuskonen (Luke) and University Lecturer Seija Jaakkola			

Sisällys

1	Johdanto	5
1.1	Säilörehun laatuun vaikuttavat tekijät	6
1.2	Säilörehun säilöntäaineet ja niiden toiminta.....	6
1.3	Säilörehun esikuivaus	8
1.4	Ruokinnan vaikutus kasvuun ja ruhon laatuun.....	9
3	Tutkimuksen tavoitteet.....	10
4	Aineisto ja menetelmät.....	11
4.1	Koepaikka, -aika ja -eläimet.....	11
4.2	Koerehut ja ruokinta	12
4.3	Rehunäytteiden otto ja analysointi.....	13
4.4	Koe-eläinten punnitus, teurastus ja ruhon laatu.....	15
4.5	Tulosten laskenta ja tilastollinen analyysi	15
5	Tulokset.....	17
5.1	Rehujen koostumus ja rehuarvo	17
5.2	Rehujen syönti ja ravintoaineiden saanti	19
5.3	Sonnien kasvu ja rehun hyväksikäyttö	21
5.4	Sonnien elopaino ja ruhon laatu	23
6	Tulosten tarkastelu	24
6.1	Rodun vaikutukset	24
6.2	Koerehujen laatu.....	25
6.3	Säilöntäainekäsittelyn vaikutukset rehun syöntiin.....	26
6.4	Säilöntäainekäsittelyn vaikutukset rehun hyväksikäyttöön ja kasvuun.....	27
6.5	Säilöntäainekäsittelyn vaikutukset ruhon laatuun	28
7	Johtopäätökset	29
	Kiitokset	30
	Lähteet.....	30

1 Johdanto

Säilörehu on pääosassa lihanautojen kasvatuksessa, joten sen laatu on ensisijaisen tärkeää, kun pohditaan tuotannon tehostamista pohjoisilla alueilla. Tästä johtuen säilörehun laadulla on myös suuri merkitys nautatilojen talouteen. Pohjoisten alueiden lyhyestä kesästä johtuen säilörehun valmistuksen tulee onnistua, jotta talven aikana syötettävä rehu olisi laadukasta ja sonnit kasvaisivat täydellä potentiaalilla mahdollisimman alhaisilla kustannuksilla. Lihantuotantiloille suunnatussa tuotannossa suositellaan yleisesti käytettävien säilöntäaineita, jotta rehu säilyisi paremmin, mutta silti monet tilat päättävät olla käyttämättä niitä.

Valio Oy:n analysoimista suomalaisten tilojen rehunäytteistä noin 50–60 % on säilötty hapolla, 25–30 % biologisella ja 10–15 % ei ole käytetty säilöntäaineita lainkaan (Huhtanen ym. 2013). Ilman säilöntäainetta on mahdollista saada kohtuullisen hyvää rehua, mutta epäonnistumisen riski on suuri, koska sääolosuhteet ovat etenkin Suomessa hyvin epävakaita. Perustelut säilöntäaineen käyttämättömyydelle ovat usein kustannusperusteisia. Usein unohdetaan säästöt, jotka muodostuvat, kun hyvin säilyneeseen rehuun ei tarvitse lisätä runsaasti lisäkustannuksia aiheuttavia väkirehujia, vaan eläin saa säilörehusta tarvitsemansa energian ja ravintoaineet. Lisäksi lihanautatilojen neuvonnassa on painotettu suuria päiväkasvutavoitteita, joka nopeuttaisi eläinten kiertoa ja parantaisi lihan laatua (Keane ja Fallon 2001). Tämä osaltaan ajaa tuottajia käyttämään runsaasti väkirehujia sen sijaan, että panostettaisiin säilörehun laatuun. Vuonna 2014 säilörehun tuotantokustannus oli keskimääräisellä sadolla 20,7 snt/kg kuiva-ainetta, kun taas rehuohran tuotantokustannus oli 30,8 snt/kg (ProAgria 2015). Nämä luvut puoltavat laadukkaaseen säilörehuun panostamista. Säilörehun huono laatu vaikuttaa myös eläinten syöntiin heikentävästi ja alentaa siten tuotantotuloksia ja vaikuttaa tilan talouteen negatiivisesti.

Lihanautojen ruokinta perustuu vapaaseen syöntiin, jolloin rehua on koko ajan tarjolla. Rehun laatu määrittelee osittain sen maittavuutta. Laatuvirheet rehussa alentavat vapaaehtoista syöntiä, jolloin lihanautojen ravintoaineiden ja energian saanti laskee verrattuna hyvälaatuiseen rehuun. Säilörehun alhainen kuiva-ainepitoisuus altistaa virhekäymiselle, jolloin rehun laatu kärsii (McDonald ym. 2011). Rehun esikuivaa-

misesta on sekä hyötyä että haittaa. Esikuivattaessa rehua virheikäymisen riski laskee, mutta kuivaaminen altistaa toisaalta ravinnehävikkeille ja mahdollistaa homeiden ja hiivojen kasvun. Säilöntäaineilla voidaan nopeuttaa kasvien entsyymitoiminnan ja soluhengityksen loppumista, jolloin haitallisten mikrobien toimintakyky heikkenee ja rehun säilyvyys paranevat (McDonald ym. 2011). Säilöntäaineilla pyritään täten parantamaan rehun aerobista stabiiliutta ja ravinteiden säilymistä säilönnän aikana, jolloin rehun laatu pysyy hyvänä.

1.1 Säilörehun laatuun vaikuttavat tekijät

Lihanautojen ruokinta perustuu vapaaseen syöntiin. Rehun vapaa syönti mahdollistaa runsaamman ja tasaisemman syönnin verrattuna rajoitettuun syöntiin ja siten lisää energiansaantia (Huuskonen ja Huhtanen 2015). Rehun syöntiin vaikuttaa eniten eläimen elopaino sekä rehun laatu ja maittavuus. Säilörehun säilönnälliseen laatuun vaikuttavat useat asiat, kuten käytetyn heinäkasvin laatu, pellon kunto, sääolosuhteet, rehun tekoajankohta, käytettävä koneketju ja käytetyt säilöntäaineet (Jokela ja Rinne 1996). Nämä tekijät vaikuttavat rehun laatuun ja siten sonnien rehun syöntiin ja kasvuun (Huhtanen ym. 2007).

Rehun sulavuus on yksi tärkeimmistä tekijöistä sonnien kasvatuksessa (Steen ym. 1998, Huuskonen ym. 2013). Ongelmaksi muodostuu rehun ravintoaineiden muuntuminen säilönnän aikana, mikäli rehua ei onnistuta säilömään täysin hapettomiin olosuhteisiin (Thomas ja Thomas 1985). Säilörehun maittavuuteen vaikuttaa säilörehun käymislaatu. Korkea ammoniumtyppi- ja voihappopitoisuus alentavat maittavuutta ja täten vähentävät vapaaehtoista syöntiä. Suuri ammoniumtypen- ja voihapon määrä rehussa kertoo säilörehussa tapahtuvasta virheikäymisestä (McDonald ym. 2011). Vapaaehtoisen syönnin aleneminen vaikuttaa täten myös eläimen hyväksikäytettävissä oleviin ravintoaineiden määriin ja suhteisiin.

1.2 Säilörehun säilöntäaineet ja niiden toiminta

Rehujen säilöntäaineiden käytön tarkoitus on parantaa ravinteiden säilymistä ja pidentää aerobista stabiiliutta (Kung ja Muck 1997). Rehujen säilöntäaineiden vaiku-

tus voidaan jakaa neljään luokkaan, jotka ovat käymisen edistäjiä, käymisen estäjiä, aerobisen hajoamisen estäjiä tai ravintoaineita, usein säilöntäaineet voivat tosin jakautua useampaan luokkaan (Kung ym. 2003). Happojen käyttäminen perustuu pH:n alenemiseen, josta johtuen kasvien entsyymitoiminta loppuu ja soluhengitys lakkaa (Huhtanen ym. 2013). Säilöntäaineina käytetään pääasiassa joko muurahaishappoa tai erilaisia suolaliuoksia ja maitohappobakteereja. Hapon käyttö säilönnässä perustuu pH:n alentamiseen. Lisäksi hapon käyttö ehkäisee homeiden, hiivojen ja muiden haittamikrobien kasvua. Matala pH:n toiminta perustuu kasvin entsyymitoiminnan lopettamiseen ja soluhengityksen estämiseen. Tästä johtuen kasvissa tapahtuva sokerien kulutus loppuu ja rehu ei ala lämpenemään.

Haigh'n (1998) mukaan muurahaishappokäsittely alensi huomattavasti säilörehun pH:ta, ammoniakkitypen, etikkahapon, voihapon, lyhytketjuisten rasvahappojen ja kokonaishappojen pitoisuutta sekä lisäsi merkittävästi maitohapon osuutta kokonaishapoista sekä vesiliukoisten hiilihydraattien osuutta verrattaessa säilöntäainetomaan säilörehuun. Voidaan siis päätellä, että hapon käyttäminen ehkäisi vesiliukoisten hiilihydraattien käymistä säilönnän aikana. Samassa Haigh'n (1998) kohteessa rikkihapon käytön todettiin laskevan merkittävästi pH-arvoa ja ammoniakkitypen osuutta.

Nykyään markkinoilla on saatavilla myös säilöntäaineita, joiden toiminta perustuu erilaisiin suolaliuoksiin sekä biologisiin säilöntäaineisiin. Suolaliuosten toiminta perustuu maitohappokäymisen edistämiseen. Suolaliuos- ja biologisiin säilöntäaineisiin perustuvassa säilönnässä pitäisi kuitenkin ottaa huomioon riittävä sokerimäärä rehumassassa, joka on Huuskosen (2010) mukaan noin 2,5 % rehumassan tuorepainosta. Suhteellisen pienestä sokeripitoisuudesta johtuen, suolaliuosten ja biologisten säilöntäaineiden toimintakyky ei ole ollut riittävän luotettava suomalaisella määrällä rehulla. Suolaliuokset eliminoivat haitallisia voihappo- ja enterobakteereja, jolloin maitohappobakteereille jää enemmän tilaa tuottaa maitohappoa. Maitohappokäymisen toiminta perustuu myös, happojen lailla, pH-tason laskemiseen nopeasti alas.

Rehua voidaan säilöä myös ilman säilöntäaineita, mutta säilönnän laatu on riippuvainen siitä, kuinka nopeasti rehu saadaan hapettomaan tilaan entsyymitoiminnan jatkumisen ehkäisemiseksi. Haigh'n (1998) mukaan suolaliuos-säilöntäaineella ei ollut merkittävää vaikutusta säilörehunkäymisparametreihin. Suolasäilöntäaine alensi

kuitenkin merkitsevästi pH:ta ja etikkahappoa sekä lisäsi merkitsevästi maitohapon osuutta suhteessa kokonaishappoihin. Happo-suola-tyyppisellä säilöntäaineella käsitellyssä säilörehussa oli huomattavasti suurempi kuiva-aineen ja vesiliukoisten hiilihydraattien pitoisuus kuin muissa rehuissa. Agnew ja Carson (2000) totesivat säilöntäainekäsittelyn parantavan sonnien tuotantotuloksia ja päivittäistä kuiva-aineensaantia. Samansuuntaisiin tuloksiin päätyi myös Winters ym. (2001), kun säilöntäaineen käyttäminen lisäsi eläinten päivittäistä kuiva-aineen syöntiä ja kasvatti elopainoa.

1.3 Säilörehun esikuivaus

Yhtenä yleistyneenä korjuutapana on myös säilörehun esikuivaus. Niiton jälkeinen kuivaaminen yli pitoisuuteen 300 g/kg kuiva-ainetta (KA) on todettu ehkäisevän klostridien kasvua, parantavan rehun säilyvyyttä ja laatua (Huhtanen ym. 2013). Esikuivaus on kuitenkin altista sääoloille ja ravinteiden häviämisen riski on suurempi kuin esikuivaamattomalla säilörehulla (Huhtanen ym. 2013). Toisaalta ravinteiden häviämistä ja klostridiabakteerien lisääntymistä voidaan kuitenkin ehkäistä Huhtanen ym. (2013) mukaan nostamalla säilörehun kuiva-ainepitoisuutta. Dawsonin ym. (1999) julkaisemassa tutkimuksessa todettiin syönnin olevan korkeampi esikuivatulla säilörehulla kuin esikuivaamattomalla. Dawson ym. (1999) totesi myös samassa tutkimuksessa haposäilötyn säilörehun lisännen syöntiä verrattaessa säilöntäaineettomaan rehuun. Myös Flynn (1988) totesi syönnin lisääntyvän esikuivatulla rehulla, mutta kasvutuloksiin esikuivaus ei vaikuttanut.

Dawson ym. (2002) totesivat, että aikaisempi niitto ja haposäilöntäaineen käyttö säilörehussa ilman väkirehulisää paransivat lihanautojen päivittäistä kuiva-aineen syöntiä verrattaessa säilöntäaineettoman säilörehuun, johon oli lisätty väkirehua. Toisaalta taas Gordonin ym. (1999) mukaan verrattaessa esikuivatua säilöntäaineetonta ja haposäilöttyä säilörehua sekä esikuivaamatonta säilöntäaineetonta ja hapolla säilöttyä säilörehua keskenään ei tuloksissa havaittu eroja koekäsittelyjen välillä. Heidän tekemän kokeen mukaan, esikuivaus ei vaikuttanut säilörehun muuntokelpoisen energian (ME) saantiin tai hyväksikäyttöön. Myös säilöntäaineen käytöllä ei todettu olevan merkitsevää vaikutusta ME:n saantiin kokeessa. Heikkilän ym. (2010)

mukaan energian hyväksikäyttö oli kuitenkin parempi korkean kuiva-aineen omaavilla säilörehuilla kuin matalan kuiva-aineen rehuilla. Tämä puoltaa osaltaan rehun esikuivaamista. Lisäksi kuitenkin todettiin pitkän esikuivaamisen (56 h) heikentävän säilörehun orgaanisen aineen sulavuutta lypsylehmillä.

1.4 Ruokinnan vaikutus kasvuun ja ruhon laatuun

Sonnien kasvua voidaan mitata tietyn ajanjakson aikana tapahtuneella elopainon muutoksella. Naudan tavanomainen kasvukäyrä on sigmoidinen eli kasvu on suurta alkuvaiheessa, mutta hiipuu naudnan saavutettua sukukypsyyden. Lisäksi kasvua voidaan kuvata myös ruhon koostumuksen ja muodon muutoksina. Robelin ym. (1992) mukaan ruhossa on rasvaa syntymähetkellä vain vähän. Kasvun saavuttaessa tietyn pisteen, rasvakudoksen kasvu alkaa kiihtymään. Karkearehun määrän on oltava noin 20 % syödystä kuiva-aineesta, jotta pötsin toiminta säilyisi normaalina. Väkirehutason noston 60-70 %:iin on havaittu aiheuttavan negatiivisia vaikutuksia esimerkiksi kuidun sulatuksen heikentymisenä (Huuskonen 2007). Honkavaaran (2005) mukaan väkirehutasolla ja valkuaislisällä ei ollut merkitsevää vaikutusta leikkuusaantoihin eikä ruhon arvoon. Huuskosen ym. (2007) tutkimuksen mukaan korkeimmalla väkirehutasolla saavutettiin kuitenkin parhaat kasvutulokset. Crouse ym. (1985) totesivat kuitenkin, että korkeaenergisellä dieetillä kasvoi lähinnä ruhon rasvan osuus, eikä lihan, kuten on toivottua. Lisäksi todettiin, että seosrehun avulla voidaan estää väkirehuruokinnasta aiheutuvia ruokinnallisia ongelmia. Väkirehulisäyksen tuotosvasteet kuitenkin pienenivät säilörehun sulavuuden parantuessa Huuskosen (2010) tekemän tutkimuksen mukaan.

Säilörehun kuitupitoisuudella on suuri merkitys sonnien ruuansulatuksen toiminnalle. Huhtanen ym. (2003) määritteli pötsin toimintojen ja ravintoaineiden saannin osalta kolme olennaista asiaa: kuidun riittävä pituus syljen erityksen lisäämiseksi, kuidun suuri potentiaalinen sulavuus sekä suuri sulavan kuidun sulatusnopeus. Sulavan orgaanisen aineen (D-arvo) määrällä on paljon merkitystä sonnien ravintoaineiden saannille. Huuskosen (2010) mukaan päiväkasvu lisääntyi 26 g/vrk., kun D-arvo nousi 10 g/kg ka. Sonnien valkuaisstarve tulee täytettyä ilman valkuaisäydennystä, kun ruokinnan PVT-arvo on yli -10 g/kg ka. Eläin ei pysty hyödyntämään tätä kor-

keampia valkuaismääriä, jolloin ne poistuvat sonnan ja virtsan mukana kuormittaen ympäristöä (Huuskonen ym. 2014).

Ruhojen rasvoittumisen on todettu vähenevän karkearehun osuuden lisääntyessä dieetissä. Tämä johtuu todennäköisesti ruokinnan energiapitoisuuden pienenemisestä karkearehun osuuden lisääntyessä (Bowling ym. 1978, Crouse ym. 1984, Patil ym. 1993). Keanen ja Fallonin (2001) mukaan rasvoittumista lisäsi pidentynyt kasvatusaika, joka johtui dieetin liian alhaisesta energiapitoisuudesta etenkin alkukasvatusvaiheessa. Pidentynyt kasvatusaika lisää rasvoittumisen riskiä, sillä naudoilla rasvakudoksen määrä alkaa lisääntyä lihaskudosta nopeammin eläimen saavutettua sukukypsyyden (Robelin ja Tulloh 1992).

3 Tutkimuksen tavoitteet

Tavoitteena oli tutkia nurmirehun kahden säilöntäaineen vaikutuksia sonnien kasvuun ja ruhon laatuun verrattuna säilöntäaineettomaan rehuun. Aihetta ei ole tutkittu suomalaisissa olosuhteissa 1970-1980 luvun jälkeen. Tutkimustulokset tuolta ajalta ovat jo vanhentuneet, sillä suuria muutoksia on tapahtunut muun muassa eläinten tuotantopotentiaalissa, säilöntäaineissa sekä säilörehujen korjuuketjussa viime vuosikymmenien aikana. Lisäksi ulkomaisten kokeiden tuloksista ei voida vetää suoria johtopäätöksiä Suomen tuotanto-olosuhteisiin. Koe toteutettiin esikuivatulla säilörehulla, sillä aiemmat vastaavat ulkomailla tehdyt kokeet ovat toteutettu pääasiassa matalan kuiva-ainepitoisuuden säilörehuilla. Suomen naudanlihantuotannosta noin 80 % muodostuu maitorotuisten lehmien vasikoista (Niemi ja Väre 2017), joten koe-eläinten valinta tapahtui sen perusteella. Tutkimus toteutettiin maitorotuisilla sonneilla siten, että puolet koe-eläimistä oli holstein- (hol) ja puolet ayrshire-rotuisia (ay).

Tutkimuksen hypoteesina oli, että säilöntäaineet parantavat rehun säilönnällistä laatua ja vaikuttavat rehun ravintoaineiden parempaan säilyvyyteen, jolloin sonnien rehun syönti lisääntyy ja siten tuotantotulokset olisivat parempia rehulla, johon on lisätty säilöntäainetta kuin rehulla, jonka säilöntään ei ole käytetty säilöntäainetta. Hypoteesina oli myös, ettei säilöntäkäsittelyjen ja eläinten rodun välillä ole yhdysvaikutuksia tarkasteltaessa eläinten tuotantotuloksia. Tällä tutkimuksella pyritään

korostamaan säilöntäaineiden vaikutusta laadukkaan säilörehun tuottamisessa, jolloin vaikutukset naudanlihantuotannon kannattavuuteen ovat positiivisia.

4 Aineisto ja menetelmät

4.1 Koepaikka, -aika ja -eläimet

Kasvatuskoe tehtiin Luonnonvarakeskuksen (Luke) Siikajoen toimipisteessä osana NautaNurmi-hanketta, joka rahoitettiin Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta. Koe alkoi 5.1.2015 ja päättyi 28.9.2015. Kokeen kesto oli 259 vuorokautta. Ruokintakoe jaksottui kahteen osaan, jossa ensimmäisen osan kesto oli 135 vuorokautta ja toisen osan kesto oli 124 vuorokautta. Koe-eläimillä oli tutkimusasemalle tuonnin jälkeen noin kahden kuukauden totutusjakso ennen varsinaisen ruokintakokeen alkua. Jakson aikana eläimet totutettiin uusiin olosuhteisiin ja ruokintaan. Eläimiä käsiteltiin Suomen koe-eläinlainsäädännön mukaisesti. Koe-eläiminä tutkimuksessa käytettiin 90 kappaletta maitorotuisia sonneja (45 kpl ay ja 45 kpl hol) ja ne olivat kokeen alkaessa keskimäärin 251 (keskihajonta $\pm 10,0$) vuorokauden ikäisiä. Sonnit painoivat kokeen alussa keskimäärin 290 kg (keskihajonta $\pm 24,5$ kg). Eläimet hankittiin A-Tuottajat Oy:n eläinvälityksen kautta.

Koe suoritettiin eristämättömässä pihatossa viiden eläimen ryhmäkarsinoissa (10,0 \times 5,0 m), jolloin eläintä kohden tilaa oli 10,0 m². Karsinan takaosa oli oljilla ja turpeella kuivitettua makuualueetta ja karsinan etuosa (ruokinta-alue) oli betonia. Syöntilaite (GrowSafe, model 4000E; GrowSafe Systems Ltd., Airdrie, AB, Kanada) rekisteröi elektronisen korvamerkin avulla jokaisen eläimen päivittäisen syönnin. Jokaisessa karsinassa oli yksi juomakuppi, jossa oli puhdasta vettä jatkuvasti saatavilla. Kokeessa oli yhteensä kolme erilaista koeruokintaa. Sonnit arvottiin satunnaisesti eri koeruokinnolle ja eläimet jaettiin siten, että jokaiseen koeruokintaan osallistui 30 eläintä, 3 karsinaa ayrshiresonneja ja 3 karsinaa holsteinsonneja. Eläinten ruokinta perustui vapaaseen syöntiin ja ruokinta toteutettiin seosrehuruokintana.

4.2 Koerehut ja ruokinta

Koerehut tuotettiin Luken koetilalla Siikajoella (64°44'N, 25°15'E). Koerehut, sekä ensimmäinen että toinen sato, tuotettiin timoteikasvustosta (*Phleum pratense*). Kasvusto niitettiin (Elho 280 Hydro Balance, oy Elho Production Ab, Pännäinen, Suomi) 18.6.2014 ja 6.8.2014 ja käärittiin paaleihin (McHale Fusion 3, McHale, Ballinrobe, Co. Mayo, Irlanti) noin 24 tuntia niiton jälkeen. Paaliverkkona käytettiin Netex S2S (Cordexagri, Portugali), jota laitettiin 3 kierrosta paalin ympärille paalin tiiviyden säilymiseksi säilönnän aikana. Käärintämuovina kokeessa käytettiin Duo 7 Plus XL (DUOPLAST AG, Saksa). Muovia käärittiin paalin ympärille 6 kierrosta. Koe jakaantui kahteen jaksoon, jossa ensimmäisen jakson (135 vrk) käytettävä karkearehu oli ensimmäisen sadon timoteisäilörehua. Toisella jaksolla (124 vrk) käytettiin toisen sadon timoteisäilörehua.

Jokainen koeryhmä sai eri tavalla säilöttyä säilörehua. Ensimmäinen ryhmä oli kontrolliryhmä, jonka rehun säilöntään ei ollut käytetty säilöntäainetta (KONTROLLI). Toinen ryhmä sai kolmen tehoaineen suolaliuoksella (Safesil, Ab Hanson & Möhring, Halmstad, Ruotsi) (SUOLA) säilöttyä rehua. Säilöntäaine sisälsi natriumbentsoattia 200 g/kg, kaliumsorbaattia 100 g/kg ja natriumnitriittiä 50 g/kg, ja sitä annosteltiin 3,4 kg tuhatta rehukiloa kohden. Kolmannen ryhmän rehun säilöntäaineenä oli muurahaishappopohjainen säilöntäaine (AIV ÄSSÄ, Eastman Chemical Company, Helsinki, Suomi) (HAPPO), joka sisälsi muurahaishappoa 589 g/kg, propionihappoa 199 g/kg, ammoniumformiaattia 43 g/kg sekä kaliumsorbaattia 25 g/kg, ja jota käytettiin 5,8 kg tuhatta rehukiloa kohden.

Sonnit ruokittiin seosrehulla, jossa oli kuiva-aineesta nurmisäilörehua 600 g/kg ja väkirehua 400 g/kg. Väkirehuna käytettiin litistettyä ohraa. Lisäksi rehuseokseen lisättiin kivennäis- ja vitamiiniseos (Kasvuape E-hiven, A-Rehu Ltd., Seinäjoki, Suomi). Ruokinta tapahtui aamuisin, kerran päivässä. Tutkimuksen aikana eläimiä seurattiin ruokintajärjestelmällä, joka rekisteröi yksilökohtaisen rehunkulutuksen ja syöntikäyttäytymisen. Järjestelmästä saatujen tietojen perusteella laskettiin eläinkohtaisesti ravintoaineiden saanti, päiväkasvu, nettokasvu ja elopainon kehitys sekä re-

hun hyväksikäyttö. Rehun kulutus pyrittiin optimoimaan, jotta reuhävikkiä syntyisi mahdollisimman vähän (noin 5 %). Samalla kuitenkin huolehtien, että rehua oli jatkuvasti vapaasti saatavilla. Seosrehu valmistettiin 10 m³:n seosrehuvaunulla (Trioliet, Trioliet, BW Oldenzaal, Alankomaat), jossa käytettiin Triotronic-punnitusjärjestelmää. Kokeesta jouduttiin poistamaan kolme holsteinsonnia kesken kokeen. Kaksi sonnia (SUOLA ja HAPPO) kuolivat keuhkokuumeeseen ja yksi sonni (SUOLA) puhaltumiseen. Ruokinnan ei katsota aiheuttaneen poistoja.

4.3 Rehunäytteiden otto ja analysointi

Säilörehusta kerättiin rehuseosten teon yhteydessä rehunäytteitä kaksi kertaa viikossa. Rehunäytteistä määritettiin kokeen aikana vain kuiva-aine päivittäistä ruokintaa varten ja loput näytteestä pakastettiin ja varastoitettiin -20 ° C:ssa kokeen jälkeen suoritettavaa tarkempaa analyysia varten. Ruokintajaksoja kertyi kokeen aikana yhteensä 9 kappaletta koekäsittelyä kohden (5 kpl ensimmäisestä jaksosta ja 4 kpl toisesta jaksosta). Yhden ruokintajakson kesto oli keskimäärin 28 vuorokautta.

Ohran analyysinäyte koostui useamman ruokintajakson osanäytteistä yhdistetystä kokonaisnäytteestä. Näitä kertyi kokeen aikana yhteensä neljä kappaletta. Ruokintajakson aikana otetut osanäytteet yhdistettiin analyysinäytteeksi. Yksi osanäyte koostui keskimäärin viikon aikana ruokintaan kuluvista rehupaaleista. Säilörehupaaleista kairattiin edustava rehunäyte ja näyte sekoitettiin hyvin ennen kuiva-ainenäytteen ottoa. Rehunäyte kuivattiin lämpökaapissa 105 °C asteessa 20 tuntia. Saadun kuiva-aineen perusteella määritettiin seosrehujen kuiva-ainesuhteet oikein.

Kemialliset analyysit säilörehu- ja väkirehunäytteistä tehtiin Luonnonvarakeskuksen Jokioisten laboratoriossa. Säilörehusta analysoitiin kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen, kuitu (NDF), D-arvo ja säilönnällinen laatu. Säilönnälliseen laadun analyysiin kuuluivat pH, maitohappo, muurahaihappo, sokeri, etanoli, haihtuvat rasvahapot (VFA) eli etikkahappo, propionihappo, voihiappo, valerianahappo, isovaleriaanahappo, isovoihappo, kapronihappo sekä ammoniumtyppi ja liukoinen typpi. Väki-rehuista analysoitiin kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen (RV) ja NDF.

Primäärinen kuiva-aine määritettiin kuivaamalla näytteitä lämpökaapissa 105 °C:ssa 20 h ajan. Tämän jälkeen kemialliseen analyysiin vaadittavaa näytettä kuivattiin 60 °C:ssa 16 tunnin ajan ja jauhettiin (Sakomylylly KT-3100, Koneteollisuus LTD., Helsinki, Suomi) käyttäen 1 mm:n seulaa. Kuiva-aineen määrittämisessä uunissa hävinneet ainesosat huomioitiin Huidan ym. (1986) mukaan. Tuhka määritettiin käyttämällä standardimenetelmää (menetelmä 942 - 05) (AOAC 1990). Typpipitoisuus analysoitiin Dumas – menetelmällä (AOAC menetelmä 968 - 06). Määrittämisessä käytettiin Leco FP 428 typpianalysaattoria (Leco, St Joseph, MI, USA). Rehun raakavalkuaispitoisuus laskettiin kertomalla typpipitoisuus luvulla 6,25. Neutraalidetergenttikuitu (NDF) määritettiin Van Soestin ym. (1991) mukaan käyttämällä natriumsulfaattia ja ilman amylaasia. Tulokset ilmoitetaan ilman jäännöstuhkaa.

Haihtuvat rasvahapot analysoitiin Huhtanen ym. (1998) mukaan, maitohappo Haackerin ym. (1983), vesiliukoiset hiilihydraatit Somogyin (1945) ja ammoniumtyppi McCullough`n (1967) mukaan. Liukoinen typpi määritettiin vesiliuoksesta Kjeldahl – menetelmää käyttäen (AOAC menetelmä 984 - 13) yhdessä Foss Kjeltex 2400 analysointiyksikön (Foss Tecator AB, Höganäs, Ruotsi) kanssa. Säilörehun muurahaishapon osuus analysoitiin kaupallisella testipakkauksella (Cat. No. 979 732; Boehring Mannheim GmbH, Mannheim, Saksa). Etanolin pitoisuus määritettiin säilörehusta myös kaupallisella testipakkauksella (Cat. No. 981680; KONE Instruments Corporation, Espoo, Suomi). Maitohappo määritettiin kolorimetrisesti spektrofotometrillä (Shimadzu UV mini 1240, Shimadzu Europa GmbH) (Barker ja Summerson 1941).

Orgaanisen aineen *in vitro* -sulavuus määritettiin sellulaasi-pepsiini -menetelmällä (Friedel 1990) Nousiainen ym. (2003) muunnelmaa käyttäen. Tulokset muunnetaan *in vivo* -sulavuutta vastaavaksi käyttämällä suomalaisiin *in vivo* -sulavuuskokeisiin perustuvia korjausyhtälöitä (Huhtanen ym. 2006). Kokonaisrasva määritettiin eetteriuutolla, johon yhdistettiin HCl-hydrolyysi (FOSS Soxtec 8000, SoxCap 20471) (Komissio 2009).

4.4 Koe-eläinten punnitus, teurastus ja ruhon laatu

Sonnit punnittiin kokeen aikana kolme kertaa, kahtena päivänä peräkkäin. Punnitukset jaksotettiin kokeen alkuun, puoliväliin ja loppuun. Maitorotuisten sonnien ruhojen keskimääräinen paino on Suomessa noin 330-335 kg (Huuskonen 2014), joka asetettiin myös kokeessa olevien sonnien tavoitepainoksi. Kaikki kokeen sonnit teurastettiin samana päivänä Atria Oy:n teurastamolla Kauhajoella. Teurastuksen jälkeen ruhot punnittiin lämpöisinä. Ruhot painoivat keskimäärin 335 kg koeruokinnasta riippumatta.

Ruhojen lihaksikkuus ja rasvaisuus arvioitiin EUROP -luokituksen (EY 2006) mukaisesti. EUROP -luokitus määrittelee ruhojen lihakkuuden silmämääräisesti asteikolla 1-15, jossa lihakkuutta arvioidaan ruhon muotojen kehittyneisyyden perusteella. Erityisesti huomiota kiinnitetään paisteihin, paistilinjaan, selkään ja lapoihin. EUROP -kirjaimia käytetään lyhenteinä lihakkuusluokista. EUROP-luokat ovat jaettu vielä kolmeen alaluokkaan, esimerkiksi E+, E ja E-. Lihakkuudeltaan erinomaista ruhoa vastaa luokka E (asteikko 13 - 15) ja huonoa lihakkuutta vastaa P (asteikko 1-3). Lihaksikkuuden lisäksi ruhoista määritetään rasvaisuus, eli määritetään rasvakerroksen paksuus selkäpuolella asteikolla 1-5, jossa 1 esittää erittäin vähärasvaista ja 5 erittäin rasvaista ruhoa (EY2006).

4.5 Tulosten laskenta ja tilastollinen analyysi

Märehtijöiden ruokintasuositukset ja energia-arvot pohjautuvat muuntokelpoiseen energiaan (ME). Säilörehulla ME-arvo kuvaa rehun muuntokelpoisen energian määrää megajouleina (MJ), joka määritetään säilörehun D-arvon kautta kaavalla:

$$ME (MJ/ kg ka) = 0,016 \times D\text{-arvo (g/kg ka)},$$

jossa D-arvo on sulavan orgaanisen aineksen pitoisuus (g/kg ka) (MAFF 1981, Luke 2017).

Ohran muuntokelpoinen energia laskettiin hyödyntäen rehun kemiallista koostumusta ja rehutaulukossa esitettyjä sulavuuskertoimia ja laskentaperusteita (Luke 2017). Rehujen valkuaisarvot laskettiin OIV:na eli ohutsuolesta imeytyvänä valkuaisena ja PVT:na eli pötsin valkuaisasteena (Luke 2017). Ravintoaineiden saanti määritettiin kertomalla rehujen ravintoainepitoisuudet rehujen kuiva-aineen syöntimäärillä.

Säilörehun syönti-indeksillä kuvataan syöntipotentiaalia. Kokeessa syönti-indeksi laskettiin rehuanalyysitulosten perusteella Huhtasen ym. (2007) mukaan.

$$\text{Syönti-indeksi} = 100 + 10 \times [(D\text{-arvo} - 680) \times 0,0170 - (TA - 80) \times 0,0128 + (0,0198 \times (KA - 250) - 0,00002364 \times (KA^2 - 2502))]$$

jossa,

D-arvo = sulavan orgaanisen aineen pitoisuus (g/kg ka)

TA = säilörehun kokonaishappopitoisuus (g/kg ka)

KA = säilörehun kuiva-ainepitoisuus (g/kg)

Sonnien päiväkasvu laskettiin lopullisen painon ja alkupainon erotuksena ja erotus jaettiin kasvatuspäivien määrällä. Nettokasvu kasvatusajalta laskettiin teuraspainon ja kokeen alussa olleen ruhopainon erotuksena ja jaettiin kasvatuspäivillä. Ruhopaino kokeen alussa laskettiin kertomalla alkupaino 0,5:llä.

Tulosten tilastollinen käsittely tehtiin varianssianalyysillä SAS-ohjelmiston (versio 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) GLM-proseduurilla. Ruokintakokeen tulokset testattiin käyttämällä tilastollista mallia $y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha \times \gamma)_{ij} + \theta_{ijl} + \beta_{xijk} + e_{ijkl}$

Koemallissa μ on yleiskeskisarvo, ja e_{ijkl} on virhetermi. Säilöntäainekäsittelyn (KONTROLLI, SUOLA, HAPPO) kiinteä vaikutus on α_i , γ_j on rodun (Ay, Hol) kiinteä vaikutus ja $(\alpha \times \gamma)_{ij}$ on säilöntäainekäsittelyn ja rodun yhdysvaikutus. θ_{ijl} on karsinan satunnaisvaikutus. Eläinten elopainoa kokeen alussa käytettiin kovariaattina (β_{xijk}) mallissa testattaessa syöntiä, kasvua ja rehun hyväksikäyttöä kuvaavia muuttu-

jia. Teuraspainoa käytettiin kovariaattina teurastulosten (teurasprosentti, ruhon lihakkuus, ruhon rasvaisuus) osalta mallissa. Tilastolliset erot ruokintakokeen koekäsittelyissä testattiin ortogonaalisilla kontrasteilla. Ensimmäinen testaus suoritettiin KONTROLLIN ja säilöntäaineen välillä (KONTROLLI vs. SUOLA ja HAPPO). Toinen testaus SUOLAN ja HAPON välillä ja kolmannella testattiin rodun vaikutusta. Koska säilöntäainekäsittelyn ja rodun yhdysvaikutukset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, tulokset esitetään taulukoissa ainoastaan säilöntäainekäsittelyn ja rodun päävaikutusten osalta.

5 Tulokset

5.1 Rehujen koostumus ja rehuarvo

Rehujen kemialliset koostumukset ja ravitsemuksellinen arvo ovat taulukossa 1. Säilörehujen tuloksia ei tarkastella tilastollisesti, vaan niistä esitetään ainoastaan keskiarvot ja keskihajonta, sillä koerehujen rehunäytteet eivät ole aitoja toistoja. Säilörehun kuiva-ainepitoisuudet olivat ensimmäisessä niitossa: KONTROLLI 356 g/kg ka, SUOLA 358 g/kg ka ja HAPPO 371 g/kg ka. Toisen niiton rehut olivat kuivempia. Kuiva-aine niissä oli keskimäärin 389 g/kg.

Ensimmäisen niiton säilörehujen pH oli keskimäärin 4,26 ja se oli matalampi kuin 2. niiton rehujen pH (keskiarvo 4,62). Ensimmäisen niiton koerehut olivat muilta säilönnällisiltä ominaisuuksiltaan (ammoniakkityppi, sokerit, maitohappo, etikkahappo, voi-happo, etanoli) hyviä (taulukko 1.). Toisen niiton rehun D-arvo oli heikompi kuin ensimmäisen niiton. Toisen niiton säilörehun D-arvot vaihtelivat 604-618 g/kg ka välillä. HAPPO-säilötyssä rehussa oli hieman vähemmän maitohappoa ja enemmän vesiliukoisia hiilihydraatteja kuin SUOLA- ja KONTROLLI-rehussa. Rehun raakavalkuaispitoisuus oli kuitenkin suurehko (vaihteli välillä 173-177 g/kg ka). Säilörehun syönti-indeksi (93-97) jäi alhaisemmaksi kuin indeksiarvo 100, joka kuvaa hyvin säilyneen ja aikaisin korjatun rehun syönti-indeksiä. Ensimmäisessä niitossa syönti-indeksi vaihteli 110-114 välillä. Ruokinnassa käytetyn litistetyn ohran koostumus ja rehuarvot olivat kuiva-aine 883 g/kg, raakavalkuainen 122 g/kg ka, muun-

tokelpoinen energia 13.2 MJ/kg ka, ohutsuolesta imeytyvä valkuainen 98 g/kg ka, pötsin valkuaiastase -25 g/kg ka (taulukko 2).

Taulukko 1. Nurmisäilörehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot kokeen aikana (keskiarvo \pm keskihajonta). Yksikkönä g/kg ka ellei toisin ilmoiteta.

	Ensimmäinen niitto			Toinen niitto		
	KONTR	SUOLA	HAPPO	KONTR	SUOLA	HAPPO
Näytemäärä	5	5	5	4	4	4
Kuiva-aine (ka), g/kg	356 \pm 13,5	358 \pm 25,6	371 \pm 28,5	390 \pm 20,4	399 \pm 29,6	378 \pm 19,5
Tuhka	67 \pm 3,5	64 \pm 5,8	58 \pm 5,2	75 \pm 3,5	79 \pm 4,3	74 \pm 1,0
Raakavalkuainen	162 \pm 15,8	154 \pm 17,2	161 \pm 15,4	177 \pm 8,2	174 \pm 11,1	173 \pm 12,5
Kuitu (NDF)	528 \pm 17,0	542 \pm 26,5	535 \pm 14,0	564 \pm 7,8	578 \pm 7,8	564 \pm 9,3
ME, MJ/kg ka	11,2 \pm 0,05	11,1 \pm 0,15	11,2 \pm 0,12	9,9 \pm 0,13	9,7 \pm 0,25	9,9 \pm 0,12
OIV	88 \pm 1,9	87 \pm 2,9	88 \pm 2,4	85 \pm 0,1	84 \pm 1,7	85 \pm 1,7
PVT	31 \pm 13,7	24 \pm 13,5	29 \pm 12,6	51 \pm 8,4	51 \pm 16,4	47 \pm 10,2
D-arvo	698 \pm 3,3	695 \pm 9,4	703 \pm 7,3	618 \pm 8,2	604 \pm 11,6	617 \pm 7,6
Säilörehun syönti-indeksi	110 \pm 1,1	110 \pm 1,4	114 \pm 1,8	95 \pm 2,7	93 \pm 3,5	97 \pm 1,6
Säilönnällinen laatu						
pH	4,24 \pm 0,068	4,28 \pm 0,120	4,27 \pm 0,105	4,59 \pm 0,124	4,74 \pm 0,082	4,52 \pm 0,051
Maitohappo	55,6 \pm 3,65	49,3 \pm 4,46	37,4 \pm 9,04	39,8 \pm 6,41	33,1 \pm 5,13	27,2 \pm 3,06
Muurahaishappo	0,1 \pm 0,01	0,1 \pm 0,01	3,6 \pm 0,13	0,1 \pm 0,01	0,1 \pm 0,01	5,4 \pm 1,19
Sokerit	79,4 \pm 9,24	94,8 \pm 8,36	129,5 \pm 9,08	53,5 \pm 10,37	53,7 \pm 11,30	73,3 \pm 10,33
Etanoli	8,8 \pm 0,55	7,1 \pm 0,43	6,8 \pm 1,28	3,8 \pm 0,84	2,5 \pm 1,01	2,6 \pm 1,16
Haihtuvat rasvahapot	14,6 \pm 1,58	12,7 \pm 1,43	11,1 \pm 0,55	14,5 \pm 1,21	15,7 \pm 1,38	10,9 \pm 0,97
Etikkahappo	13,5 \pm 1,72	11,9 \pm 1,49	9,1 \pm 0,43	13,5 \pm 1,13	14,7 \pm 2,24	8,3 \pm 0,84
Propionihappo	0,41 \pm 0,132	0,33 \pm 0,053	1,44 \pm 0,404	0,39 \pm 0,036	0,42 \pm 0,077	1,92 \pm 0,326
Voihappo	0,35 \pm 0,077	0,30 \pm 0,060	0,29 \pm 0,019	0,36 \pm 0,045	0,29 \pm 0,043	0,34 \pm 0,077
Valeriaanahappo	0,13 \pm 0,021	0,14 \pm 0,017	0,12 \pm 0,014	0,10 \pm 0,021	0,11 \pm 0,016	0,10 \pm 0,054
Isovaleriaanahappo	0,06 \pm 0,014	0,06 \pm 0,011	0,06 \pm 0,004	0,10 \pm 0,021	0,10 \pm 0,011	0,11 \pm 0,035
Isovoihappo	0,03 \pm 0,000	0,03 \pm 0,000	0,02 \pm 0,012	0,05 \pm 0,009	0,05 \pm 0,015	0,04 \pm 0,023
Kapronihappo	0,04 \pm 0,048	0,02 \pm 0,040	0,03 \pm 0,028	0,06 \pm 41	0,06 \pm 47	0,07 \pm 090
Ammonium-N, g/kgN	54,8 \pm 3,73	52,4 \pm 3,06	47,5 \pm 3,08	66,2 \pm 4,79	71,2 \pm 5,22	56,6 \pm 4,90
Liukoinen N, g/kg N	449 \pm 35,7	451 \pm 37,7	419 \pm 38,6	381 \pm 32,2	349 \pm 37,8	371 \pm 30,9

ME = Muuntokelpoinen energia, OIV = Ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, PVT = Pötsin valkuaiastase.

Taulukko 2. Kokeessa käytetyn litistetyn ohran koostumus ja rehuarvot (keskiarvo \pm keskihajonta).

Näytemäärä, kpl	5
Kuiva-aine (ka), g/kg	882 \pm 6,3
Tuhka, g/kg ka	29 \pm 0,4
Raakavalkuainen, g/kg ka	122 \pm 10,1
Kuitu (NDF), g/kg ka	211 \pm 9,5
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	13,2 \pm 0,01
Ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, g/kg ka	98 \pm 1,4
Pötsin valkuaiastase, g/kg ka	-25 \pm 8,7

5.2 Rehujen syönti ja ravintoaineiden saanti

Sonnit söivät seosrehua ensimmäisen jakson aikana KONTROLLI-ruokinnalla keskimäärin 0,615 kg ka/vrk. enemmän kuin säilörehuruokinoilla (SUOLA + HAPPO) ($P<0,01$) (taulukko 3). Toisen jakson aikana erot syönnissä tasoittuivat ja sonnit söivät seosrehua keskimäärin 0,305 kg ka/vrk. enemmän säilöntäaineruokinoilla (SUOLA + HAPPO) kuin KONTROLLI-ruokinnalla ($P=0,26$). Koko kokeen ajalta seosrehujen syönnissä ei ollut eroa. Kuiva-aineen syönti grammoina metabolista elopainokiloa kohden mukaili samaa kaavaa kuin syönti. KONTROLLI-ryhmän rehun syöntimäärä oli muita ryhmiä suurempi vain jaksolla yksi ($P<0,01$). Myöskään rotujen välillä ei ollut eroja säilörehun syönnissä eikä ravintoaineiden saannissa.

KONTROLLI-ruokinnalla muuntokelpoisen energian saanti oli 114 MJ/vrk., mikä oli noin 6 % suurempi kuin koeruokinoilla keskimäärin (107 MJ/vrk) ($P<0,01$). Myös raakavalkuaisen (rv), OIV:n ja kuidun saannin osalta tulokset olivat suurempia kuin muilla ruokinoilla ($P<0,01$). KONTROLLI-ruokinnalla raakavalkuaisen saanti oli 1412 g/vrk. Säilöntäainekäsittelyillä (SUOLA + HAPPO) rv:n saanti jäi ensimmäisellä jaksolla keskimäärin 1295 grammaan vuorokaudessa. Ohutsuolesta imeytyvän valkuaisen saanti kontrolliruokinnalla oli 883 g/vrk ja vastaavasti keskimääräinen OIV:n saanti säilöntäaineilla oli 821 g/vrk. Lisäksi kuidun (NDF) saanti 3713 g/vrk kontrollilla oli noin 4 % korkeampi kuin HAPPO- ja SUOLA-käsittelyillä. Toisella jaksolla ja koko kokeen ajalla ravintoaineiden saannissa ei ollut tilastollista eroa, kontrolliryhmän ja säilöntäaine ryhmien keskiarvon välillä ($P>0,1$).

Taulukko 3. Sonnien rehun syönti ja ravintoaineiden saanti eri koekäsittelyillä.

Koekäsittelyt	Ruokinta ^a			Rotu ^b		SEM ^c	Kontrastit (<i>P</i> -arvot) ^d		
	KONTR	SUOLA	HAPPO	AY	HOL		1	2	3
Eläinmäärä	30	28	29	45	42	-	-	-	
Kuiva-aineen syönti, kg/vrk									
1 jakso, 135 vuorokautta (1. niiton rehut)	9,50	9,06	8,80	9,18	9,06	0,122	0,002	0,15	0,43
2 jakso, 124 vuorokautta (2. niiton rehut)	11,07	11,46	11,29	11,41	11,15	0,209	0,26	0,57	0,30
Koko koe, 259 vuorokautta	10,23	10,18	9,96	10,21	10,03	0,152	0,39	0,32	0,32
Kuiva-aineen syönti, g/metabolinen elopaino-kg (W ^{0.75})									
1 jakso	107	102	100	104	102	1,3	0,002	0,30	0,42
2 jakso	94	98	98	98	96	1,8	0,13	0,79	0,39
Koko koe	102	101	100	102	100	1,5	0,46	0,60	0,32
Ravintoaineiden saanti									
1 jakso									
Muuntokelpoinen energia, MJ/vrk	114	109	106	110	109	1,5	0,002	0,24	0,43
Raakavalkuainen, g/vrk	1410	1301	1298	1344	1328	17,7	<0,001	0,92	0,45
Ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, g/vrk	882	831	816	849	830	11,3	0,001	0,36	0,43
Kuitu (NDF), g/vrk	3713	3642	3515	3647	3601	49,1	0,002	0,30	0,43
2 jakso									
Muuntokelpoinen energia, MJ/vrk	125	128	127	128	125	2,3	0,35	0,89	0,30
Raakavalkuainen, g/vrk	1686	1732	1690	1723	1683	31,5	0,53	0,37	0,30
Ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, g/vrk	998	1024	1018	1025	1002	18,8	0,33	0,83	0,30
Kuitu (NDF), g/vrk	4613	4830	4678	4761	4653	86,9	0,21	0,24	0,30
Koko koe									
Muuntokelpoinen energia, MJ/vrk	119	117	116	119	116	1,8	0,27	0,54	0,32
Raakavalkuainen, g/vrk	1539	1501	1480	1520	1493	22,7	0,11	0,53	0,32
Ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, g/vrk	936	921	910	931	914	13,8	0,25	0,59	0,32
Kuitu (NDF), g/vrk	4132	4195	4056	4165	4090	62,3	0,93	0,14	0,32

^a Ruokinnat: KONTR = timoteisäilörehu ilman säilöntäainetta (600 g/kg ka) + litistetty ohra (400 g/kg ka), SUOLA = Safesil-säilöntäaineella säilötty timoteisäilörehu (600 g/kg ka) + litistetty ohra (400 g/kg ka), HAPPO= AIV ÄSSÄ -säilöntäaineella säilötty timoteisäilörehu (600 g/kg ka) + litistetty ohra (400 g/kg ka).

^b AY = Ayrshire, HOL = Holstein; ^c SEM = keskiarvon keskivirhe.

^d Kontrastit: 1 = kontrolli vs. säilöntäaineet, 2 =SUOLA vs. HAPPO, 3 = AY vs. HOL. Rodun ja ruokintakäsittelyn väliset yhdysvaikutukset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä min-kään testatun parametrin osalta ($P>0,10$), joten yhdysvaikutusten *P*-arvoja ei esitetä.

5.3 Sonniien kasvu ja rehun hyväksikäyttö

Sonniien päiväkasvussa oli ensimmäisen jakson aikana tilastollisesti merkitsevää eroa ($P=0,01$). Kontrolliryhmän päiväkasvu oli ensimmäisellä jaksolla noin 6 % suurempi kuin SUOLA- ja HAPPO-ryhmien ($P=0,01$) (taulukko 4). Koko kokeen aikana KONTROLLI-ryhmän päiväkasvu oli noin 5 % suurempi kuin säilöntäaineryhmien ($P<0,05$). SUOLA- ja HAPPO-ruokintojen välillä oli ensimmäisen jakson aikana suuntaa -antava ero kuiva-aineen syönnissä päiväkasvukiloa kohden HAPPO-ryhmän hyväksikäytön (kg ka/päiväkasvu-kg) ollessa tehokkaampaa kuin SUOLA-ryhmän sonneilla ($P=0,08$) (taulukko 5). Toisen jakson aikana saadut tulokset eivät olleet enää merkitseviä päiväkasvun tai rehun hyväksikäytön osalta ($P=0,27$). Säilöntäaineiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa päiväkasvussa tai rehun hyväksikäytössä, sillä P -arvot vaihtelivat 0,14-0,95. Rodulla ei ollut vaikutusta sonniien päiväkasvuun, nettokasvuun tai rehun hyväksikäyttöön.

Taulukko 4. Sonniien teurasikä, elopaino ja kasvu eri koekäsittelyillä.

Koekäsittely	Ruokinta ^a			Rotu ^b		SEM ^c	Kontrastit (P -arvot) ^d		
	KONTR	SUOLA	HAPPO	AY	HOL		1	2	3
Eläinmäärä	30	28	29	45	42	-	-	-	
Teurasikä, vrk	508	511	509	510	508	1,7	0,40	0,43	0,35
Elopaino, kg									
Kokeen alussa	287	295	290	289	293	2,2	0,26	0,42	0,23
Säilörehun vaihtuessa	503	496	496	500	498	3,9	0,24	0,75	0,67
Kokeen lopussa	650	641	636	643	642	5,6	0,17	0,43	0,90
Päiväkasvu, g/vrk									
1 jakso, 135 vrk	1601	1490	1524	1558	1519	26,4	0,01	0,43	0,23
2 jakso, 124 vrk	1185	1169	1130	1157	1166	24,0	0,27	0,29	0,74
Koko koe, 259 vrk	1408	1340	1341	1371	1355	20,5	0,02	0,95	0,52
Nettokasvu, g/vrk	747	736	741	750	732	14,8	0,64	0,81	0,33

^a Ruokinnat: KONTR = timoteisäilörehu ilman säilöntäainetta (600 g/kg ka) + litistetty ohra (400 g/kg ka), SUOLA = SUOLA-säilöntäaineella säilötty timoteisäilörehu (600 g/kg ka) + litistetty ohra (400 g/kg ka), HAPPO = HAPPO-säilöntäaineella säilötty timoteisäilörehu (600 g/kg ka) + litistetty ohra (400 g/kg ka).

^b AY = Ayrshire, HOL = Holstein.

^c SEM = keskiarvon keskivirhe.

^d Kontrastit: 1 = KONTROLLI vs. säilöntäaineet, 2 = SUOLA vs. HAPPO, 3 = AY vs. HOL. Rodun ja ruokintakäsittelyn väliset yhdysvaikutukset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä minkään testatun parametrin osalta ($P>0,10$), joten yhdysvaikutusten P -arvoja ei esitetä.

Taulukko 5. Sonnien rehun hyväksikäyttö eri koekäsittelyillä.

Koekäsittelyt	Ruokinta ^a			Rotu ^b		SEM ^c	Kontrastit (<i>P</i> -arvot) ^d		
	KONTR	SUOLA	HAPPO	AY	HOL		1	2	3
Eläinmäärä	30	28	29	45	42	-	-	-	
Rehun hyväksikäyttö									
1 jakso, 135 päivää (1. niiton rehut)									
Kg kuiva-ainetta/päiväkasvu-kg	5,94	6,06	5,75	5,89	5,96	0,126	0,81	0,08	0,64
MJ/päiväkasvu-kg	71	73	70	71	72	1,5	0,75	0,12	0,63
g raakavalkuaista/päiväkasvu-kg	882	870	848	862	874	18,4	0,30	0,39	0,61
2 jakso, 124 päivää (2. niiton rehut)									
Kg kuiva-ainetta/päiväkasvu-kg	9,34	9,82	9,99	9,86	9,56	0,343	0,46	0,71	0,63
MJ/päiväkasvu-kg	106	110	112	111	107	3,9	0,53	0,55	0,63
g raakavalkuaista/päiväkasvu-kg	1423	1484	1496	1489	1443	52,0	0,65	0,86	0,64
Koko koe, 259 päivää									
Kg kuiva-ainetta/päiväkasvu-kg	7,23	7,60	7,43	7,45	7,40	0,186	0,36	0,43	0,76
MJ/päiväkasvu-kg	85	87	87	87	86	2,2	0,44	0,58	0,76
g raakavalkuaista/päiväkasvu-kg	1093	1120	1104	1109	1102	27,8	0,66	0,58	0,77
Kg kuiva-ainetta/nettokasvu-kg	13,69	13,83	13,44	13,61	13,70	0,408	0,76	0,35	0,98
MJ/nettokasvu-kg	159	159	157	159	159	4,7	0,66	0,46	0,99
g raakavalkuaista/nettokasvu-kg	2060	2039	1997	2027	2040	52,2	0,48	0,46	0,99

^a Ruokinnat: KONTR = timoteisäilörehu ilman säilöntäainetta (600 g/kg ka) + litistetty ohra (400 g/kg ka), SUOLA = Safesil-säilöntäaineella säilötty timoteisäilörehu (600 g/kg ka) + litistetty ohra (400 g/kg ka), HAPPO = AIV- Ässä -säilöntäaineella säilötty timoteisäilörehu (600 g/kg ka) + litistetty ohra (400 g/kg ka).

^b AY = Ayrshire, HOL = Holstein, ^c SEM = keskiarvon keskivirhe.

^d Kontrastit: 1 = KONTROLLI vs. säilöntäaineet, 2 = SUOLA vs. HAPPO, 3 = AY vs. HOL. Rodun ja ruokintakäsittelyn väliset yhdysvaikutukset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä minkään testatun parametrin osalta ($P > 0,10$), joten yhdysvaikutusten *P*-arvoja ei esitetä.

5.4 Sonnien elopaino ja ruhon laatu

Sonnien elopainot kokeen alussa olivat KONTROLLI-ryhmässä 287 kg, säilöntäaineryhmillä (SUOLA + HAPPO) elopaino oli keskimäärin 293 kg ($P=0,26$) (taulukko 4). Toisen jakson alussa KONTROLLI-ryhmän sonnit painoivat 503 kg ja säilöntäaineryhmien (SUOLA + HAPPO) sonnit painoivat 496 kg ($P=0,2$). Kokeen lopussa sonnien elopainot olivat KONTROLLI-ryhmässä 650 kg, SUOLA- ja HAPPO-ryhmien elopaino oli noin 638,5 kg ($P=0,17$) (taulukko 4).

KONTROLLI-ruokinnan sonnien ruhon lihakkuus oli heikompi kuin muiden koe-ryhmien eläimillä. KONTROLLI-rehua saaneiden ruhon lihakkuus EUROP-menetelmää käyttäen oli 4,77 ja rasvaisuus 2,60. Vastaavasti SUOLA- ja HAPPO-käsittelyn sonnien lihakkuus oli 5,11 ja 5,00 ja rasvaisuus 2,43 ja 2,38. HAPPO- ja SUOLA-käsittelyillä saavutettiin siis keskimäärin noin 6 % parempi lihakkuus kuin KONTROLLI-ruokinnalla ($P<0,01$). Lihakkuuteen vaikutti merkitsevästi myös rotu, sillä ayrshiresonnien ruhot olivat keskimäärin 7 % lihakkaampia kuin holsteinsonnien ruhot ($P<0,01$).

Ruhon rasvaisuudessa ei ollut merkitseviä eroja käsittelyjen eikä rodun välillä ($P>0,10$) (taulukko 6.). Tosin säilöntäaineryhmien (SUOLA + HAPPO) eläinten ruhot olivat keskimäärin hieman rasvattomampia kuin KONTROLLI-ryhmässä ($P=0,11$). Ruhon arvo (euroa/kg) oli suuntaa-antavasti parempi säilöntäaineryhmien (SUOLA + HAPPO) sonneilla kuin KONTROLLI-ryhmään kuuluvilla ($P=0,08$) (taulukko 6.).

Taulukko 6. Sonnien teurastulokset ja ruhon arvo

Koe­käsit­te­lyt	Ruokinta ^a			Rotu		SEM ^c	Kon­trastit (<i>P</i> -arvot) ^d		
	KONTR	SUOLA	HAPPO	AY	HOL		1	2	3
Eläin­määrä	30	28	29	45	42	-	-	-	
Teuras­pros., g/kg	517	524	524	524	519	2,9	0,16	0,95	0,33
Lihakkuus, EUROP	4,77	5,11	5,00	5,13	4,79	0,083	0,007	0,29	0,004
Rasvaisuus, EUROP	2,60	2,43	2,38	2,42	2,51	0,102	0,11	0,76	0,56
Ruhon arvo, €/kg (ilman ALV)	3,08	3,14	3,15	3,13	3,12	0,030	0,08	0,95	0,85

^a Ruokinnat: KONTR = timoteisäilörehu ilman säilöntäainetta (600 g/kg ka) + litistetty ohra (400 g/kg ka), SUOLA = Safesil-säilöntäaineella säilötty timoteisäilörehu (600 g/kg ka) + litistetty ohra (400 g/kg ka), HAPPO = AIV- Ässä -säilöntäaineella säilötty timoteisäilörehu (600 g/kg ka) + litistetty ohra (400 g/kg ka).

^b AY = Ayrshire, HOL = Holstein.

^c SEM = keskiarvon keskivirhe.

^d Kontrastit: 1 = KONTROLLI vs. säilöntäaineet, 2 = SUOLA vs. HAPPO, 3 = AY vs. HOL. Rodun ja ruokintakäsittelyn väliset yhdysvaikutukset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä minkään testatun parametrin osalta ($P > 0,10$), joten yhdysvaikutusten *P*-arvoja ei esitetä.

6 Tulosten tarkastelu

6.1 Rodun vaikutukset

Kokeessa rotu vaikutti merkitsevästi ainoastaan ruhojen lihakkuuteen. Rodulla ei ollut vaikutusta rehun syöntiin, kasvuun eikä rehun hyväksikäyttöön. Ay-rotuisien sonnien lihakkuus oli kuitenkin parempi verrattuna holsteinsonneihin. Huuskosen ym. (2013) tutkimuksessa ay- ja hol-hiehoilla ruhon lihakkuus oli 10-20 % parempi ayrshireilla kuin holsteineilla. Myös Huuskosen (2014) toisessa tutkimuksessa ayrshireillä oli noin 14 % parempi ruhon laatu kuin holsteineilla. Kokeessa saatu 7 % parempi lihakkuus ayrshireillä on siten linjassa aiempien tutkimuksien kanssa, joissa

on tutkittu rodun välisiä eroja kasvussa ja ruhon laadussa (Huuskonen ym. 2013, Huuskonen 2014).

6.2 Koerehujen laatu

Säilörehu oli niin käymislaadultaan kuin rehuarvoiltaan onnistunutta, vaikka toisen jakson säilörehun D-arvo oli selvästi huonompi. Toisen niiton säilörehun sulaavuus (D-arvo 604-618 g/kg ka), olisi voinut olla hieman parempi, sillä jo 10 g/kg ka D-arvon nousun on todettu kasvattavan syöntiä ja lisäävän päiväkasvua keskimäärin 37 g/pv (Manninen ym. 2011). Myös aiemmissa tutkimuksissa on päädytty samansuuntaisiin tuloksiin (Aronen ym. 1995, Joki-Tokola ym. 1995).

Ensimmäisen jakson rehujen pH :t olivat selvästi matalampia kuin 2. jaksolla (keskimäärin 4,26 vs. 4,62). Kuitenkaan keskimääräisissä maitohappopitoisuuksissa (47 vs. 33 g/kg ka) ja VFA-pitoisuuksissa ei ollut jaksojen välillä eroja, jotka selittäisivät pH-eron jaksojen välillä. Toisaalta toisen jakson rehujen ammoniumtyypen määrä (51,6 vs. 64,7 g/kg N). oli korkeampi kuin 1. jaksolla, jolloin se voisi osaltaan hieman nostaa pH:ta. Myös nurmen puskurikapasiteetilla on saattanut olla vaikutusta jaksojen välillä. Toisaalta 2. jakson hieman korkeampi kuiva-ainepitoisuus on voinut rajoittaa käymistä ja siten näiden tekijöiden yhteisvaikutus voisi aiheuttaa kyseisen eron pH:ssa jaksojen välillä.

Säilöntäainekäsittelyjen välillä ainoa selkeä numeerinen ero ensimmäisen jakson rehujen koostumuksissa oli sokeripitoisuudessa (KONTR. 79 vs. SUOLA 95 vs. HAPPO 130 g/kg ka). Erot sokerin määrässä selittynee säilönnän aikana tapahtuneella käymisellä. Säilöntäaineettomassa rehussa mikrobit ovat käyttäneet ravinnokseen rehun sokereita, jotka alensivat sokerin lopullista määrää. Myös SUOLA-säilöntäaineella mikrobit olivat osittain käyttäneet energiakseen myös rehun sokereita. Haposäilötyllä rehulla sokerit olivat säilyneet parhaiten, koska hapon käyttö oli ehkäissyt mikrobientoimintaa (McDonald ym. 2011). HAPPO-rehun korkeaa sokeripitoisuutta voisi selittää myös se, että säilöntähappo hajottaa säilönnän aikana rehun kuitua sokeriksi. Tästä johtuen ero käymishappojen määrässä on selvästi pienempi kuin sokerimäärässä. Lisäksi ensimmäisen jakson jäännössokerin pitoisuus oli suurempi kuin 2. jakson, joka johtunee ensimmäisen sadon raaka-aineen suurem-

masta sokeripitoisuudesta. Ensimmäisen jakson rehujen tekoaikana päivä on ollut pidempi ja säteilyn määrä on ollut suurempi, jolloin kasvuston yhteyttämiskapasiteetti on ollut suurempi kuin toisen sadon aikaan (Virkajärvi ja Pakarinen 2012).

Hyvälaatuisella säilörehulla on aiemmissa tutkimuksissa päästy varsin kilpailukykyisiin tuloksiin verrattaessa voimakkaaseen väkirehuruokintaan perustuvaan dieettiin (Muir ym. 1998, Steen ym. 2002). Syönnin kasvaminen johtaa lisääntyneeseen energiansaantiin ja kasvuun verrattuna huonommin sulavaan rehuun. Riittävä kuidun määrä ruokinnassa on edellytys pötsin häiriöttömälle toiminnalle. NDF-kuidun osuus koerehuissa oli keskimäärin 535 g/kg ka, joten sen määrä ei rajoittanut syöntiä. SUOLA-ryhmän sonnien NDF-kuidun saanti oli koko kokeen ajalta suurinta olleen 4195 g/vrk.

6.3 Säilöntäainekäsittelyn vaikutukset rehun syöntiin

KONTROLLI-ryhmän eläimet söivät ensimmäisellä jaksolla seosrehua enemmän kuin muut ryhmät (9,5 vs. 9,1 ja 8,8 kg ka/vrk). Kuitenkaan koko kokeen ajalta tuloksissa ei ollut merkitsevää eroa. Ensimmäisellä jaksolla myös muuntokelpoisen energian saanti ja ohutsuolet imeytyvän valkuaisen määrä jäivät alhaisemmaksi säilöntäaineruokinnalla (SUOLA + HAPPO), mikä johtui eroista säilörehun kuiva-aineen syönnissä. Agnew'n ja Carsonin (2000) mukaan säilöntäaineen käyttäminen lisäsi syöntiä sonneilla 21 % verrattaessa säilöntäaineettomaan rehuun. Wintersin ym. (2001) tutkimuksessa säilörehun syönti lisääntyi 11-13 % happokäsitellyillä rehuilla verrattuna säilöntäaineettomiin kontrolleihin. Ero kyseisten tutkimuksien ja tämän tutkimuksen välillä voi johtua koerehujen kuiva-ainepitoisuudesta. Aiempien tutkimuksien (Agnew ja Carson 2000, Winters ym. 2001) säilörehujen kuiva-ainepitoisuudet olivat huomattavasti alhaisempia (167-230 g/kg ka) kuin tässä tutkimuksessa, jossa kuiva-aine oli yli 350 g/kg. Säilöntäaineiden positiivinen vaikutus tuli esiin etenkin märissä rehuissa. Wintersin ym. (2001) tutkimuksessa saavutettiin säilöntäaineilla jopa 900 grammaa parempi päivittäinen kuiva-aineen syönti verrattuna säilöntäaineettomaan rehuun.

Huhtanen ym. (2007) määrittivät yhteenvedossaan kuiva-aineen vaikutuksen syönti-indeksiin olevan käyräviivainen. Kuiva-aineen pitoisuuden vaikutus syönti-indeksiin oli nouseva, kunnes se saavutti maksimin 420 g/kg. Tässä kokeessa kuiva-aineen osuus säilörehuissa oli keskimäärin 375 g/kg, jolloin sen vaikutus syönti-indeksiin oli positiivinen. Laskennalliseen syönti-indeksiin vaikuttaa myös säilörehun D-arvo ja niittokerta (Huhtanen ym. 2007). Toisen niiton rehuilla alentunutta D-arvoa pystyttiin tässä kokeessa osittain paikkaamaan väkirehujen avulla, jotta energian saanti ei heikentynyt ja kasvu pysyi tasaisena. Koko rehun syönti-indeksiin laskeaan myös väkirehun vaikutus. Korkean syönti-indeksin omaavilla rehuilla väkirehun lisäys vähensi päivittäistä syöntiä (Huhtanen ym. 2007). Hapolla säilötyn säilörehun syönti-indeksi oli ensimmäisellä jaksolla 114, jolloin on mahdollista, että väkirehun määrä on vähentänyt kuiva-aineen syöntiä verrattaessa muihin koerehuihin, joiden syönti-indeksi oli 110. Edellä mainitusta johtuen jatkotutkimuksissa voitaisiin alentaa väkirehun osuutta, jolloin säilörehun ja säilöntäaineiden vaikutukset olisivat selkeämpiä. Myös ensimmäisellä jaksolla säilörehun korkea D-arvo ja säilöntäaineella tehtyjen rehujen suurempi sokeripitoisuus ovat saattaneet yhdessä aiheuttaa syönnin vähenemisen kontrolliruokintaan verrattuna. Tarkkoja syitä ei kuitenkaan voida tietää alentuneeseen syöntiin.

KONTROLLI-ryhmän korkeampi kuiva-aineen saanti kokeen alkuvaiheessa vaikutti myös energian- ja ravintoaineiden saantiin positiivisesti. Ensimmäisellä jaksolla muuntokelpoisen energian saanti oli KONTROLLI-ryhmän sonneilla noin 6 % korkeampi kuin säilöntäaineryhmillä (SUOLA+HAPPO). Huuskosen ja Huhtasen (2015) mukaan energiansaanti oli selvästi suurin elopainon nousuun vaikuttava tekijä. KONTROLLI-ryhmän parempi syönti ja suurempi energiansaanti kuin muilla ryhmillä ensimmäisellä jaksolla oli luultavasti syy, miksi niiden päiväkasvu oli koko kokeen ajalta noin 100 g/vrk. suurempi kuin säilöntäaineryhmien sonneilla.

6.4 Säilöntäainekäsittelyn vaikutukset rehun hyväksikäyttöön ja kasvuun

Tutkimuksessa lihanaudat söivät seosrehua. Aiemmissä tutkimuksissa (Agnew ja Carson 2000, Krizan ja Randby 2014) ruokintastrategiana oli joko erillisuokinta tai pelkkä säilörehu. Seosrehun hyötynä oli, että väkirehun avulla voitiin parantaa rehun maittavuutta ja täten lisätä syöntiä ja energiansaantia. Koko kokeen ajalta rehujen

hyväksikäytössä ei ollut tilastollista merkitsevyyttä. Säilönnän onnistuminen ja säilöntäaineiden käyttö korostui erityisesti erillisruokintamallia käytettäessä, jolloin rehun maittavuus oli ensisijaisen tärkeää syönnin kannalta (Agnew ja Carson 2000).

Tutkimuksessa säilöntäaineryhmien välillä ei ollut merkitsevää eroa ravintoaineiden saannissa. Ensimmäisellä jaksolla rehun hyväksikäytössä HAPPO-ruokinta oli kuitenkin 5,2 % parempi kuin SUOLA-ruokinta verrattaessa kuiva-ainekilon syönnin ja päiväkasvun suhdetta ($P=0,08$). Suuntaa -antava tulos johtui SUOLA-ryhmän hie-man suuremmasta kuiva-aineen syönnistä ja toisaalta hitaammasta kasvunopeudesta HAPPO-ryhmään verrattuna.

Ensimmäisen jakson päiväkasvu KONTROLLI-ryhmän sonneilla oli säilöntäaineryhmiin (SUOLA + HAPPO) verrattuna keskimäärin 94 g/vrk parempi, johtuen runsaammasta syönnistä. Toisessa jaksossa ja koko kokeen ajalta merkitsevää tai edes suuntaa-antavaa tulosta ei saatu. Kokeen tulokset poikkeavat aiemmin tehdyistä tutkimuksista (O'Kiely ja Moloney 1994, Agnew ja Carson 2000.), joissa säilöntäainekäsitteltyjen rehujen vaikutukset sonnien kasvuun olivat positiivisia. Agnew'n ja Carson mukaan päivittäinen ruhokasvu oli jopa 180 g/vrk. enemmän kuin säilöntäaineettomalla rehulla. Myös Winters ym. (2001) tutkimuksessa säilöntäaineen käytöllä päiväkasvu oli 255 g parempi kuin säilöntäaineettomalla rehulla. Poikkeamat eri kokeiden tuloksissa voivat johtua muun muassa erilaisesta säilörehun kuiva-ainepitoisuudesta, käymislaadusta ja väkirehun antotavasta.

6.5 Säilöntäainekäsittelyn vaikutukset ruhon laatuun

Teurasruhon laatua tarkasteltaessa säilöntäaineryhmien (SUOLA + HAPPO) sonnit olivat keskimäärin 6 % lihakkaampia kuin KONTROLLI-ryhmän. KONTROLLI-ryhmän sonnit käyttivät todennäköisesti siis energiaa rasvakudoksen muodostamiseen enemmän kuin säilöntäaineruokinnalla olleet sonnit. KONTROLLI-ryhmän sonnit olivat ruhon laatuluokituksen mukaan numeerisesti rasvaisempia kuin muiden ryhmien sonnit ($P=0,11$). Myös Keady ym. (1994) totesivat, että ruhopaino lisääntyi happokäsitellyllä rehulla merkitsevästi verrattuna säilöntäaineettomaan, mutta elopainossa samansuuntaista muutosta ei saavutettu.

Yksi selitys säilöntäaineryhmien parempaan ruhon laatuun voisi olla parempi säilörehun aminohappokoostumus. Koko kokeen ajalla säilöntäaineryhmien sonnit käyttivät noin 19 g raakavalkuaista enemmän päiväkasvu-kg kohden ($P > 0,10$). Säilöntäaineet on mahdollisesti rajoittanut käymistä, jolloin säilörehun aminohappokoostumus on säilynyt paremmin hyväksikäytettävässä muodossa (Jaakkola ym. 2006).

Säilöntäainekäsittelyjen (SUOLA + HAPPO) vaikutus ruhon arvoon oli positiivinen. Verrattaessa KONTROLLI-käsittelyyn, SUOLA- ja HAPPO-käsittelyjen ruhon arvo oli 6,5 snt/kg enemmän. Vaikka Agnew'n ym. (2000) ja O' Kielyn ym. (1994) tulokset poikkesivat kasvatuloksien osalta, niin ruhon laadun osalta säilöntäainekäsittelyn vaikutukset olivat kuitenkin positiivisia ja yhteneviä tämän tutkimuksen tulosten kanssa.

7 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tulokset eivät tukeneet hypoteeseja, että säilöntäaineiden käyttö lisäisi rehun syöntiä ja parantaisi kasvua. Säilöntäaineiden havaittiin kuitenkin parantavan ruhon laatua. Kokeen tulosten perusteella käytettävän säilöntäaineen laadulla ei ole vaikutusta lihasonnien rehun syöntiin tai tuotantotuloksiin, kun rehun kuiva-aine on 350-400 g/kg ja se on säilötty onnistuneesti pyöröpaaleihin. Tutkimuksen perusteella myös säilöntäaineettomalla säilörehulla on mahdollista päästä hyviin tuotantotuloksiin, mikäli rehunteon aikana olosuhteet ovat suotuisat ja rehun säilöntä saadaan onnistumaan.

Säilöntäaineita käyttämällä voidaan kuitenkin pienentää säilönnän epäonnistumisen riskiä ja taten taata laadukas rehu, kun olosuhteet eivät ole optimaaliset. Koeasettelussa voisi myös jatkoa ajatellen pohtia oliko 40 % väkirehulisäys liikaa hyvin säilyneeseen rehuun nähden ja olisiko kokeessa saatu selvempiä tuloksia, mikäli koe olisi pohjautunut pelkästään säilörehuun. Toisaalta pelkällä säilörehulla ei kuitenkaan saada sonnien tuotantopotentiaalia täysin hyväksikäytettyä, jolloin väkirehulla jouduttaisiin kuitenkin kompensoimaan säilörehun puutteita jonkin verran. Lisäksi koe-rehujen D-arvo oli etenkin toisella jaksolla melko alhainen, jolloin energiansaanti pelkästä rehusta ei olisi ollut riittävä.

Kuten jo aiemmissa tutkimuksissa on käynyt ilmi, ayrshiresonnien ruhojen lihakkuus oli parempi kuin holsteinsonnien, eikä säilöntäainekäsittelyjen ja rodun välillä ollut yhdysvaikutuksia. Tarkempaa tutkimusta kuitenkin tarvitaan säilöntäaineiden vaikutuksesta lihanautojen kasvatuloksiin säilörehun kuiva-ainepitoisuuden ollessa pienempi.

Kiitokset

Haluan kiittää Luken Tutkimusprofessoria Arto Huuskosta ja Yliopistonlehtori Seija Jaakkolaa työni ohjaamisesta. Sain heiltä aina tarvittaessa nopeasti apuja ja neuvoja työhöni. Lisäksi haluan kiittää perhettäni ja ystäviäni, jotka ovat tukeneet ja mahdollistaneet opintoni työni ohella.

Lähteet

Agnew R.E. & Carson M.T. 2000. The effect of a silage additive and level of concentrate supplementation on silage intake, animal performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. *Grass and Forage Science* 55: 114–124.

AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. Arlington, Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Aronen, I. & Toivonen, V. 1995. Säilörehun korjuuasteen ja väkirehutäydennyksen vaikutukset tuotannon tehokkuuteen naudalla. Teoksessa: Säilörehun laadun ja väkirehutäydennyksen vaikutukset naudanlihatuotantoon. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 12/95: s. 33–45.

Barker S. B. & Summerson W. H. 1941. The colometric determination of lactic acid in biological material. *Journal of Biological Chemistry* 138: 535-554.

Bowling R.A., Riggs J.K., Smith G.C., Carpenter Z.L., Reddish R. L. & Butler O.D. 1978. Production, carcass and palatability characteristics of steers produced by different management systems. *Journal of Animal Science* 46: 333-340

Crouse J.D., Ferrell C.L. & Cundiff L.V. 1985. Effects of sex condition, genotype and diet on bovine growth and carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 60: 1219-1227

Dawson L. E. R., Kirkland, R.M., Ferris, C.P., Steen, R.W.J., Kilpatrick, D.J. & Gordon, F.J. 2002. The effect of stage of perennial ryegrass maturity at harvesting, fermentation characteristics and concentrate supplementation, on the quality and intake of grass silage by beef cattle. *Grass and Forage Science* 57:255-267.

Dawson, L.E.R., Ferris, C.P., Steen, R.W.J., Gordon, F.J., Kilpatrick, D.J. 1999. The effects of wilting grass before ensiling on silage intake. *Grass and forage Science* 54: 237-247.

EC. 2006. Council Regulation (EC) No 1183/2006 of 24 July 2006 concerning the Community scale for the classification of carcasses of adult bovine animals. *Official Journal of the European Union*, L 214, 1-6.

Flynn A.V. 1988. Factors affecting the feeding value of the silage. Haresign W., Cole D. J. A. *Recent developments in ruminant nutrition 2*. Butterworths, London. s. 265-273

Gordon, F. J., Dawson, L. E. R., Ferris, C. P., Steen, R. W. J. & Kilpatrick, D. J. 1999. The influence of wilting and forage additive type on the energy utilisation of grass silage by growing cattle. *Animal Feed Science and Technology* 79: 15-27. 28 ref.

Haacker K., Block H.J. & Weissbach F. 1983. Zur kolorimetrischen Milchsäurebestimmung in Silagen mit p-Hydroxydiphenyl. On the colorimetric determination of lactic acid in silages with p-hydroxydiphenyl. *Archiv für Tierernährung* 33: 505–512.

Haigh, P. M. 1998. Effect of additives on grass silage fermentation and effluent production, and on intake and liveweight change of young cattle. *Journal of Agricultural Engineering Research* 69: 141-148.

Heikkilä T. Saarisalo E. Taimisto A-M. & Jaakkola S. 2010. Effects of dry matter and additive on wilted bale silage quality and milk production. Schnyder H ym. (eds) *Proceedings of the 23th General Meeting of the European Grassland Federation, Kiel Germany. Grassland Science in Europe* 15: 500–502.

Honkavaara M. 2005. Teuraspainon ja ruokinnan vaikutus ruhon kaupalliseen arvoon. Pihamaa. P. & Huuskonen, A. (eds). *Uusien naudanlihantuotantomenetelmien talous. Maa- ja elintarviketalous* 75: 62-71.

Huhtanen P.J., Blauwiekel R. & Saastamoinen I. 1998. Effects of intraruminal infusions of propionate and butyrate with two different protein supplements on milk production and blood metabolites in dairy cows receiving grass silage based diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 77: 213–222.

Huhtanen P., Jaakkola S. & Nousiainen J. 2013. An overview of silage research in Finland: from ensiling innovation to advances in dairy cow feeding. *Agricultural and Food Science* 22: 35–56.

Huhtanen P., Nousiainen J., Khalili H., Jaakkola S. & Heikkilä T. 2003. Relationships between silage fermentation characteristics and milk production parameters: analyses of literature data. *Livestock Production Science* 81: 57–73.

Huhtanen P., Nousiainen J. & Rinne M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 15: 293–323.

Huhtanen P., Rinne M. & Nousiainen J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows; a revision of the relative silage dry matter intake index. *Animal* 1: 758–770.

Huida L., Väätäinen H. & Lampila M. 1986. Comparison of dry matter contents in grass silage as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. *Annales Agriculturae Fenniae* 25: 215–230.

Huuskonen, A. & Ojajarvi, P. 2006. Naudanlihantuotanto ja ympäristö. Teoksessa: Susanna Tauriainen (toim.). Naudanlihantuotanto. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino. s. 211–217.

Huuskonen, A., Khalili, H. & Joki-Tokola, E. 2007. Effects of three different concentrate proportions and rapeseed meal supplement to grass silage on animal performance of dairy-breed bulls with TMR feeding. *Livestock Science* 110: 154–165.

Huuskonen A. 2010. Nurmisäilörehun laadun merkitys lihanaudan ruokinnassa. Maataloustieteen päivät 2010. 12.-13.1.2010 Viikki, Helsinki: esitelmät, posterit. Toim. Anneli Hopponen. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 26: 7.

Huuskonen, A., Pesonen, M., Kämäräinen, H. & Kauppinen, R. 2013. A comparison of the growth and carcass traits between dairy and dairy × beef breed crossbred heifers reared for beef production. *Journal of Animal and Feed Sciences* 22:188–196.

Huuskonen A. 2014. A comparison of Nordic Red, Holstein-Friesian and Finnish native cattle bulls for beef production and carcass traits. *Agricultural and Food Science* 23: 159–164.

Huuskonen A., Huhtanen P. & Joki-Tokola E. 2014. Evaluation of protein supplementation for growing cattle fed grass silage-based diets: a meta-analysis. *Animal* 8 10: 1653-1662.

Huuskonen, A. & Huhtanen, P. 2015. The development of a model to predict BW gain of growing cattle fed grass silage-based diets. *Animal* 9: 1329–1340.

Jaakkola S., Kaunisto V. & Huhtanen P. 2006 Volatile fatty acid proportions and microbial protein synthesis in the rumen of cattle receiving grass silage ensiled with different rates of formic acid. *Grass and Forage Science* 61:282–292.

Jaakkola, S. & Saarisalo, E. 2008. Sokerin rooli rehun säilönnässä. *Maito ja Me* 20 (3/2008): 16–17.

Jokela M. & Rinne M. 1996. Sian ja naudan ruokinnan vaikutus lihan laatuun. *Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A* 7: 99.

Joki-Tokola, E., Aronen, I. & Vehkaoja, H. 1995. Rehunurmen typpilannoituksen ja säilörehun korjuuajankohdan sekä väkirehutäydennyksen vaikutukset säilörehun hyväksikäyttöön naudalla. Teoksessa: *Säilörehun laadun ja väkirehutäydennyksen vaikutukset naudanlihantuotantoon*. Maatalouden tutkimuskeskus. *Tiedote* 12/95: 59–70.

Keady T.W.J. & Steen R.W.J. 1994. Effects of treating low dry-matter grass with bacterial inoculant on the intake and performance of beef cattle and studies on its mode of action. *Grass and Forage Science* 49: 438–446.

Keane M.G. & Fallon R.J. 2001. Effects of feeding level and duration on finishing performance and slaughter traits of Holstein-Friesian young bulls. *Irish Journal of Agricultural and food research* 40:145-160

Krizsan S. J. & Randby A. T. 2014. The effect of fermentation quality on the voluntary intake of grass silage by growing cattle fed silage as the sole feed. 1 Department of Animal and Aquacultural Sciences, Norwegian University of Life Sciences.

Kung L. Jr. & Muck R.E. 1997. Animal response to silage additives. *Proceedings of the Silage: field to feed bunk. NRAES-99*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension, Ithaca, New York, USA. 200–210.

Kung L., Stokes M.R. & Lin C.J. 2003. Silage additives. *Silage science and technology*. Agronomy Publication, American Society of Agronomy 42: 305–360.

Komissio 2009. Komission asetus (EY) No: 152/2009. Annettu 27.1.2009. Komission asetus näytteenotto- ja määrittämenetelmistä rehujen virallista valvontaa varten. Liite III. Rehuaineiden ja rehuseosten koostumuksen valvonnassa käytettävät määrittämenetelmät osa H. Raakarasvan ja raakaöljyn määrittäys. Julkaistu 26.2.2009.

Luke. 2017. Feed Tables and Nutrient Requirements. Helsinki, Finland: Natural Resources Institute Finland (Luke). Available at: <http://www.luke.fi/feedtables> (verified 31 October 2016).

MAFF. 1984. Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants. ADAS Reference book 433. London: HMSO.

Manninen, M., Honkavaara, M., Jauhiainen, L., Nykänen, A. & Heikkilä, A.-M. 2011. Effects of grass-red clover silage digestibility and concentrate protein concentration on performance, carcass value, eating quality and economy of finishing Hereford bulls reared in cold conditions. *Agricultural Food Science* 20: 151–168.

McCullough H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clinica Chimica Acta* 17: 297–304.

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A. & Wilkinson, R.G. 2011. *Animal Nutrition*. 7. painos. Ashford Colour Press Ltd. Gosport. 692: 27-28

Muir, P.D., Deaker, J.M. & Bown, M.D. 1998. Effects of forage- and grain-based feeding systems on beef quality: A review. *New Zealand J. Agricultural Res.* 41: 623–635.

Niemi, J. & Väre, M. (toim.) 2017. Suomen maa- ja elintarviketalous 2016/2017. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 17/2017. 90 s.

Nousiainen, J., Rinne, M., Hellämäki, M. & Huhtanen, P. 2003. Prediction of the digestibility of the primary growth of grass silages harvested at different stages of maturity from chemical composition and pepsin-cellulase solubility. *Animal Feed Science and Technology* 103: 97-111

O'Kiely, P. & Moloney A.P. 1994. Silage characteristics and performance of cattle offered grass silage made without additive, with formic acid or with a partially neutralized blend of aliphatic organic acids. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 33: 25–39.

Patil A.R., Goetsch A.L., Lewis Jr., P.K. & Heird, C.E. 1993. Effects of supplementing growing steers with high levels of partially hydrogenated tallow on feed intake, digestability, live weight gain, and carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 71:2284-2292

ProAgria, lohkotietopankki. 2015. Viitattu 2.2.2018

Robelin J. & Tulloh N.M. 1992. Patterns of growth of cattle. Jarriage J. & Beranger C. Beef cattle production. *World Animal Science*. C5: 111-130.

Salo, M-L. & Salmi, M. 1968. Determination of starch by the amyloglucosidase method. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 40: 38-45.

Sipilä, A. & Saarisalo, E. 2006. Säilörehun säilöntäaineet. Nurmitieto 3.1.3. Suomen Nurmijhdistyksen ja MTT:n julkaisusarja. Julkaisupäivä: 31.5.2006. Saatavissa: www.agronet.fi/nurmijhdistys. Viitattu 28.02.2018

Somogyi M. 1945. A new reagent for the determination of sugars. *Journal of Biological Chemistry* 160: 61–68.

Steen R.W.J., Gordon F.J., Dawson L.E.R., Park R.S., Mayne C.S., Agnew R.E., Kilpatrick D.J. & Porter M.G. 1998. Factors affecting the intake of grass silage by cattle and prediction of silage intake. *Animal Science* 66: 115–127.

Steen, R.W.J., Kilpatrick, D.J. & Porter, M.G. 2002. Effects of the proportions of high or medium digestibility grass silage and concentrates in the diet of beef cattle on liveweight gain, carcass composition and fatty acid composition of muscle. *Grass Forage Science* 57: 279–291.

Thomas C. & Thomas P.C. 1985. Factors affecting the nutritive value of grass silages. Haresign W. and Cole D.J.A. (eds) *Recent Advances in Animal Nutrition*. London: Butterworths. 223–256.

Van Soest P.J., Robertson J.B. & Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583–3597.

Virkajärvi P. & Pakarinen K. 2012. Nurmiheinien satofysiologia ja kasvuprosessien esittely. Nurmen kasvu- ja kehitysprosessit. MTT raportti 56:11-19.

Winters A.L., Fychan R. & Jones R. 2001. Effect of formic acid and a bacterial inoculant on the amino acid composition of grass silage and on animal performance. *Grass and Forage Science* 56: 181–192.