

**VÄKIREHUN RAAKAVALKUAISPITOISUUDEN VAIKUTUS
LYPSYLEHMIEN SÄILÖREHUN SYÖNTIIN, TUOTOKSEEN JA
ENERGIATASEESEEN**

Vilma-Riikka Ojala
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Kotieläinten
ravitsemustiede
Helmikuu 2015

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Vilma-Riikka Ojala			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus lypsylehmien säilörehun syöntiin, maitotuotokseen ja energiataseeseen.			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten ravitsemustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year Helmikuu 2015	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 46
<p>Tiivistelmä — Referat — Abstract</p> <p>Tuotantokauden alussa lypsylehmien valkuaisruokinta on runsasta, jotta voitaisiin stimuloida ja tukea lisääntyvää maidontuotantoa. Runsaaseen maitotuotokseen liittyy kuitenkin voimakkaasti negatiivinen energiatase ja heikentynyt hedelmällisyys. Negatiivista energiatasetta voidaan hallita joko lisäämällä energian saantia tai pienentämällä energian tarvetta. Tämän maisterintutkielman tarkoituksena oli selvittää, voidaanko lypsylehmän poikimisen jälkeistä energiavajetta hallita valkuaisruokinnan rajoittamisen avulla. Hypoteesina oli, että alhaisemmalla väkirehun raakavalkuaispitoisuudella energiatase on vähemmän negatiivinen kuin korkeammalla väkirehun raakavalkuaispitoisuudella, koska valkuaisruokinta stimuloi maitotuotosta ja runsaampi maitotuotos vaatii enemmän energiaa.</p> <p>Kokeeseen valitut lehmät poikivat 1.10.2013–12.2.2014. Koe kesti 70 päivää, alkaen poikimapäivästä. Poikimisen jälkeen lehmän väkirehun raakavalkuaispitoisuus oli 149, 179 tai 200 g/kg ka. Väkirehumäärä nostettiin maksimiinsa 14 päivässä, minkä jälkeen lehmä jatkoi kiinteällä väkirehutasolla (9 tai 13 kg). Säilörehu oli osittain ensimmäistä ja osittain toista satoa ja sen raaka-aineena oli nurminata-timotei-seos. Maidon määrä mitattiin sekä aamulla että illalla koko kokeen ajan. Eläimet punnittiin väkirehukioskissa ja kuntoluokka määritettiin verinäytteiden oton yhteydessä 10 päivää ennen poikimista ja 7, 21, 42 sekä 63 päivää poikimisesta.</p> <p>Väkirehun raakavalkuaispitoisuus ei vaikuttanut merkitsevästi kuiva-aineen, säilö- eikä väkirehun syöntiin. Väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut energian saantiin, elopainon tai kuntoluokan muutokseen eikä energia- tai OIV-taseeseen. Väkirehun rv-pitoisuus kasvatti suuntaa-antavasti maitotuotosta ja maidon valkuaispitoisuutta. Maidon valkuaisuus ja ureapitoisuus nousivat lineaarisesti väkirehun rv-pitoisuuden noustessa. Energiakorjatuissa maitotuotoksessa, maidon rasvatuotoksessa tai -pitoisuudessa ei ollut merkitseviä eroja eri väkirehun rv-pitoisuuksilla. Poikimisen jälkeen väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut veren glukoosi-, ei-esteröityneiden rasvahappojen, β-hydroksibutyraatin tai 3-metyylihistidiinin pitoisuuksiin.</p> <p>Tässä tutkimuksessa väkirehun raakavalkuaispitoisuuden rajoittamisella ei saatu parannettua lehmien negatiivista energiatasetta. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden nosto ei vaikuttanut kuiva-aineen syöntiin. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden nosto lisäsi suuntaa-antavasti maitotuotosta.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords lypsykarja, väkirehu, raakavalkuaispitoisuus, energiatase, maitotuotos, syönti			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos, Kotieläintieteen kirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Tutkimus tehtiin Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa Maaningalla. Työtä ohjasivat yliopistonlehtori Tuomo Kokkonen, MMT Auvo Sairanen ja MMM Annu Palmio.			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Vilma-Riikka Ojala			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Effects of concentrate crude protein level to dairy cow silage intake, milk production and energy balance			
Oppiaine — Läroämne — Subject Animal nutrition			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year February 2015	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 46
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>During early lactation diet is usually rich in protein to stimulate and support milk production. Increased milk production has been connected with negative energy balance and impaired fertility. The aim of this study was to investigate the effects of concentrate crude protein (CP) level to dairy cow silage intake, milk production and energy balance in early lactation. The study was conducted in the experimental barn of MTT Agrifood Research Finland in Maaninka. The experiment started at October 2013 and finished at April 2014. The experiment lasted 70 days starting from parturition day.</p> <p>Fifty-five primiparous or multiparous Holstein and Ayrshire cows were allocated to one of three different CP levels in concentrate (149, 179 or 200 g/kg DM) after parturition. Concentrate allowance was 9 or 13 kg. Silage was fed <i>ad libitum</i> through an individual feeding system. Animals were weighed daily. Body condition score (BCS) was determined when blood samples were taken at 10 days before parturition and 7, 21, 42 and 63 days after parturition. The data were subjected to analysis of variance using the SAS MIXED procedure.</p> <p>Concentrate CP level did not affect silage intake or energy balance. Amino acids digestible from small intestine increased when CP level increased. Increasing CP content of concentrate tended to increase milk and protein yields suggestively. Milk protein yield and milk urea increased when concentrate CP level increased. Concentrate CP level had no significant effect on blood NEFA, BHBA, 3-MH or glucose concentration. There were no significant effects on live weight or BCS change throughout the experiment.</p> <p>Results of this experiment indicate that increasing concentrate CP level improves milk and protein yield in early lactation. In this experiment concentrate CP level did not affect silage intake or energy balance.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords crude protein, energy balance, milk production, dairy cattle, feed intake			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisors were university lecturer Tuomo Kokkonen, D.Sc. Auvo Sairanen and M.Sc Annu Palmio.			

SISÄLLYS

1 Johdanto.....	4
1.1 Negatiivinen energia- ja valkuaisase.....	4
1.2 Tuotantosairaudet ja hedelmällisyys.....	7
1.3 Hormonaalinen säätely	9
2 Aineisto ja menetelmät.....	11
2.1 Koejärjestelyt ja koe-eläimet.....	11
2.2 Rehut ja ruokinta.....	11
2.3 Näytteiden otto ja mittaukset.....	13
2.3.1 Maidon määrä ja maitonäytteet	13
2.3.2 Rehunäytteet	14
2.3.3 Elopaino ja kuntoluokitus.....	15
2.3.4 Verinäytteet	15
2.4 Tulosten laskenta.....	16
2.5 Tilastollinen analyysi.....	18
2.5.1 Maitotuotokset, syönnit, elopainon ja kuntoluokan muutokset.....	18
2.5.2 Verinäytteet	18
3 Tulokset.....	19
3.1 Säilö- ja väkirehujen kemiallinen koostumus.....	20
3.2 Syönti, energian ja valkuaisen saanti.....	22
3.3 Maitotuotos.....	26
3.4 Verinäytteet	28
4 Tulosten tarkastelu.....	33
4.1 Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus säilörehun syöntiin.....	33
4.2 Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus maitotuotokseen ja maidon pitoisuuksiin.....	34
4.3 Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus energia- ja OIV taseeseen sekä veriarvoihin.....	36
4.4 Tuotosryhmien vaikutus energia- ja OIV taseeseen sekä veriarvoihin	38
5 Johtopäätökset.....	38
Kiitokset.....	40
Lähteet.....	40

1 Johdanto

Tuotantokauden alussa lypsylehmien valkuaisruokinta on runsasta, jotta voitaisiin lisätä maidontuotantoa. Korkeat valkuaispitoisuudet kuitenkin yhdistetään huonontuneeseen hedelmällisyyteen (Butler 1997). Runsa valkuaisruokinta voi syventää negatiivista energiatasetta (Kokkonen ym. 2002, Schei ym. 2005).

Negatiivista energiatasetta voidaan hallita joko lisäämällä energian saantia tai pienentämällä energian tarvetta. Energian saantia voidaan lisätä antamalla enemmän väkirehua ja sulavampaa säilörehua. Väkirehun määrän käyttö on rajoitettua terveydellisistä syistä (Ekinci ja Broderick 1997). Ongelmaksi voi muodostua kuidun saannin riittävyys ja pötsin happamoituminen. Energian tarpeen pienentämisellä pyritään pienentämään tavoiteltua maitotuotosta tai pienentämään maidon energiapitoisuutta eli alentamaan maidon rasvapitoisuutta. Energian tarpeen pienentämisen haasteena on syönnin väheneminen.

1.1 Negatiivinen energia- ja valkuaisasetta

Poikimisen jälkeen lypsylehmän ravitsemukselliset tarpeet kasvavat äkillisesti maidontuotannon alkaessa, mikä johtaa negatiiviseen energiatasettaeseen (Bell ym. 2000, Butler 2003, Van der Drift ym. 2012). Lypsylehmän tarpeet glukoosin, amino- ja rasvahappojen suhteen kasvavat nopeammin kuin sen syöntikyky (Bell 1995). Syönti on yleensä alhaisimmillaan poikimisen aikaan ja alkaa lisääntyä vasta viiveellä vastaamaan energian tarvetta (Grummer ym. 2004, Kokkonen 2005). Suomalaisten ruokintasuositusten mukaan 650 kg painavan lypsylehmän energian tarve tiineyden loppupuolella on 100 MJ/pv. Vastaavasti 650 kg painavan, 30 kg ekm/pv lypsävän ja 20 kg/ka syövän lehmän energiatarve on 220 MJ/pv. (MTT 2014.)

Negatiivinen energiatasetta muodostuu, kun lehmän energian tarve on suurempi kuin sen syöntikyky ja se joutuu mobilisoimaan kudosvarastojaan. Negatiivinen energiatasetta voi alkaa muutamaa päivää ennen poikimista ja saavuttaa alhaisimman tasonsa noin kaksi viikkoa myöhemmin (Butler 2003). Niemelän (2011)

maisterintutkielmassa vanhempien lehmien negatiivinen energiatase ulottui 15. laktaatioviikkoon ja ensikoilla 18. laktaatioviikkoon asti. Energiatase oli alimmillaan vanhemmilla eläimillä toisella laktaatioviikolla -50 MJ/pv ja ensikoilla kolmannella laktaatioviikolla -25 MJ/pv.

Energiatase muuttuu positiiviseksi, kun syöntikyky paranee ja energiatarve vähenee. Lehmien välillä olevat erot negatiivisen energiataseen syvyydessä ja kestossa liittyvät ensisijaisesti kuiva-aineen syöntiin ja sen lisääntymiseen poikimisen jälkeen. Syönti ja sen lisääntyminen ovat vahvasti sidoksissa poikimisen aikaiseen kuntoluokkaan (Butler 2003). Poikimisen jälkeen lihavat lehmät eivät kykene syömään yhtä paljon kuin normaalikuntoluokkaiset lehmät ja ne mobilisoivat enemmän kudosvarastojaan, minkä vuoksi ne ovat negatiivisemmassa energiataseessa (Butler 2000, Kokkonen 2005). Hiehoilla ja ensikoilla on huonompi syöntikyky kuin vanhemmilla lehmillä (Grummer ym. 2004). Kaikilla lypsylehmillä on jonkinasteinen negatiivinen energiatase poikimisen jälkeen (Moyes ym. 2010).

Vaikka naudan energian tarve tyydytettäisiin, mutta valkuaisen tarve jäisi vajaaksi, voi sillä sen vuoksi esiintyä aminohappojen mobilisaatiota lihaksista ja luustosta ja kehittyä negatiivinen valkuaiatase (Bell ym. 2000). Valkuaiatase vaihtelee ennen poikimista ja sen jälkeen, ja sen on laskettu palaavan positiiviseksi neljännellä laktaatioviikolla, vaikka negatiivinen energiatase jatkuu (Van Knegsel ym. 2007). Bell ym. (2000) arvioivat, että valkuaiataseen aallonpohja oli seitsemän päivää poikimisen jälkeen ollen -600 g/metabolista valkuaiasta/pv. Nollatasapaino saavutettiin 23 päivää poikimisen jälkeen. Tämä arvio ei kuitenkaan sisällä maidon valkuaiassynteesin ohella toista mahdollisesti suurta aminohappojen hyväksikäyttäjää, maksan glukoneogeneesiä.

Naudan kohtu käyttää aminohappoja hyväkseen ja niiden saanti ravinnosta ei ole välttämättä riittävää vastaamaan tarvetta. Aivot, maksa ja munuaiset ovat etusijalla valkuaisen saannissa, mutta aminohappoja käytetään myös maidontuotantoon. (Van der Drift ym. 2012.) Suomalaisten ruokintasuositusten mukaan tiineyden loppupuolella olevan 650 kg painavan, 20 kg/ka syövän lypsylehmän OIV-tarve on noin 720 g/pv. Laktaatiokaudella lypsylehmän OIV-

tarve on noin 1830 g/pv, kun se tuottaa 30 kg/ekm/pv ja syö 20 kg/ka/pv. Bellin ym. (2000) mukaan lypsylehmän valkuaisen tarve kolme viikkoa ennen odotettua poikimista on noin 1000 g/metabolista valkuaista/pv ja maidontuotantokauden alussa on vähintään 2300 g/metabolista valkuaista/pv. Maidontuotantokauden alussa lehmän valkuaisen tarve on siis 2-3-kertainen verrattuna aikaan ennen poikimista. Bell ym. (2000) arvioivat, että glukoosin synteesin tarpeisiin on mobilisoitava vähintään 500 g/pv endogeenista valkuaista, kun maitotuotos on 30 kg/pv ja syöinti 15 kg/ka/pv.

Pitkäaikainen valkuaisen aliruokinta ummessaolokauden loppupuolella aiheuttaa negatiivisia vaikutuksia tulevan laktaatiokauden maidon määrään ja/tai valkuaisuutuokseen laktaatiokauden alussa. Valkuaisen aliruokinta voi lisätä myös aineenvaihdunnallisten sairauksien esiintymistä, kuten esimerkiksi rasvamaksaa. Lehmä voi mobilisoida aminohappoja lähes 1000 g/pv tyydyttääkseen maitorauhasen aminohappojen ja glukoosin tarpeen (Bell ym. 2000). Valkuaismobilisaatio voi alkaa jopa 1-2 viikkoa ennen poikimista (Kokkonen 2005), mahdollisesti ennen rasvamobilisaation alkamista (Van der Drift ym. 2012). Valkuaismobilisaation indikaattorina käytetään 3-metyylihistidiini (3-MH) –pitoisuutta (Van der Drift ym. 2012).

Rasvakudoksella on tärkeä rooli energianlähteenä, valkuaiskudoksilla on pienempi rooli (Bauman ja Currie 1980). Kudosmobilisaation avulla voidaan tuottaa noin 30 % maidontuotannosta ensimmäisen kuukauden aikana. Rasvaa voidaan mobilisoida kudoksista herumiskaudella jopa 50 kg. (Bines ja Hart 1982.) Vakiintuneen maitotuotoksen aikana noin puolet maidon rasvahapoista muodostetaan de novo -synteesissä asetaatista ja 3-hydroksibutyraatista ja loput ovat peräisin plasman lipoproteiinien triglyserideistä. Negatiivisen energiataseen aikana rasvakudoksesta peräisin olevat vapaat rasvahapot (NEFA) ovat tärkeä maitorasvan synteesin rasvahappojen lähde. On esitetty, että jopa 40 % maidon rasvasta muodostuisi NEFA:sta ensimmäisenä neljänä päivänä poikimisen jälkeen. (Bell 1995.)

1.2 Tuotantosairaudet ja hedelmällisyys

Negatiivisen energiataseen seurauksena glukoosin, insuliinin ja IGF-1:n pienet pitoisuudet veressä rajoittavat dominoivan follikkelin estrogeenin tuotantoa. Negatiivinen energiatase vähentää IGF-1:n, insuliinin ja lipoproteiinien pitoisuuksia, kun taas ammoniakki-, NEFA- ja ureapitoisuudet ovat kohonneet. Voimakkaasti negatiiviseen energiataseen liittyy heikompi hedelmällisyys sekä tuotantokauden alussa että myöhemmin lisääntymiskaudella. (Butler 2003, Bobe ym. 2004) Negatiivinen energiatase korreloi vahvasti poikimisesta ensimmäiseen ovulaatioon kuluneen ajan kanssa (Butler 2000).

Ketoosi on aineenvaihdunnallinen sairaus, jossa on korkeat ketoaineiden eli asetoasettiin, β -hydroksibutyraatin ja asetonin pitoisuudet veressä. Glukoosin pitoisuus on alhainen. Kliininen tai subkliininen ketoosi ilmenee ensimmäisen kuukauden sisällä poikimisesta, yleensä 2-6 viikon kuluttua poikimisesta (Ingvarsen 2006). Subkliinisessä ketoosissa eläimellä ei havaita näkyviä oireita. Ketoosi voi johtua suoraan energiavajeesta (primaarinen) tai jostain muusta sairaudesta (sekundaarinen). (Geishauser ym. 2000, Ingvarsen 2006.) Ketoosin riski kasvaa viidenteen tai kuudenteen poikimiseen asti ja lihavat lehmät sairastuvat helpommin (Gröhn ym. 1984). Riski sairastua ketoosiin vaihtelee 2–20 % välillä (Ingvarsen 2006). Geishauserin ym. (2000) tutkimuksessa 90 % subkliinisistä ketooseista diagnosoitiin kahden kuukauden sisällä poikimisesta. Lehmistä 10–30 % sairastui subkliiniseen ketoosiin ensimmäisen viikon sisällä poikimisesta.

Rasvamaksa on merkittävä monitekijäinen lypsylehmien aineenvaihdunnallinen sairaus. Toiselta nimeltään se tunnetaan myös lihavan lehmän syndroomana. Se kehittyy, kun maksan lipidien otto ylittää hapetuksen ja erityksen määrän maksassa. Ylimäärä rasvoja varastoidaan triasyyliglyserolina (TAG) maksassa. (Bobe ym. 2004.) Rasvamaksa voidaan luokitella lievään, keskivaikeaan tai vaikeaan rasvamaksaan. Rasvamaksaa esiintyy pääasiassa ensimmäisen kuukauden sisällä poikimisesta, jolloin lähes puolella lehmistä on riski sairastua (Bobe ym. 2004, Ingvarsen 2006). TAG-pitoisuuden kasvu näkyy jo päivä poikimisen jälkeen (Grummer 1993). Erityisesti liikalihavat lehmät mobilisoivat

NEFA:a rasvakudoksesta ja maksa ottaa sitä verestä sitä enemmän, mitä suurempi pitoisuus on (Bell 1995). Riittämätön tai epätasapainoinen saanti ravinnosta, lihavuus ja kohonnut estrogeenin pitoisuus vaikuttavat rasvamaksan syntyyn, mutta niiden yhteyksiä ei ole vielä tarkoin tutkittu. Rasvamaksa yhdistetään hedelmällisyyden heikentymiseen. Rasvamaksaan sairastuneella lehmällä on muutoksia kohdun limakalvoissa, vähentynyt munasolujen määrä ja negatiivinen energiatase. Hormonitoiminnan häiriöt, kohonneet ammoniakki-, NEFA- ja ureapitoisuudet heikentävät munasarjojen toimintaa ja munasolujen vähentynyt määrä vaikuttaa jopa keskilaktaatioon asti (81–120 pv poikimisesta). (Bobe ym. 2004.)

Tuotantosairauksista yksi merkittävimmistä on hapanpötsi eli asidoosi. Subkliinisissä asidoosissa pötsin pH laskee alle 6, kliinisessä asidoosissa pH laskee alle 5.5 ja pötsin toiminta on selvästi heikentynyt tai loppunut. Hapan pötsi voi olla akuutti (kestää pari tuntia), pitkäkestoinen (useita tunteja tai päiviä) tai krooninen (viikkoja tai kuukausia). Korkea väkirehuprosentti (Ekinci ja Broderick 1997) ja nopeasti fermentoituvat hiilihydraatit (Hussain ym. 2011), kuten viljat, alentavat pötsin pH:ta. Riskiryhmiin kuuluvat alku- ja keskilypsykauden lehmät. (Enemark 2008.)

Kuntoluokituksen avulla voidaan todeta onko lehmä mahdollisesti aliruokinnalla tai negatiivisessa energiataseessa. Mitä suurempi on kuntoluokan putoaminen tuotantokauden alussa, sitä heikommin lehmä tiinehtyy. Kuntoluokan ollessa 3.0 siemennettäessä, lehmä tulee todennäköisimmin tiineeksi. (Butler 2003.) Kuntoluokan aleneminen jatkuu noin 40–100 päivää poikimisesta (Roche ym. 2013). Sopiva kuntoluokka poikiessa on 3-3.25 (asteikolla 1-5), tätä alhaisempi kuntoluokka vähentää maitotuotosta ja hedelmällisyyttä. Kuntoluokan ollessa yli 3.5 poikimisen yhteydessä, syöntikyky heikkenee ja riski sairastua aineenvaihduntasairauksiin kasvaa. Jos lehmän kuntoluokka alenee yli yhden yksikön tuotantokauden alussa, tiinehtyminen huononee (Butler 2000). Kuntoluokitus on kuitenkin tekijästä riippuvainen ja eri luokittajien arviointien välillä voi olla eroa (Schröder ja Staufenbiel 2006).

1.3 Hormonaalinen säätely

Poikimisen aikaan lehmän elimistössä tapahtuu monia hormonaalisia muutoksia. Maitorauhasen aineenvaihdunta on nopeaa laktaatiokauden aikana. Laajat fysiologiset muutokset vaativat ravintoaineiden jakautumisen tehokasta säätelyä. Jos ravintoaineiden jakautumisen säätely on puutteellista, siitä seuraa stressiä ja piileviä sekä akuutteja aineenvaihdunnallisia sairauksia. Homeostaattiset ja homeoreettiset säätelymekanismit koordinoivat eri kudosten ja elinten aineenvaihdunnan säätelyä, jotta riittävä ravintoaineiden saanti maitorauhasessa varmistuu. Homeostaattinen säätely toimii lyhyellä aikavälillä, kun taas homeoreettinen säätely vaikuttaa pidemmällä aikavälillä kudosten aineenvaihduntaan. (Bauman 2000.)

Plasman insuliinipitoisuus vähenee ja kasvuhormonin määrä kasvaa poikimisen lähestyessä ja laktaatiokauden alussa. Glukoosin pitoisuus veressä vaihtelee: juuri ennen poikimista se pysyy joko muuttumattomana tai nousee hieman, nousee nopeasti poikimisen yhteydessä ja laskee välittömästi poikimisen jälkeen. Progesteronipitoisuus alenee poikimisen jälkeen ja estrogeenipitoisuus nousee tiineyden lopussa ja laskee muutama päivä poikimisen jälkeen. (Grummer 1995.)

Kasvuhormoni on valkuaishormoni, jota vapautuu aivolisäkkeen etuosasta. Se on keskeinen homeoreettinen säätelijä, joka vaikuttaa muiden hormonien toimintaan (Bauman 2000). Kasvuhormoni vaikuttaa erityisesti rasvakudoksen metaboliaan stimuloiden rasvahappojen vapautumista (Grummer 1995). Kasvuhormonipitoisuus kasvaa erityisesti ensikoilla poikimisen yhteydessä, minkä on todettu johtuvan tarpeesta vastata kasvaneeseen energian tarpeeseen (Hutton 1950, Machlin 1973).

Insuliini on anabolinen hormoni, joka säilyttää ravintoaineita varastoissa ja vaikuttaa syönnin säätelyyn, energiatasapainoon, metaboliaan ja elopainoon. Insuliini vähentää maksan NEFA:n ottoa stimuloimalla lipogeneesiä (Brockman 1979, Griinari ym. 1997, Hayirli 2006) ja inhiboimalla lipolyysiä rasvakudoksesta. Insuliini inhiboi glukoneogeneesiä ja lisää triglyseridien synteesiä. Se stimuloi valkuaiissynteesiä ja inhiboi lihaksen proteolyysiä (Van der

Drift ym. 2012). Insuliiniresistenssiä esiintyy tiineyden loppupuolella ja laktaatiokauden alussa. Insuliiniresistenssin aikana insuliinin vaste on pienempi kuin normaalisti. (Kahn 1978). Insuliini lisää ketoaineiden hyväksikäyttöä kudoksissa (Hayirli 2006).

Leptiini on hormoni, jota tuotetaan pääasiassa rasvakudoksessa. Leptiini säätelee syöntiä, energiahomeostaasia ja immunitettia. Plasman leptiinipitoisuus kasvaa tiineyden aikana ja alkaa vähetä 1-2 viikkoa ennen poikimista, saavuttaen aallonpohjan laktaatiokauden alussa. (Ingvarsen ja Boisclair 2001.) Korkea veren leptiinipitoisuus vähentää syöntiä, koska se vähentää esimerkiksi syöntiin lisäävästi vaikuttavan neuropeptidi Y:n synteesiä, ja lisää kortikotropiinia vapauttavan hormonin pitoisuutta, joka vastaavasti vaikuttaa syöntiin vähentävästi. Leptiini vaikuttaa esimerkiksi rasvakudoksessa lipolyysiä lisäävästi. (Houseknecht ym. 1998.)

Kilpirauhashormonit kontrolloivat aineenvaihduntaa rasvojen, hiilihydraattien ja valkuaisen kautta. Ne lisäävät tiettyjen entsyymien toimintaa, jotka aktivoivat hapetusta. Kilpirauhashormonien aktiivisuus lisää toisten hormonien, kuten kasvuhormonin pitoisuutta veressä. Kilpirauhashormonien pitoisuus on alhainen laktaatiokauden alussa, korkea keskilaktaatiokaudella ja hieman laskee loppulaktaatiokaudella. (Nixon ym. 1988) Sekä kilpirauhashormonien että leptiinin (Kokkonen 2005) pitoisuuksien lasku säästää energiaa maidontuotantoon, koska aineenvaihdunnan nopeus laskee monissa muissa kudoksissa kuin maitorauhasessa.

Tämän maisterintutkielman tarkoituksena oli selvittää, voidaanko lypsylehmän poikimisen jälkeistä energiavajetta hallita valkuaisruokinnan avulla. Lehmät jaettiin kolmelle eri väkirehun valkuaisostasolle ja niiden energiavajetta arvioitiin kuntoluokituksen, elopainon muutoksen, laskennallisten energiataseiden ja veren NEFA-pitoisuuksien perusteella. Tutkimus oli osa MTT:n kestävä karjatalous (KESTO)-hanketta.

Hypoteesina oli, että alhaisemmalla raakavalkuaispitoisuudella energiatase on vähemmän negatiivinen kuin korkeammalla raakavalkuaispitoisuudella, koska

valkuaisruokinta stimuloi maitotuotosta ja runsaampi maitotuotos vaatii enemmän energiaa.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Koejärjestelyt ja koe-eläimet

Koe suoritettiin MTT Maaningan tutkimusasemalla 1.10.2013–1.5.2014. Kokeeseen valitut lehmät poikivat 1.10.2013–12.2.2014. Koe kesti 70 päivää, alkaen poikimapäivästä. Eläimet jaettiin poikimakerran ja aikaisemman maitotuotoksen perusteella kolmeen sisäisesti mahdollisimman homogeeniseen blokkiin. Blokit (myöhemmin tuotosryhmä) olivat ensikot (15), korkeatuottoisemmat useamman kerran poikineet (15) ja matalatuottoisemmat useamman kerran poikineet lehmät (15). Keskituotokset laskettiin edelliseltä kaudelta ensimmäisten 75 päivän perusteella.

2.2 Rehut ja ruokinta

Ennen poikimista kaikki lehmät saivat tunnutusruokinnan aikana väkirehua, jonka raakavalkuaispitoisuus oli 179 g/kg ka. Lehmien tunnutusruokinta aloitettiin 21 päivää ja hiehojen 60 päivää ennen odotettua poikimispäivää (Taulukko 1). Ennen koetta ummessa olevat lehmät ja hiehot saivat säilörehu-olki -seosta, jossa oljen osuus oli keskimäärin 23 % (18–29 %). Seoksen säilörehu oli nurminata-timotei -säilörehua. Seoksen energiapitoisuus oli 10,2 MJ ME/kg ka. Seosta annettiin 8 kg ka/hieho ja 9 kg ka/ummessa oleva lehmä.

Taulukko 1. Tunnutus- ja herutusruokinta.

Päivä	Lehmät	Hiehot	Kaikki
	täysrehu, kg		kivennäinen, kg
-60	0	2	0,1
-21	1	2	0,1 ¹
0	4	3	0
14	13	9	0
90	13	9	0

¹ Vain hiehot

Koeruokinta alkoi poikimisen jälkeen. Väkirehumäärä nostettiin maksimiinsa 14 päivässä, minkä jälkeen lehmä jatkoi kiinteällä väkirehutasolla (9 tai 13 kg). Koeväkirehujen tavoitellut raakavalkuaispitoisuudet olivat 140, 170 ja 200 g/kg kuiva-ainetta (Taulukko 2). Tärkkelyksen määrä oli vakio 35 % ka. Lisäksi kaikissa väkirehuissa oli saman verran melassia ja rasvaa. Lehmät saivat väkirehun takaportillisesta kioskista (Nedap, Pellon Group, Ylihärmä). Suurin kerta-annos oli 2,5 kg.

Koelehmät olivat samassa osastossa verhoseinäpihatossa. Lehmille annettiin vapaasti säilörehua punnitseviin rehukaukaloihin, joita oli yksi kuppi kahta lehmää kohden (Insentec RIC system, Insentec B.V., Marknesse, Alankomaat). Lehmät pääsivät syömään mistä tahansa kupista. Säilörehu jaettiin kiskoruokkijalla (TMRsukkula, Pellon Group, Suomi) 4-6 kertaa päivässä, ensimmäinen jako klo 6.30 ja viimeinen 19.30. Yöllä rehua ei jaettu. Parressa oleville säilörehu jaettiin yhdellä kerralla aamulla klo 7. Parteen eläin vietiin, jos se oli sairas. Kupit olivat kiinni siivouksen ja täytön aikana. Rehujätteet punnittiin päivittäin siivouksen yhteydessä.

Säilörehu oli 2.3. asti ensimmäisen niiton satoa, joka koostui nurminadasta (*Festuca pratensis*) ja timoteista (*Phleum pratense*). Säilörehu vaihtui 3.3. toisen niiton nurminata-timotei -rehuksi. Säilöntäaineena oli AIV 2 plus-happo, annostus 5 l/tonni.

Taulukko 2. Koeväkirehujen tavoitellut koostumukset.

	Rehu		
	RV14	RV17	RV20
% ilma-kuivasta			
Vilja	60	60	60
Rypsi	11,2	20,4	29,7
Leike	18,3	9	0
Raakarasva	5,5	5,5	5,5
Ca	0,8	0,8	0,8
P	0,4	0,4	0,4
Na	0,4	0,4	0,4
Mg	0,3	0,3	0,3
Kuiva-aineessa, g/kg			
Raakavalkuainen	140	170	200
OIV	103	109	115
Energia, MJ/kg ka	12,8	12,7	12,7
A-vit, IU	11250	11250	11250
D-vit, IU	2250	2250	2250
E-vit, mg/kg	60	60	60

OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

Ca = kalsium

P = fosfori

Na = natrium

Mg = magnesium

A-vit = A-vitamiini

D-vit = D-vitamiini

E-vit = E-vitamiini

2.3 Näytteiden otto ja mittaukset

2.3.1 Maidon määrä ja maitonäytteet

Maidon määrä mitattiin sekä aamulla että illalla koko kokeen ajan. Lehmät lypsettiin kahdesti päivässä klo 6.00 ja 16.00 lypsyasemalla (SAC, Alankomaat). Maitotuotos tallentui jokaiselta lehmältä joka lypsykerralta tietokoneelle. Maitonäytteitä otettiin kahden viikon välein poikimisen jälkeen. Maitonäyte otettiin sekä aamu- että iltalypsyllä säilöntäainetta (Bronopol) sisältävään pikariin. Maidosta analysoitiin rasva-, valkuais-, laktoosi- ja ureapitoisuus Valion laboratoriossa MilcoScan FT6000 analysaattorilla.

2.3.2 Rehunäytteet

Säilörehusta otettiin edustavat näytteet kahteen eri pussiin kerran viikossa kahtena rinnakkaisena näytteenä. Näytteet yhdistettiin kahden viikon välein, joten jokaista kalenterikuukautta kohti tuli kaksi näytettä. Säilörehunäytteet säilytettiin pakastimessa (-20°C). Säilörehuista lähetettiin näytteet Valiolle rehuarvon ja säilönnällisen laadun analysointia varten. Rehunäytteiden kemialliset analyysit tehtiin MTT:n Kotieläintuotannon tutkimuksen laboratoriossa Jokioisilla. Säilörehusta mitattiin kuiva-aine kahdesti viikossa tai aina silloin, kun rehussa oli havaittavissa selvä muutos. Primaarinen kuiva-aine määritettiin kuivaamalla näyte 105°C:ssa 24 tuntia. Primaarisen kuiva-aineen korjaaminen haihtuvien yhdisteiden osalta tehtiin Huidan ym. (1986) mukaan. Sekundäärinen kuiva-aine määritettiin kuivaamalla näytteet uudestaan 105°C:ssa 16 tuntia. Käymislaatu analysoitiin pH-mittalaitteella.

Säilörehun orgaaninen aine määritettiin standardianalyysien mukaan (AOAC, 1990 No 942.05). Typpimääritys tehtiin Kjeldahlin (AOAC 1990, No 984.13) menetelmällä automaattisella tisluslaitteella (Foss Kjeltex 2300 Analyzer Unit Foss Tecator AB, Högnäs, Ruotsi). Raakavalkuainen saatiin kertomalla näytteen määritetty typpipitoisuus luvulla 6,25. Neutraalidetergenttikuitu (NDF) määritettiin Van Soest'in ym. (1991) menetelmällä. D-arvo määritettiin *in vitro* –sellulaasimenetelmällä Friedelin ym. (1990) mukaisesti. Laskennassa käytettiin korjauskaavoja, jotka perustuvat *in vivo* –sulavuuskokeisiin (Huhtanen ym. 2006). Haihtuvat rasvahapot määritettiin Huidan ym. (1986) mukaisesti. Maitohapon määrityksessä käytettiin Haackerin ym. (1983) menetelmää. Ammoniumtyypen määritys toteutettiin McCulloughin (1967) mukaan.

Väkirehunäyte otettiin kerran viikossa samalla kun säilörehu. Näyte kerättiin kuukausinäytteeksi samaan pussiin, väkirehulaadut erikseen. Jokaista kalenterikuukautta kohti tuli yhteensä kolme väkirehunäytettä. Väkirehunäytteistä analysoitiin primäärinen ja sekundäärinen kuiva-aine sekä NDF. Analysoinnissa käytettiin samoja menetelmiä kuin säilörehunäytteissä. Väkirehun raakavalkuainen määritettiin Leco FP 428 typpianalysaattorilla (Leco Corp., St Joseph; MI 49085; USA), (AOAC 1990 No. 968.06).

2.3.3 Elopaino ja kuntoluokitus

Eläimet punnittiin päivittäin väkirehukioskissa ja kuntoluokka määritettiin aina verinäytteiden oton yhteydessä. Ensimmäinen kuntoluokitus tapahtui 10 päivää ennen odotettua poikimista ja sen jälkeen kuntoluokitettiin 7, 21, 42 ja 63 päivää poikimisen jälkeen. Jos lehmä oli parressa, sitä käytettiin väkirehukioskissa punnituksessa kahden viikon välein kahtena päivänä peräkkäin. Kuntoluokituksen (Edmonson ym. 1989) suorittivat yhdellä kerralla aina kaksi eri henkilöä, joiden saamista tuloksista laskettiin keskiarvo.

2.3.4 Verinäytteet

Ensimmäinen verinäyte otettiin 10 päivää ennen poikimista, jotta nähtiin, ettei ryhmien välillä ollut suurta eroa ennen koekäsittelyn aloittamista. Seuraavat verinäytteet otettiin 7, 21, 42 ja 63 päivää poikimisen jälkeen.

Verinäytteet otettiin häntälaskimosta tai –valtimosta (Neula Venoject Quick Fit 20 G x 1,5 tuumaa (0,9 x 40 mm)) kahteen erilliseen VACUETTE® EDTA-putkeen (10ml). Verinäytteitä otettiin maanantaina ja torstaina, joten todellinen näytteenottopäivä poikkesi tavoitelluista enintään kahdella päivällä. Verinäytteitä pidettiin jäävesihauteessa sentrifugointiin saakka. Sentrifugointi tehtiin mahdollisimman nopeasti näytteenoton jälkeen. Sentrifugoidusta näytteestä erotettiin plasma pipetillä eppendorf-putkeen (0,8-1,0 ml). Näytteet pakattiin minigrip-pusseihin, joihin merkittiin lehmän korvanumero, päivämäärä, plasmanäyte, koenumero sekä näytteenoton ajankohta. Eppendorfit pakastettiin välittömästi -20°C.

Verinäytteitä otettiin 46 lehmältä. Yhteensä 21 näytettä puuttui (-10 pv 5 kpl, +7 pv 2 kpl, +21 pv 4 kpl, +42 pv 5 kpl ja +63 pv 5 kpl). Plasmanäytteitä analysoitiin yhteensä 209. Näytteet analysoitiin Helsingin yliopiston maataloustieteiden laitoksella, kotieläinten ravitsemustieteen laboratoriossa. Plasman glukoosipitoisuus analysoitiin entsyymaattisella, kolorimetrisella

glukoosioksidaasi-peroksidaasi (GOD-POD) menetelmällä (Glucose GOD-POD, Thermo Fisher Scientific Oy, Suomi). Vapaiden rasvahappojen (NEFA) pitoisuus plasmassa määritettiin entsyymaattisella, kolorimetrisella asyyli-KoA-syntetaasi ((ACS)-acyl-CoA oxidase (ACOD)) menetelmällä (NEFA-HR(2), Wako Chemicals GmbH, Saksa). Plasman betahydroksivoihapon (BHBA) pitoisuus määritettiin entsyymaattisella kolorimetrisellä menetelmällä (Ranbut, Randox Laboratories Ltd, Iso-Britannia) ja 3-metyylihistidiinin (3-MH) pitoisuus määritettiin nestekromatografilla (Waters Acquity UPLC), käyttäen Waters Masstrak Amino acid analysis –kittiä.

2.4 Tulosten laskenta

Säilörehun energia-arvo (muuntokelpoinen energia, ME) laskettiin säilörehusta määritetyn *in vitro* –sellulaasiliukoisuuden perusteella (MTT 2014).

Säilörehun OIV-pitoisuudet ja pötsin valkuaisase (PVT) laskettiin rehutaulukoiden ja ruokintasuositusten (MTT 2014) mukaan:

$$\text{OIV} = \text{OIV}_{\text{mv}} + \text{OIV}_{\text{ov}}$$

$$\text{PVT} = \text{hv} - \text{mv}$$

$$\text{OIV}_{\text{mv}} = \text{ahmv} \times \text{smv} \times \text{mv}$$

$$\text{OIV}_{\text{ov}} = \text{sov} \times \text{ov}$$

$$\text{mv} = 152 \times (\text{D-arvo} - \text{ov}) / 1000$$

$$\text{hv} = \text{hvo} \times \text{rv}$$

$$\text{ov} = \text{rv} - \text{hv} = (1 - \text{hvo}) \times \text{rv}$$

jossa

OIV= ohutsuolesta imeytyvät aminohapot (g/kg ka)

PVT= pötsin valkuaisase (g/kg rehun kuiva-ainetta)

mv = mikrobivalkuaisen tuotanto (g/kg rehun kuiva-ainetta)

ov = ohitusvalkuainen

ov = ohitusvalkuainen (g/kg rehun ka)

OIV_{mv} = ohutsuolesta imeytyvä mikrobivalkuainen

OIV_{ov} = ohutsuolesta imeytyvä ohitusvalkuainen

D-arvo = rehun sulava orgaaninen aine (g/kg rehun ka)

hvo = hajoavan valkuaisen osuus

rv = rehun raakavalkuainen (g/kg rehun ka)

ahmv = aminohappojen osuus mikrobivalkuaisesta (vakion arvo 0,75)

smv = mikrobivalkuaisen sulavuus (vakion arvo 0,85)

sov = ohitusvalkuaisen sulavuus (vakion arvo 0,82)

Energiakorjattu maitotuotos (ekm) laskettiin Sjaunjan ym. (1990) mukaan seuraavalla kaavalla:

$$\text{ekm (kg)} = \text{maito (kg)} * (383 * \text{rasva (\%)} + 242 * \text{valkuainen (\%)} + 165,4 * \text{laktoosi (\%)} + 20,7) / 3140$$

$$\text{OIV:n hyväksikäyttö} = \text{Maidon valkuaistuotos (g/pv)} / (\text{OIV:n saanti (g/pv)} - \text{OIV:n tarve ylläpitoon (g/pv)})$$

OIV:n tarve maidontuotantoon laskettiin seuraavasti:

$$(1,47 - 0,0017 * \text{ekm (kg/pv)}) * \text{valkuaistuotos (g/pv)}$$

OIV:n tarve ylläpitoon laskettiin seuraavasti:

$$1,8 \times \text{elopaino}^{0,75} + 14 \times \text{kuiva-aineen syönti (kg/pv)}$$

Energiataseet laskettiin korjaamattomana ja korjattuna seuraavasti:

$$\text{Korjaamaton energiatase} = \text{energian saanti (MJ ME/pv)} - (\text{energian tarve ylläpitoon (MJ ME/pv)} + \text{energian tarve maidontuotantoon (MJ ME/pv)})$$

$$\text{Korjattu energiatase} = \text{korjattu energian saanti (MJ ME/pv)} - (\text{energian tarve ylläpitoon (MJ ME/pv)} + \text{energian tarve maidontuotantoon (MJ ME/pv)})$$

$$\text{Energian tarve (MJ ME/pv)} = \text{elopaino}^{0,75} \times 0,515 + 5,15 \times \text{ekm (kg /pv)}$$

$$\text{Korjattu ME-saanti (MJ/pv)} = \text{Korjaamaton ME-saanti (MJ/pv)} - (-56,7 + 6,99 \times \text{MEyp} + 1,621 \times \text{ka-syönti} - 0,44595 \times \text{rv-pit} + 0,00112 \times \text{rv-pit}^2)$$

jossa

ka-syönti = kuiva-aineen syönti, kg/pv

MEyp = rehuannoksen korjaamaton ME-pitoisuus, MJ/kg ka

rv-pit = rehuannoksen raakavalkuaispitoisuus, g/kg ka

2.5 Tilastollinen analyysi

Taulukoissa on esitetty keskiarvot, keskihajonnat ja P-arvot. Yhdysvaikutusten P-arvoja taulukoissa ei ole esitetty, jos ne eivät olleet merkitsevät.

Tilastollisissa analyyseissä merkitsevän eron rajat olivat $P < 0,001$ (erittäin merkitsevä), $P < 0,01$ (hyvin merkitsevä), $P < 0,05$ (merkitsevä) ja $P < 0,10$ (suuntaa-antava).

SEM-arvoksi valittiin suurin esiintynyt arvo jokaisessa käsittelyssä.

2.5.1 Maitotuotokset, syönnit, elopainon ja kuntoluokan muutokset

Tilastollisessa analyysissä käytettiin SAS 9.3.-ohjelmiston Mixed-proseduuria.

Maitotuotostiedot, syönnit ja elopainon muutokset laskettiin toistettujen mittausten mallilla, käyttäen AR1-kovarianssirakennetta. Tilastollisen mallin kiinteät tekijät olivat tuotosryhmä, väkirehun valkuaispitoisuuden vaikutus, tuotosviikko, väkirehun valkuaispitoisuuden ja tuotosviikon yhdysvaikutus sekä väkirehun valkuaispitoisuuden ja tuotosryhmän yhdysvaikutus. Lehmät oli jaettu tuotoksen ja poikimakerran mukaisesti kolmeen tuotosryhmään; ensikot, matalatuottoiset ja korkeatuottoiset useasti poikineet. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutusta testattiin lineaarisella ja quadraattisella kontrastilla.

2.5.2 Verinäytteet

Verinäytteiden tilastollisessa analyysissä käytettiin SAS-ohjelman 9.3-versiota. Tilastollisen mallin kiinteänä tekijänä olivat väkirehun ja tuotosryhmän vaikutus. Ennen varsinaista analyysia aineiston normaalijakautuneisuutta tarkasteltiin näytekerroittain käyttäen SASin Mixed-proseduuria ja mallia, jossa väkirehun ja tuotosryhmän vaikutus olivat kiinteänä tekijänä. Mallin residuaalien normaalijakautuneisuus arvioitiin käyttäen SASin Univariate-proseduurin Shapiro-Wilk –testiä.

Ennen poikimista ja poikimisen jälkeen otetut näytteet analysoitiin erikseen, koska kaikkien koeryhmien ruokinta ennen poikimista oli sama. Ennen poikimista otettujen verinäytteiden normaalijakautunut aineisto analysoitiin SASin Mixed-proseduurilla käyttäen mallia, jossa olivat kiinteänä tekijänä väkirehun ja tuotosryhmän vaikutukset. Väkirehun valkuaispitoisuuden vaikutusta testattaessa käytettiin lineaarisia ja quadraattisia kontrasteja. Tuotosryhmien parittaisissa vertailuissa käytettiin Tukey-Kramerin testiä, jotta saatiin selville, mitkä keskiarvot erosivat toisistaan.

Ennen poikimista otetuissa verinäytteissä NEFA- ja 3-MH-pitoisuudet eivät olleet normaalijakautuneita. Log-muunnos muutti 3-MH-aineiston normaalijakautuneeksi, mutta ei parantanut NEFA-aineiston jakaumaa. Vastaavasti BHBA-pitoisuudet poikimisen jälkeen eivät olleet normaalijakautuneita log-muunnoksen jälkeenkään. NEFA-pitoisuudet ennen poikimista ja BHBA-pitoisuudet poikimisen jälkeen analysoitiin Friedmanin kaksisuuntaisella ei-parametrisellä varianssianalyysillä.

Poikimisen jälkeen otettujen verinäytteiden glukoosi-, NEFA- ja 3-MH-pitoisuudet analysoitiin toistettujen mittausten mallilla. NEFA- ja 3-MH-pitoisuuksille tehtiin log-muunnos normaalisuuden lisäämiseksi.

3 Tulokset

3.1 Säilö- ja väkirehujen kemiallinen koostumus

Koeväkirehujen rv-pitoisuudet poikkesivat tavoitelluista ollen 149 (RV14), 179 (RV17) ja 201 (RV20) g/kg ka (Taulukko 3). Väkirehun rv-pitoisuuden noustessa tuhka-, NDF- ja natrium-pitoisuudet alenivat ja rasva- ja fosforipitoisuudet nousivat. Magnesium- ja kalsium-pitoisuudet olivat lähes samat.

Taulukko 3. Koeväkirehujen kemiallinen koostumus.

	Väkirehun raakavalkuaispitoisuus					
	RV14		RV17		RV20	
	Keskiarvo	SD	Keskiarvo	SD	Keskiarvo	SD
Kuiva-aine, g/kg	869,7	0,2	872,4	1,0	876,9	0,1
Kuiva-aineessa, g/kg						
Tuhka	71,3	1,2	68,9	1,9	67,8	1,3
RV	148,5	0,9	178,9	7,6	201,4	3,9
RR	62,1	4,0	69,0	1,5	70,7	1,6
NDF	225,0	7,8	221,7	4,6	209,9	4,6
Kalsium	9,3	nd	8,5	nd	8,8	nd
Magnesium	3,7	nd	3,7	nd	4,2	nd
Fosfori	4,4	nd	5,3	nd	6,5	nd
Natrium	4,3	nd	3,8	nd	3,7	nd

SD = keskihajonta

RV = raakavalkuainen

RR = raakarasva

NDF = neutraalidetergenttikuitu

nd= ei määritetty

Ensimmäisen niiton säilörehun kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 273 g/kg (Taulukko 4). Kuiva-aine vaihteli välillä 210–297 g/kg. Säilörehun pH oli suositusten (Artturi 2014) rajoilla ollen 4,00. Rehun D-arvo oli 717 g/kg kuiva-ainetta, ollen hieman tavoitearvojen (680–700 g/kg ka) yläpuolella. Raakavalkuaispitoisuus oli 193 g/kg ka, mikä oli tavoitearvojen (130–170 g/kg ka) yläpuolella. Säilörehu oli energiapitoista ja siinä oli paljon ohutsuoletta imeytyvää valkuaista. PVT oli positiivinen. Haihtuvien rasvahappojen (etikka-, propioni-, isovoi-, voi-, valeriaana-, isovaleriaana- ja kapronihappo) pitoisuus oli hieman tavoitearvoa (alle 20 g/kg ka) korkeampi, mutta kuitenkin alle huonon

arvon (yli 25 g/kg ka). Rehun stabiilisuuden kannalta sokeripitoisuuden tavoitearvo on 50 g/kg ka (Artturi 2014), kun koesäilörehussa pitoisuus oli 20 g/kg ka. Säilörehun kivennäisarvot olivat tavoitearvojen sisällä. Ammoniumtyppi ja liukoinen typpi olivat myös tavoitearvojen sisäpuolella.

Taulukko 4. Ensimmäisen niiton säilörehun keskimääräinen kemiallinen koostumus ja rehuarvot.

	Keskiarvo	Keskihajonta
Kuiva-aine, g/kg	273	1,1
pH	4,00	0,1
Kuiva-aineessa, g/kg		
Tuhka, g/kg ka	87	3,6
Raakavalkuainen	193	3,7
Neutraalidetergenttikuitu	490	24,6
Sokeri	20	3,5
Maito- ja muurahaishappo	72	6,5
Haihtuvat rasvahapot	21	3,9
Kalsium	4,4	0,3
Fosfori	2,8	0,1
Kalium	30	1,5
Magnesium	1,7	0,1
Natrium	0,1	0,0
Ammoniumtyppi, g/kg N	11,3	0,2
Liukointen typpi g/kg N	160	2,5
Rehuarvot		
D-arvo, g/kg ka	718	6,2
ME MJ/kg ka	12,1	0,1
OIV, g/kg ka	94	0,6
PVT, g/kg ka	54	2,7

ME = muuntokelpoinen energia

OIV = ohutsuoletta imeytyvät aminohapot

PVT = pötsin valkuaisosa

D-arvo = sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa

Myös toisen niiton säilörehu oli laadultaan hyvää (Taulukko 5). Rehussa oli kuiva-ainetta 260 g/kg (vaihteluväli 210–282 g/kg). Rehun pH-arvo oli suositusten mukainen. D-arvo oli tavoitearvojen yläpuolella. Raakavalkuaispitoisuus oli korkea (181 g/kg ka), samoin ohutsuoletta imeytyvän valkuaisen määrä (89 g/kg ka). Säilörehu sisälsi energiaa 11,5 MJ/kg ka. Maito- ja

muurahaishapon määrä oli hyvä. Haihtuvien rasvahappojen pitoisuus osoittaa Artturin (2014) suositusten mukaan lisääntyntä riskiä säilörehun virhekäymiselle. Kivennäisten keskiarvot olivat normaalin vaihteluvälin sisällä.

Taulukko 5. Toisen niiton säilörehun keskimääräinen kemiallinen koostumus ja rehuarvot.

	Keskiarvo	Keskihajonta
Kuiva-aine, g/kg	260	0,7
pH	3,98	0,1
Kuiva-aineessa, g/kg		
Tuhka	87	3,4
Raakavalkuainen	181	7,9
Neutraalidetergenttikuitu	475	17,1
Sokeri	33	3,0
Maito- ja muurahaishappo	66	6,5
Haihtuvat rasvahapot	21	1,1
Kalsium	5,4	0,2
Fosfori	2,7	0,1
Kalium	30	2,3
Magnesium	2,1	0,1
Natrium	0,1	0,0
Ammoniumtyppi, g/kg N	10,2	0,1
Liukointenyyppi g/kg N	149	0,6
Rehuarvot		
D-arvo, g/kg ka	718	2,8
ME MJ/kg ka	11,5	0,0
OIV, g/kg ka	89	1,5
PVT, g/kg ka	49	6,5

ME = muuntokelpoinen energia

OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

PVT = pötsin valkuaisase

D-arvo = sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa

3.2 Syönti, energian ja valkuaisen saanti

Väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut merkitsevästi kuiva-aineen, säilö- eikä väkirehun syöntiin (Taulukko 6). Väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut merkitsevästi energian saantiin eikä energiataseeseen. OIV-saanti lisääntyi

lineaarisesti väkirehun rv-pitoisuuden noustessa ($p < 0,05$). Väkirehun rv-pitoisuuden lisääntyessä OIV-tarve lisääntyi. OIV-tase muuttui negatiivisemmaksi, kun väkirehun rv-pitoisuus kasvoi, vaikka väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut OIV-taseeseen eikä OIV-hyväksikäyttöön merkitsevästi. Toisen asteen vaikutus ei ollut merkitsevä minkään muuttujan kohdalla. Tuotosviikko vaikutti kaikkien muuttujien kohdalla ($p < 0,05$).

Taulukko 6. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus syöntiin, energian ja valkuaisen saantiin.

	Rehu			SEM	P _{lin} ¹
	14	17	20		
Syönti, kg ka/pv					
Säilörehu	10,5	10,8	11,1	0,40	NS
Väkirehu	9,1	9,2	9,1	0,15	NS
Kokonaissyönti	19,6	20,0	20,3	0,45	NS
Energia ja valkuaisen saanti/pv					
ME, MJ	237	241	244	5,0	NS
OIV, g	1886	1974	2054	39,8	0,01
OIV-tarve g/pv	2421	2491	2589	nd	nd
OIV-tase	- 254	- 307	- 330	47,4	NS
OIV-hyväksikäyttö	0,86	0,87	0,89	0,023	NS
Energiatase, MJ ME					
korjattu	- 55	- 59	- 63	5,3	NS
korjaamaton	- 38	- 43	- 47	5,4	NS

¹ Lineaarinen vaikutus, 2.asteen vaikutusta ei havaittu

Ajan vaikutus merkitsevä

Väkirehun ja tuotosviikon yhdysvaikutus ei merkitsevä

ME= muuntokelpoinen energia

OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

NS = ei merkitsevä

SEM = keskiarvon keskivirhe

nd = ei määritetty

Tuotosryhmä vaikutti merkitsevästi kuiva-aineen, säilö- ja väkirehun syöntiin sekä energian ja OIV:n saantiin (Taulukko 7). Tuotosryhmä vaikutti merkitsevästi myös korjaamattomaan energiataseeseen. Ensikot söivät vähemmän säilörehua kuin useamman kerran poikineet eläimet. Useamman kerran poikineilla matalan tuotostason eläimillä oli pienempi kuiva-aineen, säilörehun ja väkirehun syönti kuin korkeamman tuotostason useamman kerran poikineilla eläimillä. Ensikoiden energian ja OIV:n saanti oli pienempi kuin vanhemmilla eläimillä. Useamman kerran poikineilla matalan tuotoksen lehmillä energian ja OIV:n saanti oli korkeatuottoisempia useamman kerran poikineita lehmiä pienempi. Ensikoiden korjaamaton energiatase oli negatiivisempi kuin useamman kerran poikineiden eläinten. Korkeatuottoisempien useamman kerran poikineiden lehmien energiatase oli negatiivisempi kuin useamman kerran poikineiden matalan tuotoksen eläinten. Tuotosryhmä ei vaikuttanut merkitsevästi elopainon muutokseen tai korjattuun energiataseeseen. Tuotosryhmä ei vaikuttanut alhaisimman elopainon saavuttamiseen kuluneeseen aikaan. Ensikoiden poikimakuntoluokka oli korkeampi kuin useamman kerran poikineiden eläinten ja ensikoiden kuntoluokat laskivat useamman kerran poikineita enemmän. Väkirehun ja tuotosryhmän yhdysvaikutus saatiin kuntoluokan muutoksen kohdalla. Ensikoiden kohdalla yhdysvaikutus ilmeni siten, että matalimmalla väkirehun rv-pitoisuudella kuntoluokan muutos oli suurin, keskimääräisellä väkirehun rv-pitoisuudella kuntoluokan muutos oli pienin. Useamman kerran poikineiden matalan tuotoksen eläinten kohdalla suurin kuntoluokan muutos saatiin rv17-ruokinnalla ja pienin rv20-ruokinnalla. Useamman kerran poikineiden korkean tuotoksen eläinten kohdalla suurin kuntoluokan muutos saatiin rv14-ruokinnalla ja pienin rv20-ruokinnalla. Muiden muuttujien kohdalla ei saatu yhdysvaikusta.

Taulukko 7. Tuotosryhmien vaikutus syöntiin, energian ja valkuaisen saantiin, kuntoluokkaan ja elopainoon.

	Tuotosryhmä			SEM	p-arvo	Rehu *ryhmä ¹
	Ensikot	Vanhemmat matala	Vanhemmat korkea			
Syönti, kg ka/pv						NS
Säilörehu	9,2	10,8	12,4	0,38	<0,001	NS
Väkirehu	7,2	10,1	10,2	0,14	<0,001	NS
Kokonaissyönti	16,5	20,8	22,5	0,44	<0,001	NS
Ravintoaineiden saanti/pv						NS
ME, MJ	199	251	272	5,0	<0,001	NS
OIV g	1627	2063	2225	39,4	<0,001	NS
Energiatase						NS
korjattu	- 64	- 51	- 61	5,3	NS	NS
korjaamaton	- 53	- 34	- 41	5,4	0,04	NS
Elopainon muutos, kg	- 34	- 26	- 35	9,0	NS	NS
Aika elopainon minimiin, pv ²	40	32	39	7,4	NS	NS
Poikimakuntoluokka	3,4	3,3	3,2	0,22	<0,001	nd
Kuntoluokan muutos ³	- 0,46	- 0,40	- 0,41	0,016	0,12	<0,001

¹ Rehu*ryhmä = Tuotosryhmän ja väkirehun yhdysvaikutus

² Aika elopainon minimiin = alhaisimman elopainon saavuttamiseen kulunut aika poikimisen jälkeen

³ Kuntoluokan muutos = matalin kuntoluokka - kuntoluokka poikiessa
Ajan vaikutus merkitsevä kaikkien muuttujien kohdalla

NS = ei merkitsevä

ME= muuntokelpoinen energia

OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

SEM = keskiarvon keskivirhe

Poikimisen jälkeiseen kuntoluokan kehitykseen vaikutti lehmän kuntoluokka poikiessa. Mitä korkeampi kuntoluokka poikiessa oli, sitä enemmän kuntoluokka poikimisen jälkeen laski. Korkeammassa kuntoluokassa poikineiden kuntoluokka laski eniten heti poikimisen jälkeen. Väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut merkitsevästi kuntoluokan tai elopainon muutokseen eikä aikaan, jolloin alhaisin elopaino saavutettiin poikimisen jälkeen (Taulukko 8).

Taulukko 8. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus elopainoon ja kuntoluokkaan.

	Rehu			SEM	P _{lin} ³
	14	17	20		
Elopainon muutos, kg	-37	-33	-25	8,93	NS
Aika elopainon minimiin pv ¹	37	37	36	7,38	NS
Poikimakuntoluokka	3,3	3,2	3,3	0,02	NS
Kuntoluokan muutos ²	-0,45	-0,41	-0,42	0,02	NS

¹ Aika elopainon minimiin = alhaisimman elopainon saavuttamiseen kulunut aika poikimisen jälkeen

² Kuntoluokan muutos = matalin kuntoluokka - kuntoluokka poikiessa

³ Lineaarinen vaikutus, toisen asteen vaikutus ei merkitsevä

NS = ei merkitsevä

SEM = keskiarvon keskivirhe

3.3 Maitotuotos

Väkirehun rv-pitoisuuden nosto lisäsi maitotuotosta suuntaa-antavasti. Energiakorjatuissa maitotuotoksissa ei ollut eroja eri väkirehun rv-pitoisuuksilla (Taulukko 9). Maidon rasvapitoisuus ei muuttunut merkitsevästi väkirehun rv-pitoisuuden noustessa. Väkiirehun rv-pitoisuuden lisääminen lisäsi maidon valkuaispitoisuutta ($p=0,10$) ja ureapitoisuutta ($p<0,05$). Väkiirehun rv-pitoisuuden lisääminen lisäsi myös lehmien valkuaisuudesta, mutta rasvatuotokseen sillä ei ollut vaikutusta. Tuotosviikko vaikutti maito- ja EKM-kiloihin sekä maidon rasva- ja valkuaispitoisuuksiin ($p<0,001$) sekä maidon ureapitoisuuteen ($p<0,05$). Ajan kuluessa maidon rasva-, valkuais- ja ureapitoisuudet laskivat. Kuudennen tuotosviikon jälkeen ureapitoisuus alkoi taas nousta. Tuotosviikolla ja väkiirehun raakavalkuaispitoisuudella ei ollut yhdysvaikutusta.

Taulukko 9. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus maitotuotokseen.

	Rehu			SEM	P _{lin} ¹
	14	17	20		
Tuotokset, kg					
Maito	35,5	37,2	38,2	1,05	0,07
Ekm	38,7	40,1	41,0	1,16	0,18
Rasva	1,73	1,74	1,75	0,061	NS
Valkuainen	1,17	1,28	1,34	0,045	0,01
Pitoisuudet, g/kg					
Rasva	48,7	47,9	46,6	0,17	NS
Valkuainen	33,2	34,6	35,1	0,08	0,10
Urea, mg/dl	26,6	30,4	33,5	1,49	0,002

¹ Lineaarinen vaikutus, 2.asteen vaikutusta ei havaittu

Ajan vaikutus merkitsevä kaikkien muuttujien kohdalla

Väkirehun ja tuotosviikon yhdysvaikutus ei merkitsevä minkään muuttujan kohdalla

NS = ei merkitsevä

EKM = energiakorjattu maitotuotos

SEM = keskiarvon keskivirhe

Ensikoiden maito- ja EKM-tuotos oli pienempi kuin useamman kerran poikineiden eläinten (Taulukko 10). Useamman kerran poikineista eläimistä matalan tuotosryhmän eläinten maito- ja EKM-tuotos olivat alhaisemmat kuin useamman kerran poikineiden eläinten korkean tuotosryhmän maito- ja EKM-tuotokset. Tuotosryhmä vaikutti suuntaa-antavasti maidon rasva- ja valkuaispitoisuuteen. Ensikoiden maidon rasvapitoisuus oli suurempi kuin useamman kerran poikineiden eläinten, kun taas useamman kerran poikineiden eläinten matalan tuotosryhmän rasvapitoisuus oli suurempi kuin korkeatuottoisten useamman kerran poikineiden eläinten. Ensikoiden maidon valkuaispitoisuus oli pienempi kuin useamman kerran poikineiden eläinten. Useamman kerran poikineiden matalan tuotosryhmän eläinten valkuaispitoisuus oli suurempi kuin korkeatuottoisten eläinten. Tuotosryhmällä ei ollut vaikutusta maidon ureapitoisuuteen ($p > 0,05$). Tuotosryhmä vaikutti erittäin merkitsevästi valkuais- ja rasvatuotokseen. Ensikoiden rasva- ja valkuaisuotokset olivat pienempiä kuin useamman kerran poikineiden eläinten. Useamman kerran poikineiden korkean tuotosryhmän lehmien rasva- ja valkuaisuotokset olivat suurin.

Taulukko 10. Tuotosryhmän vaikutus maitotuotokseen.

	Tuotosryhmä			SEM	p-arvo
	Ensikot	Vanhemmat matala	Vanhemmat korkea		
Tuotokset, kg					
Maito	32,7	36,1	42,2	1,01	<0,001
EKM	35,5	40,0	44,4	1,14	<0,001
Rasva	1,57	1,76	1,89	0,06	0,002
Valkuainen	1,08	1,28	1,43	0,04	<0,001
Pitoisuudet, g/kg					
Rasva	49,9	48,3	44,9	0,17	0,10
Valkuainen	32,9	35,9	34,2	0,08	0,07
Urea, mg/dl	29,6	30,4	33,5	1,46	NS

Tuotosryhmän ja väkirehun yhdysvaikutus ei merkitsevä

NS = ei merkitsevä

EKM = energiakorjattu maitotuotos

SEM = keskiarvon keskivirhe

3.4 Verinäytteet

Ruokintaryhmien välillä ei ollut eroa veren 3-MH-pitoisuuksissa 10 päivää ennen poikimista (Taulukko 11). Veren glukoosipitoisuuksissa oli suuntaa-antavia ryhmien välisiä eroja, mutta väkirehun rv-pitoisuuden lineaarinen tai 2.asteen vaikutus eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Veren BHBA-pitoisuuksissa havaittiin lineaarinen vaikutus. RV14-ryhmällä oli korkein ja RV20-ryhmällä matalin veren BHBA pitoisuus 10 päivää ennen poikimista.

Taulukko 11. Käsittelyryhmien väliset erot verinäytteissä 10 päivää ennen poikimista.

	Käsittelyryhmä			SEM	p-arvo	P _{lin} ¹
	14	17	20			
Glukoosi, mmol/l	3,62	3,87	3,75	0,091	0,08	NS
BHBA, mmol/l	0,94	0,92	0,77	0,055	0,05	0,02
3-MH, umol/l ¹	0,91	0,90	0,94	0,026	NS	NS

¹ p-arvo log-muunnettujen arvojen testauksesta

² Lineaarinen vaikutus, toisen asteen vaikutusta ei havaittu minkään muuttujan kohdalla

NS = ei merkitsevä

SEM = keskiarvon keskivirhe

Ensikoiden veren glukoosipitoisuus oli suurempi kuin useamman kerran poikineilla korkeatuottoisilla (Taulukko 12). Useamman kerran poikineiden eläinten matalatuottoinen ryhmä ei eronnut toisista ryhmistä. Veren BHBA- ja 3-MH-pitoisuuksissa ei ollut eroja ($p > 0,05$).

Taulukko 12. Tuotosryhmien väliset erot verinäytteiden pitoisuuksissa 10 päivää ennen poikimista.

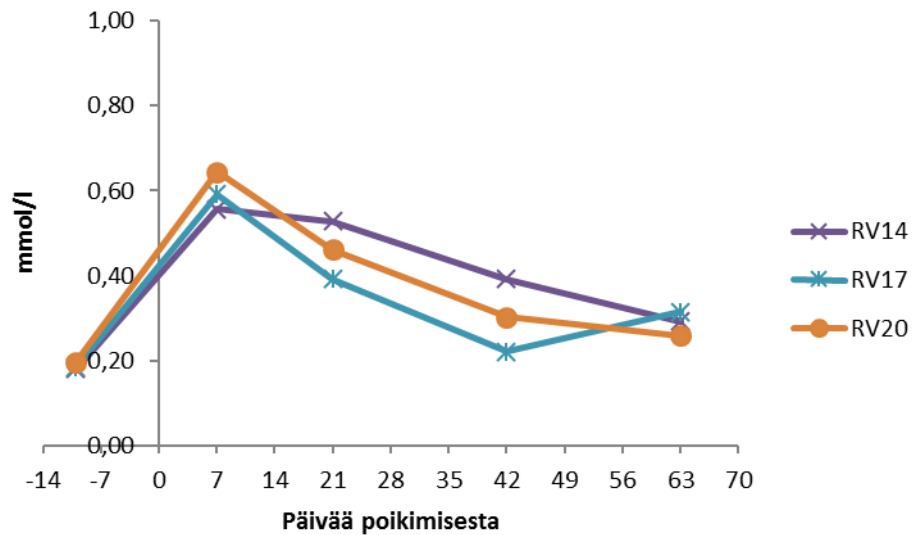
	Tuotosryhmä			SEM	p-arvo
	Ensikot	Vanhemmat matala	Vanhemmat korkea		
Glukoosi, mmol/l ¹	3,95 ^a	3,72 ^{ab}	3,57 ^b	0,837	0,01
BHBA, mmol/l	0,81	0,89	0,93	0,051	NS
3-MH, umol/l ²	7,73	6,89	7,59	NS	NS

¹ eri kirjaimella (a, b) merkityt keskiarvot poikkeavat merkitsevästi toisistaan ($p < 0,01$)

² p-arvot log-muunnettujen arvojen testauksesta

NS = ei merkitsevä

SEM = keskiarvon keskivirhe



Kuva 1. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus veren NEFA-pitoisuuksiin.

Ennen poikimista veren NEFA-pitoisuudet olivat ruokintaryhmillä samat (Kuva 1). Poikimisen jälkeen otetuissa verinäytteissä NEFA-pitoisuus oli korkeimmillaan seitsemän päivää poikimisen jälkeen. Tämän jälkeen otetuissa näytteissä NEFA-pitoisuus laski lineaarisesti. Ryhmien väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Rehun ja ajan yhdysvaikutus ei ollut merkitsevä.

Poikimisen jälkeen väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut veren glukoosi-, NEFA- tai 3MH-pitoisuuksiin (Taulukko 13). Veren glukoosi-pitoisuus ensin laski seitsemän päivää poikimisen jälkeen, minkä jälkeen se lähti nousemaan ja nousi lähes samalle tasolle kuin ennen poikimista. Veren 3-MH-pitoisuus oli koholla seitsemän päivää poikimisen jälkeen; RV17-ruokinnalla oli pienin ja RV20-ruokinnalla suurin pitoisuus. Näytteenottopäivinä 21, 42 ja 63 veren 3-MH-pitoisuus laski lineaarisesti.

Taulukko 13. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus veren glukoosi-, NEFA- ja 3MH-pitoisuuksiin poikimisen jälkeen.

	Rehu			SEM	p-arvo	P _{lin} ¹
	14	17	20			
Glukoosi, mmol/l	3,41	3,61	3,59	0,080	0,16	0,12
NEFA, mmol/l	0,41	0,40	0,41	0,040	NS	NS
3-MH, umol/l	6,08	5,83	5,54	0,290	NS	0,15

¹ Lineaarinen vaikutus, toisen asteen vaikutus ei merkitsevä minkään muuttujan kohdalla

Rehun ja ajan yhdysvaikutus ei merkitsevä

Ajan vaikutus merkitsevä

NS = ei merkitsevä

SEM = keskiarvon keskivirhe

Ensikoiden veren NEFA-pitoisuus oli poikimisen jälkeen korkeampi kuin kummankaan useamman kerran poikineiden eläinten ryhmän pitoisuus ($p < 0,05$) (Taulukko 14). Useamman kerran poikineiden eläinten NEFA-pitoisuudet eivät eronneet toisistaan. Ensikoiden veren glukoosipitoisuus oli korkein ja useamman kerran poikineiden korkeatuottoisten eläinten veren glukoosipitoisuus oli matalin. Useamman kerran poikineiden matalatuottoisten eläinten ryhmä ei eronnut toisista ryhmistä tilastollisesti merkitsevästi. Tuotosryhmä ei vaikuttanut veren 3-MH-pitoisuuteen ($p > 0,05$). Tuotosryhmällä ja ajalla ei ollut yhdysvaikutusta. Ajan vaikutus oli kaikkien muuttujien kohdalla erittäin merkitsevä.

Taulukko 14. Tuotosryhmän vaikutus verinäytteiden glukoosi-, NEFA- ja 3MH-pitoisuuksiin poikimisen jälkeen.

	Tuotosryhmä			SEM	p-arvo	tuotosr*pv
	Ensikot	Vanhemmat matala	Vanhemmat korkea			
Glukoosi, mmol/l ¹	3,68 ^a	3,50 ^{ab}	3,42 ^b	0,08	0,06	NS
NEFA, mmol/l ^{1, 2}	0,54 ^A	0,34 ^B	0,34 ^B	0,04	<0,0001	NS
3-MH, umol/l ³	5,84	6,07	5,54	0,29	NS	NS

¹ eri kirjaimella (a, b) merkityt keskiarvot poikkeavat suuntaa-antavasti toisistaan.

² Eri kirjaimella merkityt (A, B) poikkeavat erittäin merkitsevästi toisistaan.

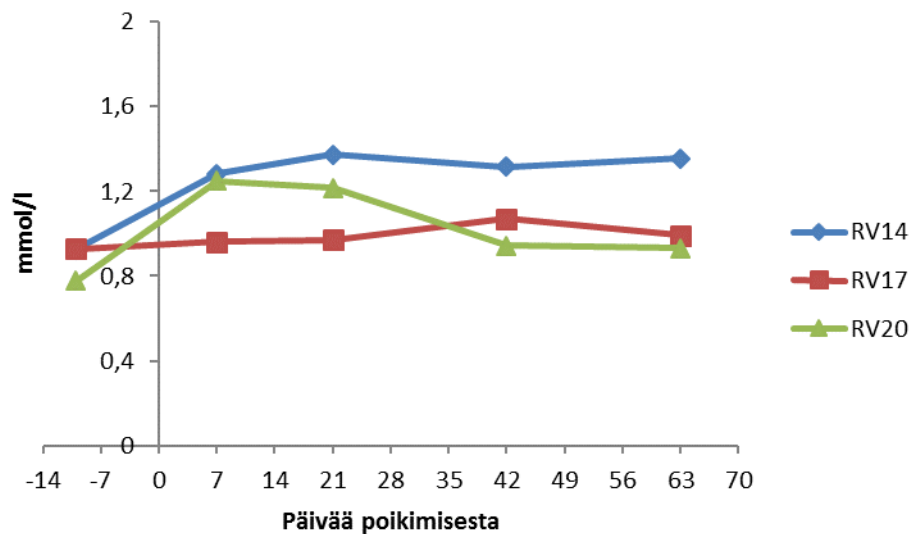
³ p-arvot log-muunnettujen arvojen testauksesta.

Ajan vaikutus kaikkien muuttujien kohdalla erittäin merkitsevä (p<0,001)

NS = ei merkitsevä

SEM = keskiarvon keskivirhe

RV20-ruokinnalla oli suurempi veren BHBA-pitoisuus kuin RV17-ruokinnalla viikko poikimisen jälkeen (Kuva 2). RV14-ruokinnalla BHBA-pitoisuus oli suuntaa-antavasti suurempi kuin muilla ryhmillä 21 päivää poikimisen jälkeen. RV14 ja RV20-ruokintojen välillä oli vastaava ero vielä 42 päivää poikimisen jälkeen.



Kuva 2. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus veren BHBA-pitoisuuteen.

4 Tulosten tarkastelu

4.1 Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus säilörehun syöntiin

Tässä tutkimuksessa väkirehun rv-pitoisuudella ei ollut vaikutusta säilörehun syöntiin. Kotimaisen yhteenvedon mukaan ohran korvaaminen rypsin osuuden lisäämisellä lisää säilörehun syöntiä (Huhtanen 1998). Ulkomaisten tutkimusten mukaan vaikutus ei ole näin selvä (Leonardi ym. 2003, Mulligan 2004, Whelan ym. 2012). Whelanin ym. (2012) tutkimuksessa väkirehun rv-pitoisuus (15 % vs. 19 %) ei vaikuttanut kokonaissyöntiin. Edellä mainitussa tutkimuksessa tarkasteltiin erilaisia väkirehun rv-pitoisuuksia laitumella. Whelan ym. (2012) totesivat että rv-pitoisuus ja väkirehumäärä olivat liian alhaisia vaikuttaakseen laitumen tai kokonaiskuiva-aineen syöntiin ja samoja havaintoja teki myös Mulligan (2004). Huhtasen ym. (2011) yhteenvedon mukaan rypsin osuuden lisäämisellä saadaan lisättyä säilörehun syöntiä lämpökäsittelmättömällä 0,026 kg ka ja lämpökäsitellyllä rypsilä 0,035 kg ka syönti per g/kg ka lisättyä raakavalkuaista. Huhtasen ym. (2011) yhteenvedossa säilörehun rv-pitoisuudet olivat rypsiruookinnoilla lämpökäsittelmättömällä 147 ja lämpökäsitellyllä 160 g/kg ka ja dieetin kokonaisvalkuaispitoisuudet olivat 152 ja 159 g/kg ka.

Tässä tutkimuksessa ei havaittu eroja syönnissä, mikä oletettavasti johtuu dieetin korkeasta raakavalkuaispitoisuudesta. Se tasoitti ryhmien välisiä eroja, koska pienimmälläkin väkirehun raakavalkuaispitoisuudella pötsissä oli saatavilla hajoavaa valkuaista maitotuotokseen nähden runsaasti. Rehuannosten raakavalkuaispitoisuudet olivat 17,2 %, 18,5 % ja 19,6 %.

Tässä tutkimuksessa säilörehun syöntimäärät olivat pienempiä kuin esimerkiksi Khalilin ym. (1999) tutkimuksessa, toisaalta tämän tutkimuksen väkirehumäärä oli korkeampi kuin Khalilin ym. (1999) tutkimuksessa. Korkeampi väkirehumäärä vähentää säilörehun syöntiä, vaikka kokonaissyönti lisääntyy.

Lisääntynyt raakavalkuaispitoisuus lisää kuidun sulavuutta pötsissä ja sitä kautta kuiva-aineen sulavuutta dieetissä, mikä johtuu parantuneista kuidun sulatusolosuhteista (Oldham 1984, Allen 2000). Hyvin matalat rv-pitoisuudet (alle 150 g/kg ka) rajoittavat mikrobien kasvua ja tätä kautta kuidun sulatusta ja kokonaissyöntiä. Dieetin rv-pitoisuuden nosto tämän arvon yläpuolelle lisää syöntiä vähenevän lisätuoton lain mukaan, kunnes rv-pitoisuuden 200 g/kg ka jälkeen syönti ei enää lisääny (Oldham 1984 ja Allen 2000). Yli rv 200 g/kg ka pitoisuuksilla dieetin korkea rv-pitoisuus alkaa rajoittaa syöntiä kemostaattisen syönninsäätelyn kautta. Yksi selitys tämän tutkimuksen väkirehun rv-pitoisuuden noston vähäiseen vaikutukseen kokonaissyönnissä voisi olla, että dieetin kokonaisraakavalkuaispitoisuus alkaa lähestyä kemostaattisen säätelyn rajaa. Aikaisemmissa tutkimuksissa dieetin rv-pitoisuus on vaikuttanut positiivisesti säilörehun syöntiin (Aston ym. 1998, Huhtanen ym. 2011) ja kokonaiskuiva-aineen syöntiin (Broderick 2003, Alstrup ym. 2014). Broderickin tutkimuksessa (2003) dieettien raakavalkuaispitoisuuksien erot olivat suuremmat (15,1 vs. 16,7 vs. 18,4 % ka:sta), minkä vuoksi valkuaislisällä saatiin lisääntynyt syöntivaikutus. Schein ym. (2005) tutkimuksessa säilörehun raakavalkuaispitoisuus oli 132 g/kg ka. Säilörehun syönti lisääntyi siirryttäessä suuremmalle väkirehun valkuaispitoisuudelle (194 vs. 372 g/kg ka) 0,5 kg ka. Dieettien rv-pitoisuudet olivat 163 ja 252 g/kg ka.

Lisävalkuainen lisää aminohappojen saantia, joten todennäköisesti vaikutus näkyy lisääntyneenä maidontuotantona, joka taas syventää negatiivista energiatasetta (Huhtanen ym. 1998). Lisääntyneen syönnin vuoksi lehmät saattavat käyttää energiaa enemmän maidontuotantoon kuin energiavarastojen täydentämiseen, mikä taas osaltaan syventää negatiivista energiatasetta.

4.2 Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus maitotuotukseen ja maidon pitoisuuksiin

Väkirehun rv-pitoisuus lisäsi suuntaa-antavasti lineaarisesti maitotuotosta. Aikaisemmissa tutkimuksissa väkirehun rv-pitoisuus on kasvattanut maitotuotosta (Aston ym. 1998, Khalili ym. 1999). Huhtasen ym. (2011) yhteenvedon mukaan

saatiin lisättyä tuotosta lämpökäsittämättömällä rypsillä 3,4 kg ja lämpökäsitellyllä rypsillä 3,5 kg päivää kohti per lisätty kg raakavalkuaista. Tässä tutkimuksessa saatiin 5,2 kg maitotuotosvaste per lisätty kg raakavalkuaista siirryttäessä RV14-ruokinnalta RV17-ruokinnalle. Siirryttäessä RV17-ruokinnalta RV20-ruokinnalle maitotuotosvaste oli 3,6 kg per lisätty kg raakavalkuaista. Ipharraguerren ja Clarkin (2005) yhteenvedossa maitotuotos nousi 2,7 kg päivässä väkirehun rv-pitoisuuden noustessa 140 g/kg ka:sta 180 g/kg ka:an. Joissain tutkimuksissa väkirehun rv-pitoisuudella ei ole ollut vaikutusta maitotuotokseen (Leonardi ym. 2003, Alstrup 2014). Suurempi väkirehun rv-pitoisuus tukee maitotuotosta, koska aminohappoja on tarjolla enemmän verrattuna pienempään rv-pitoisuuteen (Kalscheur ym. 1999).

Väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut merkittävästi energiakorjattuun maitotuotokseen. Alstrupin ym. (2014) tutkimuksessa ekm-tuotos nousi korkeammalla väkirehun rv-pitoisuudella verrattuna matalaan väkirehun rv-pitoisuuteen (33,8 vs. 32,7 kg). Alstrupin ym. (2014) tutkimuksessa ekm-tuotoksen kasvu on voinut johtua lisääntyneestä syönnistä, mikä on nostanut maidon pitoisuuksia. Tässä tutkimuksessa väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut syöntiin, joten sitä kautta se ei vaikuttanut maidon pitoisuuksiin eikä nostanut energiakorjattua maitotuotosta.

Maidon rasvapitoisuus laski ja rasvatuotos nousi numeerisesti väkirehun rv-pitoisuuden noustessa. Huhtasen ym. (2011) yhteenvedossa rasvapitoisuus väheni lämpökäsittämättömällä rypsillä -1,35 g ja lämpökäsitellyllä rypsillä -1,57 g per lisätty kg lisättyä raakavalkuaista. Säilörehun haihtuvien rasvahappojen määrä oli hieman korkea, minkä olisi voinut olettaa nostavan maidon rasvapitoisuutta. Vapaiden rasvahappojen määrä veressä oli myös korkeahko, mikä antaisi olettaa että maidon rasvapitoisuus olisi ollut korkeampi. Säilörehun syönti oli melko matalaa, joten väkirehuprosentti saattoi nousta ajoittain korkeaksi. Korkea väkirehuprosentti alentaa pötsin pH:ta, aiheuttaa muita aineenvaihdunnallisia ongelmia ja haittaa maidonrasvan synteesiä (Ekinci ja Broderick 1997). Ajoittain korkea väkirehuprosentti saattoi hidastaa maidon rasvapitoisuuden nousua tässä tutkimuksessa.

Väkirehun rv-pitoisuus kasvatti lineaarisesti maidon valkuaispitoisuutta ja samansuuntaisia tuloksia on saatu aikaisemminkin (Aston ym. 1998, Khalili ym. 1999). Olmos Colmeneron ja Broderickin (2006) tutkimuksessa maidon valkuaispitoisuus ei noussut dieetin rv-pitoisuuden 160 g/kg ka jälkeen nostettaessa tasoille 170 ja 190 g/kg ka.

Valkuaistuotos lisääntyi väkirehun rv-pitoisuuden noustessa. Huhtasen ym. (2011) yhteenvedossa valkuaisuotos kasvoi 98 g per kg lisättyä valkuaista kohti. Tässä tutkimuksessa valkuaisuotos kasvoi 328 g per lisätty kg raakavalkuaista siirryttäessä RV14-ruokinnalta RV17-ruokinnalle. Vastaavasti siirryttäessä RV17-ruokinnalta RV20-ruokinnalle kasvoi valkuaisuotos 204 g per lisätty kg raakavalkuaista.

Ureapitoisuus nousi lineaarisesti väkirehun rv-pitoisuuden noustessa. Tutkimuksen tulokset olivat samansuuntaiset kuin Alstrupin ym. (2014) tutkimuksessa. Ruokinnan rv-pitoisuuden kasvaessa pötsimikrobien käyttämättä jäänyt valkuainen poistetaan ureana (McDonald ym. 2002). Normaali maidon ureapitoisuus on 25–35 mg/dl. Tässä tutkimuksessa ureapitoisuudet olivat normaalirajojen sisällä. Ureapitoisuuden ollessa yli 30 mg/dl lehmät eivät saa tarpeeksi energiaa ja valkuaisen saanti on runsasta. (Nousiainen ym. 2004)

4.3 Väkirehun raakavalkuuspitoisuuden vaikutus energia- ja OIV taseeseen sekä veriarvoihin

Väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut elopainon muutokseen, energiataseeseen eikä veren glukoosi-, NEFA-, 3-MH- tai BHBA-pitoisuuksiin. Lawin ym. (2009) tutkimuksessa tulokset olivat verinäytteiden osalta samanlaiset.

Glukoosipitoisuus laskee poikimisen jälkeen, koska glukoosia käytetään maidontuotannossa lähtöaineena laktoosin synteesiin. Drackley ym. (2005) mukaan glukoosista voi tulla puutetta tuotantokauden alussa. Maitohapon, aminohappojen ja glyserolin osuus glukoneogeneesin esiaineina lisääntyy.

Poikimisen jälkeen otetuista verinäytteistä kävi ilmi, että 18 %:lla lehmistä oli ainakin yksi verinäyte, jossa subkliiniseen ketoosin raja ylittyi. Kahden lehmän tulokset viittasivat kliiniseen ketoosiin. RV14-ruokinnalla näitä lehmiä oli 8, RV17-ruokinnalla 3 ja RV20-ruokinnalla 4. Subkliinisen ketoosin raja-arvona pidetään 1,4 mmol/l ja kliinisen ketoosin raja-arvona 3 mmol/l (Oetzel 2004). Subkliinistä ketoosia esiintyi 7 päivää poikimisesta yhdeksällä, 21 päivää poikimisesta viidellä, 42 päivää poikimisesta yhdeksällä ja 63 päivää poikimisesta kuudella lehmällä. Yksi lehmistä oli subkliinisissä ketoosissa jokaisen verinäytteenoton aikaan. Tämä lehmä oli RV14-ruokinnalla. Ingvarsenin (2006) mukaan glukoosin puutos stimuloi rasvan mobilisointia kudoksista, mistä seuraa lisääntyntä ketogeneesiä ja ketoaineiden korkea pitoisuus veressä.

Vapaita rasvahappoja käytetään energianlähteenä. Poikimisen jälkeen niiden pitoisuus veressä nousee, ja mitä korkeampi pitoisuus on, sitä syvempi on negatiivinen energiatase. (Drackley ym.2005) Tässä tutkimuksessa veren NEFA-pitoisuus pysyi poikimisen jälkeen tehdyissä mittauksissa suurempana kuin ennen poikimista. NEFA-pitoisuudet olivat samantasoisia kuin Van der Drifftin ym. (2012) tutkimuksessa. Koeryhmien välillä ei ollut merkitsevää eroa veren NEFA-pitoisuuksissa eikä väkirehun rv-pitoisuuden nosto vaikuttanut NEFA-pitoisuuteen. Kokkosen ym. (2002) ja Schein ym. (2005) tutkimuksessa väkirehun rv-pitoisuuden lisäys nosti NEFA-pitoisuuksia. Tämän tutkimuksen lehmistä 31:llä veren NEFA-pitoisuus oli yli riskiarvon (0,4 mmol/l 2–14 päivää poikimisesta, Oetzel 2004). Oetzelin (2004) esittämän, pohjoisamerikkalaiseen aineistoon perustuvan raja-arvon ylittäneillä lehmillä saattoi olla kohonnut riski juoksumahan siirtymään sekä rasvamaksan syntyyn. Riskiarvon ylittäneitä lehmiä oli jokaisesta ruokintaryhmästä, jakautuen seuraavasti RV14 9 kpl, RV17 14 kpl ja RV20 8 kpl.

Korkean rv-pitoisuuden ryhmän lehmien energiatase oli laskennallisesti negatiivisin. Tutkimuksen tulosten perusteella lehmät olivat voimakkaassa negatiivisessa energiataseessa eikä väkirehun rv-pitoisuudella voitu hillitä energiavajetta. Säilörehun rv-pitoisuus nosti dieetin rv-pitoisuutta, mikä aiheutti RV14-ruokinnallekin korkean dieetin rv-pitoisuuden. Jos säilörehun rv-pitoisuus olisi ollut pienempi, ei RV14-ruokinnalla olisi ollut niin korkea dieetin rv-pitoisuus eikä mahdollisesti niin negatiivinen energiatase kuin nyt oli. Joissakin

aiemmissä tutkimuksissa väkirehun rv-pitoisuuden lisääminen on voimistanut negatiivista energiatasetta, kun dieetin rv-pitoisuudet kontrolliruokinnalla ovat olleet pienempiä (Kokkonen ym. 2002, Schei ym. 2005). Tässä tutkimuksessa saadut keskimääräiset korjatut energiataseet olivat laskennallisesti negatiivisempia verrattuna Niemelän (2011) maisterintutkielman tuloksiin.

Lehmien elopaino alenee tuotoskauden alussa. Tässä tutkimuksessa ei saatu merkitsevää vaikutusta väkirehun rv-pitoisuuden nostolla elopainon tai kuntoluokan muutokseen. Law ym. (2009) saivat samanlaisen tuloksen sekä kuntoluokan että elopainon muutoksen suhteen.

OIV-tarve ruokintaryhmillä oli suurempi kuin niiden OIV-saanti, minkä seurauksena niillä oli negatiivinen OIV-tase. Tässä tutkimuksessa OIV-saanti lisääntyi rv-pitoisuuden lisääntyessä. Väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut merkitsevästi OIV-taseeseen eikä OIV-hyväksikäyttöön, mutta ryhmien välillä oli numeeriset erot. Verikokeiden tuloksista (Taulukko 13) nähdään, että 3-MH-pitoisuudet ovat melko korkeat. Veren 3-MH-pitoisuuksien perusteella väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut aminohappojen mobilisaatioon kudoksista. Näiden pitoisuuksien perusteella aminohappojen mobilisaatio oli suurimmillaan 7 päivää poikimisen jälkeen. Tämän tutkimuksen 3-MH-pitoisuudet ovat yhtä korkeat kuin Van der Drifin ym. (2012) kokeessa saadut pitoisuudet.

4.4 Tuotosryhmien vaikutus energia- ja OIV taseeseen sekä veriarvoihin

Ensikoiden korjaamaton energiatase oli merkitsevästi negatiivisempi kuin useamman kerran poikineilla eläimillä ja myös korjattu energiatase oli numeerisesti negatiivisempi kuin muiden ryhmien. Niemelän (2011) maisterintutkielmassa energiataseet eivät olleet yhtä negatiiviset kuin tässä tutkimuksessa, sillä yleensä ensikoiden energiatase on vähemmän negatiivinen kuin useamman kerran poikineiden lehmien. Tässä tutkimuksessa holstein-ensikoita oli enemmän (12) kuin ayrshire-ensikoita (4). Useamman kerran

poikineissa eläimissä ayrshire-rotuisia (18) oli enemmän kuin holstein-rotuisia (12). Niemelän (2011) tutkimuksessa aineistossa kolme neljäsosaa lehmistä oli ayrshire-rotuisia ja loput holstein-friisiläisiä. Tässä tutkimuksessa ayrshire-rotuisilla oli korkeampi kuntoluokka poikiessa kuin holstein-rotuisilla (tuloksia ei esitetty), mikä voi selittää negatiivisemmat energiataseet verrattaessa Niemelän (2011) maisterintutkielmaan.

Ensikoiden veren NEFA-pitoisuudet olivat korkeammat kuin useamman kerran poikineiden korkean tuotoksen ryhmällä. Se sopii yhteen ensikoiden negatiivisemmän energiataseen kanssa.

Tuotosryhmien 3-MH-pitoisuuksissa oli numeeriset erot. Ensikoiden ja useamman kerran poikineiden matalan tuotoksen eläinten pitoisuudet olivat korkeammat kuin useamman kerran poikineiden korkean tuotoksen eläinten. Useamman kerran poikineiden matalan tuotoksen eläinten pitoisuus oli korkein eli niillä oli eniten aminohappojen mobilisaatiota kudoksista.

5 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, voiko lypsylehmien poikimisen jälkeistä energiavajetta hallita väkirehun raakavalkuaispitoisuutta rajoittamalla. Tutkimuksessa havaittiin, että väkirehun raakavalkuaispitoisuus ei vaikuttanut lehmien säilörehun syöntiin eikä energiataseeseen, sillä myös matalalla väkirehun raakavalkuaispitoisuudella lehmät olivat erittäin negatiivisessa energiataseessa. Lehmien laskennallinen energiatase parani numeerisesti väkirehun raakavalkuaispitoisuuden alentuessa, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitsevät. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden nosto lisäsi suuntaa-antavasti maitotuotosta ja merkitsevästi valkuaistuotosta. Tässä tutkimuksessa väkirehun raakavalkuaispitoisuuden rajoittamisella ei saatu parannettua lehmien negatiivista energiatasetta.

Tulevaisuudessa voitaisiin tutkia lehmien tuotospotentiaalin ja lisävalkuaisruokinnan yhdysvaikutusta. Toinen tutkimuskokonaisuus voisi olla niukasti tyypilannoitetun säilörehun tuotantovaikutus alkulaktaatiossa.

Kiitokset

Haluan lämpimästi kiittää työni ohjaajia sekä kannustavia ja kärsivällisiä kotijoukkoja.

Lähteet

- AOAC 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA. s.1298 ISBN 0-935584-42-0.
- Artturi. 2014. Rehuanalyysin tulkinta.
https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Rehuanalyysi/Rehuanalyysin_tulkinta_marehtijat. Viitattu 10.12.2014.
- Aston, K., Fisher, W. J., McAllan, A. B., Dhanoa, M. S. & Dewhurst, R. J. 1998. Supplementation of grass silage-based diets with small quantities of concentrates: strategies for allocating concentrate crude protein. *Animal Science* 67: 17–26.
- Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 83: 1598–1624.
- Alstrup, L., Weisbjerg, M. R., Hymøller, L., Larsen, M. K., Lund, P. & Nielsen, O. 2014. Milk production response to varying protein supply is independent of forage digestibility in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97: 4412–4422.
- Bauman, D. E. 2000. Regulation of nutrient partitioning during lactation: homeostasis and homeorhesis revisited. In: P.B. Cronjé (ed.). *Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction*. pp. 311–328. CAB International. Wallingford, UK.
- Bauman, D. E. & Currie, W. B. 1980. Partinoning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis *Journal of Dairy Science* 63: 1514–1529.

- Bell, A. W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science* 73: 2804–2819.
- Bell, A. W., Burhans, W. S. & Overton, T. R. 2000. Protein nutrition in late pregnancy, maternal protein reserves and lactation performance in dairy cows. *Proceedings of the Nutrition Society* 59: 119–126.
- Bines, J. A. & Hart, I. C. 1982. Metabolic limits to milk production, especially roles of growth hormone and insulin. *Journal of Dairy Science* 65: 1375–1389.
- Bobe, G., Young, J. W. & Beitz, D. C. 2004. Invited review: pathology, etiology, prevention, and treatment of fatty liver in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87: 3105–3124.
- Brockman, R. P. 1979. Roles for insulin and glucagon in the development of ruminant ketosis. *Canadian Veterinary Journal* 20: 121–126.
- Broderick, G.A. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86: 1370–1381.
- Butler, A. W. 1997. Symposium: optimizing protein nutrition for reproduction and lactation. Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 81: 2533–2539.
- Butler, A. W. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science* 60–61: 449–457.
- Butler, A. W. 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Production Science* 83: 211–218.
- Drackley, J. K., Dann, H. M., Douglas, G. N., Janovick Guretzky, N. A., Litherland, N. B., Underwood, J. P. & Looor, J. J. 2005. Physiological and pathological adaptations in dairy cows that may increase susceptibility to periparturient diseases and disorders. *Italian Journal of Animal Science* 4: 323–344.
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T. & Webster, G. 1989. A body condition chart of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 72: 68–78.
- Ekinci, C. & Broderick, G. A. 1997. Effect of processing high moisture ear

- corn on ruminal fermentation and milk yield. *Journal of Dairy Science* 80: 3298–3307.
- Enemark, J. M. D. 2008. The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): a review. *The Veterinary Journal* 176: 32–43.
- Friedel, K. 1990. Die Schätzung des energetischen Futterwertes von Grobfutter mit Hilfe einer Cellulasemethode. [The estimation of the energetic feeding value of roughages by means of a cellulose method]. *Wissenschaftliche Zeitung Universität Rostock, N-Reihe* 39: 78–86.
- Geishhauser, T., Leslie, K., Tenhag, J. & Bashiri, A. 2000. Evaluation of eight cow-side ketone tests in milk for detection of subclinical ketosis in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 83: 296–299.
- Griinari, J. M., McGuire, M. A., Dwyer, D. A., Bauman, D. E. & Palmqvist, D. L. 1997. Role of insulin in the regulation of milk fat synthesis in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 80: 1076–1084.
- Grummer, R. R. 1993. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* 76: 3882–3896.
- Grummer, R. R. 1995. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *Journal of Animal Science* 73: 2820–2833.
- Grummer, R. R., Mashek, D. G & Hayirli, A. 2004. Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 20: 447–470.
- Gröhn, Y., Thompson, J. R. & Bruss, M. L., 1984. Epidemiology and genetic basis of ketosis in Finnish Ayrshire. *Preventive Veterinary Medicine* 3: 65–77.
- Haacker, K., Block, H.J. & Weissbach, F. 1983. Zur kolorimetrischen Milchsäurebestimmung in silagen mit p-Hydroxyldiphenyl. [On the colorimetric determination of lactic acid in silages with p-Hydroxyldiphenyl]. *Archiv für Tierernährung* 33: 505–512.
- Hayirli, A. 2006. The role of exogenous insulin in the complex of hepatic lipidoses and ketosis associated with insulin resistance phenomenon in postpartum dairy cattle. *Veterinary Research Communications* 30: 749–774.
- Houseknecht, K. L., Baile, A. C., Matteri, R. L. & Spurlock, M. E. 1998. The biology of leptin: a review. *Journal of Animal Science* 76: 1405–1420.
- Huhtanen, P. 1998. Supply of nutrients and productive responses in dairy cows

- given diets based on restrictively fermented silage. *Agricultural and Food Science in Finland* 7: 219 - 250.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006 Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 15: 293–323.
- Huhtanen, P., Hetta, M. & Swensson, C. 2011. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: a review and a meta-analysis. *Canadian Journal of Animal Science*. 91: 529–543.
- Huida, L., Väätäinen, H. & Lampila, M. 1986. Comparison of dry matter contents in grass silages as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. *Annales Agriculturae Fenniae* 25: 215–230.
- Hussain, K., Islam, A. U. & Gupta, S. K. 2011. Management of sub-acute ruminal acidosis in dairy cattle for improved production: a review. *Journal of Advanced Veterinary Research* 1: 80–93.
- Hutton, J. B. 1957. The effect of growth hormone on the yield and composition of cow's milk. *Journal of Endocrinology* 16: 115–125.
- Ingvartsen, K. L. 2006. Feeding- and management-related diseases in the transition cow. Physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases. *Animal Feed Science and Technology* 126: 175–213.
- Ipharraguerre, I. R. & Clark, J. H. 2005. Impacts of the source and amount of crude protein on the intestinal supply of nitrogen fractions and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 88: E22–E37.
- Ingvartsen, K. L. & Boisclair, Y. R. 2001. Leptin and the regulation of food intake, energy homeostasis and immunity with special focus on periparturient ruminants. *Domestic Animal Endocrinology* 21: 215–250.
- Kahn, C. R., 1978. Insulin resistance, insulin sensitivity, and insulin unresponsiveness: a necessary distinction. *Metabolism* 27: 1893–1902.
- Kalscheur, K. F., J. H. Vandersall, R. A. Erdman, R. A. Kohn & E. Russek-Cohen. 1999. Effects of dietary crude protein concentration and degradability on milk production responses of early, mid, and late lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82: 545–554.
- Khalili, H., Kuusela, E., Saarisalo, E. & Suvitie, M. 1999. Use of rapeseed and

- pea grain protein supplements for organic milk production. *Agricultural and Food Science in Finland* 8: 239–252.
- Kokkonen, T. 2005. Energy and protein nutrition of dairy cows during the dry period and early lactation: Production performance and adaptation from pregnancy to lactation. Academic dissertation. 56 s.
- Kokkonen, T., Tesfa, A. T., Tuori, M., Yrjanen, S. & Syrjala-Qvist, L. 2002. The effect of concentrate crude protein level on early lactation grass silage intake, milk yield and nutrient utilisation by dairy cows. *Archives of Animal Nutrition* 56: 213.
- Law, R. A., Young, F. J., Patterson, D. C., Kilpatrick, D. J., Wylie, A. R. G. & Mayne, C. S. 2009. Effect of dietary protein content on animal production and blood metabolites of dairy cows during lactation. *Journal of Dairy Science* 92: 1001–1012.
- Leonardi, C., Stevenson, M. & Armentano, L. E. 2003. Effect of two levels of crude protein and methionine supplementation on performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86: 4033–4042.
- Lucy, M. C., Staples, C. R., Michel, F. M. & Thatcher, W. W. 1991. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science* 74: 473–482.
- Machlin, L. J. 1973. Effect of growth hormone on milk production and feed utilization in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 56: 575–580.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. A. 2002. *Animal nutrition*. 6. Painos. 693 s.
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clinical Chimica Acta* 17: 297–304.
- Moyes, K. M., Friggens, N. C. & Ingvarsen, K. L. 2010. Nutritional strategies to combat physiological imbalance of dairy cows during early lactation: The effect of changes in dietary protein to starch ratios. *Acta Agriculturae Scand Section A* 60: 166–174.
- MTT 2014. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset [verkkajulkaisu]. Jokioinen: MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. [viitattu 12.12.2014].
Saataavissa: <http://www.mtt.fi/rehutaulukot>.
- Mulligan, F. J., Dillon, P., Callan, J. J., Rath, M. & O'Mara, F. P. 2004.

- Supplementary concentrate type affects nitrogen excretion of grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87: 3451–3460.
- Nixon, D. A., Akasha, M. A. & Anderson, R. R. 1988. Free and total thyroid hormones in serum of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 71: 1152–1160
- Nousiainen, J., Shinfield, K. J. & Huhtanen, P. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *Journal of Dairy Science* 87: 386–398.
- Oetzel, G. R. 2004. Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 20: 651–674.
- Oldham, J. D. 1984. Protein-energy interrelationships in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 67: 1090–1114.
- Olmos Colmenero, J. J. & Broderick, G. A. 2006. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89: 1704–1712.
- Roche, J. R., Kay, J. K., Friggens, N. C., Loor, J. J. & Berry, D. P. 2013. Assessing and managing body condition score for the prevention of metabolic disease in dairy cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 29: 323–336.
- Schei, I., Volden, H. & Bævre, L. 2005. Effects of energy balance and metabolizable protein level on tissue mobilization and milk performance of dairy cows in early lactation. *Livestock Production Science* 95: 35–47.
- Schröder, U.J. & Staufenbiel, R. 2006. Invited review: methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *Journal of Dairy Science* 89: 1–14.
- Sjaunja, J.O., Baerve, L., Junkkarinen, L., Pedersen, J. & Setälä, J. 1991. A Nordic pro-posal for and energy corrected milk (ECM) formula. Kirjassa: Gaillon, P. & Chabert, Y. (toim.) *Performance Recording of Animals. State of the Art, 1990*. EAAP Publications no 50, PUDOC, Wageningen, the Netherlands, s. 156–157
- Van der Drift, S. G. A., Houweling, M., Schonewille, J. T., Tielens, A. G. M. & Jorritsma, R. 2012. Protein and fat mobilization and associations with serum β -hydroxybutyrate concentrations in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95: 4911–4920.
- Van Knegsel, A. T., Van Den Brand, H., Dijkstra, J., Van Straalen, W. M.,

- Heetkamp, M. J. W., Tamminga, S. & Kemp, B. 2007. Dietary energy source in dairy cows in early lactation: Energy partitioning and milk composition. *Journal of Dairy Science* 90: 1467–1476.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3588–3597.
- Whelan, S. J., Pirece, K. M., McCarney, C., Flynn, B. & Mulligan, F. J. 2012. Effect of supplementary concentrate type on nitrogen partitioning in early lactation dairy cows offered perennial ryegrass-based pasture. *Journal of Dairy Science* 95: 4468–4477.