



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 67/2018

Nurmi tehokkaasti naudanlihaksi

Tuloksia NautaNurmi-hankkeen tutkimuksista

Arto Huuskonen (toim.)

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 67/2018

Nurmi tehokkaasti naudanlihaksi

Tuloksia NautaNurmi-hankkeen tutkimuksista

Arto Huuskonen (toim.)

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2018



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



MAASEUTU 2020



Huuskonen, A. (toim.). Nurmi tehokkaasti naudanlihaksi. Tuloksia NautaNurmi-hankkeen tutkimuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 67/2018. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 40 s.

ISBN 978-952-326-679-7 (Painettu)

ISBN 978-952-326-680-3 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-680-3>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Arto Huuskonen (toim.)

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2018

Julkaisuvuosi: 2018

Kannen kuva: Jarkko Kekkonen

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy (JuvenesPrint), <http://luke.juvenesprint.fi>

Alkusanat

NautaNurmi-hanke oli Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Savonia-ammattikorkeakoulun yhteistyössä toteuttama hanke, joka käynnistyi 1.9.2015. Hanke toimi Pohjois-Pohjanmaan alueella tavoitteenaan parantaa nurmituotantoon perustuvan naudanlihan tuotannon kannattavuutta ja tehostaa lihanautatilojen kilpailukykyä. Hankkeella pyrittiin luomaan edellytyksiä naudanlihan tuotannon säilymiselle ja kasvulle sekä tuottajien motivaation säilymiselle. Hankkeessa oli 5 työpakettia, jotka tähtäsivät naudanlihan tuotannon kannattavuuden ja kilpailukykyyn parantamiseen: 1) Nurmisäilörehun säilönnällisen laadun merkitys kasvavien nautojen ruokinnassa, 2) Kolmen niiton strategia säilörehunurmen korjuussa, 3) Työkaluja tuotannon tehostamiseen, 4) Naudanlihan tuottajien tuotannosuunnittelu- ja talouskoulutus, 5) Tiedotus, raportointi ja hallinnointi. Tässä julkaistava raportti kokoaa yhteen hankkeessa toteutettujen lihanautatutkimusten tulokset.

NautaNurmi-hanketta rahoitettiin Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta, ja tuki myönnettiin Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen kautta. Hankkeen yksityisrahoittajina toimivat Eastman Chemical Company/Taminco Finland Oy, Ab Hanson & Möhring, Yara Suomi Oy, Nordkalk Oy sekä Pohjois-Pohjanmaan alueen maatalousyrittäjät osallistumismaksujen kautta. Hankkeen toteuttajat kiittävät kaikkia rahoittajia ja yhteistyökumppaneita hyvin toimineesta yhteistyöstä.

Vesannolla 15.12.2018

Arto Huuskonen

Luonnonvarakeskus

Tiivistelmä

Arto Huuskonen (toim.), Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31A, 71750 Maaninka

Tämä raportti kokoaa yhteen NautaNurmi-hankkeessa toteutettujen lihanautatutkimusten tulokset. Ensimmäinen artikkeli käsittelee kemiallisten säilöntäaineiden potentiaalia nurmisäilörehun laadun parantamisessa ja säilöntäainekäsittelyjen vaikutuksia kasvavien nautojen ruokinnassa. Kontrollikäsitteily tehtiin ilman säilöntäainetta (K). Tutkittavina säilöntäaineina olivat AIV ÄSSÄ (valmistaja Eastman Chemical Company, sisältää muurahaishappoa, propionihappoa, ammoniumformiaattia ja kaliumsorbaattia) ja suolamuotoinen Safesil (valmistaja Salinity Agro, sisältää natriumbentsoaattia, kaliumsorbaattia ja natriumnitriittiä). Käsitteilyjen väliset erot rehun laadussa jäivät vähäisiksi. Kontrollirehun hyvästä laadusta johtuen säilöntäainekäsittelyillä ei ollut paljon mahdollisuutta osoittaa tehokkuuttaan rehun laadun parantamisessa. Ruokintakokeessa 90 maitorotuista sonnia kasvatettiin viiden eläimen ryhmäkarsinoissa. Kokeen alkaessa eläimet jaettiin satunnaisesti kolmelle koeruokinnalle, jotka perustuivat edellä mainittuihin eri säilöntäkäsittelyillä korjattuihin säilörehuihin. Koeruokinnat toteutettiin vapaalla seosrehuruokinnalla, jossa seoksen kuiva-aineesta 60 % oli esikuivatua nurmisäilörehua ja 40 % litistettyä ohraa. Koekäsittelyjen välille ei muodostunut merkittäviä eroja rehun syöntiin, ravintoaineiden saantiin tai sonnien keskimääräiseen nettopäiväkasvuun kokeen aikana. K-rehua saaneiden sonnien ruhot olivat kuitenkin lihakuudeltaan noin 5 % heikompia kuin säilöntäainekäsiteltyä rehua saaneiden sonnien ruhot. Koe osoitti, että kun nurmisäilörehu tehdään esikuivatusta raaka-aineesta, jonka kuiva-ainepitoisuus on yli 350 g/kg, voi pyöröpaalisäilöntä onnistua myös ilman säilöntäaineiden käyttöä, mutta säilöntäaineet voivat kuitenkin parantaa rehun säilyvyyttä paalin avaamisen jälkeen eli aerobista stabiilisuutta.

Toinen artikkeli käsittelee nurmen jälkisatojen tuotosvasteita kasvavien lihanautojen ruokinnassa. Tutkimus koostui kahdesta osakokeesta. Ensimmäisessä osakokeessa koe-eläiminä oli 45 simmental-sonnia ja toisessa osakokeessa 30 hereford-sonnia. Koesäilörehut korjattiin kasvukauden 2015 aikana puhtaasta timoteikasvustosta (lajike Tuure) pyöröpaaleihin noin vuorokausi niiton jälkeen. Ensimmäinen sato korjattiin 25.6., toinen 11.8. ja kolmas 3.10. Ensimmäisessä osakokeessa simmental-sonnit jaettiin kolmelle eri koeruokinnalla, jotka perustuivat edellä mainittuihin kolmen eri korjuukerran timoteisäilörehuihin. Toisessa osakokeessa hereford-sonnit jaettiin satunnaisesti kahdelle koeruokinnalle, joissa karkearehuna oli joko ensimmäisen tai toisen korjuukerran timoteisäilörehu. Molemmissa osakokeissa koeruokinnat toteutettiin seosrehuruokintana, jossa seoksen kuiva-aineesta 55 % oli säilörehua ja 45 % litistettyä ohraa. Toisen korjuukerran säilörehua saaneiden sonnien kasvutulokset jäivät muita ryhmiä heikommiksi, mikä selittyy hyvin todennäköisesti muita ruokintoja matalammalla rehun syönnillä ja sen seurauksena toteutuneella pienemmällä energian saannilla. Tulos oli osittain yllättävä, sillä syönti-indeksien vertailussa toisen niiton säilörehu sai ensimmäistä niittoa korkeammat indeksipisteet. Yhtenä mahdollisena selityksenä heikommalle syönnille voisivat olla säilörehun hometoksiinit, jotka voivat heikentää syönti- ja kasvutuloksia. Kokeen säilörehuista tehdyissä hometoksiinianalyseissä yhdenkään ensimmäisen niiton säilörehunäytteen ei havaittu sisältävän mitään analysoiduista toksiineista. Sen sijaan osassa toisen niiton säilörehunäytteistä havaittiin pieniä määriä zearalenonia, mykofenolihappoa ja roquefortinia. Myös kolmannen niiton säilörehunäytteiden osalta yhden näytteen viidestä havaittiin sisältävän zearalenonia ja yhden roquefortinia. Kaikki havaitut toksiinimäärät olivat alle 50 mikrogrammaa/kg. On kuitenkin epävarmaa, selittävätkö nämä havainnot syönnin vähenemistä tässä ruokintakokeessa. Kolmannen korjuukerran säilörehun D-arvo ja syönti-indeksi olivat vertailussa olleista säilörehuista selvästi korkeimmat. Tämä ei kuitenkaan realisoitunut tuotantotuloksiin saakka, minkä perusteella voisi olettaa, että rehu-analyysitulokset yliarvioivat kolmannen korjuukerran nurmisäilörehun rehuarvon.

Kolmannessa artikkelissa esitetyn tutkimuksen tarkoituksena oli mallintaa maitorotuisen sonnien teuraspainon sekä ruokinnan väkirehutasoa ja valkuaislisän vaikutuksia metaanintuotantoon sekä typen ja fosforin eritykseen. Mallinnus perustui aiemmin toteutettuun ruokintakokeeseen, jossa maitorotuiset sonnit ruokittiin puolen vuoden iästä teurastukseen erilaisilla väkirehu- ja valkuaisasoilla. Mallinnuksessa käytettiin Karoline-mallia ennustamaan ravintoaineiden sulatusta ja metaanintuotantoa. Tulosten perusteella ruokinnan vaikutukset metaanintuotantoon ovat varsin vähäiset, kun maitorotuiset sonnit ruokitaan tyyppillisellä suomalaisella nurmisäilörehuun ja rehuviljaan pohjautuvalla dieetillä. Jos otetaan huomioon myös rehujen viljelystä aiheutuva kuormitus, väkirehun osuuden lisääminen ruokinnassa saattaa lisätä kasvihuonekaasupäästöjä. Sonnien typen saanti väheni väkirehun osuuden lisääntyessä, mikä vähensi typen eritystä sonnassa ja virtsassa sekä kasvukilogrammaa kohden laskettua eritystä. Rypsin lisääminen ruokintaan lisäsi selvästi eläinten typen saantia sekä eritystä virtsan ja sonnan kautta kuten myös kasvukiloa kohden laskettua eritystä. Fosforin erityks lisääntyi selvästi, kun ruokinnassa käytettiin rypsilisää. Myös väkirehumäärän lisääminen lisäsi fosforin eritystä. Typen määrän vähentäminen ruokinnassa olisi tehokas keino vähentää eritystä, ja yksi helpoimmin toteutettava keino vähentää naudanlihantuotannon ympäristökuormitusta onkin turhasta valkuaislisärehujen käytöstä luopuminen. Sekä metaanintuotanto että typen ja fosforin erityks nettokasvukilogrammaa kohden lisääntyivät sonnien elopainon kasvaessa, koska rehun syönti lisääntyy ja kasvunopeus hidastuu elopainon lisääntyessä. Teuraspainojen madaltamisella voitaisiin vähentää lihanautojen ruokinnasta aiheutuvaa ympäristökuormitusta, mutta nykyisessä naudanlihan alituotantotilanteessa tämä ei liene perusteltua. Nykyistä paremmat karjanlannan käsittelymenetelmät ja ravinteiden hyväksikäytön tehostaminen rehuntuotannossa ovat luultavasti kaikkein tehokkaimpia tapoja parantaa typen ja fosforin hyväksikäyttöä tilatasolla.

Asiasanat: naudanlihantuotanto, ruokinta, rehut, syönti, kasvu, teuraspaino, metaani, typpi, fosfori

Sisällys

1. Kemialliset säilöntäaineet esikuivatun nurmisäilörehun säilönnässä ja säilöntäainekäsittelyjen vaikutukset kasvavien nautojen ruokinnassa	6
1.1. Johdanto	7
1.2. Aineisto ja menetelmät.....	7
1.2.1. Koerehujen korjuu.....	7
1.2.2. Säilöntäkoel.....	8
1.2.3. Ruokintakoe	8
1.3. Tulokset.....	9
1.3.1. Säilöntäkoel.....	9
1.3.2. Ruokintakoe	12
1.4. Tulosten tarkastelu	14
1.4.1. Säilöntäkoel.....	14
1.4.2. Ruokintakoe	14
1.5. Yhteenveto ja johtopäätökset.....	16
2. Nurmen jälkisadot kasvavien nautojen ruokinnassa	18
2.1. Johdanto	19
2.2. Aineisto ja menetelmät.....	19
2.3. Tulokset.....	21
2.3.1. Ensimmäinen osakoe simmental-sonneilla	21
2.3.2. Toinen osakoe hereford-sonneilla	23
2.4. Tulosten tarkastelu	25
2.5. Yhteenveto ja johtopäätökset.....	26
3. Ruokinnan ja teuraspainon vaikutukset maitorotuisten sonnien metaanintuotantoon sekä typen ja fosforin eritykseen	29
3.1. Johdanto	30
3.2. Aineisto ja menetelmät.....	30
3.2.1. Data-aineisto	30
3.2.2. Metaanintuotannon sekä typen ja fosforin erityksen mallinnus	31
3.3. Tulokset.....	32
3.4. Tulosten tarkastelu	35
3.5. Yhteenveto ja johtopäätökset.....	37

1. Kemialliset säilöntäaineet esikuivatun nurmisäilörehun säilönnässä ja säilöntäainekäsittelyjen vaikutukset kasvavien nautojen ruokinnassa

Arto Huuskonen¹, Marketta Rinne², Arja Seppälä³, Taina Jalava² ja Kaisa Kuoppala²

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31A, 71750 Maaninka

² Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 2C, 31600 Jokioinen

³ Eastman Chemical Company, Typpitie 1, 90620 Oulu

Tiivistelmä

Hankkeessa toteutetussa säilöntäkokeessa selvitettiin kemiallisten säilöntäaineiden potentiaalia säilörehun laadun parantamisessa, kun nurmi korjattiin esikuivatuna pyöröpaaleihin. Ruokintakokeella puolestaan selvitettiin samojen säilöntäainekäsittelyjen vaikutuksia loppukasvatettavien sonnien tuotantotuloksiin. Kontrollikäsitteily tehtiin ilman säilöntäainetta (K). Tutkittavina säilöntäaineina olivat AIV ÄSSÄ (AIV; valmistaja Eastman Chemical Company, sisältää muurahaishappoa, propionihappoa, ammoniumformiaattia ja kaliumsorbaattia) ja suolamuotoinen Safesil (SAF; valmistaja Salinity Agro, sisältää natriumbentsoaattia, kaliumsorbaattia ja natriumnitriittiä). Rehut valmistettiin Luonnonvarakeskuksen (Luke) Siikajoen toimipisteessä kesällä 2014 timoteinurmen ensimmäisestä (17.–23.6.) ja toisesta (4.–6.8.) sadosta. Kasvustot niitettiin niittomurskaimella ja rehut korjattiin käärivällä paalaimella noin 24 h esikuivausajan jälkeen. Säilöntälaadun ja aerobisen stabiilisuuden analyysiin kerättiin näytteitä kahden viikon ajalta toukokuun 2015 lopussa. Säilöntäainekäsittelyissä pyrittiin valmistajan ilmoittamiin annostelusuosituksiin, mutta toteutuneet säilöntäainemäärät olivat jonkun verran korkeammat eli AIV:lle +30 % (laskettu näytteistä määritetyn muurahaishappopitoisuuden perusteella) ja SAF:lle +15 % (arvioitu kahden paalin säilönnän yhteydessä tehdyistä mittauksista). Säilörehujen kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 355 g/kg eli melko korkea ja myös kontrollisäilörehu oli rajoittuneesti käynyt. Rehujen K, AIV ja SAF pH oli 4,62, 4,48 ja 4,49. Käsitteilyjen väliset erot jäivät vähäisiksi eikä SAF eronnut kontrollirehusta tilastollisesti merkitsevästi minkään mitatun ominaisuuden osalta. AIV-rehu sisälsi merkitsevästi enemmän sokereita ja vähemmän maito- ja etikahappoa kuin K eli AIV oli rajoittanut rehun käymistä. AIV pidensi myös säilörehun aerobista stabiilisuutta kontrollirehun 102 tunnista 238 tuntiin. SAF-käsittelyn aerobinen stabiilisuus oli 182 h, mutta ero kontrolliin ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($P=0,121$). Kontrollirehun hyvästä laadusta johtuen säilöntäainekäsittelyillä ei ollut paljon mahdollisuutta osoittaa tehokkuuttaan rehujen laadun parantamisessa.

Ruokintakokeessa 90 maitorotuista sonnia kasvatettiin viiden eläimen ryhmäkarsinoissa. Kokeen alkaessa eläimet jaettiin satunnaisesti kolmelle koeruokinnalle, jotka perustuivat edellä mainittuihin säilörehuihin. Koeruokinnat toteutettiin vapaalla seosrehuruokinnalla, jossa seoksen kuiva-aineesta 60 % oli nurmisäilörehua ja 40 % litistettyä ohraa. Koekäsittelyjen välille ei muodostunut merkittäviä eroja rehun syöntiin tai ravintoaineiden saantiin keskimäärin kokeen aikana. Sonnien keskimääräinen nettopäiväkasvu oli 742 g/pv eikä säilöntäainekäsittely vaikuttanut nettokasvuun. Sonnit teurastettiin keskimäärin 509 vuorokauden iässä ja 336 kg teuraspainossa. K-rehua saaneiden sonnien ruhot olivat lihakuudeltaan noin 5 % heikompia kuin säilöntäainekäsiteltyä rehua saaneiden sonnien ruhot. Ruokintakäsittelyjen välille ei muodostunut eroja teurasprosentin tai ruhojen rasvaisuuden osalta. Koe osoitti, että kun nurmisäilörehu tehdään esikuivatusta raaka-aineesta, jonka kuiva-ainepitoisuus on yli 350 g/kg, voi pyöröpaalisäilöntä onnistua myös ilman säilöntäaineiden käyttöä.

Asiasanat: naudanlihantuotanto, nurmisäilörehu, säilöntäaine, muurahaishappo, pyöröpaali, käymislaatu, aerobinen stabiilisuus, syönti, kasvu

1.1. Johdanto

Hyvä säilörehu on lihanautojen ruokinnan perusta. Käytännössä säilörehujen laatu kuitenkin vaihtelee huomattavasti enemmän kuin muiden rehuraaka-aineiden. Säilörehun laatuun vaikuttavat mm. kasvin kehitysvaihe korjuuhetkellä, korjuukerta (kevätkasvu tai jälkikasvu) ja säilönnän onnistuminen (Huhtanen ym. 2013). Säilörehun käymislaatu vaikuttaa naudan syömän rehun määrään ja siten eläimen käytettäväksi tulevien ravintoaineiden määriin ja suhteisiin (Huhtanen ym. 2007, Huuskonen ym. 2013a).

Monissa tutkimuksissa säilörehun heikon käymislaadun on havaittu vähentävän kasvavien nautojen rehun syöntiä ja heikentävän kasvutuloksia (Keady ja Steen 1994, O’Kiely ja Moloney 1994, Agnew ja Carson 2000, Winters ym. 2001). Edellä mainitut ruokintakokeet on kuitenkin toteutettu esikuivaamattomilla (kuiva-ainepitoisuus 167–230 g/kg) säilörehuilla, kun valtaosa nurmisäilörehusta korjataan nykyään Suomessa esikuivattuna.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää esikuivatun nurmisäilörehun säilöntäainekäsittelyn potentiaalia säilörehun laadun parantamisessa, kun rehu korjataan pyöröpaaleihin. Samalla selvitettiin säilöntäainekäsittelyjen vaikutuksia loppukasvatettavien sonnien rehujen syöntiin, kasvuun ja teurastuloksiin.

1.2. Aineisto ja menetelmät

1.2.1. Koerehujen korjuu

Koesäilörehut korjattiin Luken Siikajoen toimipisteessä kesällä 2014 timoteinurmen ensimmäisestä (17.–23.6.) ja toisesta (4.–6.8.) sadosta (Kuva 1). Kasvustot niitettiin niitto-murskaimella (Elho HNM 280 P), karhotus tehtiin yksiroottorisella karhottimella (Pöttinger) ja rehut korjattiin käärivällä paalaimella (Machale Fusion 3) noin 24 h niiton jälkeen. Paaliverkkona oli Netex S2S, jota laitettiin 3 kierrosta paalin ympärille, jotta paalin tiiviys varmasti säilyi. Käärintämuovina käytettiin Duo 7 Plus XL muovia. Paalin ympärille laitettiin 6 kerrosta muovia.

Kontrollikäsittelyn paalit tehtiin ilman säilöntäainetta (K). Tutkittavina säilöntäaineina olivat AIV ÄSSÄ (AIV; valmistaja Eastman Chemical Company, muurahaishappoa, propionihappoa, ammoniumformiaattia ja kaliumsorbaattia) ja suolamuotoinen Safesil (SAF; valmistaja Salinity Agro, natriumbentsoaattia, kaliumsorbaattia ja natriumnitriittiä). Kokeessa käytettiin valmistajan ilmoittamia annostelusuosituksia (toteutuneet käyttömäärät AIV 5,8 ja SAF 3,4 kg/t tuoretta ruohoa).



Kuva 1. Käärinnän jälkeen paalit punnittiin, merkittiin huolellisesti ja säilöttiin pellolla. Vasen kuva Mikko Lohilahti, oikea kuva Jarkko Kekkonen.

1.2.2. Säilöntäkoee

Säilöntälaadun ja aerobisen stabiilisuuden analyysiin kerättiin näytteitä 24 paalista kahden viikon ajalta toukokuun 2015 lopussa ruokintakokeen yhteydessä. Paalit edustivat molempia satoja ja kolmea eri peltolohkoa. Paalit halkaistiin ja niistä otettiin edustava näyte, joka pakastettiin myöhempiä analyysejä varten (Kuva 2). Näytteiden kemiallinen koostumus, käymislaatu ja mikrobiologinen laatu analysoitiin Luke Jokioisilla standardimenetelmin (Seppälä ym. 2016). Lisäksi ruohon puskurikapasiteetti määritettiin Weissbachin ym. (1974) kuvaamalla menetelmällä ja nitraatti Cataldon ym. (1975) mukaan.

Aerobinen stabiilisuus on ominaisuus, joka kuvaa rehun lämpenemis- eli pilaantumisherkkyttä säilön avaamisen jälkeen. Se mitattiin jokaisesta paalista otetusta näytteestä siten, että huolellisesti sekoitettua rehua punnittiin muovipussiin, joka sijoitettiin pussin suu vähän avonaisena 2,5 dm³ polystyreenilaatikoon ja rehun keskelle työnnettiin dataloggeriin kytketty termoparikaapeli. Rehun lämpötila tallentui 10 minuutin välein. Rehun aerobisen stabiilisuuden katsotaan päättyneen, kun rehun lämpötila ylittää 2 °C:lla ympäristön lämpötilan. Mittaukset tehtiin säilörehusta sellaisenaan sekä seosrehusta, joka sisälsi murskattua ohraa 40 % kuiva-aineesta.

Säilöntäkokeen tulokset analysoitiin tilastollisesti SAS-ohjelmiston GLM-proseduurilla käyttäen Dunnetin testiä, jossa molempia säilöntäainekäsittelyitä verrattiin erikseen kontrolliin. Tilastollisissa mallissa olivat säilöntäainekäsittelyn lisäksi sato (1. vs. 2.) ja peltolohko.



Kuva 2. Säilöntäkokeen näytteenottoa varten paalit halkaistiin. Oikeanpuoleisessa kuvassa Jarkko Kekkonen on ottamassa edustavia näytteitä paalista keväällä 2015. Kuvat Arja Seppälä.

1.2.3. Ruokintakoe

Ruokintakoe suoritettiin Luken Siikajoen toimipisteen tutkimuspihatossa, jonne hankittiin vuoden 2014 lopulla 90 kpl maitorotuisia (45 holstein + 45 ayrshire) välikasvatettuja sonnivasikoita. Kokeen alussa sonnit painoivat keskimäärin 290 (±24.5) kg ja olivat 251 (± 10.0) vuorokauden ikäisiä. Sonnit kasvatettiin viiden eläimen ryhmäkarsinoissa, joiden pituus oli 10 m ja leveys 5 m. Karsinassa oli siten tilaa 10 m² eläintä kohden. Karsina-alue muodostui lantakäytävästä ja kuivitetusta makuualueesta. Makuualueen koko oli 5 × 5 m, jolloin eläintä kohti oli 5 m² kuivitetua makuualluetta. Kokeen alussa sonnit jaettiin rodun ja elopainon perusteella kolmelle koeruokinnalle, jolloin kullekin koeruokinnalle tuli 15 ayrshire- ja 15 holstein-sonnia (6 karsinaa ja 30 sonnia / koeruokinta).

Kukin säilöntäainekäsittely (K, AIV, SAF) muodosti oman koeruokintansa. Ruokinta tapahtui seosrehuruokintana perustuen vapaaseen rehun saantiin. Kaikilla koekäsittelyillä seosrehussa oli nurmisäilörehua 60 % rehuannoksen kuiva-aineesta ja väkirehuna litistettyä ohraa 40 % rehuannoksen kuiva-aineesta. Lisäksi annettiin tarvittavat kivennäiset ja vitamiinit. Koesuunnitelman mukaiset seosrehut valmistettiin seosrehuvaunulla (Trioliet, 10 m³), josta rehu jaettiin ruokintakaukaloihin (Grow-

Safe Systems). Jokaisessa karsinassa oli kaksi ruokintakaukaloa, jotka mahdollistivat yksilökohtaisen rehun kulutuksen seurannan (eläinten automaattinen tunnistus elektronisten korvamerkkien kautta).

Ruokintakoe aloitettiin tammikuussa 2015. Ensimmäisen korjuukerran säilörehuja syötettiin 4,5 kuukauden ajan (135 vuorokautta) kokeen alussa ja toisen korjuukerran rehuja kokeen jälkimmäinen puolisko (124 vuorokautta). Näin ollen koko ruokintakoe kesti yhteensä 259 vuorokautta. Seosrehua tehtäessä säilörehuista otettiin näytteitä, jotka pakastettiin ja yhdistettiin jokaisen ruokintajakson (kesto keskimäärin 28 vrk) analyysinäytteeksi. Ohrasta kerättiin näytteet jokaisesta rehuerästä ja yhdistettiin eräkohtaisiksi analyysinäytteiksi. Rehunäytteistä määritettiin kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen, kuitu, D-arvo, muuntokelpoinen energia, OIV ja PVT sekä säilörehujen syönti-indeksi ja säilönnällinen laatu Huuskosen ym. (2017) kuvaamin menetelmin.

Sonnien kasvua seurattiin punnitsemalla eläimet kahtena peräkkäisenä päivänä kokeen alussa, kokeen puolivälissä säilörehun vaihtuessa ja kokeen lopussa. Punnitustuloksena käytettiin kahden punnituskerran keskiarvoa. Sonnien elopainon kasvu (päiväkasvu) laskettiin loppuelopainon ja kokeen alun elopainon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Sonnit teurastettiin Atria Oy:n Kauhajoen teurastamossa. Teuraspainotavoite oli 335 kg. Teurastus tapahtui yleisten teurastuskäytäntöjen mukaan (EC 2006). Nettokasvu laskettiin teuraspainon ja kokeen alun ruhopainon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Ruhopainona kokeen alussa käytettiin arviota elopaino $\times 0,5$. Teurasprosentti saatiin jakamalla eläimen ruhopaino kokeen lopun elopainolla ja kertomalla sadalla. Ruhon lihakuus määriteltiin EUROP-luokituksella, jossa E tarkoittaa lihakuudeltaan erinomaista ja P lihakuudeltaan heikkoa ruhoa. Luokkia oli kaiken kaikkiaan 15 (E+, E, E-, U+, U, U-, R+, R, R-, O+, O, O-, P+, P, P-). Tilastollista käsittelyä varten luokat numeroitiin numeroilla 1–15. Rasvaluokitus tehtiin asteikolla 1–5, jossa 1 tarkoittaa vähärasvaista ja 5 erittäin rasvaista ruhoa (EC 2006).

Tilastollinen käsittely tehtiin SAS-ohjelmiston (versio 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) GLM-proseduurilla. Tuloksia testattaessa käytettiin seuraavaa tilastollista mallia: $y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha \times \gamma)_{ij} + \theta_{ijl} + \beta x_{ijk} + e_{ijkl}$. Koemallissa μ on yleiskeskisarvo ja e_{ijkl} on virhetermi. α_i on säilöntäainekäsittelyn (K, AIV, SAF) kiinteä vaikutus, 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 (βx_{ijk}) mallissa testattaessa syöntiä, kasvua ja rehun hyväksikäyttöä kuvaavia muuttujia. Teurastulosten (teurasprosentti, ruhon lihakuus, ruhon rasvaisuus) osalta mallissa käytettiin kovariaattina teuraspainoa. Ruokintakokeen koekäsittelyjen väliset tilastolliset erot testattiin ortogonaalisilla kontrasteilla: 1) Kontrolli vs. säilöntäainekäsittelyt, 2) SAF vs. AIV ja 3) rodun vaikutus: ayrshire vs. holstein. Koska säilöntäainekäsittelyn ja rodun yhdysvaikutukset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, tulokset esitetään ainoastaan säilöntäainekäsittelyn ja rodun päävaikutusten osalta.

1.3. Tulokset

1.3.1. Säilöntäkoe

Satojen ja peltolohkojen välillä oli jonkin verran eroja ajatellen rehuraaka-aineen säilöttävyyttä, sillä esimerkiksi sokeri- ja nitraattipitoisuuksissa oli isot erot (Taulukko 1). Toisaalta puskurikapasiteetillaan ja mikrobiologiselta laadultaan raaka-aineet olivat varsin samanlaisia. Kenties tärkein yksittäinen säilöttävyyteen vaikuttava tekijä on rehun kuiva-ainepitoisuus, johon vaikuttavat ennen kaikkea esikuivausajan pituus ja olosuhteet. Valitettavasti näytteiden käsittelyssä sattui joitain sekaannuksia niin, että aineisto ei ole aivan tasapainoinen näytteiden taustatekijöiden suhteen ja kuiva-ainepitoisuudessakin oli käsittelyiden välillä jonkin verran eroa (Taulukko 2). Erot ovat kuitenkin sen verran pieniä, että tuloksia voidaan pitää vertailukelpoisina.

Säilörehujen käymislaaduissa oli vain vähäisiä eroja johtuen niiden suhteellisen korkeasta kuiva-ainepitoisuudesta (keskimäärin 355 g/kg), joka jo sellaisenaan rajoittaa käymistä selvästi. SAF ei eronnut käymislaadultaan missään ominaisuuksissa kontrollirehusta, mutta AIV-rehussa oli jäljellä enemmän sokereita ($P < 0,05$) ja siihen oli muodostunut vähemmän maito- ja etikkahappoa ($P < 0,01$).

Numeerisesti myös ammoniumtypen osuus oli pienempi varsinkin, jos huomioidaan säilöntäaineen sisältämä ammoniumtyppi.

Säilörehujen aerobinen stabiilisuus oli keskimäärin jonkun verran pidempi kuin seosrehujen (7,3 vs. 6,5 vrk) ja AIV pidensi aerobista stabiilisuutta kontrolliin verrattuna ($P < 0,01$) niin, että säilörehulla se piteni 4,3 vrk:sta 9,9 vrk:en. Myös SAF pidensi aerobista stabiilisuutta numeerisesti, mutta ero ei tullut tilastollisesti merkitseväksi.

Taulukko 1. Nurmiraaka-aineen koostumus ennen säilöntää (kattaa koko kokeen rehut).

Sato	Ensimmäinen		Toinen	
	Jokiahde	Tuomonsuo	Rahkasuo	Tuomonsuo
Peltolohko				
Korjuupäivä v. 2014	17.6.	23.6.	4.8.	6.8.
Kuiva-aine (ka), g/kg	213	221	243	178
pH	6,09	6,04	5,85	6,14
Puskurikapasiteetti ¹	4,14	4,12	3,42	4,67
Mikrobiologinen laatu, pmy ² /g				
Bakteerit yhteensä	$9,0 \times 10^7$	$3,8 \times 10^7$	$1,1 \times 10^8$	$6,1 \times 10^7$
Hiivat	$1,2 \times 10^5$	$1,7 \times 10^5$	$8,9 \times 10^5$	$4,9 \times 10^5$
Homeet	$4,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^3$	$2,0 \times 10^4$	$1,4 \times 10^5$
Enterobakteerit	$2,2 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$	$2,7 \times 10^5$	$4,8 \times 10^5$
Klostridit, MPN ³ /g	9	9	15	7
Kuiva-aineessa, g/kg				
Tuhka	69	65	72	80
Raakavalkuainen	131	171	152	203
Nitraattityppi ⁴	10	138	50	232
Sokerit	135	211	100	65
Kuitu (NDF)	608	526	597	605
Sulavuus				
Sellulaasiliukoisuus, g/kg orgaanista ainetta	774	818	756	735
Orgaanisen aineen sulavuus	0,742	0,781	0,693	0,669
D-arvo, g/kg ka	691	730	643	616

¹ g maitohappoa/100 g ka. ² Pesäkkeitä muodostava yksikkö. ³ Todennäköisin lukumäärä. ⁴ Nitraattityppi voidaan muttaa nitraatiksi kertomalla luvulla 4,43.

Taulukko 2. Säilöntäkokeessa käytettyjen rehujen koostumus ja säilönnällinen laatu.

	K	SAF	AIV	SEM	Tilastollinen merkitsevyys	
					K vs. AIV	K vs. SAF
n	7	7	9			
Kuiva-aine (ka), g/kg	370	341	361	9	0,700	0,102
pH	4,62	4,49	4,48	0,042	0,067	0,127
Kuiva-aineessa, g/kg						
Tuhka	76	75	74	1,8	0,749	0,979
Natrium	0,015	0,356	0,033	0,0235	0,835	<0,001
Sokerit	74	67	97	5,7	0,028	0,695
Etanoli	6,9	6,6	5,9	0,65	0,489	0,950
Muurahaishappo	0	0,1	7,6	0,76	<0,001	0,994
Maitohappo	39	48	28	2,3	0,007	0,053
Etikkahappo	16,1	12,1	7,1	1,78	0,007	0,302
Propionihappo	0,38	0,47	2,58 ¹	0,203	<0,001	0,946
Voihappo	0,45	0,29	0,34	0,059	0,381	0,191
Isovoihappo	0,05	0,04	0,02	0,011	0,178	0,496
Valeriaanahappo	0,13	0,14	0,13	0,008	0,973	0,864
Isovaleriaanahappo	0,10	0,12	0,10	0,009	0,852	0,177
Kapronihappo	0,06	0,08	0,08	0,015	0,706	0,622
Haihtuvat rasvahapot yhteensä	17,2	13,2	10,4	1,72	0,029	0,274
Ammoniakkityppi, g/kg N	53	56	43 ²	5,3	0,403	0,903
Säilörehun syönti-indeksi	104	100	106	1,5	0,459	0,129
Aerobinen stabiilisuus, h						
Säilörehu	102	182	238	25,1	0,004	0,121
Seosrehu	114	152	200	16,0	0,004	0,277

SEM = Keskiarvon keskivirhe. ¹ Ei korjattu säilöntäaineen mukana tulleella määrällä, korjattu arvo 0 g/kg ka. ² Ei korjattu säilöntäaineen mukana tulleella määrällä, korjattu arvo 31 g/kg N.

Taulukko 3. Säilörehujen mikrobiologinen laatu (pmy¹/g).

	K	SAF	AIV
Bakteerit yhteensä	1,47×10 ⁶	3,10×10 ⁵	8,00×10 ⁵
Hiivat	2,29×10 ²	4,86×10 ²	3,00×10 ²
Homeet	1,78×10 ⁵	4,86×10 ²	3,33×10 ²
Enterobakteerit	1,00×10 ¹	1,00×10 ¹	1,00×10 ¹
Klostridit, MPN ² /g	9	3	4

¹ Pesäkkeitä muodostava yksikkö. ² Todennäköisin lukumäärä.

1.3.2. Ruokintakoe

Ruokintakokeessa käytetyn ensimmäisen korjuukerran säilörehun kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 362 g/kg ja toisen korjuukerran säilörehuilla vastaavasti 389 g/kg (Taulukko 4). Ensimmäisen niiton säilörehu oli sulavampaa (D-arvo 699 vs. 613 g/kg ka) ja sisälsi hieman vähemmän raakavalkuaista (159 vs. 175 g/kg ka) kuin toisen niiton säilörehu. Niittokertojen välinen ero näkyi myös säilörehun syönti-indeksissä, joka oli ensimmäisen niiton rehulla selvästi korkeampi kuin toisen niiton rehulla (Taulukko 4). Koekäsittelyjen välillä ei ollut merkittäviä eroja kemiallisessa koostumuksessa tai rehu-arvoissa. Rehun säilönnällistä laatua säilöntäainekäsittelyt vaikuttivat hieman parantavan. Varsinkin AIV-Ässä säilötty rehu näytti sisältävän vähemmän haihtuvia rasvahappoja ja ammoniumtyyppiä kuin ilman säilöntäainetta tehty kontrollirehu.

Taulukko 4. Ruokintakokeessa käytettyjen rehujen koostumus ja säilönnällinen laatu.

	Säilörehu 1. niitto			Säilörehu 2. niitto			Ohra
	K	SAF	AIV	K	SAF	AIV	
Koekäsittelyt							
Näytemäärä, kpl	5	5	5	4	4	4	5
Kuiva-aine (ka), g/kg	356	358	371	390	399	378	882
Tuhka, g/kg ka	67	64	58	75	79	74	29
Raakavalkuainen, g/kg ka	162	154	161	177	174	173	122
Kuitu, g/kg ka	528	542	535	564	578	564	211
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	11,2	11,1	11,2	9,9	9,7	9,9	13,2
OIV, g/kg ka	88	87	88	85	84	85	98
PVT, g/kg ka	31	24	29	51	51	47	-25
D-arvo, g/kg ka	698	695	703	618	604	617	
Säilörehun syönti-indeksi	110	110	114	95	93	97	
Säilörehun säilönnällinen laatu							
pH	4,24	4,28	4,27	4,59	4,74	4,52	
Maitohappo, g/kg ka	55,6	49,3	37,4	39,8	33,1	27,2	
Muurahaishappo, g/kg ka	0,1	0,1	3,6	0,1	0,1	5,4	
Sokerit, g/kg ka	79,4	94,8	129,5	53,5	53,7	73,3	
Etanoli, g/kg ka	8,8	7,1	6,8	3,8	2,5	2,6	
Haihtuvat rasvahapot, g/kg ka	14,6	12,7	11,1	14,5	15,7	10,9	
Etikkahappo, g/kg ka	13,5	11,9	9,1	13,5	14,7	8,3	
Propionihappo, g/kg ka	0,41	0,33	1,44	0,30	0,42	1,92	
Voihappo, g/kg ka	0,35	0,30	0,29	0,36	0,29	0,34	
Ammonium N, g/kg N	54,8	52,4	47,5	66,2	71,2	56,6	

Kontrollikäsittelyn paalit tehtiin ilman säilöntäainetta (K). Tutkittavina säilöntäaineina olivat AIV ÄSSÄ (AIV; valmistaja Eastman Chemical Company, muurahaishappoa, propionihappoa, ammoniumformiaattia ja kaliumsorbaattia) ja suolamuotoinen Safesil (SAF; valmistaja Salinity Agro, natriumbentsoaattia, kaliumsorbaattia ja natriumnitriittiä).

Ruokintakoe kesti 259 vuorokautta, ja sonnit olivat teurastettaessa keskimäärin 509 vuorokauden ikäisiä ja painoivat keskimäärin 336 kg (Taulukko 5). Rotu ja ruokinta eivät vaikuttaneet eläinten teuraspainoon. Rodulla ei ollut myöskään vaikutusta sonnien rehun syöntiin tai ravintoaineiden saantiin kokeen aikana. Sen sijaan säilöntäkäsittely näytti vaikuttavan rehun syöntiin kokeen ensimmäisellä puolikkaalla, jolloin syötössä olivat ensimmäisen niiton säilörehut. Kontrollisäilörehua saaneiden

sonnien rehun syönti ja energian saanti oli kokeen ensimmäisen puoliskon aikana keskimäärin 7 % suuremmat ($P=0,002$) kuin SAF- ja AIV-säilörehua saaneilla sonneilla. Vastaavaa eroa ei havaittu kokeen jälkimmäisellä puoliskolla. SAF- ja AIV-ruokintojen välillä ei havaittu eroja rehun syönnissä.

Taulukko 5. Sonnien rehun syönti sekä kasvu- ja teurastulokset ruokintakokeessa.

	Ruokinta			Rotu		SEM	P-arvot		
	K	SAF	AIV	AY	HO		1	2	3
Eläinmäärä, kpl	30	28	29	45	42	-	-	-	-
Teurasikä, pv	508	511	509	510	508	1,7	0,35	0,43	0,47
Kuiva-aineen (ka) syönti, kg/pv									
Jakso 1 (1 niiton rehu)	9,5	9,0	8,8	9,2	9,1	0,14	0,43	0,002	0,15
Jakso 2 (2 niiton rehu)	11,1	11,5	11,3	11,4	11,2	0,21	0,30	0,26	0,57
Koko koe	10,2	10,2	10,0	10,2	10,0	0,15	0,32	0,39	0,32
Energian saanti, MJ/pv									
Jakso 1	114	108	106	110	109	1,6	0,43	0,002	0,24
Jakso 2	125	128	127	128	125	2,3	0,30	0,35	0,89
Koko koe	119	117	116	119	116	1,8	0,32	0,27	0,54
Raakavalkuaisen saanti, g/pv									
Jakso 1	1412	1297	1292	1344	1328	19,9	0,45	<0,001	0,92
Jakso 2	1686	1732	1690	1723	1683	31,5	0,30	0,53	0,37
Koko koe	1539	1501	1480	1520	1493	22,7	0,32	0,11	0,53
Elopaino, kg									
Kokeen alussa	287	295	290	289	293	2,2	0,63	0,38	0,49
Säilörehun vaihtuessa	503	496	496	500	498	3,9	0,67	0,24	0,75
Kokeen lopussa	650	641	636	643	642	5,6	0,90	0,17	0,43
Elopainon kasvu, g/pv									
Jakso 1	1601	1490	1524	1558	1519	26,4	0,23	0,01	0,43
Jakso 2	1185	1167	1130	1157	1166	24,0	0,74	0,27	0,29
Koko koe	1408	1340	1341	1371	1355	20,5	0,52	0,02	0,94
Ruhopainon kasvu, g/pv	747	736	741	750	732	14,8	0,33	0,64	0,81
Rehun hyväksikäyttö (koko koe)									
Kg ka/kg ruhopainon kasvua	13,7	13,8	13,4	13,6	13,7	0,41	0,98	0,76	0,35
MJ/kg ruhopainon kasvua	159	159	157	159	159	4,7	0,99	0,66	0,46
Teurastulokset									
Teuraspaino, kg	336	336	333	337	334	3,7	0,45	0,84	0,54
Teurasprosentti, g/kg	517	524	524	524	519	2,9	0,33	0,16	0,95
Ruhon lihakkuus, EUROP	4,77	5,11	5,00	5,13	4,79	0,083	0,004	0,01	0,29
Ruhon rasvaisuus, EUROP	2,60	2,43	2,38	2,42	2,51	0,102	0,56	0,21	0,79

SEM = keskiarvon keskivirhe. Ruokinnat: Kontrollisäilörehu (K) tehtiin ilman säilöntäainetta. Tutkittavina aineina olivat muurahaishappopohjainen AIV ÄSSÄ (AIV) ja suolamuotoinen Safesil (SAF). Rotu: AY = ayrshire, HO = holstein. P-arvot: 1) rodun vaikutus: ayrshire vs. holstein, 2) kontrolli vs. säilöntäainekäsittelyt ja 3) SAF vs. AIV.

Rotu ei vaikuttanut sonnien kasvutuloksiin eikä rehun hyväksikäyttöön. Sonnien elopainon kasvu kokeen aikana oli keskimäärin 1363 g/pv ja ruhopainon kasvu 741 g/pv. Säilöntäkäsittely ei vaikuttanut sonnien ruhopainon kasvuun, mutta kontrollisäilörehua saaneiden sonnien elopainon kasvu oli kokeen ensimmäisen puoliskon aikana 6 % ($P=0,01$) ja koko kokeen ajalle laskettuna 5 % ($P=0,02$) suurempi kuin SAF- ja AIV-säilörehua saaneilla sonneilla keskimäärin. Säilöntäkäsittely ei vaikuttanut rehun hyväksikäyttöön (Taulukko 5).

Sonnien teurasprosentti oli keskimäärin 522 g/kg, ruhon lihakuusluokka 4,96 ja ruhon rasvaisuusluokka 2,46. Rotu ja säilöntäainekäsittely eivät vaikuttaneet teurasprosenttiin eivätkä ruhon rasvaisuuteen. Sen sijaan ruhon lihakuusluokkaan koekäsittelyt vaikuttivat tilastollisesti merkittävästi. Kontrollisäilörehua saaneiden sonnien ruhot olivat lihakuudeltaan noin 5 % heikompia kuin säilöntäainekäsittelyä rehua saaneiden sonnien ruhot ($P=0,015$). Ayrshire-sonnien ruhot olivat lihakuudeltaan 7 % parempia kuin holstein-sonnien ruhot ($P=0,004$).

1.4. Tulosten tarkastelu

1.4.1. Säilöntäkoee

Eri säilöntäaineilla säilöttyjen rehujen välillä oli vain vähän eroja johtuen kohtuullisen korkeasta kuiva-ainepitoisuudesta, joka jo sinällään rajoitti käymistä. Muurahaishappopohjainen AIV rajoittaa tyypillisesti säilörehun käymistä (Heikkilä ym. 2010, Huhtanen ym. 2013, Seppälä ym. 2016), mikä tuli esiin näinkin kuivassa rehussa. Pääsääntöisesti erot säilöntäainekäsittelyiden välillä olivat kuitenkin pieniä, ja kun kontrollirehukin oli varsin hyvin säilynyttä, ei säilöntäainekäsittelyillä ollut paljon mahdollisuutta parantaa tilannetta.

Säilörehun aerobinen stabiilisuus eli jälkilämpenemisherkyys on tullut yhä tärkeämmäksi säilörehun ominaisuudeksi esikuivatun säilörehun käytön, ympärivuotisen säilörehuruokinnan ja seosrehuruokinnan yleistyessä. Rehun aerobista stabiilisuutta voidaan parantaa säilöntäainekäsittelyin, kuten tämäkin koe osoitti. Siihen vaikuttivat todennäköisesti pienempi homeiden määrä rehussa säilönnän jälkeen ja säilöntäaineiden sisältämät antimikrobiset yhdisteet. SAF on aiemmin osoittautunut hyväksi aerobisen stabiilisuuden parantamiseksi (Knicky ja Spörndly 2011, Seppälä ym. 2016), mutta tämän kokeen perusteella AIV oli vielä tehokkaampi.

1.4.2. Ruokintakoe

Tutkittujen rotujen välillä havaittiin vain vähäisiä eroja, eivätkä rodun ja säilöntäainekäsittelyn väliset yhdysvaikutukset olleet tilastollisesti merkitseviä, joten rodun vaikutuksia tarkastellaan vain hyvin lyhyesti. Merkittävin rotujen välillä havaittu ero oli ruhojen lihakuudessa, joka oli ayrshire-sonneilla selvästi holstein-sonneja parempi. Vastaava rotujen välinen ero on havaittu valtakunnallisessa teurasaineistossa, jossa ayrshire-sonnien lihakuusluokka oli 14 % parempi kuin holstein-sonneilla (Huuskonen 2014). Myös teurashiehojen osalta ayrshire-ruhot ovat osoittautuneet holsteineja lihakaammiksi (Huuskonen ym. 2013b). Valtakunnallisessa teurasaineistossa holstein-sonnien ruhopainon kasvu oli hieman suurempi ja ruhojen rasvaisuusluokka hieman matalampi kuin ayrshire-sonneilla (Huuskonen 2014), mutta nyt raportoitavassa kokeessa vastaavia eroja rotujen välillä ei havaittu.

Kaikki ruokintakokeen koesäilörehut olivat säilönnälliseltä laadultaan hyviä, mikä osaltaan vaikutti siihen, että koekäsittelyjen välille ei muodostunut kovinkaan paljon eroja eläinten tuotantotuloksissa. Koesäilörehujen suhteellisen korkea kuiva-ainepitoisuus oli todennäköisesti syynä siihen, että myös kontrollisäilörehu oli säilönnälliseltä laadultaan hyvää ja erot säilörehujen laadussa jäivät pieniksi. Useissa tutkimuksissa on todettu, että säilörehun esikuivaus yleensä parantaa säilönnän onnistumisen edellytyksiä (Heikkilä ym. 2010, Jaakkola ym. 2010, Seppälä ym. 2016). Yhdenmukaisesti nyt raportoivan kokeen kanssa Heikkilä ym. (2010) havaitsivat, että rehun kuiva-ainepitoisuuden

ollessa yli 300 g/kg suhteellisen hyvä säilönnällinen laatu saavutettiin myös ilman säilöntäaineiden käyttöä. Toisaalta Knicky ja Spörndly (2009, 2011) havaitsivat, että vastaava SAF-käsittely kuin tässä kokeessa paransi rehun säilönnällistä laatua sekä matalissa että korkeissa kuiva-ainepitoisuuksissa. Huhtasen ym. (2013) mukaan muurahaishappolisäys laskee tehokkaasti rehun pH:ta ja rajoittaa käymistä, mikä näkyy matalampana kokonaishappojen ja ammoniumtypen pitoisuuksina ja korkeampana jäännössokerin pitoisuutena verrattuna ilman säilöntäainetta tehtyyn rehuun. Tämä oli jossakin määrin havaittavissa myös nyt raportoitavassa tutkimuksessa, varsinkin ensimmäisen niiton rehujen osalta. Aiemmin myös Seppälä ym. (2013) havaitsivat, että muurahaishappolisäys voi rajoittaa käymistä esikuivatulla (kuiva-ainepitoisuus 340–360 g/kg) säilörehuilla.

On hankala löytää selkeää selitystä sille, miksi sonnit söivät kokeen ensimmäisen puoliskon aikana enemmän rehua kontrolliruokinnalla kuin säilöntäainekäsittelyillä. Vaikka säilörehun syönti-indeksi oli AIV-säilörehulla korkeampi kuin K-säilörehulla, sonnien kuiva-aineen syönti oli K-ruokinnalla suurempaa. Teoreettisesti tarkasteltuna AIV-rehun K-rehua korkeampi propionihappopitoisuus voisi osaltaan selittää pienempää rehun syöntiä, sillä tutkimuksissa säilörehun propionihappopitoisuuden on havaittu vaikuttavan syöntiin voimakkaammin kuin muiden haihtuvien rasvahappojen (Huhtanen ym. 2002, Krizsan ja Randby 2007, Huuskonen ym. 2013a). On kuitenkin todennäköistä, että nämä aiemmin havaitut tulokset kuvaavat ennemminkin säilörehun käymisprosessin voimakkuutta kuin yksistään propionihapon vaikutusta. Myös Huhtanen ym. (2002) pitivät epätodennäköisenä, että propionihapolla itsessään suhteellisen pieninä pitoisuuksina olisi suoraa vaikutusta syöntimääriin. Useissa aiemmissa kasvavien nautojen ruokintakokeissa säilöntäainelisäys on lisännyt säilörehun syöntiä (Keady ja Steen 1994, O’Kiely ja Moloney 1994, Agnew ja Carson 2000, Winters ym. 2001). Esimerkiksi Agnew ja Carson (2000) havaitsivat, että säilöntäaineen lisäys lisäsi härkien säilörehun syöntiä 21 % ilman säilöntäainetta tehtyyn kontrollisäilörehuun verrattaessa. Nyt raportoitavan ja aiempien kokeiden väliset erot voivat johtua eroista kuiva-ainepitoisuudessa, sillä edellä mainitut kokeet toteutettiin esikuivaamattomilla (kuiva-ainepitoisuus 167–230 g/kg) säilörehuilla, joissa säilöntäaine paransi selvästi säilörehun käymislaatua kontrollirehuun verrattuna.

Kontrolliruokinnalla olleiden sonnien hieman suurempi rehun syönti näkyi myös lisääntyneenä energian saantina, mikä todennäköisesti oli suurin syy elopainon kasvussa havaittuihin eroihin. Energian saannin on osoitettu olevan merkittävin kasvuun vaikuttava ruokinnallinen tekijä kasvavilla nautoilla (Huuskonen ja Huhtanen 2015). Ruhopainon kasvussa ei kuitenkaan havaittu eroja koeruokintojen välillä. Aiemmat tulokset säilöntäainekäsittelyiden vaikutuksista lihanautojen kasvuun ovat ristiriitaisia. Joissakin kokeissa säilöntäainelisäyksen on havaittu parantavan sekä elopainon että ruhopainon kasvua, kun ruokinnassa ei ole käytetty väkirehulisää (Agnew ja Carson 2000). Kuitenkaan 1,5 kg:n väkirehulisää käytettäessä ruhopainon kasvussa ei havaittu eroja koekäsittelyjen välillä, vaikka säilöntäainelisäys lisäsi säilörehun syöntimäärää (Agnew ja Carson 2000). O’Kiely ja Moloney (1994) havaitsivat ensimmäisessä osakokeessaan muurahaishappolisäyksen lisäävän nautojen elopainon kasvua ilman säilöntäainetta tehtyyn kontrollisäilörehuun verrattaessa, mutta toisessa osakokeessa vastaavaa ei havaittu. Keady ja Steen (1994) puolestaan raportoivat ruhopainon kasvun parantuneen, kun ruokinnassa käytettiin muurahaishapolla säilöttyä säilörehua ilman säilöntäainetta tehdyn kontrollisäilörehun sijaan. Erilaiset tulokset kokeiden välillä voivat selittyä säilörehun kuiva-ainepitoisuuden lisäksi väkirehun määrällä. Säilörehun laatu korostuu, jos sitä käytetään ainoana rehuna tai ruokinnassa käytetään hyvin pieniä väkirehumääriä.

Myös Agnew ja Carson (2000) havaitsivat ruhojen lihakuuden olleen parempi, kun ruokinnassa käytettiin muurahaishapolla säilöttyä säilörehua kontrollisäilörehun sijasta. Heidän kokeessaan erot lihakuudessa selittyvät kuitenkin todennäköisesti osittain myös eroilla eläinten teuraspainoissa. Happosäilötyllä rehulla ruokitut eläimet olivat painavampia kuin kontrolliruokinnalla olleet (Agnew ja Carson 2000), ja teuraspainon lisääntymisen on havaittu korreloivan positiivisesti ruhon lihakuuden kanssa (Kempster ym. 1988, Keane ja Allen 1998). O’Kiely ja Moloney (1994) eivät havainneet säilöntäainekäsittelyn vaikuttavan ruhojen lihakuuteen.

1.5. Yhteenveto ja johtopäätökset

Koe osoitti, että kun nurmisäilörehu tehdään hyvissä olosuhteissa esikuivatusta raaka-aineesta, jonka kuiva-ainepitoisuus on selkeästi yli 30 %, voi pyöröpaalisäilöntä onnistua kohtuullisen hyvin myös ilman säilöntäaineiden käyttöä. Kuitenkin esimerkiksi märissä olosuhteissa epäonnistumisen riski on suuri. Säilöntäaineen käyttämättä jättämisellä voidaan saavuttaa hieman kustannussäästöä, mutta tällöin otetaan myös riski, että korjattu rehu pilaantuu, säilöntätappiot ja reuhävikki kasvavat ja rehun tuotantovaikutus heikkenee. On huomattava, että tässä kokeessa tavoiteltuun kuiva-ainepitoisuuteen päästiin noin 1 vrk esikuivausajalla. Aina säät eivät suosi rehunkorjaajaa, ja pitkittynyt esikuivausaika pellolla aiheuttaa tyypillisesti tappioita kaikkein sulavimmissa ravintoaineissa. Rehun tekeminen ilman säilöntäainetta ei näin ollen sovellu yleistavoitteeksi vaan paremminkin mahdollisuudeksi, jota voi hyödyntää olosuhteiden ollessa suotuisat. Naudankasvatuksen lopputuloksessa säilöntäaineen käyttö näkyi tässä kokeessa parantuneena ruhon lihakuutena, vaikkei eroja teuras-painossa tai rasvaisuudessa ollut eri säilöntäkäsittelyjen välillä.

Viitteet

- 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.
- Cataldo, D.A., Haroon, M., Schrader, L.E., Youngs, V.L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 6: 71-80.
- 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. *The Official Journal of the European Union* L, 214: 1–6.
- Heikkilä, T., Saarisalo, E., Taimisto, A-M. & Jaakkola, S. 2010. Effects of dry matter and additive on wilted bale silage quality and milk production. *Grassland Science in Europe* 15: 500–502.
- Huhtanen, P., Khalili, H., Nousiainen, J. I., Rinne, M., Jaakkola, S., Heikkilä, T. & Nousiainen, J. 2002. Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. *Livestock Production Science* 73: 111–130.
- 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., 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.
- 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. 2015. The development of a model to predict BW gain of growing cattle fed grass silage-based diets. *Animal* 9: 1329–1340.
- Huuskonen, A., Huhtanen, P. & Joki-Tokola, E. 2013a. The development of a model to predict feed intake by growing cattle. *Livestock Science* 158: 74–83.
- Huuskonen, A., Pesonen, M., Kämäräinen, H. & Kauppinen, R. 2013b. 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: 262–271.
- Huuskonen, A., Seppälä, A. & Rinne, M. 2017. Effects of silage additives on intake, live-weight gain and carcass traits of growing and finishing dairy bulls fed pre-wilted grass silage and barley grain-based ration. *Journal of Agricultural Science* 155: 1342–1352.
- Jaakkola, S., Saarisalo, E. & Heikkilä, T. 2010. Aerobic stability and fermentation quality of round bale silage treated with inoculants or propionic acid. *Grassland Science in Europe* 15: 503–505.
- Keady, T.W.J. & Steen, R.W.J. 1994. Effects of treating low dry-matter grass with a 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. & Allen, P. 1998. Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. *Livestock Production Science* 56: 203–214.
- Kempster, A. J., Cook, G.L. & Southgate, J. R. 1988. Evaluation of British Friesian, Canadian Holstein and beef breed × British Friesian steers slaughtered over a commercial range of fatness from 16-month and 24-month beef production systems. 2. Carcass characteristics, and rate and efficiency of lean gain. *Animal Production* 46: 365–378.
- Knicky, M. & Spörndly, R. 2009. Sodium benzoate, potassium sorbate and sodium nitrite as silage additives. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2659–2667.
- Knicky, M. & Spörndly, R. 2011. The ensiling capability of a mixture of sodium benzoate, potassium sorbate, and sodium nitrite. *Journal of Dairy Science* 94: 824–831.
- Krizsan, S. J. & Randby, Å. T. 2007. The effect of fermentation quality on the voluntary intake of grass silage by growing cattle fed silage as the sole feed. *Journal of Animal Science* 85: 984–996.
- O’Kiely, P. & Moloney, A.P. 1994. Silage characteristics and performance of cattle offered grass silage made without an additive, with formic acid or with a partially neutralized blend of aliphatic organic acids. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 33: 25–39.
- Seppälä, A., Tsitko, I., Ervasti, S., Miettinen, H., Salakka, A. & Rinne, M. 2013. The role of additives when ensiling red clover-grass mixture for biogas production. *Grassland Science in Europe* 18: 563–565.
- Seppälä, A., Heikkilä, T., Mäki, M. & Rinne, M. 2016. Effects of additives on the fermentation and aerobic stability of grass silages and total mixed rations. *Grass and Forage Science* 71: 458–471.
- Weissbach, F., Schmidt, L. & Hein, E. 1974. Method of anticipation of the run of fermentation in silage making based on the chemical composition of green fodder. Proc. of the 12th Intern. Grassland Congress, Moscow, Russia. Vol.3, Part 2, p. 663-673.
- 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.

2. Nurmen jälkisadot kasvavien nautojen ruokinnassa

Arto Huuskonen¹ ja Maiju Pesonen²

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31A, 71750 Maaninka

² Luonnonvarakeskus (Luke), Survontie 9A, 40500 Jyväskylä

Tiivistelmä

Tutkimuksella haettiin tietoa nurmen jälkisadon tuotosvasteista kasvavien lihanautojen ruokinnassa. Tutkimus koostui kahdesta osakokeesta. Ensimmäisessä osakokeessa koe-eläiminä oli 45 simmental-sonnia ja toisessa osakokeessa 30 hereford-sonnia. Sonnit kasvatettiin viiden eläimen ryhmäkarsinoissa. Kokeen alkaessa simmental-sonnit olivat keskimäärin 328 vuorokauden ikäisiä ja painoivat 475 kg. Hereford-sonnit olivat vastaavasti 304 vuorokauden ikäisiä ja painoivat 369 kg.

Koesäilörehut korjattiin Luken Siikajoen toimipisteessä kasvukauden 2015 aikana puhtaasta timoteikasvustosta (lajike Tuure) pyöröpaaleihin noin vuorokausi niiton jälkeen. Ensimmäinen sato korjattiin 25.6., toinen 11.8. ja kolmas 3.10. Säilöntäaineena oli muurahaishappopohjainen AIV-ÄSSÄ, jota annosteltiin 5 litraa/tonni tuoretta ruohoa.

Ensimmäisessä osakokeessa simmental-sonnit jaettiin satunnaisesti kolmelle eri koeruokinnalla (3 karsinaa ja 15 sonnia/koeruokinta). Kokeen kolme koeruokintaa perustuivat edellä mainittuihin kolmen eri korjuukerran timoteisäilörehuihin. Toisessa osakokeessa hereford-sonnit jaettiin satunnaisesti kahdelle koeruokinnalle (3 karsinaa ja 15 sonnia/koeruokinta), joissa karkearehuna oli joko ensimmäisen tai toisen korjuukerran timoteisäilörehu. Molemmissa osakokeissa koeruokinnat toteutettiin seosrehuruokintana, jossa seoksen kuiva-aineesta 55 % oli säilörehua ja 45 % litistettyä ohraa. Lisäksi huolehdittiin kivennäisten ja vitamiinien saannista. Sonnit saivat seosrehua vapaasti.

Toisen korjuukerran säilörehua saaneiden sonnien kasvutulokset jäivät muita ryhmiä heikommaksi, ja heikompi kasvutulos selittyy hyvin todennäköisesti muita ruokintoja matalammalla rehun syönnillä ja sen seurauksena toteutuneella pienemmällä energian saannilla. Tulos oli osittain yllättävä, sillä syönti-indeksien vertailussa toisen niiton säilörehu sai ensimmäistä niittoa korkeammat indeksipisteet. Yhtenä mahdollisena selityksenä heikommalle syönnille voisi olla se, että toisen korjuukerran säilörehu on sisältänyt muita niittoa enemmän kasvitauteja vioittamaa kasvustoa, mikä ei välttämättä ilmene rehuanalyysituloksista, mutta voi heikentää rehun maittavuutta. Hometoksiinit voivat heikentää rehun syönti- ja kasvutuloksia myös märehijöiden ruokinnassa. Säilörehuista tehdyissä hometoksiinianalyysissä yhdenkään ensimmäisen niiton säilörehunäytteen ei havaittu sisältävän mitään analysoiduista toksiineista. Sen sijaan osassa toisen niiton säilörehunäytteistä havaittiin pieniä määriä zearalenonia, mykofenoli-happoa ja roquefortinia. Myös kolmannen niiton säilörehunäytteiden osalta yhden näytteen viidestä havaittiin sisältävän zearalenonia ja yhden roquefortinia. Kaikki havaitut toksiinimäärät olivat alle 50 mikrogrammaa/kg. On kuitenkin epävarmaa selittävätkö nämä havainnot syönnin vähenemistä tässä ruokintakokeessa.

Kolmannen korjuukerran säilörehun D-arvo ja syönti-indeksi olivat vertailussa olleista säilörehuista selvästi korkeimmat. Tämä ei kuitenkaan realisoitunut tuotantotuloksiin saakka, minkä perusteella voisi olettaa, että rehuanalyysitulokset yliarvioivat kolmannen korjuukerran nurmisäilörehun rehuarvon. Säilörehun hetkellinen tuotantovaikutus on aina hyvin monen tekijän summa. Luotettavien johtopäätösten tekoon tarvittaisiin useiden kokeiden sarjoja. Suomen olosuhteissa korjatun nurmen jälkisadon, ja ennen kaikkea kolmannen niiton, osalta kasvavien nautojen ruokintakokeita ei ole vielä tehty riittävästi, jotta luotettavia johtopäätöksiä voitaisiin tehdä.

Asiasanat: naudanlihantuotanto, nurmisäilörehu, syönti, kasvu, hometoksiinit

2.1. Johdanto

Ilmaston muuttuessa kasvukausi pidentyy, ja nurmea viljelevät karjatilat ovat yhä enenevässä määrin siirtymässä kolmen niiton korjuustrategiaan. Samalla keskimääräinen tilakoko jatkaa kasvuaan ja käytettävissä oleva peltoala on laajentavalla tilalla merkittävä tuotantoa rajoittava tekijä. Niukkuustilanteessa maito- tai lihanautatilan täytyy pystyä tuottamaan mahdollisimman paljon satoa peltohehtaaria kohti. Nurmen kuiva-ainesadon maksimointi johtaa kuitenkin helposti sadon energia-arvon heikkenemiseen ja haasteisiin ruokinnan toteutuksessa. Taloudellisesti kannattavimman korjuuajan valinta tarvitsee pohjakeen tietoa sekä nurmen kasvusta että nautojen tuotosvasteista. Vuonna 2014 päättyneen, Pohjois-Savossa ja Pohjois-Pohjanmaalla toimineen KARPE-hankkeen perusteella kolmen korjuun strategia tuottaa hyvin sulavaa säilörehua ravinteet tehokkaasti hyväksikäyttäen (Hyrkäs ym. 2015). Kolmen niiton strategia onkin yleistynyt nopeasti myös Pohjois-Savon ja Pohjois-Pohjanmaan nautakarjatiljoilla.

Eri niittoajat ja korjuukerrat tuottavat rehuarvoltaan erilaisia säilörehuja. Viimeaikaisissa lypsy-lehmien ruokintakokeissa on havaittu, että nurmen jälkisatojen tuotosvasteet eivät ole kaikilta osin vastanneet analysoituja rehuarvoja, vaan rehun syönti ja/tai maitotuotos on jäänyt alemmalle tasolle, kuin analyysitulokset olisivat antaneet olettaa (Sairanen ja Juutinen 2013, Sairanen ym. 2016). Yhtenä tekijänä vähentyneen rehun syönnin taustalla on arveltu olevan jälkisatojen heikentynyt mikrobiologinen laatu. Esimerkiksi homesienien ja -toksiinien esiintyminen säilörehussa voi heikentää rehun laatua ja maittavuutta (Yiannikouris ja Jouany 2002, Koivunen ja Huuskonen 2018). Hometoksiinien esiintymisestä nurmisäilörehuissa tiedetään kuitenkin toistaiseksi melko vähän. Kirjallisuuden perusteella nurmisäilörehun yleisimmät hometoksiinit ovat zearalenoni (ZON), mykofenolihappo (MPA), roquefortin C (ROC) ja sitriini (CT) (Schneweis ym. 2000, Driehuis ym. 2008a,b). Sen sijaan deoksinivalenolin (DON) esiintyminen nurmisäilörehussa ei ole yhtä yleistä kuin viljoilla tai maissisäilörehussa.

Kasvavien lihanautojen osalta nurmen jälkisatojen, ja erityisesti kolmannen sadon, tuotosvasteista on niukasti tutkittua tietoa. Tässä raportoitavilla kokeilla haettiin tietoa nurmen jälkisatojen tuotosvasteista loppukasvatettavien sonnien ruokinnassa. Aiempien maidontuotantokokeiden (Sairanen ja Juutinen 2013, Sairanen ym. 2016) perusteella oletettiin, että rehun syönti ja kasvutulokset voisivat olla jälkisadoilla matalammat kuin rehuanalyysitulosten perusteella voitaisiin arvioida. Koska hometoksiinien esiintyminen on yksi mahdollinen rehun syöntiin vaikuttava tekijä, ruokintakokeiden säilörehuista analysoitiin myös yleisimmin säilörehuissa esiintyviä toksiineja. Hometoksiinianalyysit toteutettiin Tuottava itäsuomalainen naudanlihantuotanto –hankkeen rahoituksella.

2.2. Aineisto ja menetelmät

Tutkimus koostui kahdesta osakokeesta, jotka toteutettiin Luonnonvarakeskuksen (Luke) Siikajoen toimipisteen tutkimuspihatossa. Ensimmäisessä osakokeessa koe-eläiminä oli 45 simmental-sonnia ja toisessa osakokeessa 30 hereford-sonnia. Sonnit kasvatettiin viiden eläimen ryhmäkarsinoissa, joiden pituus oli 10 m ja leveys 5 m. Karsinassa oli siten tilaa 10 m² eläintä kohden. Karsina-alue muodostui lantakäytävästä ja kuivitetusta makuualueesta. Makuualueen koko oli 5 × 5 m, jolloin eläintä kohti oli 5 m² kuivitetua makuualueetta. Kokeen alkaessa simmental-sonnit olivat keskimäärin 328 vuorokauden ikäisiä ja painoivat 475 kg. Hereford-sonnit olivat vastaavasti 304 vuorokauden ikäisiä ja painoivat 369 kg.

Koesäilörehut korjattiin Luken Siikajoen toimipisteessä kesällä 2015 timoteikasvustosta (lajike Tuure). Ensimmäinen niitto tehtiin 25.6., toinen 11.8. ja kolmas 3.10. Kasvustot niitettiin niittomurskaimella (Elho HNM 280 P), karhotus tehtiin yksiroottorisella karhottimella (Pöttinger) ja rehut korjattiin käärivällä paalaimella (Machale Fusion 3) noin 24 h niiton jälkeen. Kaikki säilörehut säilöttiin

muurahaishappopohjaisella säilöntäaineella (AIV ÄSSÄ: valmistaja Eastman Chemical Company), jota käytettiin 5 litraa tonnille tuoretta ruohoa.

Ensimmäisessä osakokeessa simmental-sonnit jaettiin satunnaisesti kolmelle eri koeruokinnalla (3 karsinaa ja 15 sonnia/koeruokinta). Kokeen kolme koeruokintaa perustuivat edellä mainittuihin kolmen eri korjuukerran timoteisäilörehuihin. Toisessa osakokeessa hereford-sonnit jaettiin satunnaisesti kahdelle koeruokinnalle (3 karsinaa ja 15 sonnia/koeruokinta), joissa karkearehuna oli joko ensimmäisen tai toisen korjuukerran timoteisäilörehu. Molemmissa osakokeissa koeruokinnat toteutettiin seosrehuruokintana, jossa seoksen kuiva-aineesta 55 % oli säilörehua ja 45 % litistettyä ohraa. Lisäksi huolehdittiin kivennäisten ja vitamiinien saannista. Sonnit saivat seosrehua vapaasti. Koesuunnitelman mukaiset seosrehut valmistettiin seosrehuvaunulla (Trioliet, 10 m³), josta rehu jaettiin ruokintakaukaloihin (GrowSafe Systems). Jokaisessa karsinassa oli kaksi ruokintakaukaloa, jotka mahdollistivat yksilökohtaisen rehun kulutuksen seurannan (eläinten automaattinen tunnistus elektronisten korvamerkkien kautta).

Ruokintakokeet aloitettiin helmikuussa 2016. Ensimmäinen osakoe simmental-sonneilla päättyi heinäkuussa 2016 ja toinen osakoe hereford-sonneilla elokuussa 2016. Seosrehua tehtäessä säilörehuista otettiin näytteitä, jotka pakastettiin ja yhdistettiin jokaisen ruokintajakson (kesto keskimäärin 28 vrk) analyysinäytteeksi. Ensimmäinen osakoe sisälsi yhteensä viisi ja toinen osakoe kuusi ruokintajaksoa. Ohrasta kerättiin näytteet jokaisesta rehuerästä ja yhdistettiin eräkohtaisiksi analyysinäytteiksi. Näin muodostui yhteensä kolme ohran analyysinäytettä. Rehunäytteistä määritettiin kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen, kuitu, D-arvo, muuntokelpoinen energia, OIV ja PVT sekä säilörehujen syönti-indeksi ja säilönnällinen laatu Huuskosen ja Pesosen (2017) kuvaamin menetelmin.

Säilörehunäytteistä analysoitiin lisäksi kirjallisuuden perusteella yleisimmin säilörehuissa esiintyvät hometoksiinit. Analysoidut hometoksiinit olivat DON, ZON, ROC, MPA, CT, diacetoxyscirpenoli (DAS), 3- ja 15-acetyldeoxynivalenolit (3-AcDON ja 15-AcDON), nivalenoli (NIV), fusarenoni-X (F-X), T-2 ja HT-2 toksiinit (T-2 ja HT-2), fumonisiinit B1, B2 ja B3, aflatoksiinit B1, B2, G1 ja G2, sterigmatokystiini, okratoksiini A, syklopiatsonihappo, alternarioli, patuliini, ergocorniini, tenuatsonihappo, moniliformiini ja beauverisiini. Penisilliini happoa and gliotoksiinia ei analysoitu, koska kaupallisia standardeja ei ollut saatavilla. Hometoksiinianalyytit tehtiin Luken Jokioisten laboratoriossa Huuskosen ym. (2018) kuvaamin menetelmin.

Sonnien kasvua seurattiin punnitsemalla eläimet kahtena peräkkäisenä päivänä kokeen alussa ja kokeen lopussa. Punnitustuloksena käytettiin kahden punnituskerran keskiarvoa. Sonnien elopainon kasvu (päiväkasvu) laskettiin loppuelopainon ja kokeen alun elopainon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Ultraäänimittaukset suoritettiin teurastusta edeltävänä päivänä, ja tuolloin mitattiin pinta- ja lihaksen sisäisen rasvan osuus, selkälihaksen paksuus ja selkälihaksen pinta-ala. Ultraäänimittaukset tehtiin Gresham (1996), Aass ym. (2009) ja Huuskonen ja Pesonen (2017) julkaisuissa kuvatulla tavalla. Molempien osakokeiden sonnit teurastettiin kolmessa teuraserässä Atria Oy:n Kauhajoen teurastamossa. Teurastus tapahtui yleisten teurastuskäytäntöjen mukaan (EC 2006). Nettokasvu laskettiin teuraspainon ja kokeen alun ruhopainon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Ruhopainona kokeen alussa käytettiin arviota elopaino \times 0.52. Teurasprosentti saatiin jakamalla eläimen ruhopaino kokeen lopun elopainolla ja kertomalla sadalla. Ruhon lihakkuus määriteltiin EU-ROP-luokituksella, jossa E tarkoittaa lihakkuudeltaan erinomaista ja P lihakkuudeltaan heikkoa ruohoa. Luokkia oli kaiken kaikkiaan 15 (E+, E, E-, U+, U, U-, R+, R, R-, O+, O, O-, P+, P, P-). Tilastollista käsittelyä varten luokat numeroitiin numeroilla 1–15. Rasvaluokitus tehtiin asteikolla 1–5, jossa 1 tarkoittaa vähärasvaista ja 5 erittäin rasvaista ruohoa (EC 2006).

Tulosten tilastollinen käsittely tehtiin SAS-ohjelmiston (versio 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) GLM-proseduurilla. Osakokeet analysoitiin kahtena erillisenä kokeena, ja tuloksia testattaessa käytettiin seuraavaa tilastollista mallia: $y_{ijkl} = \mu + \gamma_j + \alpha_i + \theta_{ijl} + \beta x_{ijk} + e_{ijkl}$. Koemallissa μ on yleiskeskisarvo ja e_{ijkl} on virhetermi. α_i on ruokinnan kiinteä vaikutus ja γ_j on teuraserän satunnaisvaikutus. θ_{ijl} on karsinan satunnaisvaikutus. Eläinten elopainoa kokeen alussa käytettiin mallissa kovariaattina (βx_{ijk}). Ruokintakäsittelyjen väliset tilastolliset erot testattiin Tukeyn testillä.

2.3. Tulokset

2.3.1. Ensimmäinen osakoe simmental-sonneilla

Koerehujen koostumus ja rehuarvot esitetään taulukossa 1. Korjuuajan sääolosuhteista johtuen ensimmäisen niiton säilörehun kuiva-ainepitoisuus oli selvästi matalampi kuin toisen ja kolmannen korjuukerran säilörehuilla. Rehuanalyysin perusteella ensimmäisen niiton säilörehun D-arvo oli noin 700 g/kg ka, mitä voidaan pitää tavoiteltavana sulavuutena kasvavien nautojen ruokinnassa. Toisen korjuukerran säilörehulla sulavuus oli analyysituloksen perusteella hieman matalampi (685 g/kg ka) ja kolmannen niiton säilörehulla selvästi korkeampi (740 g/kg ka) ensimmäiseen niittoon verrattuna.

Kolmannen korjuukerran säilörehu sisälsi selvästi enemmän raakavalkuaista ja vähemmän kuitua kuin ensimmäisen ja toisen korjuukerran säilörehut. Kaikkien rehujen säilönnällinen laatu oli kohtuullisen hyvä. Kolmannen niiton säilörehun syönti-indeksi oli 16 % suurempi kuin ensimmäisen niiton rehulla ja 10 % suurempi kuin toisen niiton rehulla (Taulukko 1).

Taulukko 1. Ensimmäisessä osakokeessa käytettyjen rehujen koostumus, rehuarvot ja säilönnällinen laatu sekä kokeessa käytettyjen seosrehujen koostumus ja rehuarvot. Näytemäärä: nurmisäilörehut 5 kpl, ohra 3 kpl.

Koekäsittelyt	Nurmisäilörehut			Ohra	Seosrehut		
	1 niitto	2 niitto	3 niitto		1	2	3
Kuiva-aine (ka), g/kg	222	326	314	872	334	453	441
Tuhka, g/kg ka	55	68	83	29	42	51	60
Raakavalkuainen, g/kg ka	152	147	186	115	135	132	154
Kuitu, g/kg ka	592	533	446	211	420	388	340
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	11,2	11,0	11,8	12,9	12,0	11,8	12,3
OIV, g/kg ka	85	82	92	95	90	88	93
PVT, g/kg ka	26	24	49	-27	2	1	15
D-arvo, g/kg ka	701	685	740				
Säilörehun syönti-indeksi	99	105	115				
Säilörehun säilönnällinen laatu							
pH	3,90	4,26	4,56				
Maito- ja muurahaishappo, g/kg ka	49	37	32				
Sokerit, g/kg ka	65	115	148				
Haihtuvat rasvahapot, g/kg ka	15	8	8				
Ammonium N, g/kg N	66	56	53				

Seosrehut: Seosrehu 1 sisälsi ensimmäisen korjuukerran timoteisäilörehua (550 g/kg ka) ja lististettyä ohraa (450 g/kg ka), seosrehu 2 sisälsi vastaavasti toisen korjuukerran timoteisäilörehua ja lististettyä ohraa ja seosrehu 3 kolmannen korjuukerran timoteisäilörehua ja lististettyä ohraa. Lisäksi huolehdittiin kivennäisten ja vitamiinien saannista.

Hometoksiinianalyyseissä yhdenkään ensimmäisen niiton säilörehunäytteen ei havaittu sisältävän mitään analysoiduista toksiineista. Sen sijaan kolmessa viidestä toisen niiton säilörehunäytteestä havaittiin pieniä määriä zearalenonia. Lisäksi kahdessa viidestä toisen niiton näytteestä havaittiin mykofenolihappoa ja roquefortinia. Kolmannen niiton säilörehunäytteiden osalta yhden näytteen viidestä havaittiin sisältävän zearalenonia ja yhden roquefortinia. Kaikki havaitut toksiinimäärät olivat alle 50 µg/kg. Edellisten lisäksi yhden toisen niiton näytteen havaittiin sisältävän HT-2-toksiinia alle 110 µg/kg, mikä oli pienin määrittämysraja kyseiselle toksiinille.

Ensimmäinen osakoe kesti keskimäärin 128 vuorokautta, ja sonnit teurastettiin 456 vuorokauden iässä (Taulukko 2). Koekäsittelyjen välille muodostui selkeitä eroja rehun syönnin ja ravintoaineiden saannin osalta, sillä toisen sadon säilörehua saaneilla sonneilla syönti jäi selvästi matalammaksi (10,38 kg ka/pv) verrattuna ensimmäisen (11,47 kg ka/pv) ja kolmannen (11,57 kg ka/pv) sadon säilörehua saaneisiin sonneihin ($P < 0,01$). Syöntiero näkyi selkeästi myös eläinten ravintoaineiden saannissa, sillä energian ja raakavalkuaisen saanti oli toisen niiton rehua saaneilla sonneilla selvästi matalampi kuin muilla koeruo-kinnoilla (Taulukko 2).

Taulukko 2. Sonnien rehun syönti sekä kasvu- ja teurastulokset ensimmäisessä osakokeessa (simmentalsonnit).

Koekäsittelyt	Nurmisäilörehut			SEM	P-arvo
	1 niitto	2 niitto	3 niitto		
Eläinmäärä, kpl	15	15	15		
Kokeen kesto, vrk	124 ^a	131 ^b	128 ^{ab}	3,3	0,04
Elopaino kokeen alussa, kg	482	470	472	9,7	0,64
Elopaino kokeen lopussa, kg	731	721	738	5,9	0,10
Teurasikä, vrk	449 ^a	463 ^b	457 ^{ab}	5,0	0,051
Rehun syönti, kg ka/pv	11,47 ^a	10,38 ^b	11,57 ^a	0,299	0,006
Energian saanti, MJ/pv	138 ^a	123 ^b	142 ^a	3,6	<0,001
Raakavalkuaisen saanti, g/pv	1586 ^a	1363 ^b	1794 ^c	41,8	<0,001
Kuidun saanti, g/pv	4715 ^a	3999 ^b	3936 ^b	119,8	<0,001
Elopainon kasvu, g/pv	2097 ^a	1883 ^b	2082 ^a	52,5	0,005
Ruhopainon kasvu, g/pv	1299 ^a	1169 ^b	1304 ^a	36,2	0,01
Rehun hyväksikäyttö					
Kg ka/kg elopainon kasvua	5,47	5,51	5,56	0,189	0,94
MJ/kg elopainon kasvua	65,8	65,3	68,2	2,26	0,54
Kg ka/kg ruhopainon kasvua	8,83	8,88	8,87	0,334	0,96
MJ/kg ruhopainon kasvua	106,2	105,2	109,9	3,98	0,71
Teurastulokset					
Teuraspaino, kg	406	400	413	4,7	0,15
Teurasprosentti, g/kg	554	559	556	3,4	0,40
Lihakkuus, EUROP	9,7	10,4	10,6	0,26	0,054
Rasvaisuus, EUROP	2,4	2,2	2,3	0,12	0,51
Ultraäänimittaukset vuorokautta ennen teurastusta					
Pintarasvan paksuus, mm	6,0	5,6	5,9	0,35	0,82
Lihaksen sisäisen rasvan osuus, %	3,2	3,3	3,3	0,19	0,79
Selkälihaksen paksuus, cm	7,4	7,5	7,9	0,17	0,14
Selkälihaksen pinta-ala, cm ²	97	97	103	2,5	0,06

Koekäsittelyt: seosrehu 1 sisälsi ensimmäisen korjuukerran timoteisäilörehua (550 g/kg ka) ja lististettyä ohraa (450 g/kg ka), seosrehu 2 sisälsi vastaavasti toisen korjuukerran timoteisäilörehua ja lististettyä ohraa ja seosrehu 3 kolmannen korjuukerran timoteisäilörehua ja lististettyä ohraa. SEM = Keskiarvon keskivirhe. Eri yläindeksikirjaimilla merkityt keskiarvot erosivat toisistaan Tukeyn-testissä tilastollisesti merkitsevästi.

Ensimmäisen ja kolmannen korjuukerran säilörehua saaneiden sonnien kasvut olivat käytännössä täysin samalla tasolla: elopainon kasvu kokeen aikana keskimäärin 2090 g/pv ja ruhopainon kasvu 1302 g/pv. Toisen korjuukerran säilörehua saaneiden sonnien kasvutulokset jäivät noin 10 % muita ryhmiä heikommaksi. Koeruokoinnoilla ei ollut vaikutusta rehun hyväksikäyttöön. Sonnien teuraspaino oli keskimäärin 406 kg, lihakuusluokka U- ja rasvaisuusluokka 2,3. Säilörehun korjuukerta ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi ruhon laatuun (Taulukko 2). Tosin numeerisesti ensimmäisen korjuukerran säilörehulla ruokittujen sonnien ruhot olivat hieman vähemmän lihakkaita kuin toisen ja kolmannen korjuukerran säilörehuilla ruokittujen sonnien ruhot.

2.3.2. Toinen osakoe hereford-sonneilla

Koerehujen koostumus ja rehuarvot on esitetty taulukossa 3. Kokeen säilörehut olivat pääosin samoja kuin ensimmäisen ja toisen korjuukerran rehut ensimmäisessä osakokeessa, joten rehuarvotkin ovat tältä osin varsin yhteneväisiä. Rehuanalyysin perusteella ensimmäisen niiton säilörehun D-arvo oli 697 g/kg ka. Toisen korjuukerran säilörehulla sulavuus oli analyysituloksen perusteella hieman matalampi (683 g/kg ka). Molempien rehujen säilönnällinen laatu oli analyysitulosten perusteella kohtuullisen hyvä.

Taulukko 3. Toisessa osakokeessa käytettyjen rehujen koostumus, rehuarvot ja säilönnällinen laatu sekä kokeessa käytettyjen seosrehujen koostumus ja rehuarvot. Näytemäärä: nurmisäilörehut 6 kpl, ohra 3 kpl.

Koekäsittelyt	Nurmisäilörehut		Ohra	Seosrehut	
	1 niitto	2 niitto		1	2
Kuiva-aine (ka), g/kg	229	331	872	343	459
Tuhka, g/kg ka	56	67	29	44	50
Raakavalkuainen, g/kg ka	149	151	115	133	135
Kuitu, g/kg ka	595	532	211	422	387
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	11,1	10,9	12,9	11,9	11,8
OIV, g/kg ka	84	83	95	89	88
PVT, g/kg ka	24	27	-27	1	3
D-arvo, g/kg ka	697	683			
Säilörehun syönti-indeksi	99	106			
Säilörehun säilönnällinen laatu					
pH	3,90	4,27			
Maito- ja muurahaishappo, g/kg ka	49	35			
Sokerit, g/kg ka	56	118			
Haihtuvat rasvahapot, g/kg ka	15	7			
Ammonium N, g/kg N	66	55			

Seosrehut: Seosrehu 1 sisälsi ensimmäisen korjuukerran timoteisäilörehua (550 g/kg ka) ja lististettyä ohraa (450 g/kg ka), seosrehu 2 sisälsi vastaavasti toisen korjuukerran timoteisäilörehua ja lististettyä ohraa.

Yhdenkään ensimmäisen niiton säilörehunäytteen ei havaittu sisältävän mitään analysoiduista toksineista. Sen sijaan neljässä kuudesta toisen niiton säilörehunäytteestä havaittiin pieniä määriä zearelenonia. Lisäksi kahdessa kuudesta toisen niiton näytteestä havaittiin mykofenolihappoa ja roquefortinia. Edellisten lisäksi yhden toisen niiton näytteen havaittiin sisältävän HT-2-toksiinia. Analysoidut rehunäytteet olivat pääosin samoja kuin ensimmäisessä osakokeessa, ja havaitut toksinimäärät on esitetty ensimmäisen osakokeen tulosten yhteydessä.

Kokeen kesto oli keskimäärin 167 vuorokautta ensimmäisen niiton rehua saaneilla sonneilla ja toisen niiton säilörehulla ruokituilla vastaavasti 180 vuorokautta (Taulukko 4). Ensimmäisen korjuukerran säilörehun syöttäminen lisäsi sonnien rehun syöntiä sekä energian saantia tilastollisesti merkitsevästi verrattuna toisen korjuukerran säilörehulla ruokittuihin sonneihin. Keskimääräinen elopainon kasvu oli ensimmäisen niiton säilörehua saaneilla sonneilla 11 % ja ruhopainon kasvu 7 % korkeampi verrattuna toisen niiton säilörehulla ruokittuihin sonneihin. Eri korjuukerran säilörehujen välillä ei havaittu eroja rehun tai energian hyväksikäytössä (Taulukko 4). Hereford-sonnien keskimääräinen teuraspaino oli 347 kg. Ruokintaryhmien välille ei muodostunut merkitseviä eroja teuraspainoon, ruhojen lihakkuuteen tai rasvaisuuteen eikä ultraäänimittausten tuloksiin. Toisen korjuukerran säilörehua saaneilla sonneilla teurasprosentti oli suuntaa-antavasti ($P < 0,10$) korkeampi kuin ensimmäisen korjuukerran rehua saaneilla sonneilla.

Taulukko 4. Sonnien rehun syönti sekä kasvu- ja teurastulokset toisessa osakokeessa (hereford-sonnit).

Koekäsittelyt	Nurmisäilörehut		SEM	P-arvo
	1 niitto	2 niitto		
Eläinmäärä, kpl	15	15		
Kokeen kesto, vrk	167	180	3,9	0,033
Elopaino kokeen alussa, kg	369	372	12,7	0,877
Elopaino kokeen lopussa, kg	654	649	8,0	0,752
Teurasikä, vrk	467	488	7,5	0,058
Rehun syönti, kg ka/pv	9,93	9,17	0,161	0,002
Energian saanti, MJ/pv	119	108	1,9	<0,001
Raakavalkuaisen saanti, g/pv	1309	1220	22,1	0,005
Kuidun saanti, g/pv	4156	3522	66,3	<0,001
Elopainon kasvu, g/pv	1717	1543	39,4	0,005
Ruhopainon kasvu, g/pv	923	862	23,8	0,098
Rehun hyväksikäyttö				
Kg ka/kg elopainon kasvua	5,78	5,94	0,137	0,611
MJ/kg elopainon kasvua	69,3	70,0	1,61	0,806
Kg ka/kg ruhopainon kasvua	10,76	10,64	0,261	0,704
MJ/kg ruhopainon kasvua	128,9	125,3	3,07	0,522
Teurastulokset				
Teuraspaino, kg	345	348	5,0	0,528
Teurasprosentti, g/kg	528	536	3,7	0,070
Lihakkuus, EUROP	8,1	8,1	0,22	0,999
Rasvaisuus, EUROP	2,9	3,2	0,15	0,213
Ultraäänimittaukset				
Pintarasvan paksuus, mm	6,5	6,6	0,26	0,589
Lihaksen sisäisen rasvan osuus, %	3,5	3,5	0,11	0,573
Selkälihaksen paksuus, cm	7,0	7,0	0,16	0,950
Selkälihaksen pinta-ala, cm ²	82	85	2,1	0,261

Koekäsittelyt: seosrehu 1 sisälsi ensimmäisen korjuukerran timoteisäilörehua (550 g/kg ka) ja lististettyä ohraa (450 g/kg ka), seosrehu 2 sisälsi vastaavasti toisen korjuukerran timoteisäilörehua ja lististettyä ohraa. SEM = Keskiarvon keskivirhe.

2.4. Tulosten tarkastelu

Ensimmäisen niiton korjuuajankohtaan ajoittuneet sateiset sääolosuhteet vaikuttivat siihen, että kyseisen sadon kuiva-ainepitoisuus jäi matalammaksi kuin toisen ja kolmannen niiton rehuilla. Tämä puolestaan vaikutti osaltaan siihen, että ensimmäisen niiton säilörehun syönti-indeksi jäi matalimmaksi. Säilörehun kuiva-ainepitoisuuden vaikutus syönti-indeksiin on käyräviivainen siten, että maksimisyönti saavutetaan, kun säilörehun kuiva-ainepitoisuus on 420 g/kg ka (Huhtanen ym. 2007).

Ensimmäisessä osakokeessa kolmannen niiton säilörehulla oli suurempi D-arvo ja syönti-indeksi kuin ensimmäisen ja toisen niiton rehuilla. Tämän perusteella kolmannen niiton rehulla olisi pitänyt saavuttaa paremmat syönti- ja kasvutulokset kuin ensimmäisen ja toisen niiton säilörehua käytettäessä. Kuitenkaan kokeessa ei havaittu eroja sonnien rehun syönnissä tai kasvussa ensimmäisen ja kolmannen niiton rehuja käytettäessä. Sen sijaan toisen niiton säilörehua käytettäessä syönnit ja kasvut jäivät selvästi muita ryhmiä matalammalle tasolle.

Toisen korjuukerran nurmisäilörehun syönti-indeksi oli puolestaan korkeampi kuin ensimmäisen korjuukerran säilörehulla. Tästä huolimatta sonnit söivät ensimmäisen niiton säilörehua sisältävää seosta enemmän kuin toisen niiton säilörehua sisältävää seosta. Näin ollen säilörehun syönti-indeksi ei kyennyt ennustamaan rehujen välisiä eroja tässä kokeessa. Aiemmissa meta-analyysissä syönti-indeksi on ennustanut varsin hyvin säilörehun syöntiä sekä lypsylehmillä (Huhtanen ym. 2002, 2007) että kasvavilla naudoilla (Huuskonen ym. 2013). Aiemmin tehdyssä meta-analyysissä Huuskonen ym. (2013) totesivat, että kasvavien nautojen rehun syöntiä voidaan ennustaa kohtuullisen tarkasti eläinten elopainon ja dieetin koostumuksen perusteella. Eläimen elopaino oli merkittävin yksittäinen syöntiin vaikuttava tekijä, mutta ennustemalli parani selkeästi, kun selittäviksi tekijöiksi lisättiin dieetin kuitupitoisuus, säilörehun syönti-indeksi ja haihtuvien rasvahappojen määrä. Huuskosen ym. (2013) esittämän yhtälön ja tässä tutkimuksessa määritettyjen rehuarvojen perusteella herefordsonnien rehun syönnin ennuste toisessa osakokeessa oli 10,06 kg ka/pv ensimmäisen korjuukerran säilörehua saaneilla eläimillä ja 10,19 kg ka/pv toisen korjuukerran rehua saaneilla sonneilla. Toteutuneet mitatut syönnit olivat puolestaan 9,93 ja 9,17 kg ka/pv. Näin ollen tulos oli odotetun mukainen ensimmäisen niiton osalta, mutta toisen niiton säilörehua syötettäessä saavutettiin selvästi oletettua matalampi syöntitaso. Vastaava ilmiö on havaittu aiemmin joissakin lypsylehmien ruokintakokeissa (mm. Kuoppala ym. 2008, Sairanen ym. 2016). Esimerkiksi Sairanen ym. (2016) havaitsivat, että kolmannen niiton säilörehun korkea energiapitoisuus ei realisoitunut maitotuotokseen saakka, ja matala rehun syönti oli pääasiallisen syynä suhteellisen matalaan maitotuotokseen.

Yhtenä mahdollisena selityksenä toisen niiton säilörehua saaneiden sonnien heikommalle syönnille voisi olla se, että toisen korjuukerran säilörehu olisi sisältänyt muita niittoja enemmän jotakin haitallisia yhdisteitä, jotka eivät käy ilmi perinteisessä rehuanalyysissä, jossa määritetään säilörehun kemiallinen koostumus ja säilönnällinen laatu. Esimerkiksi hometoksiinit ovat näkymättömiä, mauttomia ja hajuttomia myrkköjä, jotka rehussa vahingoittavat sekä pötsin mikrobeja että eläintä. Hometoksiinien vaikutukset eläimessä voivat näkyä muun muassa vähentyneenä rehun syöntinä, heikentyneenä tuotoksena, hedelmällisyyden huononemisenä ja erilaisina terveysongelmina (Yiannikouris ja Jouany 2002, Fink-Gremmels 2008).

Tässä tutkimuksessa hometoksiineja havaittiin varsinkin toisen korjuukerran säilörehunäytteissä. On epävarmaa selittävätkö nämä havainnot syönnin vähenemistä tässä kokeessa. Havaintojen perusteella toksiinien vaikutusta ei kuitenkaan voida sulkea pois. Tutkimusta asiasta aiotaan jatkaa analysoimalla hometoksiinipitoisuuksia niistä nurmisäilörehuista, joiden syönti on aiemmissa ruokintakokeissa tai tila-aineistoissa jäänyt alle odotetun. Tätä työtä tullaan tekemään uudessa vuonna 2018 käynnistyneessä Tuottava nautatilan nurmi-hankkeessa.

Toisen korjuukerran säilörehulla saavutetut heikommät kasvutulokset selittyvät todennäköisesti muista ruokintoja matalammalla rehun syönnillä ja sen seurauksena toteutuneella pienemmällä energian saannilla. Kasvavien nautojen ruokintakokeiden pohjalta tehdyssä meta-analyysissä on todettu, että energian saanti on yleensä merkittävin nautojen kasvuun vaikuttava ruokinnallinen tekijä (Huus-

konen ja Huhtanen 2015). Sen sijaan lisääntyneellä valkuaisen saannilla on yleensä vain marginaalinen vaikutus kasvutulokseen (Huuskonen ym. 2014, Huuskonen ja Huhtanen 2015).

Kaiken kaikkiaan tässä tutkimuksessa päästiin varsin hyviin keskimääräisiin kasvutuloksiin. Rehuannoksen koostumuksen lisäksi tämä kertoo vapaan rehun saannin ja hyvien kasvatusolosuhteiden merkityksestä. Aiemmin esimerkiksi Manninen ym. (2011) ovat raportoineet hyviä kasvutuloksia he-reford-sonneilla (ruhopainon kasvut 1029 ja 913 g/pv), kun sonnit ruokittiin hyvin sulavaan säilörehuun (D-arvot 750 ja 699 g/kg ka) ja ohraan perustuvilla ruokinnoilla. Tässä tutkimuksessa ei havaittu koekäsittelyjen välisiä eroja rehun hyväksikäytössä. Teoriassa erot säilörehun kuiva-ainepitoisuudessa olisivat voineet vaikuttaa rehun hyväksikäyttöön, mutta aiemmat tulokset asiasta ovat osittain ristiriitaisia (Steen 1984, 1985, Cottyn ym. 1985, O’Kiely ym. 1988).

Teurastuloksissa ei ollut merkittäviä eroja ruokintojen välillä. Myöskään monissa aiemmissa kokeissa säilörehun sulavuuden ei ole itsessään havaittu vaikuttavan ruhojen lihakuuteen tai rasvaisuuteen (Steen 1988, Cummins ym. 2007, Manninen ym. 2011). Kuitenkin lisääntyneen energian saannin on usein havaittu parantaneen ruhojen lihakuutta (Aronen ym. 1994, Caplis ym. 2005, Pesonen ym. 2013, Huuskonen ja Huhtanen 2015) ja lisänneen ruhojen rasvoittumista (Huuskonen ym. 2007, Pesonen ym. 2013, Huuskonen ja Huhtanen 2015, Manni ym. 2016). Tässä kokeessa vastaavaa ei kuitenkaan havaittu. Toisessa osakokeessa toisen korjuukerran säilörehua saaneilla sonneilla teurasprosentti oli suuntaa-antavasti korkeampi kuin ensimmäisen korjuukerran rehua saaneilla sonneilla. Tämä saattaa johtua korkeammasta rehun syönnistä ja rehun suuremmasta kuitupitoisuudesta ensimmäisen niiton säilörehua ruokittaessa. Vastaavaa eroa teurasprosentteissa ei kuitenkaan havaittu ensimmäisessä osakokeessa.

2.5. Yhteenveto ja johtopäätökset

Toisen korjuukerran säilörehua saaneiden sonnien kasvutulokset jäivät muita ryhmiä heikommaksi, ja heikompi kasvutulos selittyy hyvin todennäköisesti muita ruokintoja matalammalla rehun syönnillä ja sen seurauksena toteutuneella pienemmällä energian saannilla. Tulos oli osittain yllättävä, sillä syönti-indeksien vertailussa toisen niiton säilörehu sai ensimmäistä niittoa korkeammat indeksipisteet. Yhtenä mahdollisena selityksenä heikommalle syönnille voisi olla se, että toisen korjuukerran säilörehu on sisältänyt muita niittoja enemmän kasvitautilta suojaavaa kasvustoa, mikä ei välttämättä ilmene rehuanalyysituloksista, mutta voi heikentää rehun maittavuutta. Hometoksiinit voivat heikentää rehun syönti- ja kasvutuloksia myös märehtijöiden ruokinnassa. Säilörehuista tehdyissä hometoksiinianalyyseissä yhdenkään ensimmäisen niiton säilörehunäytteen ei havaittu sisältävän mitään analysoituja toksiineita. Sen sijaan osassa toisen niiton säilörehunäytteistä havaittiin pieniä määriä zearalenonia, mykofenoli-happoa ja roquefortinia. Myös kolmannen niiton säilörehunäytteiden osalta yhden näytteen viidestä havaittiin sisältävän zearalenonia ja yhden roquefortinia. Kaikki havaitut toksiinimäärät olivat alle 50 mikrogrammaa/kg. On kuitenkin epävarmaa selittävätkö nämä havainnot syönnin vähenemistä tässä ruokintakokeessa.

Kolmannen korjuukerran säilörehun D-arvo ja syönti-indeksi olivat vertailussa olleista säilörehuista selvästi korkeimmat. Tämä ei kuitenkaan realisoitunut tuotantotuloksiin saakka, minkä perusteella voisi olettaa, että rehuanalyysitulokset yliarvioivat kolmannen korjuukerran nurmisäilörehun rehuarvon. Säilörehun hetkellinen tuotantovaikutus on aina monen tekijän summa. Luotettavien johtopäätösten tekoon tarvittaisiin useiden kokeiden sarjoja. Suomen olosuhteissa korjatun nurmen jälkisadon, ja ennen kaikkea kolmannen niiton, osalta kasvavien nautojen ruokintakokeita ei ole vielä tehty riittävästi, jotta luotettavia johtopäätöksiä voitaisiin tehdä.

Viitteet

- Aass, L., Fristedt, C.-G. & Gresham, J.D. 2009. Ultrasound prediction of intramuscular fat content in lean cattle. *Livestock Science* 125: 177–186.
- Aronen, I., Lampila, M. & Hepola, H. 1994. Comparisons of diets based on grass silage, hay or oat straw supplemented with four levels of concentrates in the feeding of growing Ayrshire bulls. *Agricultural Science in Finland* 3: 15–26.
- Caplis, J., Keane, M.G., Moloney, A.P. & O'Mara, F.P. 2005. Effects of supplementary concentrate level with grass silage, and separate or total mixed ration feeding, on performance and carcass traits of finishing steers. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 44: 27–43.
- Cottyn, B.G., Boucque, C.V., Fiems, L.O., Vanacker, J.M. & Buysse, F.X. 1985. Unwilted and prewilted grass silage for finishing bulls. *Grass and Forage Science* 40: 119–125.
- Cummins, B., Keane, M.G., O'Kiely, P. & Kenny, D.A. 2007. Effects of breed type, silage harvest date and pattern of offering concentrates on intake, performance and carcass traits of finishing steers. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 46: 149–168.
- Driehuis, F., Spanjer, M.C., Scholten, J.M. & Te Giffel, M.C. 2008a. Occurrence of mycotoxins in maize, grass and wheat silage for dairy cattle in the Netherlands'. *Food Additives and Contaminations* 1: 41–50.
- Driehuis, F., Spanjer, M.C., Scholten, J.M. & Te Giffel, M.C. 2008b. Occurrence of mycotoxins in feedstuffs of dairy cows and estimation of total dietary intakes. *Journal of Dairy Science* 91: 4261–4271.
- 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. *The Official Journal of the European Union* L, 214: 1–6.
- Fink-Gremmels, J. 2008. The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. *Veterinary Journal* 176: 84–92.
- Gresham, J.D. 1996. Introduction to characterization of live beef muscle tissue by use of the Pie 200 Scanner quality indexing system: an automated system for estimating quality grade of beef animals. The Ultrasound Review. Classic Ultrasound Equipment, Tequesta, Florida, USA. 26 s.
- Huhtanen, P., Khalili, H., Nousiainen, J.I., Rinne, M., Jaakkola, S., Heikkilä, T. & Nousiainen, J. 2002. Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. *Livestock Production Science* 73: 111–130.
- 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.
- Huuskonen, A. & Huhtanen, P. 2015. The development of a model to predict weight gain of growing cattle fed grass silage-based diets. *Animal* 9: 1329–1340.
- Huuskonen, A., Huhtanen, P. & Joki-Tokola, E. 2013. The development of a model to predict feed intake by growing cattle. *Livestock Science* 158: 74–83.
- 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: 1653–1662.
- Huuskonen, A. & Pesonen, M. 2017. A comparison of first-, second- and third-cut timothy silages in the diets of finishing beef bulls. *Agricultural and Food Science* 26: 16–24.
- Huuskonen, A., Rämö, S. & Pesonen, M. 2018. Effects of regrowth grass silage on feed intake, growth performance and carcass traits of growing bulls. *Agricultural and Food Science* 27: 232–242.
- Hyrkäs, M., Sairanen, A., Kykkänen, S., Virkajärvi, P. & Isolahti, M. 2015. Different harvesting strategies and cultivar mixtures for grass silage production in Finland. Teoksessa: van den Pol-van Dasselaar, A., Aarts, H.F.M., De Vliegher, A., Elgersma, A., Reheul, D., Reijneveld, J.A., Verloop, J. & Hopkins, A. (toim.). Grassland and forages in high output dairy farming systems. Proceedings of the 18th symposium of the European Grassland Federation, in June in Wageningen, the Netherlands. *Grassland Science in Europe* 20: 239–241.
- Koivunen, E. & Huuskonen, A. 2018. Säilörehun hometoksiinit ja niiden vaikutukset naudoilla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 19/2018. Luonnonvarakeskus. 23 s.

- Kuoppala, K., Rinne, M., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2008. The effect of cutting time of grass silage in primary growth and regrowth and the interactions between silage quality and concentrate level on milk production of dairy cows. *Livestock Science* 116: 171–182.
- Manni, K., Rinne, M. & Huuskonen, A. 2016. Effects of barley intake and allocation regime on performance of growing dairy bulls offered highly digestible grass silage. *Livestock Science* 191: 72–79.
- 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 and Food Science* 20: 151–168.
- O’Kiely, P., Flynn, A.V. & Wilson, R.K. 1988. A comparison of the chemical composition of unwilted and wilted grass silage and of the intake, performance, carcass composition and rumen fluid volatile fatty acid concentrations of steers fed the silages. *Irish Journal of Agricultural Research* 27: 39–50.
- Pesonen, M., Honkavaara, M., Kämäräinen, H., Tolonen, T., Jaakkola, M., Virtanen, V. & Huuskonen, A. 2013. Effects of concentrate level and rapeseed meal supplementation on performance, carcass characteristics, meat quality and valuable cuts of Hereford and Charolais bulls offered grass silage-barley-based rations. *Agricultural and Food Science* 22: 151–167.
- Sairanen, A. & Juutinen E. 2013. Feeding value of late autumn cut timothy-meadow fescue silage under Nordic conditions. Teoksessa: Helgadottir, A & Hopkins, A. (toim.). The role of grasslands in a green future. Proceedings of the 17th symposium of the European Grassland Federation, in June in Akureyri, Iceland. *Grassland Science in Europe* 18: 267–269.
- Sairanen, A., Palmio, A. & Rinne, M. 2016. Milk production potential of regrowth grass silages. Teoksessa: Höglind, M. Bakken, A.K. Hovstad, K.A. Kallioniemi, E. Riley, H. Steinshamn, H. & Østrem, L. (toim.). The multiple roles of grassland in the European bioeconomy. Proceedings of the 26th General Meeting of European Grassland Federation, in September, in Trondheim, Norway. *Grassland Science in Europe* 21: 379–381.
- Schneweis, I., Meyer, K., Hormansdorfer, S. & Bauer, J. 2000. Mycophenolic acid in silage. *Applied and Environmental Microbiology* 66: 3639–3641.
- Steen, R.W.J. 1984. A comparison of unwilted and wilted grass silages offered to beef cattle without and with monensin sodium. *Grass and Forage Science* 39: 35–41.
- Steen, R.W.J. 1985. The effect of field wilting and mechanical treatment on the feeding value of grass silage for beef cattle and on beef output per hectare. *Animal Production* 41: 281–291.
- Steen, R.W.J. 1988. The effect of supplementing silage-based diets with soya bean and fish meals for finishing beef cattle. *Animal Production* 46: 43–51.
- Yiannikouris, A. & Jouany, J-P. 2002. Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review. *Animal Research* 51: 81–99.

3. Ruokinnan ja teuraspainon vaikutukset maitorotuisten sonnien metaanintuotantoon sekä typen ja fosforin eritykseen

Arto Huuskonen

Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31A, 71750 Maaninka

Tiivistelmä

Tutkimuksen tarkoituksena oli mallintaa maitorotuisten sonnien teuraspainon sekä ruokinnan väkirehutason ja valkuaislisän vaikutuksia metaanintuotantoon sekä typen ja fosforin eritykseen. Mallinnus perustui aiemmin toteutettuun ruokintakokeeseen, jossa maitorotuiset sonnit ruokittiin puolen vuoden iästä teurastukseen erilaisilla väkirehu- ja valkuaisasoilla. Ruokintakokeen kolme väkirehutasoa olivat 30, 50 ja 70 % päivittäisestä kuiva-aineen syönnistä. Valkuaisrehuruokinnan vertailtavana koetekijänä oli rypsilisäys: sonnit saivat väkirehuna joko pelkkää ohraa (väkirehun raakavalkuaispitoisuus 128 g/kg ka) tai ohran ja rypsin seosta (väkirehun raakavalkuaispitoisuus 160 g/kg ka). Mallinnuksessa käytettiin Karoline-mallia ennustamaan ravintoaineiden sulatusta ja metaanintuotantoa.

Tulosten perusteella ruokinnan vaikutukset metaanintuotantoon ovat varsin vähäiset, kun maitorotuiset sonnit ruokitaan tyyppillisellä suomalaisella nurmisäilörehuun ja rehuviljaan pohjautuvalla dieetillä. Nettokasvukiloa kohden laskettu metaanintuotanto oli korkeimmalla väkirehutasolla noin 4 % pienempi matalampiin väkirehutasoihin verrattuna. Jos otetaan huomioon myös rehujen viljelystä aiheutuva kuormitus, väkirehun osuuden lisääminen ruokinnassa saattaa lisätä kasviuonekaasupäästöjä.

Sonnien typen saanti väheni väkirehun osuuden lisääntyessä, mikä myös vähensi typen eritystä sonnissa ja virtsassa sekä kasvukiloa kohden laskettua eritystä. Rypsin lisääminen ruokintaan lisäsi selvästi eläinten typen saantia ja myös eritystä sonnien ja virtsan kautta sekä kasvukiloa kohden laskettua eritystä. Fosforin erityksessä lisäystä ei havaittu, kun ruokinnassa käytettiin rypsilisää. Myös väkirehümäärän lisääminen lisäsi fosforin eritystä.

Typen määrän vähentäminen ruokinnassa olisi tehokas keino vähentää eritystä, ja yksi helpoimmin toteutettava keino vähentää naudanlihantuotannon ympäristökuormitusta onkin turhasta valkuaislisärehun käytöstä luopuminen. Yli puolivuotiaille kasvaville naudoille annettu lisävalkuainen on useimmiten turhaa. Valkuaislisän tuotannolliset hyödyt liittyvät tilanteisiin, joissa eläimet on ruokittu heikkolaatuisilla karkearehuilla ja vähäisellä määrällä väkirehua. Valkuaislisärehujen käytöllä ei ole tutkimusaineiston perusteella myöskään merkittävää vaikutusta ruhon teurasmaaraan, jos eläimet on ruokittu säilörehuun ja viljaan perustuvalla ruokinnalla. Näin ollen valkuaislisärehujen käytöstä luopumalla voi myös säästää rehukustannuksia ilman tuotantotulosten heikkenemistä.

Sekä metaanintuotanto että typen ja fosforin erityksessä nettokasvukilogrammaa kohden lisääntyivät sonnien elopainon kasvaessa, koska rehun syönti lisääntyy ja kasvunopeus hidastuu elopainon lisääntyessä. Teuraspainojen madaltamisella voitaisiin vähentää lihanautojen ruokinnasta aiheutuvaa ympäristökuormitusta, mutta nykyisessä naudanlihan alituotantotilanteessa tämä ei liene perusteltua. Nykyistä paremmat karjanlannan käsittelymenetelmät ja ravinteiden hyväksikäytön tehostaminen rehuntuotannossa ovat luultavasti kaikkein tehokkaimpia tapoja parantaa typen ja fosforin hyväksikäyttöä tilatasolla.

Asiasanat: naudanlihantuotanto, sonnit, ruokinta, teuraspaino, metaani, typpi, fosfori

3.1. Johdanto

Nurmeen perustuvat nautakarjatuotteet, maito ja naudanliha, ovat perinteisesti olleet tärkeä osa ihmisravintoa Suomessa. Yli 80 % suomalaisesta naudanlihasta on peräisin maitorotuisesta eläinaineksesta, ja lypsylehmien lukumäärän väheneminen on vähentänyt kotimaisen naudanlihan tarjontaa. Naudanlihaa on Suomessa viime vuosina tuotettu noin 85 miljoonaa kilogrammaa vuodessa, kun naudanlihan kulutus on ollut vastaavasti noin 105 miljoonaa kilogrammaa (Niemi 2017). Vähenevään tarjontaan on reagoitu teuraspainoja nostamalla. Vuonna 1999 sonnien keskimääräinen teuraspaino oli Suomessa 270 kg ja vuonna 2016 vastaavasti 347 kg. Rehun hyväksikäyttökyky kuitenkin heikkenee eläinten kasvaessa, kun kasvu hidastuu ja rehun syöntimäärä lisääntyy (Lawrence ja Fowler 2002, Huuskonen 2009, Manni ym. 2017). Sen vuoksi on biologisesti tehontonta kasvattaa maitorotuisia sonneja suuriin teuraspainoihin.

Naudanlihantuotannolla on merkittäviä ympäristövaikutuksia. Tuotantomenetelmät ja ruokinnan koostumus vaikuttavat nautojen metaanipäästöihin (Johnson ja Johnson 1995, Steinfeld ym. 2006). Lisäksi intensiivinen nautakarjatalous aiheuttaa ympäristövaikutuksia ravinnehävikkien kautta (Noussainen ym. 2011). Monissa tapauksissa nautojen rehuannokset sisältävät typpeä ja fosforia yli eläimen tarpeen, mikä johtaa ravinnehvikkeihin, kun ylimääräiset ravinteet eritetään sonnan ja virtsan kautta (Jonker ym. 2002, Ondersteijn ym. 2002, Dou ym. 2003).

Suomalainen naudanlihantuotanto perustuu laajamittaiseen nurmisäilörehun käyttöön. Tyypillisesti ruokintaa täydennetään viljapohjaisilla väkirehuilla. Käytännössä ruokinnassa käytettävä väkirehutaso riippuu esimerkiksi rehuviljan hintatasosta, ja väkirehun käyttömäärät voivat vaihdella huomattavasti vuositasolla ja tilojen välillä. Väki-rehutaso voi vaikuttaa myös ruokinnan aiheuttamiin metaanipäästöihin, sillä esimerkiksi Johnson ja Johnson (1995) raportoivat metaanintuotannon vähenemän, kun ruokinnassa käytettiin korkeita väkirehutasoja. Valkuaisruokinnan osalta rypsi- ja rapsirouhe ovat Suomessa yleisimmin käytetyt valkuais täydennykset kasvavien lihanautojen ruokinnassa. Kuitenkin Huuskosen ym. (2014a) tekemän meta-analyysin perusteella valkuaislisällä saavutettavat tuotosvasteet ovat hyvin marginaalisia, jos kasvavat naudat ruokitetaan tyypillisellä suomalaisella nurmisäilörehuun ja rehuviljaan perustuvalla dieetillä. Ruokinnan valkuaispitoisuuden vähentämien voisi myös olla tehokas tapa vähentää sonnan ja virtsan kautta eritettävää typen määrää.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli mallintaa maitorotuisien sonnien teuraspainon sekä ruokinnan väkirehutason ja valkuaislisän vaikutuksia metaanintuotantoon sekä typen ja fosforin eritykseen. Mallinnus perustui aiemmin toteutettuun ruokintakokeeseen, jossa maitorotuiset sonnit ruokittiin puolen vuoden iästä teurastukseen erilaisilla väkirehu- ja valkuaisasoilla.

3.2. Aineisto ja menetelmät

3.2.1. Data-aineisto

Mallinnuksen pohjana käytetty data-aineisto perustui kasvavien maitorotuisien sonnien ruokintakokeeseen, jossa vertailtavina koetekijöinä olivat väkirehuruokinnan intensiteetti ja ruokinnan valkuais täydennys. Kokeen kolme väkirehutasoa olivat 30, 50 ja 70 % päivittäisestä kuiva-aineen syönnistä. Valkuaisrehuruokinnan vertailtavana koetekijänä oli rypsilisäys: sonnit saivat väkirehuna joko pelkkää ohraa (väkirehun raakavalkuaispitoisuus 128 g/kg ka) tai ohran ja rypsin seosta (väkirehun raakavalkuaispitoisuus 160 g/kg ka). Sonnit ruokittiin vapaasti seosrehulla, joka sisälsi edellä mainitussa suhteessa karkearehua ja väkirehua. Lisäksi huolehdittiin kivennäisten ja vitamiinien tarpeesta. Karkearehuna oli hyvälaatuinen nurmisäilörehu, jonka D-arvo oli 668 g/kg ka. Kokeessa käytettyjen rehujen koostumus ja rehuarvot sekä sonnien syönti-, kasvu- ja teuras tulokset on raportoitu kokonaisuudessaan Huuskosen ym. (2007) julkaisussa. Taulukossa 1 esitetään yhteenveto keskeisimmistä tulok-

sista koetekijöittäin eli väkirehutason ja rypsilisän vaikutus erikseen. Kokeen alussa sonnit olivat keskimäärin 6,5 kuukauden ikäisiä ja painoivat 250 kg.

Taulukko 1. Mallinnuksen pohjana toiminut ruokintakoeaineisto.

	Väkirehutaso			Rypsilisä	
	30 %	50 %	70 %	Ei	On
Eläinmäärä	27	28	29	40	44
Rehun syönti, kg ka/pv					
Säilörehu	6,32	4,55	2,64	4,53	4,47
Väkirehu	2,52	4,25	5,78	4,13	4,23
Yhteensä	8,84	8,80	8,42	8,66	8,70
Energian saanti, MJ/pv	101	105	105	104	104
Raakavalkuaisen saanti, g/d	1360	1316	1217	1257	1337
Elopaino kokeen alussa, kg	251	251	250	251	250
Elopaino kokeen lopussa, kg	650	660	656	655	655
Teuraspaino, kg	335	342	342	340	339
Elopainon kasvu, g/pv	1117	1175	1205	1164	1168
Ruhopainon kasvu, g/pv	576	608	634	606	606

3.2.2. Metaanintuotannon sekä typen ja fosforin erityksen mallinnus

Tutkimuksessa käytetyt mallinnus- ja laskentamenetelmät on esitetty yksityiskohtaisesti Huhtasen ja Huuskosen (2019) julkaisussa. Tässä esitetään lyhyt tiivistelmä keskeisimmistä metaanintuotannon sekä typen ja fosforin erityksen laskenta- ja mallinnusperusteista.

Ruokinnan metaanipäästöt ennustettiin Karoline-mallilla (Danfær ym. 2006). Vaikka Karoline-malli on alun perin kehitetty lypsylehmille, sillä voidaan mallintaa ravintoaineiden sulatusta myös kasvavilla nautoilla. Mallia on päivitetty siten, että se soveltuu hyvin ruokinnan metaanipäästöjen ennustamiseen (Huhtanen ym. 2015, Ramin ym. 2015).

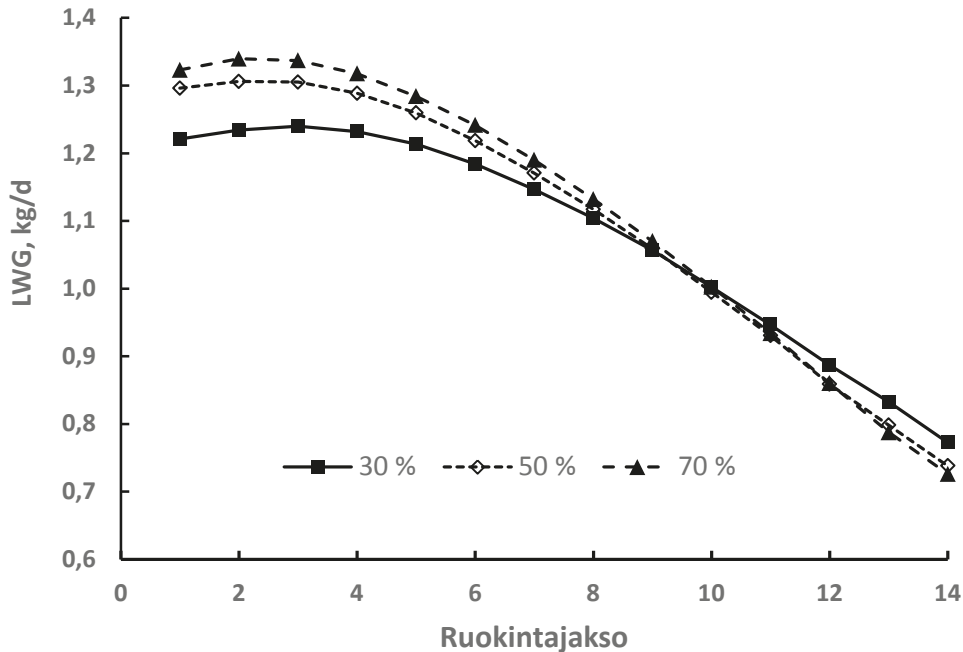
Typen erityksen sonnassa ennustettiin Karoline-mallin avulla. Typen pidättyminen arvioitiin ARC:n (1988) kaavalla: $\text{Pidättynyt tyyppi (g/d)} = (\text{LWG} \times (168,07 - 0,16869 \times \text{LW} + 0,0001633 \times \text{LW}^2) \times (1,12 - 0,1223 \times \text{LWG}) \times \text{C}) / 6,25$, missä LW = elopaino (kg), LWG = elopainon kasvu (kg/pv) ja C = korjauskerroin. Korjauskerrointa 1,2 käytettiin maitorotuisille sonneille. Virtsan tyyppi (g/pv) laskettiin erotuksena: $\text{typen saanti} - \text{sonnan tyyppi} - \text{pidättynyt tyyppi}$.

Fosforin erityksen (g/pv) laskettiin erotuksena: $\text{fosforin saanti} - \text{pidättynyt fosfori}$. Pidättynyt fosfori laskettiin CSIRO:n (2007) mukaan: $\text{Pidättynyt fosfori (g/pv)} = (1,2 + 4,635 \times (\text{ALW}^{0,22} \times \text{LW}^{-22}) \times \text{LWG}$, missä ALW = aikuispaino (kg), LW = elopaino (kg) ja LWG = elopainon kasvu (kg/pv). Gompertzin mallin avulla estimoitua painoa 922 kg käytettiin laskennassa aikuispainona. Fosforin eritystä ei yritetty jakaa erikseen sonnan ja virtsan kesken.

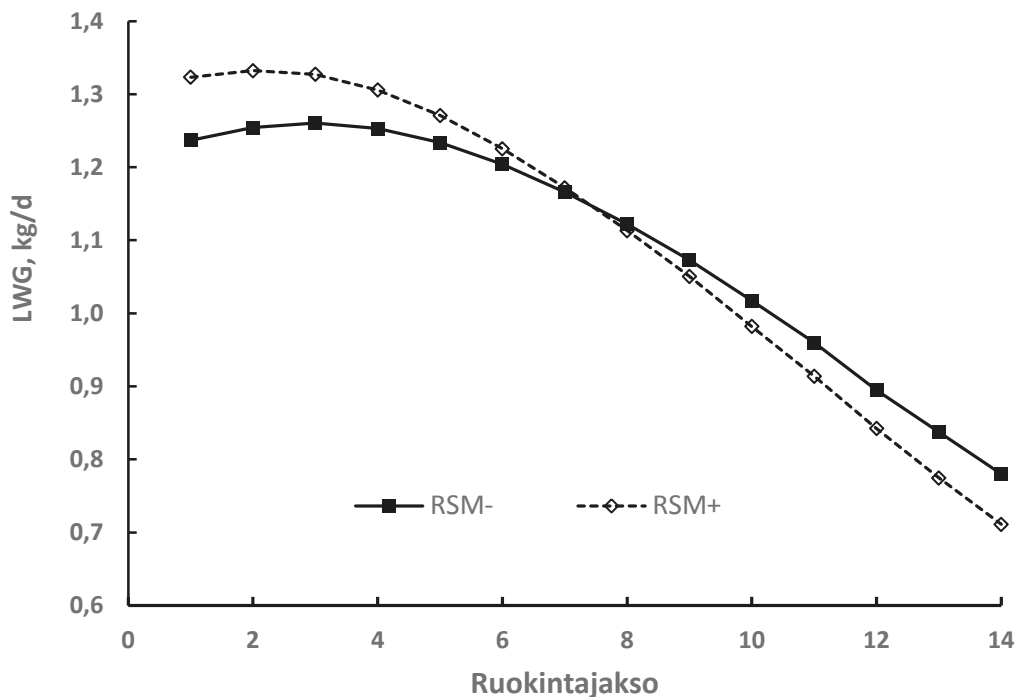
Ravintoaineiden saanti, ruokinnan metaanipäästöt sekä typen ja fosforin erityksen laskettiin ruokintakokeen jaksottaisesta datasta koetekijöittäin eli väkirehutason ja rypsilisän vaikutus erikseen. Jaksottaiset päästöt elopainon- ja ruhopainon kasvua kohden laskettiin jakamalla metaanipäästö ja ravinteiden erityksen elopainon- tai ruhopainon kasvulla. Ruhopaino kunkin ruokintajakson lopussa määritettiin arvioidun teurasprosentin kautta. Teurasprosentin arvioyhtälö johdettiin Huuskosen ja Huhtasen (2015) käyttämän lihanautojen tuotosvasteaineiston datasta: $\text{teurasprosentti (g/kg)} = 469 + 0,095 \times \text{LW}$, missä LW = elopaino (kg).

3.3. Tulokset

Sekä väkirehutason että valkuaislisän vaikutukset sonnien elopainon kasvuun olivat suurimmat kokeen ensimmäisillä ruokintajaksoilla (Kuvat 1 ja 2). Väkirehulisällä saavutettu lisäkasvu säilyi kokeen loppuun saakka, mutta ilman valkuaislisää ruokitut sonnit pystyivät kompensoimaan alkuvaiheen kasvueron kokeen kestäessä, jolloin rypsilisäys ei vaikuttanut kasvuun koko koeajalle laskettuna.



Kuva 1. Sonniel elopainon kasvu (LWG) kokeen aikana eri väkirehutasoilla. Kaksi viimeistä jaksoa estimoitii Gompertzin mallin perusteella. Kokeen kolme väkirehutasoa olivat 30, 50 ja 70 % diietin kuiva-aineesta.



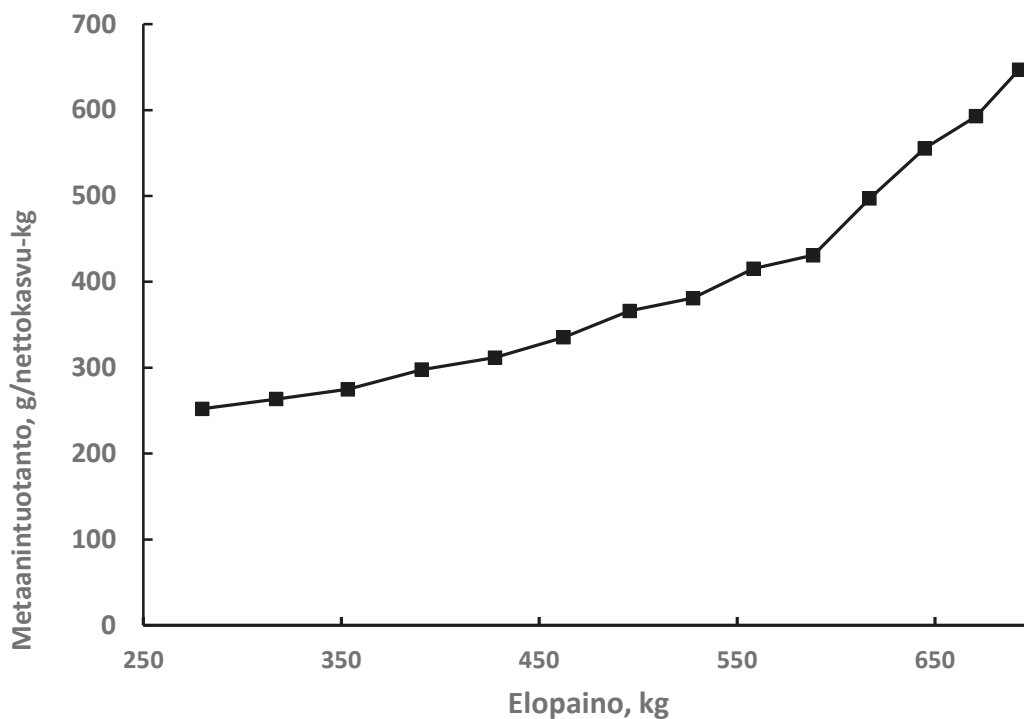
Kuva 2. Sonniel elopainon kasvu (LWG) kokeen aikana eri valkuaisitasoilla. Kaksi viimeistä jaksoa estimoitii Gompertzin mallin perusteella. RSM- ja RSM+ -ruokinnoilla väkirehun raakavalkuaispitoisuudet olivat 128 ja 160 g/kg ka.

Arvioidut erot metaanintuotannossa ruokintajen välillä olivat pieniä (Taulukko 2). Nettokasvikiloa kohden laskettu metaanintuotanto oli korkeimmalla väkirehutasolla noin 4 % pienempi matalampiin väkirehutasoihin verrattuna. Sonnien typen saanti väheni väkirehun osuuden lisääntyessä, mikä myös vähensi typen eritystä sonnassa ja virtsassa sekä kasvukiloa kohden laskettua eritystä. Rypsin lisääminen ruokintaan lisäsi selvästi eläinten typen saantia ja myös eritystä sonnan ja virtsan kautta sekä kasvukiloa kohden laskettua eritystä. Fosforin erityis lisääntyi selvästi, kun ruokinnassa käytettiin rypsilisää. Myös väkirehumäärän lisääminen lisäsi fosforin eritystä.

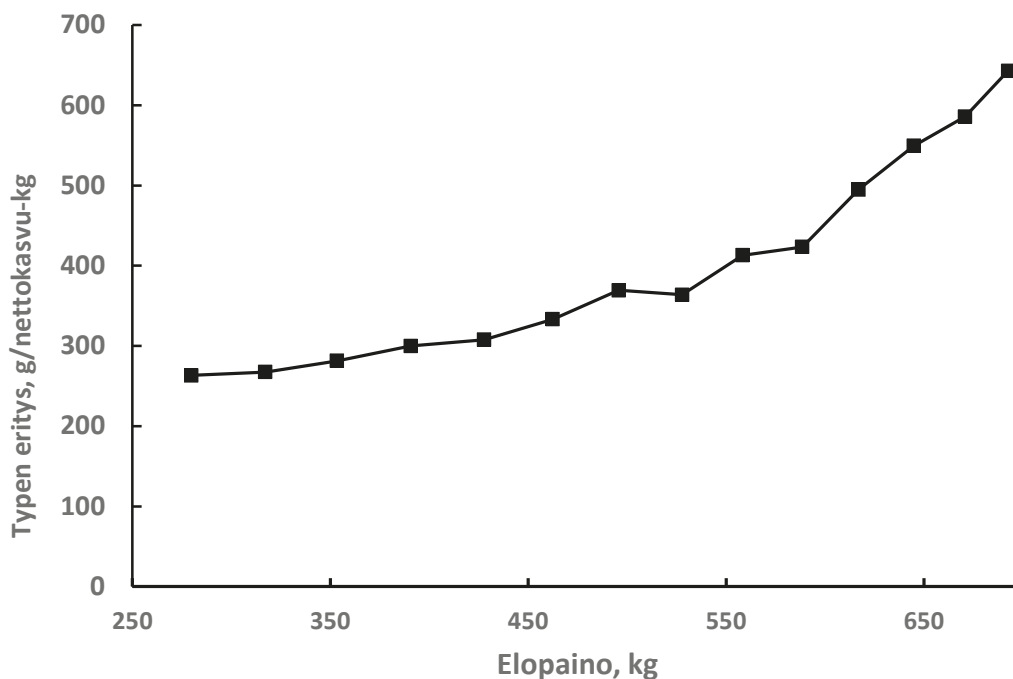
Taulukko 2. Väkirehutaso ja rypsilisän vaikutukset koeaineiston pohjalta mallinnettuun metaanintuotantoon sekä typen ja fosforin eritykseen.

	Väkirehutaso			Rypsilisä	
	30 %	50 %	70 %	Ei	On
Metaanintuotanto					
g/pv	225	232	225	225	230
g/syöty kuiva-aine kg	25,4	26,1	26,4	26,1	25,8
g/päiväkasvu-kg	206	210	201	204	208
g/nettokasvu-kg	400	405	387	394	401
Typpi					
Saanti, g/pv	221	216	204	200	228
Sonnan typpi, g/pv	59	60	59	58	61
Virtsan typpi, g/pv	135	129	117	115	139
Eritys yhteensä, g/pv	194	189	176	172	200
Eritys, g/päiväkasvu-kg	178	171	157	156	181
Eritys, g/nettokasvu-kg	344	331	303	302	350
Fosfori					
Saanti, g/pv	30,0	32,6	34,0	29,6	34,8
Eritys, g/pv	22,5	25,0	26,3	22,0	27,1
Eritys, g/päiväkasvu-kg	20,7	22,8	23,6	20,0	24,8
Eritys, g/nettokasvu-kg	40,0	44,0	45,5	38,7	47,7

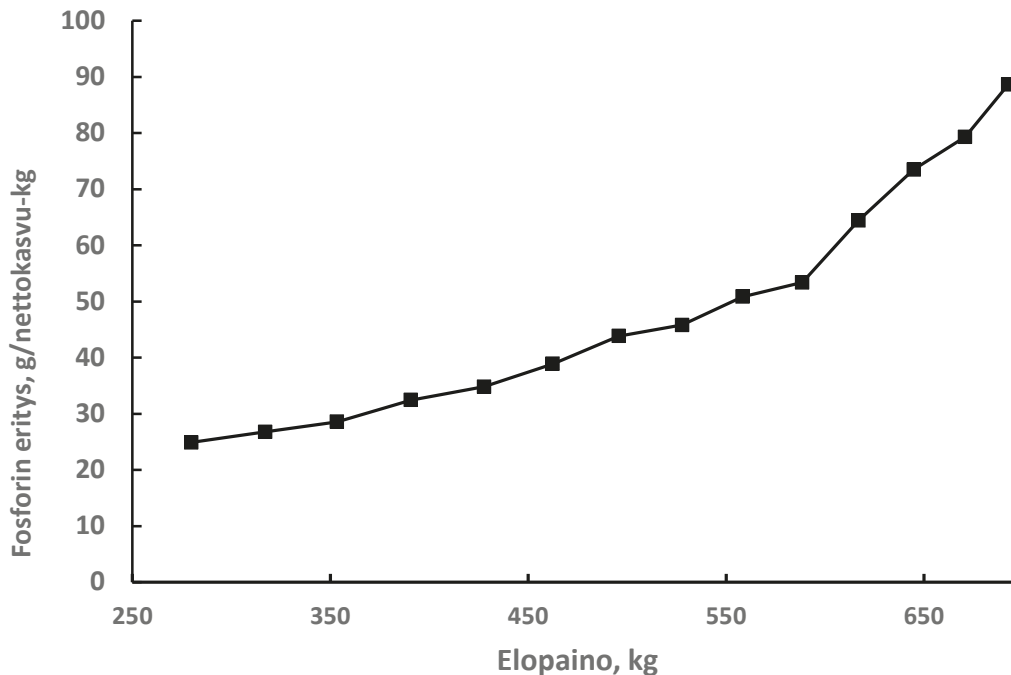
Sekä metaanintuotanto että typen ja fosforin erityis nettokasvukilogrammaa kohden lisääntyvät sonnien elopainon kasvaessa (Kuvat 3, 4 ja 5). Loppukasvatuskauden alkuvaiheessa lisäys oli suhteellisen lineaarista, mutta noin 600 kg:n elopainosta lähtien nettokasvukiloa kohden laskettu erityis alkoi lisääntyä voimakkaammin.



Kuva 3. Sonnien elopainon ja metaanintuotannon (g/nettokasvu-kg) välinen yhteys.



Kuva 4. Sonnien elopainon ja typen erityksen (g/nettokasvu-kg) välinen yhteys.



Kuva 5. Sonnien elopainon ja fosforin erityksen (g/nettokasvu-kg) välinen yhteys.

3.4. Tulosten tarkastelu

Ruokintojen väliset erot metaanintuotannossa olivat varsin vähäisiä. Metaanin kautta aiheutuva hävikki on yleensä noin 6 % rehuannoksen bruttoenergiasta, mutta Johnsonin ja Johnsonin (1995) mukaan hyvin korkeilla väkirehumäärillä (yli 90 % kuiva-aineen syönnistä) metaanihävikki on selvästi pienempää, tyypillisesti noin 2–3 % bruttoenergian saannista. Kirjallisuudessa väkirehun määrän lisääminen esitetään usein keinona vähentää ruokinnasta aiheutuvia metaanipäästöjä. Nurmisäilörehuun perustuvilla ruokinnoilla vaikutukset eivät ole olleet kuitenkaan selkeitä. Esimerkiksi Beever ym. (1988) raportoivat metaanintuotannon lisääntyneen 6,7 prosentista 8,3 % prosenttiin bruttoenergian saannista, kun kasvavien nautojen ruokinnassa lisättiin ohran osuutta 0 prosentista 56 prosenttiin kuiva-aineen syönnistä myöhään korjattuun säilörehuun perustuvalla ruokinnalla. Myös lampilla nurmisäilörehun osittaisen korvaamisen ohralla on yksittäisissä kokeissa havaittu lisäävän metaanipäästöjä (Moss ym. 1995). Toisaalta Ferris ym. (1999) havaitsivat metaanintuotannon vähenevän hieman (7,1 vs. 6,7 % bruttoenergian saannista), kun lypsylehmien dieetin väkirehuprosentti nostettiin 37 prosentista 59 prosenttiin. Väki rehuprosentin nostaminen edelleen 70 prosenttiin vähensi metaanintuotannon 6,2 prosenttiin bruttoenergian saannista (Ferris ym. 1999).

Kun käytetään hyvälaatuisia nurmisäilörehua, väkirehulisällä saadut kasvuvasteet ovat yleensä suhteellisen pieniä. Tällöin myöskään kasvukiloa kohden tuotetuissa metaanimäärissä ei tavallisesti ole merkittäviä eroja. Suurempi vaikutus olisi odotettavissa, jos ruokinnassa käytettäisiin heikkolaa-tuisia ja huonosti sulavia karkearehujä. Väki rehulisän ympäristövaikutuksia arvioitaessa tulisi huomioida myös rehuntuotannon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Esimerkiksi tanskalaisen tutkimuksen (Mogensen ym. 2014) mukaan nurmisäilörehun tuotannosta aiheutuva hiilijalanjälki on selvästi pienempi kuin rehuohralla. Tämän lisäksi on otettava huomioon monet nurmituotannon edulliset ympäristövaikutukset (ks. esim. Virkajärvi ja Järvenranta 2018).

Tulosten perusteella typen määrän vähentäminen ruokinnassa olisi tehokas keino vähentää virtsan ja sonnan kautta tapahtuva typen eritystä sekä kasvukilogrammaa kohden laskettua eritystä. Tulokset osoittavat, että valkuaislisän hyväksikäyttö on heikkoa kasvavilla lihanaudoilla, ja tämä joh-

taa lisääntyneisiin päästöihin. Suurin osa valkuaislisän sisältämästä tpeestä eritetään virtsan kautta. Virtsan tyyppi on sonnan tyyppiä alttiimpaa sekä huuhtoutumisen että haihtumisen kautta tapahtuville hävikeille. Jotkin naudanlihantuotantoa käsittelevät mallit (esim. Patel ym. 2017) olettavat, että maitorotuisten lihanautojen kasvatuksessa tarvittaisiin valkuaislisää nurmisäilörehun ja rehuviljan täydennykseksi. Kuitenkin viimeaikaiset meta-analyysit (Huuskonen ym. 2014a, Huuskonen & Huhtanen 2015) osoittavat, että valkuaislisärehujen käytöllä saatavat kasvuvasteet ovat yleensä marginaalisia, jos yli puolivuotiaat kasvavat naudat ruokintaan nurmisäilörehuun ja rehuviljaan perustuvilla ruokinoilla. Valkuaislisärehujen käytöllä ei ole tutkimusaineiston perusteella myöskään merkittävää vaikutusta ruhon teuraslaatuun (Huuskonen ym. 2014a).

Yli puolivuotiaille kasvaville naudoille annettu lisävalkuainen on useimmiten turhaa. Valkuaislisän tuotannolliset hyödyt liittyvät tilanteisiin, joissa eläimet on ruokittu heikkolaatuisilla karkearehuilla ja vähäisellä määrällä väkirehua (Huuskonen ym. 2014a). Tällöin valkuaislisää vastaavat hyödyt voidaan saavuttaa pelkästään eläimen energian saantia (väkirehun määrää) lisäämällä. Esimerkiksi pelkkä säilörehun heikko sulavuus ei edellytä valkuaislisän käyttöä, vaan vastaava kasvulisä voidaan saavuttaa viljan määrää lisäämällä. Jos sonninan energian saanti on riittävällä tasolla, myöskään ruokinnan suhteellisen matala raakavalkuaispitoisuus ei muodostu ongelmaksi (Huuskonen ym. 2014a). Koeaineistojen perusteella jo 110–120 grammaa kilossa kuiva-ainetta on riittävä dieetin valkuaispitoisuus energian saannin ollessa riittävää. Tämä tarkoittaa, että PVT-suosituksen alaraja kasvaville naudoille voitaisiin turvallisesti pudottaa arvoon –20 g/kg ka ilman negatiivista vaikutusta kasvuun (Huuskonen ym. 2014a).

Tämän tutkimuksen pohjalla olevassa aineistossa ruokinnan fosforipitoisuus oli matalin (3,2 g/kg ka) sonneilla, jotka ruokittiin 30 % väkirehutasolla ilman rypsilisää. Tälläkin ruokinnalla suomalaiset fosforin saantisuositukset (Luke 2018) kasvaville naudoille ylittyivät. Ulkomaisten tutkimusten (Erickson ym. 2002, Geisert ym. 2010) perusteella loppukasvatettavien lihanautojen fosforin tarve täyttyisi jo tasolla 1,6–1,7 g/kg ka. Tyypillisillä suomalaisilla säilörehuun ja rehuviljaan perustuvilla ruokinoilla fosforin saanti ylittää yleensä selvästi tarpeen ja ylimääräinen fosfori eritetään sonnassa.

Nautojen rehun syönti lisääntyy ja kasvunopeus hidastuu elopainon lisääntyessä (Huuskonen ym. 2013, Huuskonen ja Huhtanen 2015). Tämä on pääasiallinen syy siihen, että metaanintuotanto ja ravinteiden erityyppinen tuotettu kasvukiloa kohden lisääntyvät eläinten elopainon kasvaessa. Tämä on väistämätöntä ja johtuu lisääntyneestä ylläpitoenergian tarpeesta sekä ruhon rasvapitoisuuden lisääntymisestä elopainon kasvaessa. Teuraspainojen pienentäminen olisi suhteellisen tehokas keino vähentää lihanautojen ruokinnasta aiheutuvaa ympäristökuormitusta, mutta nykyisessä naudanlihan alituotantotilanteessa tämä ei liene perusteltua.

Teoriassa myös nurmisäilörehun korjuuajan myöhästyttäminen ja nurmen typpilannoituksen vähentäminen voisivat pienentää rehuannoksen typpipitoisuutta ja siten vähentää sonnan ja virtsan kautta tapahtuvaa typen eritystä. Nämä toimenpiteet toisaalta yleensä myös heikentävät säilörehun ravitsemuksellista laatua ja satotasoa, eivätkä ole siinä mielessä suositeltavia. Lisäksi uusimmissa suomalaisissa nurmen typpilannoituskokeissa on huomattu, että sadon raakavalkuaispitoisuus nousee nykyisin huomattavasti hitaammin kuin aikaisemmissa vastaavissa kokeissa (Kykkänen ym. 2018). Näyttääkin siltä, että nykyisillä nurmiheinäkasvilajikkeilla lannoitetyppi ohjautuu voimakkaammin sadonmuodostukseen kuin sadon typpipitoisuuden lisäämiseen, mikä on positiivinen asia.

Kokoviljasäilörehun käytön lisääminen voisi olla potentiaalinen vaihtoehto tehostaa typen hyväksikäyttöä lihanautojen ruokinnassa. Kiinnostus kokoviljasäilörehuun joko vaihtoehtoisena rehuna tai nurmisäilörehun täydentäjänä on lisääntynyt kokoviljasäilörehun nurmisäilörehua matalamman tuotantokustannuksen ja viljelyteknisten etujen (Turunen 2003, Walsh ym. 2008) sekä kohtalaista nurmisäilörehua vastaavien rehuarvojen (Nousiainen 2003, Kykkänen ym. 2014) vuoksi. Kokoviljasäilörehut sisältävät tyypillisesti suhteellisen vähän raakavalkuaista (Kykkänen ym. 2014). Ruokinnassa kokoviljasäilörehun matala raakavalkuaispitoisuus voidaan nähdä etuna, koska kokoviljan käyttö laskee dieetin typpipitoisuutta ja parantaa siten typen hyväksikäyttöä. Kasvavien sonnien ruokinnassa valkuaislisää ei välttämättä tarvita, vaikka kokoviljasäilörehua käytettäisiin ainoana karkearehuna

(Huuskonen 2013, Pesonen ym. 2014). Edellä mainituissa tutkimuksissa käytettiin sonnien ruokinnassa karkearehuina ohrakokoviljasäilörehuja, joiden raakavalkuaispitoisuudet olivat 105 g/kg ka (Huuskonen 2013) ja 89 g/kg ka (Pesonen ym. 2014). Matalista valkuaispitoisuuksista huolimatta valkuaisli-sä ei parantanut sonnien kasvua, rehun hyväksikäyttöä tai teurastuloksia, kun eläimet ruokittiin vapaasti seosrehulla (väkirehuprosentti 40 %) tai vapaasti kokoviljasäilörehulla ja kohtuullisella määrällä viljaväkirehua (väkirehuprosentti 20–40 %) (Huuskonen 2013, Pesonen ym. 2014).

Rehun hyväksikäyttökyvyn parantaminen eläinjalostuksen kautta voi olla varteenotettava keino vähentää tuotannosta aiheutuvaa ympäristökuormitusta. Viime aikoina onkin ollut kiinnostusta valita eläinainesta metaanintuotannon perusteella. Metaanintuotanto on keskinkertaisesti periytyvä ominaisuus (Pinares-Patiño ym. 2013). On kuitenkin huomattava, että metaanintuotannon ja rehun sulavuuden välillä on havaittu positiivinen yhteys (Schiemann ym. 1971, Pinares-Patiño ym. 2011). Tämän vuoksi on oltava tarkkana, ettei vähän metaania tuottavien eläinten valinta johda heikentyneeseen kykyyn sulattaa solunsenämähiilihydraatteja, johon märehtijöiden erinomaisuus ihmisravinnon tuottajana alun perin perustuu.

Kun tarkastellaan suomalaista maidon ja naudanlihan yhdistelmätuotantoon perustuvaa tuotantomallia, yksi keino ympäristötehokkuuden parantamiseksi olisi liharorusiemennysten käytön lisääminen lypsykarjatiljoilla. Toimenpiteellä voidaan tehostaa lehmävalintaa ja edistää eläinaineksen paranemista maidontuotannossa. Samalla on mahdollista lisätä naudanlihantuotannon tehokkuutta risteytysvasikoiden kautta. Tulosten perusteella liharoturiesteytykset tuottavat suuremman ja paremmin luokittuvan teurasruhon samassa kasvatusajassa ja samalla rehumäärällä puhtaaseen maitorotukseen eläimeen verrattuna (Huuskonen ym. 2014b). Liharoturiesteytysten käyttö suomalaisilla maitotiloilla onkin lisääntynyt merkittävästi viime vuosina, mutta uusia tekniikoita (genominen valinta, siittiöiden sukupuolilajittelu) hyödyntämällä liharoturiesteytysten osuutta voitaisiin edelleen lisätä.

3.5. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimuksen tarkoituksena oli mallintaa maitorotuisien sonnien teuraspainon sekä ruokinnan väkirehutasoa ja valkuaisli-sän vaikutuksia metaanintuotantoon sekä typen ja fosforin eritykseen. Tutkimuksessa käytettiin Karoline-mallia ennustamaan ravintoaineiden sulatusta ja metaanintuotantoa. Tulosten perusteella ruokinnan vaikutukset metaanintuotantoon ovat varsin vähäiset, kun maitorotuiset sonnit ruokitaan tyyppillisillä suomalaisilla säilörehuun ja rehuviljaan pohjautuvilla dieeteillä. Jos otetaan huomioon myös rehujen viljelystä aiheutuva kuormitus, väkirehun osuuden lisääminen ruokinnassa saattaa lisätä kasvihuonekaasupäästöjä.

Typen ja fosforin erityksessä sonnissa ja virtsassa kuten myös nettokasvukiloa kohti laskettu erityksessä lisääntyvät selvästi, kun pitoisuudet ruokinnassa nousevat. Typen määrän vähentäminen ruokinnassa olisi tehokas keino vähentää eritystä, ja yksi helpoimmin toteutettava keino vähentää naudanlihantuotannon ympäristökuormitusta onkin turhasta valkuaisli-särehun käytöstä luopuminen. Yli puolivuotiaille kasvaville naudoille annettu lisävalkuainen on useimmiten turhaa. Valkuaisli-sän tuotannolliset hyödyt liittyvät tilanteisiin, joissa eläimet on ruokittu heikkolaatuilla karkearehuilla ja vähäisellä määrällä väkirehua. Valkuaisli-särehujen käytöllä ei ole tutkimusaineiston perusteella myöskään merkittävää vaikutusta ruhon teuraslaatuun, jos eläimet on ruokittu säilörehuun ja viljaan perustuvalla ruokinnalla. Näin ollen valkuaisli-särehujen käytöstä luopumalla voi myös säästää rehukustannuksia ilman tuotantotulosten heikkenemistä. Lisäksi yleisin lihanauoilla käytettävä valkuaisli-särehu, rypsi, sisältää selvästi enemmän fosforia kuin säilörehu ja rehuvilja. Koska perusrehuista saatava fosfori riittää kuitenkin yleensä täyttämään kasvavan naudan tarpeen, valkuaisli-sän mukana tuleva ylimääräinen fosfori on potentiaalinen ympäristökuormitusriski.

Sekä metaanintuotanto että typen ja fosforin erityksessä nettokasvukilogrammaa kohden lisääntyvät sonnien elopainon kasvaessa, koska rehun syönti lisääntyy ja kasvunopeus hidastuu elopainon lisääntymisessä. Teuraspainojen madaltamisella voitaisiin vähentää lihanautojen ruokinnasta aiheutuvaa ym-

päristökuormitusta, mutta nykyisessä naudanlihan alituotantotilanteessa tämä ei liene perusteltua. Nykyistä paremmat karjanlannan käsittelymenetelmät ja ravinteiden hyväksikäytön tehostaminen rehuntuotannossa ovat luultavasti kaikkein tehokkaimpia tapoja parantaa typen ja fosforin hyväksikäyttöä tilatasolla.

Viitteet

- Agricultural Research Council (ARC) 1988. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. CAB, Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough.
- Beever, D.E., Cammell, S.B., Thomas, C., Spooner, M.C., Haines, M.J. & Gale, D.L. 1988. The effect of date of cut and barley substitution on gain and on the efficiency of utilization of grass silage by growing cattle. *British Journal of Nutrition* 60: 307–319
- CSIRO 2007. Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. CSIRO Publishing, Collingwood.
- Danfær, A., Huhtanen, P., Udén, P., Sveinbjörnsson, J. & Volden, H. 2006. The Nordic dairy cow model, Karoline – description. Teoksessa: Kebreab, E., Dijkstra, J., Bannink, A., Gerrits, W.J.J. & France, J. (Toim.), Nutrient Digestion and Utilization in Farm Animals Modelling approaches. CABI Publishing, Oxfordshire, UK. s. 383–406.
- Dou, Z., Ferguson, J.D., Fiorini, J., Toth, J.D., Alexander, S.M., Chase, L.E., Ryan, C.M., Knowlton, K.F., Kohn, R.A., Peterson, A.B., Sims, J.T. & Wu, Z. 2003. Phosphorus feeding levels and critical control points on dairy farms. *Journal of Dairy Science* 86: 3787–3795.
- Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., Milton, C.T., Brink, D., Orth, M.W. & Whittet, K.M. 2002. Phosphorus requirements of finishing feedlot calves. *Journal of Animal Science* 80: 1960–1965.
- Ferris, C.P., Gordon, F.J., Patterson, D.C., Porter, M.G. & Yan, T. 1999. The effect of genetic merit and concentrate proportion in the diet on nutrient utilization by lactating dairy cows. *Journal of Agricultural Science* 132: 483–490.
- Geisert, B.G., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., Macken, C.N., Luebke, M.K. & MacDonald, J.C. 2010. Phosphorus requirement and excretion of finishing beef cattle fed different concentrations of phosphorus. *Journal of Animal Science* 88: 2393–2402.
- Huhtanen, P. & Huuskonen, A. 2019. Effects of carcass weight and diet composition on environmental impacts of dairy breed based beef production. *Livestock Science*. Käsikirjoitus lähetetty arvioitavaksi.
- Huhtanen, P., Ramin, M. & Udén, P. 2015. Nordic dairy cow model Karoline in predicting methane emissions: 1. Model description and sensitivity analysis. *Livestock Science* 178: 71–80.
- Huuskonen, A. 2009. The effect of cereal type (barley versus oats) and rapeseed meal supplementation on the performance of growing and finishing dairy bulls offered grass silage-based diets. *Livestock Science* 122: 53–62.
- Huuskonen, A. 2013. Performance of growing and finishing dairy bulls offered diets based on whole-crop barley silage with or without protein supplementation relative to a grass silage-based diet. *Agricultural and Food Science* 22: 424–434.
- 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.
- Huuskonen, A., Huhtanen, P. & Joki-Tokola, E. 2014a. Evaluation of protein supplementation for growing cattle fed grass silage-based diets: a meta-analysis. *Animal* 8: 1653–1662.
- 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., Pesonen, M., Kämäräinen, H. & Kauppinen, R. 2014b. Production and carcass traits of purebred Nordic Red and Nordic Red × beef breed crossbred bulls. *Journal of Agricultural Science* 152: 504–517.
- Johnson, K. A. & Johnson, D.E. 1995. Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science* 73: 2483–2492.
- Jonker, J.S., Kohn, R.A. & High, J. 2002 Dairy herd management practices that impact nitrogen utilization efficiency. *Journal of Dairy Science* 85: 1218–1226.

- Kykkänen, S., Huuskonen, A., Hyrkäs, M., Suomela, R., Saarinen, E. & Virkajärvi, P. 2014. Eri viljalajikkeiden satoisuus ja rehuarvo kokoviljasäilörehuksi korjattuna. Teoksessa: Huuskonen, A. (toim.). Kehitystä naudanlihantuotantoon: loppuraportti. MTT Raportti 167: 9–28.
- Kykkänen, S., Hyrkäs, M., Korhonen, P., Hartikainen, M., Toivakka, M., Kauppila, R., Kärkönen, A. & Virkajärvi, P. 2018. New nitrogen fertilisation experiments challenge the old yield responses of forage grasses in Finland. *Grassland Science in Europe* 23: 568–570.
- Lawrence, T.L.J. & Fowler, V.R. 2002. Growth of Farm Animals. Toinen painos. CABI Publishing, New York.
- Manni, K., Rinne, M., Joki-Tokola, E. & Huuskonen, A. 2017. Effects of different restricted feeding strategies on performance of growing and finishing dairy bulls offered grass silage and barley based diets. *Agricultural and Food Science* 26: 91–101.
- Mogensen, L., Kristensen, T., Nguyen, T.L.T., Knudsen, M.T. & Hermansen, J.E. 2014. Carbon footprint of cattle feeds – a method to include contribution from soil carbon changes. *Journal of Cleaner Production* 73: 40–51.
- Moss, A.R., Givens, D.I. & Garnsworthy, P.C. 1995. The effect of supplementing grass silage with barley on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep at two levels of intake. *Animal Feed Science and Technology* 55: 9–33.
- Niemi, J. 2017. Livestock production. Teoksessa: Niemi, J. & Väre, M. (Toim.), Finnish Agriculture and Food Sector 2016/17. Natural resources and bioeconomy studies 49/2017. Natural Resources Institute Finland (Luke), Helsinki. s. 33–40.
- Nousiainen, J. 2003. Kokoviljasäilörehun rehuarvon määrittäminen. Teoksessa: Lampinen, K., Harmoinen, T. & Teräväinen H. (toim.). Kokoviljasäilörehun tuotanto ja käyttö. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. s. 51–58.
- Nousiainen, J., Tuori, M., Turtola, E. & Huhtanen, P. 2011. Dairy farm nutrient management model. 1. Model description and validation. *Agricultural Systems* 104: 371–382.
- Ondersteijn, C.J.M., Beldman, A.C.G., Daatselaar, C.H.G., Giesen, G.W.J. & Huirne R.B.M. 2002. The Dutch Mineral Accounting System and the European Nitrate Directive: Implications for N and P management and farm performance. *Agriculture Ecosystems and Environment* 92: 283–296.
- Patel, M., Sonesson, U. & Hesse, A. 2017. Upgrading plant amino acids through cattle to improve the nutritional value for humans: effects of different production systems. *Animal* 11: 519–529.
- Pesonen, M., Joki-Tokola, E. & Huuskonen, A. 2014. Effects of concentrate proportion and protein supplementation on performance of growing and finishing crossbred bulls fed a whole-crop barley silage-based diet. *Animal Production Science* 54: 1399–1404.
- Pinares-Patiño, C.S., Hickey, S.M., Young, E.A., Dodds, K.G., MacLean, S., Molano, G., Sandoval, E., Kjestrup, H., Harland, R., Hunt, C., Pickering, N.K. & McEwan, J.C. 2013. Heritability estimates of methane emissions from sheep. *Animal* 7, Supplement. 2: 316–321.
- Pinares-Patiño, C.S., Ebrahimi, S.H., McEwan, J.C., Clark, H. & Luo, D. 2011. Is rumen retention time implicated in sheep differences in methane emission? *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 71: 219–222.
- Ramin, M. & Huhtanen, P. 2015. Nordic dairy cow model Karoline in predicting methane emissions: 2. Model evaluation. *Livestock Science* 178: 81–93.
- Schiemann, R., Jentsch, W. & Wittenburg, H. 1971. Zur Abhängigkeit der Verdaulichkeit der Energie und der Nährstoffe von der Höhe der Futteraufnahme und der Rationszusammensetzung bei Milchkühen. *Archives of Animal Nutrition* 21: 223–240.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. & de Haan, C. 2006. Livestock's Long Shadow. FAO, Rome.
- Turunen, H. 2003. Kokoviljasäilörehun taloudellisuus nautakarjatilalla. Teoksessa: Lampinen, K., Harmoinen, T. & Teräväinen H. (toim.). Kokoviljasäilörehun tuotanto ja käyttö. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. s. 5–16.
- Virkajärvi, P. & Järvenranta, K. 2018. Nautakarjatuotannon ympäristövaikutusten arviointi ja sen kehittämistarpeet. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedote 35. 10 s. Saatavilla: <https://journal.fi/smst/article/view/73231/35093>

Walsh, K., O'Kiely, P., Moloney, A. P. & Boland T. M. 2008. Intake, digestibility, rumen fermentation and performance of beef cattle fed diets based on whole-crop wheat or barley harvested at two cutting heights relative to maize silage or ad libitum concentrates. *Animal Feed Science and Technology* 144: 257–278.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000