

HERUVAN LEHMÄN VALKUAISEN SAANNIN VAIKUTUS  
REHUN SYÖNTIIN, KUDOSVARASTOJEN  
KÄYTTÖÖN JA MAITOTUOTOKSEEN

Kotieläinten ravitsemustiede

Pro gradu -työ

Satu Iirola

1999

URN: NBN:fi-fe19991267

## Sisällys

1. Johdanto	1
2. Aineisto ja tutkimusmenetelmät	5
2.1 Tutkimuksen tavoite	5
2.2 Koejärjestelyt ja koe-eläimet	5
2.3. Rehut ja ruokinta	6
2.3.1 Väkirehut	6
2.3.2 Karkearehut	8
2.4 Eläinten punnitus ja kuntoluokitus	10
2.5 Näytteiden otto ja analysointi	10
2.5.1 Rehunäytteet	10
2.5.2 Maitotuotoksen mittaus ja maitonäytteet	11
2.5.3 Verinäytteet	12
2.5.4 Sulavuuskoe	12
2.6 Tulosten laskeminen ja tilastollinen analyysi	13
3. Tulokset	16
3.1 Rehun syönti, dieetin sulavuus, ravintoaineiden saanti ja hyväksikäyttö	16
3.2 Maitotuotos ja maidon koostumus	18
3.3 Elopaino ja kuntoluokka	22
3.4 Veriarvot	23
3.5 Lisääntymistoiminnot	24
3.6 Terveys	24
4. Tulosten tarkastelu	25
4.1 Valkuaisen saannin vaikutus rehun syöntiin	25
4.2 Valkuaisen saannin vaikutus dieetin sulavuuteen ja hyväksikäyttöön	27
4.3 Valkuaisen saannin vaikutus elopainon ja kuntoluokan muutokseen	29

4.4 Valkuaisen saannin vaikutus maitotuotokseen ja maidon koostumukseen	30
4.4.1 Maitotuotos	30
4.4.2 Rasvapitoisuus ja rasvatuotos	32
4.4.3 Valkuaispitoisuus ja valkuaistuotos	33
4.4.4 Laktoosipitoisuus ja laktoosituotos	35
4.4.5 Ureapitoisuus	35
4.4.6 Asetonipitoisuus	36
4.5 Valkuaisen saannin vaikutus veriarvoihin	38
4.6 Valkuaisen saannin vaikutus lisääntymistoimintoihin ja terveyteen	42
5. Yhteenveto ja johtopäätökset	45

Kirjallisuusluettelo

Liitteet

# 1. JOHDANTO

Herumiskauden aikana korkeatuottoinen lehmä ei pysty syömään riittävästi rehua tyydyttääkseen ravintoaineiden tarpeensa, sillä ravintoaineiden tarve kasvaa nopeasti maitotuotoksen noustessa. Lehmä pyrkii täyttämään ravintoainevajetta purkamalla kudosvarastoistaan energiaa ja valkuaisaineita. Dieetin korkea valkuaispitoisuus ja kudosvarastoista käyttöönotettava energia auttavat lehmää nostamaan maitotuotostaan lähemmäksi todellista tuotospotentiaalia. Perinnöllisesti korkeatuottoiset lehmät pystyvät paremmin vastaamaan dieetin valkuaispitoisuuden nousuun (BRUCKENTAL ym. 1989).

Rehusta saatavan ohitusvalkuaisen saannin maksimointia on pidetty tärkeänä pyrittäessä korkeaan herumahuipun tuotokseen, sillä kudosvarastoista käyttöönotettavan valkuaisen määrä on pieni verrattuna runsaasti heruvan lehmän valkuaisstarpeeseen. Myöskään pötsimikrobien synteesikyky ei riitä tuottamaan riittävästi valkuaista (JOURNET ja REMOND 1981). Lisääntyneen ohutsuoletta imeytyvän valkuaisen (OIV) saannin vaikutus rehun syöntiin, kudosvarastojen käyttöön ja maitotuotokseen riippuu lehmän fysiologisesta tilasta ja muiden ruoansulatuskanavasta imeytyvien ravintoaineiden tasapainosta.

Jos dieetti on sisältänyt valkuaista alle lehmän tarpeen, ohitusvalkuaisen saannin lisääntyminen on nostanut maidon valkuaispitoisuutta (TAMMINGA 1992) ja maitotuotosta (CHAMBERLAIN ym. 1989; HUHTANEN 1993). GORDON (1980) tutki dieetin valkuaispitoisuuden lisääntymisen vaikutusta lypsykauden alkuvaiheessa. Hän totesi maitotuotoksen nousevan 0,31 kg jokaista väkirehuun lisättyä valkuaisprosenttia kohti väkirehuun valkuaispitoisuuden lisääntyessä 172 g:sta/kg ka 234 g:aan/kg ka säilörehuvaltaisella ruokinnalla. Korkeatuottoisilla lehmillä saattaa olla hyötyä dieetin valkuaispitoisuuden nostamisesta jopa 210 g:aan/kg ka herumiskauden alkuvaiheessa (OLDHAM 1984). HUHTANEN (1998a) arvioi, että Suomessa tällä hetkellä käytössä oleva ohutsuoletta imeytyvän valkuaisen (OIV) saantisuositus voisi olla nykyistä noin 2 g/kg energiakorjattua maitoa (EKM) korkeampi ilman, että rajatuotos oleellisesti huonontuisi. Laktaatiokauden myöhemmässä vaiheessa dieetin valkuaispitoisuuden lisääntymisestä yli 170 g:aan/kg ka ei ole havaittu olevan vastaavaa hyötyä (BRUCKENTAL ym. 1989).

Dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyminen voi aiheuttaa muutoksia energian saantiin ja ravintoaineiden hyväksikäyttöön. Jos dieetin sulavuus paranee, pötsissä muodostuu enemmän haihtuvia rasvahappoja orgaanisen aineen sulavuuden parantumisen seurauksena. Kuiva-aineen sulavuuden parantuminen ja rehun syönnin lisääntyminen nostavat muuntokelpoisen energian saantia ja maitorauhasen käyttöön tulevien ravintoaineiden määrää (OLDHAM 1984). Joissakin tapauksissa myös ohutsuoleen virtaavien lipidien määrä on noussut pötsimikrobien lipidisynteesin stimuloitumisen seurauksena (CHAMBERLAIN ja THOMAS 1982). Valkuaisen saannin lisääntyminen nostaa maidossa, virtsassa ja sonnassa erittyvän typen määrää (GONDA ym. 1995).

Liian vähäinen aminohappojen saanti lisää ravintoaineiden varastointia rasvana ja energiaa tuottavien ravintoaineiden hapetusta. Ravintoaineiden varastointi kudoksiin pienentää maitotuotosta, minkä seurauksena tuotos jää alle potentiaalisen herumahuipun. Lisääntynyt ravintoaineiden hapetus heikentää myös muuntokelpoisen energian hyväksikäyttöä maidontuotantoon ja kudosvarastojen täydentämiseen. Ravinnosta saatu ylimääräinen valkuainen, joka ei erity maitoon tai varastoidu kudoksiin, deaminoituu. Urean syntetisointi aminoryhmästä ja urean erity vaativat energiaa. Deaminoitavien aminohappojen hiilirungot hapettuvat joko kokonaan tai osittain. Ne voivat myös varastoitua kudoksiin rasvana (OLDHAM 1984).

Herumiskauden alussa lehmän kuiva-aineen syönti nousee nopeasti tasaantuen vähitellen. Kuiva-aineen syöntihuippu ajoittuu laktaatiokauden 10 - 12 viikon kohdalle, noin 3 - 5 viikkoa maitotuotoksen huipun saavuttamisen jälkeen. Kudosvarastojen käyttö ajoittuu pääasiassa laktaatiokauden alkupuolelle ennen syöntihuipun saavuttamista (MacRAE ym. 1988). Herumiskauden aikana kudosvarastoista purettavan energian ja valkuaisen määrä on yksilöllistä (KOMARAGIRI ja ERDMAN 1997). Korkea maitotuotos (BAUMAN ja CURRIE 1980) ja dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyminen ovat useissa tutkimuksissa lisänneet herumiskauden alkuvaiheessa kudosvarastojen käyttöä (BRUCKENTAL ym. 1989; ØRSKOV ym. 1987).

Rasvahappojen käyttöönotto kudosvarastoista alkaa jo poikimisen aikana ja jatkuu voimakkaana herumiskauden alkuvaiheen ajan (KOMARAGIRI ja ERDMAN 1997). Vapaiden rasvahappojen käyttöönotto voi lisääntyä useiden eri mekanismien kautta: rasvakudoksen de novo -synteesi eli vapaiden rasvahappojen esterifikaatio vähentyy, lipolyysi lisääntyy tai lipolyysin seurauksena vapautuvien rasvahappojen re-esterifikaatio vähentyy. Herumiskauden alussa toimivat todennäköisesti nämä kaikki mekanismit yhdessä (BELL 1995). Verenkiertoon vapautuvista

rasvahapoista 35 % hapettuu nopeasti energiaksi ja 40 % kuluu maidon triglyseridien synteisiin (KOMARAGIRI ja ERDMAN 1997). Maksa käyttää osan vapaista rasvahapoista ketoaineiden muodostamiseen (BELL 1995).

Rasvahappojen lisääntynyt hapetus säästää niitä ravintoaineita, joita elimistössä on niukasti. Herumiskauden aikana erityisesti glukoosia on vain rajoitetusti lehmän käytettävissä (OLDHAM 1984). Heruva lehmä käyttää glukoosin pääasiassa laktoosin synteisiin, ja sitä hapettuu vain hyvin vähän (BENNINK ym. 1972). Myös aminohappoja hapettuu herumiskauden aikana vain vähän (MEPHAM 1982), sillä aminohapot ovat tärkeä glukoneogeneesin raaka-aine (MADSEN 1983).

On arvioitu, että lehmä voi kuluttaa herumiskaudella 25 % kudosvarastojensa valkuaisaineista (BOTTS ym. 1978). Laktaation alkuvaiheessa käyttöön otetun valkuaisen määrä on yleensä kuitenkin selvästi tätä määrää pienempi (BELL 1995). Kudosvalkuaisen käyttö ajoittuu pääasiassa poikimisen ja laktaatiokauden viidennen viikon välille. Myöhemmin kudosvarastojen käyttö kohdistuu lähes yksinomaan rasvakudokseen. Kudosvarastoista peräisin olevasta energiasta 93 % muodostuu rasvasta ja ainoastaan 7 % valkuaisesta (KOMARAGIRI ja ERDMAN 1997). Kudosten energiavarastot ovat kuitenkin rajalliset, ja jo muutama viikko poikimisen jälkeen lehmä saa suurimman osan tarvitsemastaan energiastaan ravinnosta (BRUCKENTAL ym. 1989).

Runsas kudosvarastojen käyttö viivästyttää poikimisen jälkeistä lisääntymistoimintojen käynnistymistä: poikimisen jälkeinen anestruskausi pitenee, ja tiinehtymistulokset ovat heikkoja (BRUCKENTAL ym. 1989). Valkuaisen saannin lisääntyminen on heikentänyt hedelmällisyyttä erityisesti pötsihajoavan valkuaisen saannin lisääntymisen seurauksena (FERGUSON ja CHALUPA 1989). Plasman ureapitoisuuden nousu laskee kohdun pH:ta luteaalivaiheen aikana, mikä lisää tiineyden alkuvaiheen sikiökuolemia (FERGUSON 1996; HARRIS 1996). Plasman urea- ja ammoniakkipitoisuuden nousu vähentää luteinisoivan hormonin (LH) eritystä, minkä seurauksena keltarauhasen progesteronin erityis laskee (KAUFMANN ja HAGEMEISTER 1987). Plasman urea- ja ammoniakkipitoisuuden nousun seurauksena myös lymfosyyttien määrä vähenee heikentäen elimistön immuunitoimintaa (HARRIS 1996).

Urea diffusioituu maitorauhaseen vapaasti verenkierrosta, minkä vuoksi plasman ja maidon ureapitoisuuksien välillä on positiivinen korrelaatio (KAUFMANN ja HAGEMEISTER 1987). Plasman ja maidon ureapitoisuuden nousun yli 19 mg/100 ml on esitetty heikentävän

hedelmällisyyttä (BUTLER ym. 1995). Verrattuna suomalaisiin maidon ureapitoisuuden suositusarvoihin hedelmällisyys alkaa BUTLERin ym. (1995) mukaan heikentyä jo suhteellisen alhaisten maidon ureapitoisuuksien seurauksena.



## 2. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

### 2.1 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää dieetin valkuaispitoisuuden vaikutusta lypsylehmän rehun syöntiin, kudosvarastojen käyttöön ja maitotuotokseen herumiskauden aikana dieetin perustuessa esikuivattuun nurmisäilörehuun. Tutkimuksessa selvitettiin myös dieetin valkuaispitoisuuden lisääntymisen vaikutusta maidon koostumukseen, veriarvoihin ja poikimisen jälkeiseen lisääntymistoimintojen käynnistymiseen. Tutkimus kuuluu tutkimushankkeeseen Lypsylehmän energia- ja valkuaisruokinta poikimista edeltävänä ja sen jälkeisinä viikkoina (prof., MMT Liisa Syrjälä-Qvist, MMT Alem Tesfa, MMM Tuomo Kokkonen ja MMT Mikko Tuori).

### 2.2 Koejärjestelyt ja koe-eläimet

Koe suoritettiin Helsingin Yliopiston Viikin opetus- ja tutkimustilan navetassa 8.9.1997 ja 4.5.1998 välisenä aikana. Kokeessa oli mukana 21 ayrshire-lehmää, jotka olivat poikineet 2 - 5 kertaa. Koe suoritettiin ryhmäkokeena, jossa lehmät oli jaettu kolmeen 7 lehmän ryhmään. Lehmistä muodostettiin kolmen eläimen blokkeja arvioidun poikimispäivän, edellisen vuoden tuotostason, herumahuipun tuotoksen ja elopainon perusteella. Kunkin blokin eläimet arvottiin ruokintaryhmiin satunnaistetun lohkokokeen mukaisesti.

Koe alkoi poikimispäivänä, jota edelsi kolmen viikon pituinen tunnutuskausi. Lehmät ruokittiin koeruokkinnoilla 10 viikon ajan laktaatiokauden alusta lähtien. Poikimisen ajan lehmät olivat poikimakarsinassa ja itse kokeen aikana kiinni parressa. Ruokintapöydällä oli rehunerottimet jokaisen parsipaikan välillä, mikä mahdollisti yksilöllisen ruokinnan. Karkearehua oli vapaasti saatavilla vuorokauden ympäri.

## 2.3 Rehut ja ruokinta

### 2.3.1 Väkirehut

Perusväkirehuseos sisälsi jauhettua ohraa ja kauraa sekä melassileikettä suhteissa 40:40:20. Viljat olivat Viikin opetus- ja tutkimustilan omaa satoa. Kauran lajike oli Puhti ja ohran Mette. Melassileike oli Rehuraisio Oy:n valmistamaa.

Tunnetuskauden aikana lehmät saivat perusväkirehuseosta 2 kg päivässä 2 - 3 viikkoa ennen arvioitua poikimispäivää. Yksi viikko ennen arvioitua poikimispäivää väkirehuannoksen määrä nostettiin 3 kg:aan päivässä. Väkirehuseokseen lisättiin 100 g Tunnu-Melli -kivennäisrehua (Liite 1). Väkirehut jaettiin tunnetuskauden aikana kerran vuorokaudessa, klo 13.30.

Poikimisen jälkeen perusväkirehuseosta täydennettiin rypsirouheella siten, että ilmakeivan väkirehuannoksen painosta oli rypsirouhetta 0 %, 15 % tai 30 % (Taulukko 1). Väkirehuseoksen keskimääräinen koostumus ja rehuarvo ovat taulukossa 2. Yksittäisten väkirehuseoksen komponenttien keskimääräinen koostumus on taulukossa 5. Rypsirouhe oli melassileikkeen tavoin Rehuraisio Oy:n valmistamaa. Väkirehuannoksiin lisättiin Nordkalkin valmistamaa ruokintakalkkia 100 g/d ja Viher Hertta-Minera Muro -kivennäisrehua (Liite 2) koeryhmän ja maitotuotoksen mukaan (Taulukko 3). Väkirehuannos nostettiin mahdollisimman nopeasti maksimitasolleen, joka oli 15 kg/d (Taulukko 4). Poikimisen jälkeen väkirehut jaettiin neljä kertaa vuorokaudessa, klo 5.00, 10.00, 14.00 ja 20.00. Mahdolliset väkirehujätteet kerättiin päivittäin ennen iltapäiväruokintaa.

Taulukko 1. Väkirehuannoksen sisältö.

	Ohra, kg	Kaura, kg	Melassileike, kg	Rypsirouhe, kg
Ryhmä 1	6,00	6,00	3,00	0,00
Ryhmä 2	5,10	5,10	2,55	2,25
Ryhmä 3	4,20	4,20	2,10	4,50

Taulukko 2. Väkirohuseosten keskimääräinen koostumus ja rehuarvo.

	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %
Kuiva-aine, g/kg	899,3	900,5	901,7
Tuhka, g/kg ka	38,8	44,7	50,6
Orgaaninen aine, g/kg ka	961,2	955,3	949,4
Raakavalkuainen, g/kg ka	119,3	154,2	191,2
Raakarasva, g/kg ka	40,9	44,0	47,1
Raakakuitu, g/kg ka	97,6	104,2	105,7
TUA, g/kg ka	703,3	654,4	605,4
NDF, g/kg ka	278,2	277,5	276,7
ADF, g/kg ka	112,3	127,0	134,3
Ry/kg ka	1,02	1,02	1,01
OIV, g/kg ka	95,1	103,3	111,4
PVT, g/kg ka	-41,7	-16,0	9,7

Taulukko 3. Kivennäisrehumäärät.

Maitotuotos	alle 50 kg/vrk	yli 50 kg/vrk
Ryhmä 1	300	350
Ryhmä 2	250	300
Ryhmä 3	200	250

Taulukko 4. Väkirohuseumäärät poikimisen jälkeen.

Poikimisesta, d	Väkirohulisäys, kg/d	Väkirohuannos, kg/d
1	2	5
2	2	7
3	1	8
4	1	9
5	0	9
6	1	10
7	0	10
8	1	11
9	0	11
10	1	12
11	0	12
12	1	13
13	0	13
14	1	14
15	0	14
16	1	15

### 2.3.2 Karkearehut

Karkearehuna oli esikuivattu säilörehu, jonka keskimääräinen koostumus on taulukossa 5. Kokeen aikana säilörehua syötettiin viidestä eri siilosta. Eri siilojen säilörehun syöttöajankohdat, siiloon korjattujen nurmien sisältämät kasvilajit ja korjuuajankohdat ovat taulukossa 6. Säilöntäaineena käytettiin AIV 10 -liuosta nurmikasvisäilörehun säilöntään 5 l rehutonna kohti ja palkokasveja sisältävälle rehulle säilöntäainetta annosteltiin 6 l rehutonna kohti. Ennen ensimmäisen säilörehusiilon avaamista lehmät (2 kpl) saivat tunnuskaudella säilörehun sijaan ruohoa, joka niitettiin päivittäin. Ruoho sisälsi 80 % timoteitä ja 20 % nurminataa.

Taulukko 5. Rehujen keskimääräinen koostumus.

	Ohra	Kaura	Melassi- leike	Rypsi	Säilörehu
Kuiva-aine, g/kg	897,6	895,0	911,1	907,3	256,5
Tuhka, g/kg ka	25,4	37,5	68,4	78,2	83,8
Orgaaninen aine, g/kg ka	974,6	962,5	931,6	921,8	916,2
Raakavalkuainen, g/kg ka	124,3	117,4	113,1	358,8	164,4
Raakarasva, g/kg ka	33,3	61,7	14,6	61,3	45,8
Raakakuitu, g/kg ka	44,8	119,3	159,9	124,6	262,9
TUA, g/kg ka	772,2	664,1	644,0	377,0	443,0
NDF, g/kg ka	189,4	324,5	363,4	273,2	517,5
ADF, g/kg ka	49,9	139,2	183,6	185,6	276,1
ADL, g/kg ka	4,1	22,1	13,8	75,9	22,4
Kokonaistyyppi, g/kg ka					27,9
Ammoniumtyppi, g/kg ka					0,9
WSC, g/kg ka					67,6
Maitohappo, g/kg ka					47,7
Etikkahappo, g/kg ka					14,9
Voihappo, g/kg ka					1,0
Ry/kg ka	1,1	0,9	1,0	1,0	0,9
OIV, g/kg ka	100,7	83,1	108,1	149,3	78,7
PVT, g/kg ka	-47,5	-25,3	-62,8	129,5	29,6
D-arvo	84,0	69,2	79,1	69,5	61,9

Taulukko 6. Säilörehusiilojen sisältämän rehun kasvilajikoostumus, korjuuajankohdat ja säilörehun syöttö.

	Syöttöajankohta	Kasvilajit	Niittoajankohta
Siilo 1	22.9. - 16.12.1997	timotei nurminata	16. - 24.6.1997
Siilo 2	17.12.1997 - 16.2.1998	timotei nurminata puna-apila	18. - 23.6.1997
Siilo 3	17.2. - 13.3.1998	timotei nurminata monivuotinen raiheinä puna-apila	24. - 25.6.1997
Siilo 4	14.3. - 8.4.1998	timotei nurminata puna-apila	12. - 18.8.1997
Siilo 5	8.4. - 4.5.1998	timotei nurminata puna-apila vuohenherne monivuotinen raiheinä	10. - 12.9.1997

Tunnetuskauden aikana päivittäisen säilörehuannoksen määrä perustui elopainon avulla määritettyyn ylläpitoenergian tarpeeseen (Kaava 1). Väkiannos sisälsi sikiön kasvuun tarvittavan energian. Päivittäinen säilörehuannos jaettiin kolmessa erässä, lukuunottamatta poikimiskarsinassa olevia lehmä, jotka saivat säilörehuannoksensa kaksi kertaa päivässä jaettuna.

Kaava 1. Ylläpitoenergian tarpeen laskeminen (TUORI ym. 1995).

$$\text{Ry-tarve} = 0,71 + 0,0078 \cdot \text{elopaino (kg)}$$

Poikimisen jälkeen säilörehu jaettiin kolme kertaa päivässä, klo 5.30, 14.30 ja 19.00. Poikineet lehmät saivat säilörehua vapaasti (*ad libitum*). Päivittäinen säilörehutähteen määrä oli 5 - 10 % annetun säilörehun määrästä. Kullekin lehmälle annetun säilörehun määrä ja eläimen tähteeksi jättämä rehu punnittiin päivittäin. Tähteet kerättiin ennen iltapäiväruokintaa.

## **2.4 Eläinten punnitus ja kuntoluokitus**

Lehmät punnittiin kahtena peräkkäisenä päivänä ennen iltapäiväruokintaa 3 viikkoa ennen arvoitua poikimispäivää, heti poikimisen jälkeen sekä 1, 2, 4, 6, 8 ja 10 viikkoa poikimisen jälkeen. Jos kahden peräkkäisen päivän punnitustulosten välinen ero oli yli 8 kg, punnittiin kyseinen lehmä vielä kolmantena päivänä.

Punnitusten yhteydessä lehmät kuntoluokitettiin asteikolla 1 - 5, missä 1 kuvasi laihaa ja 5 lihavaa lehmää. Kuntoluokituksen teki aina sama henkilö. Näin minimoitui kuntoluokituksen subjektiivisesta arviointitavasta johtuva virhe.

## **2.5 Näytteiden otto ja analysointi**

### **2.5.1 Rehunäytteet**

Väkirehuista otettiin 0,5 kg:n näyte kaksi kertaa viikossa. Neljän peräkkäisen viikon näytteet yhdistettiin, jolloin saatiin koko kuukauden kattava näyte. Yhdistetyistä näytteistä otettiin erilliset näytteet primaarisen kuiva-aineen määrittämistä ja analysoimista varten. Primaarinen kuiva-aine määritettiin kuivaamalla rehunäytteitä 102°C:ssa 1 vrk:n ajan. Analyysinäytteitä kuivattiin 100°C:ssa tunnin ajan ja tämän jälkeen 50°C:ssa 2 vrk. Kuivaamisen jälkeen analyysinäytteet jauhettiin KT-sakolukumyllyllä käyttäen 1,0 mm:n seulaa.

Säilörehusta otettiin kerran viikossa näyte (2 kg), joka pakastettiin. Näytteenoton yhteydessä säilörehusta määritettiin primaarinen kuiva-aine samalla tavalla kuin väkirehunäytteistä sekä pH (pH-mittari CG-820, Schott Geräte). Neljän peräkkäisen näytteenottokerran säilörehut yhdistettiin rehuanalyysi-, erikoisanalyysi- ja varanäytteiksi. Analyysinäytteet käsiteltiin samalla tavoin kuin väkirehujen analyysinäytteet. Myös yhdistetyistä säilörehunäytteistä määritettiin pH ja primaarinen kuiva-aine.

Rehunäytteet analysoitiin Weenden rehuanalyysin mukaisesti. Rehujen rasvapitoisuus määritettiin THOMSENin (1972) menetelmällä. Neutraalidetergenttikuidun (NDF), happodetergenttikuidun (ADF) ja happodetergenttiligniinin (ADL) määrittämiseen käytettiin GOERINGin ja VAN SOESTin (1970) menetelmää. Säilörehunäytteistä analysoitiin lisäksi kokonaistypen määrä

Kjeldahl-menetelmällä ja ammoniumtyyppipitoisuus McCULLOUGHn (1967) mukaisesti. Säilörehunäytteiden sokeripitoisuus (WSC eli water soluble carbohydrates) määritettiin käyttäen SOMOGYIn (1945) ja SALOn (1965) menetelmää. Säilörehun maitohappopitoisuus määritettiin BARKERin ja SUMMERSONin (1941) mukaisesti ja haihtuvien rasvahappojen (VFA) pitoisuudet Hewlett-Packard 5710A-kaasukromatografilla (HUIDA 1973). Säilörehun kuiva-ainekorjaus tehtiin PORTERin ym. (1984) ja HUIDAn (1986) mukaisesti.

### **2.5.2 Maitotuotoksen mittaus ja maitonäytteet**

Maitotuotos mitattiin jokaisella lypsykerralla. Maitonäytteitä otettiin 1, 2, 4, 6, 8 ja 10 viikkoa poikimisen jälkeen. Neljän peräkkäisen lypsykerran näytteet yhdistettiin yhdeksi suhteelliseksi maitonäytteeksi. Yhdistetystä maitonäytteestä otettiin kolme rinnakkaisnäytettä. Ensimmäisestä rinnakkaisnäytteestä määritettiin maidon rasva-, valkuais- ja laktoosipitoisuudet Milkoscan infrapuna-analysointilaitteella, toisesta maidon ureapitoisuus (RAJAMÄKI ja RAURAMAA 1984) ja kolmannesta asetonipitoisuus (RAJAMÄKI ja RAURAMAA 1985). Lisäksi otettiin erillinen näyte kaseiinin määritystä varten (ROWLAND 1938). Kaseiinimäärityksen yhteydessä määritettiin myös maidon kokonaisproteiinipitoisuus. Maitotuotoksen ja maidon rasva-, valkuais- ja laktoosipitoisuuksien perusteella laskettiin energiakorjattu maitotuotos (Kaava 3).

Kaava 3. Energiakorjatun maitotuotoksen (EKM kg) laskeminen (TUORI ym. 1995).

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

Maidon progesteronipitoisuuden perusteella määritettiin poikimisesta lisääntymistoimintojen käynnistymiseen kulunut aika. Progesteroninäytteitä otettiin joka toinen päivä erilliseen näyteputkeen jälkimaidosta iltalypsyksen jälkeen. Näytteet analysoitiin RIA-menetelmällä (LAITINEN 1982). Progesteroninäytteitä otettiin seitsemännestä poikimisen jälkeisestä päivästä alkaen ensimmäiseen näkyvään kiimaan asti.

### 2.5.3 Verinäytteet

Verinäytteitä otettiin yksi viikko ennen arvioitua poikimispäivää sekä 1, 4 ja 8 viikkoa poikimisen jälkeen. Verinäytteet otettiin kaulalaskimosta (*Vena jugularis*) klo 13.00 ennen iltapäiväruokintaa 10 ml:n EDTA-putkiin.

Kokoverestä määritettiin veren ketoaineiden eli  $\beta$ -hydroksivoihapon ja asetetikkahapon pitoisuudet (TYÖPPÖNEN ja KAUPPINEN 1980). Fuugatusta näytteestä pipetoimalla erotetun plasman glukoosipitoisuus (TRINDER 1969) ja vapaiden rasvahappojen määrä (McCUTCHEON ja BAUMAN 1986) määritettiin entsymaattisesti. Plasman kokonaisvalkuaispitoisuus määritettiin biuretmenetelmällä (WEICHSELBAUM 1946) ja plasman ureapitoisuus entsymaattisesti (GUTMAN ja BERGMAYER 1974).

### 2.5.4 Sulavuuskoe

Sulavuuskokeeseen osallistui 19 lehmää kolmessa jaksossa, ja jokainen sulavuuskoejakso kesti viisi vuorokautta. Sulavuuskoejakson alkaessa oli kuhunkin jaksoon osallistuvien lehmien poikimisesta kulunut 8 - 10 viikkoa. Kukin lehmä osallistui sulavuuskokeeseen vain kerran. Sontanäytteet (3 dl) otettiin kaksi kertaa vuorokaudessa suoraan peräsuolesta (*Rectum*), aamulla klo 8.00 ja illalla klo 18.00. Jokaisella sulavuuskokeeseen osallistuneella lehmällä oli oma näyteastiansa, johon kerättiin koko jakson sontanäytteet. Näytteenottokertojen välillä sontanäyteastioita säilytettiin pakastimessa. Sulavuuskokeen johtoaineena oli AIA eli suolahappoon liukenematon tuhka. Sulavuuskoejaksojen aikana syötettiin siilojen 1, 2 ja 3 säilörehua.

Sulavuuskoejakson aikana kerätyistä sontanäytteistä otettiin analyysi- ja varanäytteet sekä erillinen näyte kokonaistyyppipitoisuuden määrittämistä varten. Sontanäytteistä määritettiin primaarinen kuiva-aine kuivaamalla sontanäytteitä 102°C:ssa 1 vrk:n ajan. Analyysinäytteitä kuivattiin ensin 100°C:ssa 1 h:n ajan ja tämän jälkeen 60°C:ssa 3 vrk. Analyysinäytteistä tehtiin Weenden rehuanalyysi ja määritettiin rasvapitoisuus THOMSENin (1972) menetelmällä. NDF-, ADF- ja ADL-pitoisuuksien määrittämiseen käytettiin GOERINGin ja VAN SOESTin (1970) menetelmää. Kokonaistyyppipitoisuus määritettiin Kjeldahl-menetelmällä ja AIA-pitoisuus VAN KEULENin ja YOUNGin (1977) mukaisesti.



Sulavuuskoejakson aikana säilörehusta otettiin päivittäin näyte (1 kg). Väkirehuista, kivennäisrehusta ja kalkista otettiin päivittäin pienempiä osanäytteitä siten, että yhdeltä sulavuuskoejaksolta kerättiin yhteensä 1 kg jokaista väkirehuannoksen komponenttia. Ennen kemiallisten analyysien tekoa kunkin sulavuuskoejakson säilörehunäytteet yhdistettiin yhdeksi näytteeksi. Sulavuuskoejakson aikana otetut rehunäytteet käsiteltiin ja analysoitiin kuten muutkin kokeen aikana otetut rehunäytteet. Sulavuuskoejakson rehunäytteistä analysoitiin lisäksi AIA:n pitoisuus (VAN KEULEN ja YOUNG 1977).

Sulavuuksien laskemiseen käytettiin laskentakaavoja 4 ja 5. Kaavan 5 mukaan laskettiin dieetin orgaanisen aineen sulavuuden lisäksi myös dieetin muiden ravintoaineiden sulavuus.

Kaava 4. Dieetin kuiva-aineen sulavuus.

Dieetin kuiva-aineen sulavuus (%) =  $100 * (1 - \text{dieetin AIA-pitoisuus (g/kg KA)}/\text{sonnan AIA-pitoisuus (g/kg KA)})$

Kaava 5. Dieetin orgaanisen aineen sulavuus.

Dieetin orgaanisen aineen sulavuus (%) =  $100 * (1 - (\text{dieetin AIA-pitoisuus (g/kg KA)}/\text{sonnan AIA-pitoisuus (g/kg KA)}) * (\text{sonnan orgaanisen aineen pitoisuus (g/kg KA)}/\text{dieetin orgaanisen aineen pitoisuus (g/kg KA)}))$

## 2.6 Tulosten laskeminen ja tilastollinen analyysi

Tutkimuksesta saadut tulokset tallennettiin WSYS-ohjelmalla, jonka avulla tehtiin myös tulosten alustava käsittely. Tilastolliseen analysointiin käytettiin SAS:n *general linear model* -proseduuria. Koska ryhmien keskimääräiset elopainot poikkesivat toisistaan huomattavasti blokituksesta huolimatta, rehunkulutus- ja tuotostiedot, energian, raakavalkuaisen ja ohutsuoletta imeytyvän valkuaisen (OIV) saanti testattiin mallilla  $Y_{ijk} = \mu + R_i + \beta_j + b_1x_{ijk} + b_2z_{ijkl} + \epsilon_{ijkl}$ , missä  $R_i$  = ruokinnan vaikutus,  $\beta_j$  = blokin vaikutus,  $b_1$  = regressiokerroin,  $x$  = kovariaattina käytetty tuotos tai pitoisuus,  $b_2$  = regressiokerroin,  $z$  = tunnutusta edeltänyt elopaino ja  $\epsilon_{ijkl}$  = virhetermi.

Tuotostietojen osalta edellisen laktaatiokauden tuotosta käytettiin toisena kovariaattina. Myös maidon valkuaispitoisuus analysoitiin vastaavalla tavalla käyttäen toisena kovariaattina edellisen laktaatiokauden keskimääräistä valkuaispitoisuutta. Muiden muuttujien osalta tunnutusta edeltävä elopaino ei lisännyt mallin selitystasetta, joten se jätettiin analyyseissä pois mallista.

Maidon rasvapitoisuudet, verinäytetulokset ja elopainon muutos analysoitiin mallilla  $Y_{ijk} = \mu + R_i + \beta_j + bx_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$ , missä  $R_i$  = ruokinnan vaikutus,  $\beta_j$  = blokin vaikutus,  $b$  = regressiokerroin,  $x$  = kovariaatti ja  $\varepsilon_{ijk}$  = virhetermi. Maidon rasvapitoisuuden kovariaattina käytettiin edellisen laktaatiokauden keskimääräistä rasvapitoisuutta ja verinäytetulosten kovariaattina viikko ennen poikimista otettujen verinäytteiden pitoisuuksia. Elopainon muutoksen laskemisessa käytettiin kovariaattina kyseisen lehmän painoa kolme viikkoa ennen arvioitua poikimispäivää. Sulavuuskoetulokset analysoitiin käyttäen mallia  $Y_{ij} = \mu + R_i + J_j + R*J_{ij} + \varepsilon_{ij}$ , missä  $R_i$  = ruokinta,  $J_j$  = sulavuuskoejakso,  $R*J_{ij}$  = ruokinnan ja sulavuuskoejakson yhdysvaikutus ja  $\varepsilon_{ij}$  = virhetermi. Muut tulokset analysoitiin mallilla  $Y_{ij} = \mu + R_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$ , missä  $R_i$  = ruokinnan vaikutus,  $\beta_j$  = blokin vaikutus ja  $\varepsilon_{ij}$  = virhetermi. Ruokinnan vaikutuksen testaukseen käytettiin ortogonaalisia kontrasteja: rypsilisäyksen määrän vaikutus (rypsi 15 % vs rypsi 30 %) sekä rypsilisäyksen vaikutus (rypsi 0 % vs rypsi 15 % ja rypsi 30 %).

Maitotuotos- ja rehunkulutustiedot testattiin käyttäen kahden viikon pituisten jaksojen keskiarvoja. Viikkojen 1 ja 2 tuotos- ja syöntitiedot laskettiin 3 - 14 laktaatiopäivän tulosten perusteella. Rehunkulutuksen, tuotostietojen ja maidon koostumuksen analysoinnissa kovariaattina käytetyt tuotokset, maidon pitoisuudet ja elopainot on esitetty taulukossa 7. Niiltä osin kuin tulosten analysoinnissa on käytetty kovariaattia, esitetyt tulokset ovat kovariaatin avulla korjattuja keskiarvoja.

Taulukko 7. Maitotuotosten ja maidon pitoisuuksien laskennassa kovariaatteina käytettyjen muuttujien keskiarvot.

	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %
Maitotuotos, kg	9405	9340	8564
EKM, kg	9523	9454	8720
Rasvatuotos, kg	385	385	354
Valkuaistuotos, kg	318	316	294
Rasvapitoisuus, g/kg	41,0	41,5	41,3
Valkuaispitoisuus, g/kg	34,2	34,0	34,4
Elopaino -3 vk, kg	651	695	625

Väkirehujen rehuarvojen laskennassa käytettiin TUORI ym. (1995) mukaisia raakavalkuaisen, raakarasvan, raakakuidun ja typtöttömien uuteaineiden sulavuuksia. Säilörehun energia-arvo on laskettu *in vitro* -sulavuuden avulla (TILLEY ja TERRY 1963) määritetystä D-arvosta. Muulta osin myös säilörehun rehuarvot on laskettu käyttäen taulukkoarvoja (TUORI ym. 1995)

Maidon progesteronipitoisuuden noustua ensimmäisen kerran herumiskauden aikana yli 3,2 nmol katsottiin poikimisen jälkeinen anestruskausi päättyneeksi. Ensimmäisen poikimisen jälkeisen luteaalivaiheen pituudeksi määritettiin anestruskauden päättymisestä maidon progesteronipitoisuuden laskuun alle 3,2 nmol kulunut aika. (TOIVONEN ym. 1997).

Terveystietojen yhteenveto on tehty terveystarkkailutietojen ja navettapäiväkirjan merkintöjen perusteella. Utaretulehdusmerkintöjä on vain yksi sairastunutta lehmää kohti, vaikka kyseinen lehmä olisi saanut useitakin hoitoja. Syömättömyys ja puhaltuminen merkittiin pötsihäiriöiksi. Subkliinisten ja kliinisten ketoosien yhteismäärä laskettiin 1, 2, 4 ja 6 laktaatioviikon maitonäytteiden asetonipitoisuuksien perusteella. Subkliiniseen ketoosiin sairastuneen lehmän maidon asetonipitoisuuden alarajana oli 0,4 mM (ANDERSSON ja EMANUELSSON 1985). Valkuaisen saannin vaikutusta subkliiniseen tai kliiniseen ketoosiin sairastuneitten lehmien yhteismäärään testattiin  $\chi^2$ -testin avulla.

### 3. TULOKSET

#### 3.1 Rehun syönti, dieetin sulavuus, ravintoaineiden saanti ja hyväksikäyttö

Herumiskauden alkuvaiheessa dieetin valkuaispitoisuuden nostaminen ei vaikuttanut väkirehun syöntiin. Tutkimuksen loppuvaiheessa, 9 - 10 laktaatiiviikon aikana, rypsin lisäys väkirehuannokseen nosti ( $P = 0,02$ ) hieman väkirehun syöntimäärää. Säilörehun syönnissä tai syödyn kokonaiskuiva-aineen määrässä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä (Taulukot 8, 9, 10, 11 ja 12).

Energian saannissa (Ry/d) ja energian hyväksikäytössä maidon tuotantoon (Ry/kg EKM ja  $K_1$  -arvot) ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä lukuunottamatta laktaatiokauden 3 - 4 viikkoa, jolloin rypsi 0 % -ryhmän energian hyväksikäyttö maidontuotantoon oli muita ryhmiä heikompi ( $P < 0,05$ ). Valkuaisen saannin lisääntyminen heikensi valkuaisen hyväksikäyttöä maitovalkuaisen tuotantoon (maitovalkuaisen tuotanto g/d / raakavalkuaisen saanti g/d). Ero oli tilastollisesti merkitsevä ( $P < 0,05$ ) kaikkien ryhmien välillä laktaatiokauden 3 - 10 viikon aikana; 1 - 2 viikolla ero oli merkitsevä rypsi 15 % - ja rypsi 30 % -ryhmän välillä. Ohutsuoletta imeytyvän valkuaisen saannin (g/d) suhde energiakorjattuun maitotuotokseen ei muuttunut valkuaisen saannin lisääntyessä lukuunottamatta laktaatiokauden 9 - 10 viikkoa ( $P = 0,09$ ) (Taulukot 8, 9, 10, 11 ja 12).

Taulukko 8. Rehun syönti, ravintoaineiden saanti sekä energian ja valkuaisen hyväksikäyttö.

Viikot 1 - 2	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM Tilastollinen merkitsevyys			
				Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30	
Säilörehunsyönti, kg KA/d	8,2	7,4	8,0	0,89	0,85	0,69	0,68
Väkirehun syönti, kg KA/d	10,1	10,1	10,0	0,31	0,97	0,85	0,87
Syönti yhteensä, kg KA/d	18,3	17,6	18,1	1,05	0,89	0,78	0,69
Ry/d	17,2	16,7	17,1	0,97	0,93	0,79	0,78
Raakavalkuainen, g/d	2518	2735	3148	173,21	0,14	0,18	0,07 <sup>o</sup>
OIV, g/d	1595	1622	1733	89,99	0,58	0,47	0,47
PVT, g/d	-194	47	244	32,76	0,0001 <sup>***</sup>	0,001 <sup>**</sup>	0,0001 <sup>***</sup>
Ry/kg EKM	0,35	0,37	0,35	0,04	0,91	0,69	0,93
Maitovalk. g/d / raakavalk. g/d	0,44	0,46	0,39	0,02	0,10 <sup>o</sup>	0,04 <sup>*</sup>	0,75
$K_1$ -arvo	0,76	0,92	0,83	0,07	0,38	0,44	0,25
$K_1$ -arvo (elop.muut. huomioitu)	0,80	0,79	0,89	0,10	0,78	0,53	0,78
OIV/EKM, g/kg	34,6	36,4	37,2	2,73	0,78	0,84	0,51

Tilastollinen merkitsevyys: <sup>o</sup> =  $P < 0,1$ ; \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ .

Taulukko 9. Rehun syönti, ravintoaineiden saanti sekä energian ja valkuaisen hyväksikäyttö.

Viikot 3 - 4	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM Tilastollinen merkitsevyys			
				Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30	
Säilörehunsyönti, kg KA/d	8,2	8,2	8,3	0,53	0,99	0,88	0,97
Väkirehun syönti, kg KA/d	13,4	13,2	13,5	0,33	0,81	0,55	0,82
Syönti yhteensä, kg KA/d	21,7	21,4	21,8	0,77	0,93	0,72	0,94
Ry/d	20,6	20,4	20,8	0,67	0,94	0,74	0,94
Raakavalkuainen, g/d	2874	3324	3837	118,03	0,0006 ***	0,03 °	0,0005 ***
OIV, g/d	1909	1997	2141	65,39	0,09 °	0,22	0,07 °
PVT, g/d	-362	2	284	22,02	0,0001 ***	0,0001 ***	0,0001 ***
Ry/kg EKM	0,45	0,37	0,37	0,02	0,04 *	0,96	0,01 *
Maitovalk. g/d / raakavalk. g/d	0,42	0,41	0,35	0,01	0,001 ***	0,002 **	0,004 **
K <sub>1</sub> -arvo	0,68	0,76	0,72	0,03	0,30	0,48	0,17
K <sub>1</sub> -arvo (elop.muut. huomioitu)	0,60	0,73	0,74	0,04	0,07 °	0,88	0,02 *
OIV/EKM, g/kg	42,2	38,4	41,7	1,79	0,32	0,23	0,35

Taulukko 10. Rehun syönti, ravintoaineiden saanti sekä energian ja valkuaisen hyväksikäyttö.

Viikot 5 - 6	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM Tilastollinen merkitsevyys			
				Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30	
Säilörehunsyönti, kg KA/d	9,0	9,6	9,6	0,47	0,56	0,93	0,30
Väkirehun syönti, kg KA/d	13,4	13,6	13,8	0,14	0,24	0,45	0,14
Syönti yhteensä, kg KA/d	22,4	23,2	23,4	0,52	0,39	0,79	0,19
Ry/d	21,2	21,5	21,9	0,46	0,59	0,70	0,36
Raakavalkuainen, g/d	2968	3583	4104	82,51	0,0001 ***	0,003 **	0,0001 ***
OIV, g/d	1960	2120	2263	42,82	0,002 **	0,07 °	0,001 **
PVT, g/d	-347	40	362	17,55	0,0001 ***	0,0001 ***	0,0001 ***
Ry/kg EKM	0,41	0,36	0,37	0,02	0,31	0,98	0,14
Maitovalk. g/d / raakavalk. g/d	0,41	0,36	0,32	0,01	0,0001 ***	0,0008 ***	0,0001 ***
K <sub>1</sub> -arvo	0,68	0,72	0,68	0,03	0,41	0,30	0,41
K <sub>1</sub> -arvo (elop.muut. huomioitu)	0,67	0,76	0,75	0,04	0,30	0,83	0,13
OIV/EKM, g/kg	39,1	38,4	42,2	1,80	0,33	0,17	0,61

Taulukko 11. Rehun syönti, ravintoaineiden saanti sekä energian ja valkuaisen hyväksikäyttö.

Viikot 7 - 8	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM Tilastollinen merkitsevyys			
				Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30	
Säilörehunsyönti, kg KA/d	10,0	10,0	10,2	0,51	0,98	0,87	0,91
Väkirehun syönti, kg KA/d	13,4	13,6	13,8	0,19	0,29	0,42	0,18
Syönti yhteensä, kg KA/d	23,4	23,6	24,0	0,62	0,78	0,69	0,59
Ry/d	21,5	22,0	22,1	0,55	0,75	0,91	0,47
Raakavalkuainen, g/d	3132	3700	4196	90,22	0,0001 ***	0,007 **	0,0001 ***
OIV, g/d	2009	2152	2292	51,07	0,01 **	0,13	0,006 **
PVT, g/d	-271	100	403	16,65	0,0001 ***	0,0001 ***	0,0001 ***
Ry/kg EKM	0,43	0,41	0,40	0,03	0,74	0,82	0,47
Maitovalk. g/d / raakavalk. g/d	0,38	0,35	0,29	0,01	0,0002 ***	0,002 **	0,0004 ***
K <sub>1</sub> -arvo	0,64	0,67	0,65	0,03	0,78	0,74	0,54
K <sub>1</sub> -arvo (elop.muut. huomioitu)	0,63	0,70	0,68	0,04	0,53	0,74	0,29
OIV/EKM, g/kg	41,8	42,9	45,2	2,44	0,62	0,52	0,47

Taulukko 12. Rehun syönti, ravintoaineiden saanti sekä energian ja valkuaisen hyväksikäyttö.

Viikot 9 - 10	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM	Tilastollinen merkitsevyys		
					Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30
Säilörehunsyönti, kg KA/d	10,2	9,8	10,8	0,39	0,35	0,16	0,90
Väkirehun syönti, kg KA/d	13,2	13,9	13,7	0,18	0,06 <sup>o</sup>	0,59	0,02 *
Syönti yhteensä, kg KA/d	23,4	23,7	24,5	0,43	0,26	0,29	0,23
Ry/d	21,4	22,1	22,5	0,38	0,17	0,56	0,08 <sup>o</sup>
Raakavalkuainen, g/d	3180	3730	4314	65,96	0,0001 ***	0,0003 ***	0,0001 ***
OIV, g/d	2000	2170	2330	35,37	0,0002 ***	0,02 *	0,0001 ***
PVT, g/d	-213	120	439	21,38	0,0001 ***	0,0001 ***	0,0001 ***
Ry/kg EKM	0,43	0,43	0,43	0,02	1,00	0,92	0,95
Maitovalk. g/d / raakavalk. g/d	0,37	0,33	0,28	0,01	0,002 ***	0,02 *	0,002 **
K <sub>i</sub> -arvo	0,62	0,64	0,61	0,03	0,77	0,48	0,95
K <sub>i</sub> -arvo (elop.muut. huomioitu)	0,64	0,64	0,64	0,03	1,00	0,97	0,94
OIV/EKM, g/kg	42,1	44,5	48,1	1,91	0,12	0,20	0,09 <sup>o</sup>

Dieetin raakavalkuaisen sulavuus lisääntyi ( $P = 0,001$ ) valkuaisen saannin lisääntyessä. Myös raakarasvan sulavuus lisääntyi hieman ( $P < 0,05$ ). Muiden rehukomponenttien sulavuudessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, eikä ruokinnan ja sulavuuskoejakson välillä ollut yhdysvaikutuksia (Taulukko 13).

Taulukko 13. Rehujen sulavuus (%). (n = 19)

	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	S.e.	Tilastollinen merkitsevyys			
					Ruokinta	Jakso*ruok.	15 vs 30	0 vs 15 ja 30
Kuiva-aine, %	70,88	70,16	70,64	1,60	0,78	0,69	0,62	0,59
Orgaaninen aine, %	72,38	71,84	72,41	1,64	0,82	0,70	0,57	0,78
Raakavalkuainen, %	65,75	67,56	71,49	1,68	0,001 ***	0,70	0,003 **	0,002 **
Raakarasva, %	64,22	66,07	67,43	1,78	0,04 *	0,32	0,23	0,03 *
Raakakuitu, %	55,72	54,61	54,47	2,85	0,74	0,15	0,93	0,46
Typettömät uuteaineet, %	79,38	78,81	78,77	1,62	0,80	0,74	0,97	0,52
NDF, %	56,30	56,38	55,67	2,56	0,87	0,29	0,65	0,85
ADF, %	55,76	54,26	51,93	2,68	0,09 <sup>o</sup>	0,18	0,17	0,10 <sup>o</sup>

Rypsi 0 % -ryhmässä 6, rypsi 15 % -ryhmässä 6 ja rypsi 30 % -ryhmässä 7 eläintä.

### 3.2 Maitotuotos ja maidon koostumus

Rypsi 15 % - ja rypsi 30 % -ryhmät tuottivat rypsi 0 % -ryhmää enemmän maitoa koko tutkimuksen ajan ( $P < 0,10$ ). Ero oli tilastollisesti merkitsevä ( $P < 0,05$ ) 3 - 10 laktaatioviikon aikana ja suuntaa antava ( $P < 0,10$ ) laktaatioviikoilla 1 ja 2. Myös energiakorjattu maitotuotos oli rypsilisän saaneilla ryhmillä rypsi 0 % -ryhmää korkeampi. Ero oli suuntaa antava ( $P < 0,10$ ) laktaatiokauden 3 - 6 viikon aikana. Rypsi 15 % - ja rypsi 30 % -ryhmän lehmillä oli rypsi 0 % -ryhmää korkeampi valkuaisuus (P < 0,10). Ero valkuaisuutoksissa oli tilastollisesti merkitsevä ( $P < 0,05$ ) 3 - 6

laktaatioviikon aikana ja suuntaa antava ( $P < 0,10$ ) 1 - 2 ja 7 - 10 viikkoa poikimisen jälkeen. Myös laktoosituotos oli rypsi 0 % -ryhmän lehmillä rypsilisäyksen saaneita ryhmiä matalampi. Ero oli tilastollisesti suuntaa antava laktaatiokauden 1 - 2 viikon aikana ( $P < 0,10$ ) ja merkitsevä ( $P < 0,05$ ) 3 - 4 viikkoa poikimisen jälkeen. Valkuaisen saannin lisääntymisellä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta rasvatuotokseen (Taulukot 14, 15, 16, 17 ja 18).

Valkuaisen saannin lisääntyminen laski ( $P < 0,05$ ) maidon valkuaispitoisuutta 7 - 8 viikkoa poikimisen jälkeen. Saman suuntauksen voi nähdä 5 - 6 ja 9 - 10 viikkoa poikimisen jälkeen, mutta tänä aikana ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Laktaatioviikoilla 5 - 6 rypsiryhmien maidon rasvapitoisuus oli rypsi 0 % -ryhmää matalampi ( $P < 0,10$ ). Myös 7 - 10 laktaatioviikon aikana rypsiryhmien maito sisälsi rypsi 0 % -ryhmää vähemmän rasvaa, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Maidon laktoosipitoisuuksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. Maidon asetonipitoisuus oli rypsi 0 % -ryhmällä rypsi 15 % - ja rypsi 30 % -ryhmiä matalampi ( $P = 0,04$ ) 1 - 2 laktaatioviikon aikana. 5 - 6 viikkoa poikimisen jälkeen puolestaan rypsi 30 % -ryhmän maidon asetonipitoisuus poikkesi rypsi 15 % -ryhmän pitoisuuksista ( $P = 0,04$ ). Dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyminen nosti maidon ureapitoisuutta. Maidon ureapitoisuuden nousu oli havaittavissa jo laktaatiokauden 1 - 2 viikon aikana. 3 - 4 viikkoa poikimisen jälkeen rypsilisän saaneiden ryhmien maidon ureapitoisuus oli rypsi 0 % -ryhmää korkeampi ( $P < 0,10$ ) ja viikoilla 5 - 8 myös rypsiryhmien välinen ero oli merkitsevä ( $P < 0,05$ ). Rypsiryhmien välinen ero muuttui suuntaa antavaksi ( $P < 0,10$ ) 9 - 10 viikkoa poikimisen jälkeen (Taulukot 14, 15, 16, 17 ja 18).

Taulukko 14. Maitotuotos ja maidon koostumus.

Viikot 1 - 2	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM	Tilastollinen merkitsevyys		
					Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30
Maitotuotos, kg/d	28,8	32,7	33,3	1,58	0,17	0,86	0,06 <sup>o</sup>
EKM, kg/d	32,1	35,3	36,5	1,84	0,31	0,73	0,14
Rasva, g/kg	45,5	45,8	47,5	0,25	0,83	0,64	0,71
Valkuainen, g/kg	38,5	39,5	37,2	0,08	0,31	0,14	0,91
Laktoosi, g/kg	45,3	44,7	44,7	0,11	0,90	0,99	0,66
Urea, mg/100 ml	18,6	20,4	23,3	3,18	0,59	0,54	0,42
Asetoni, mmol/l	0,30	0,68	0,50	0,10	0,07 <sup>o</sup>	0,24	0,04 <sup>*</sup>
Rasvatuotos, kg/d	1,34	1,46	1,54	0,10	0,41	0,64	0,21
Valkuaistuotos, kg/d	1,07	1,25	1,24	0,06	0,16	0,91	0,06 <sup>o</sup>
Laktoosituotos, kg/d	1,31	1,52	1,48	0,08	0,22	0,78	0,09 <sup>o</sup>

Taulukko 15. Maitotuotos ja maidon koostumus.

Viikot 3 - 4	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM	Tilastollinen merkitsevyys		
					Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30
Maitotuotos, kg/d	35,0	38,9	41,3	1,11	0,01 <sup>*</sup>	0,25	0,005 <sup>**</sup>
EKM, kg/d	37,8	40,6	42,6	1,53	0,18	0,48	0,08 <sup>o</sup>
Rasva, g/kg	45,9	42,9	44,3	0,20	0,57	0,63	0,35
Valkuainen, g/kg	34,7	35,1	33,1	0,08	0,33	0,18	0,59
Laktoosi, g/kg	46,7	46,7	46,8	0,05	0,98	0,87	0,89
Urea, mg/100 ml	17,9	21,1	23,4	1,98	0,18	0,43	0,09 <sup>o</sup>
Asetoni, mmol/l	0,53	0,64	0,40	0,20	0,72	0,42	0,99
Rasvatuotos, kg/d	1,63	1,66	1,78	0,09	0,58	0,48	0,45
Valkuaistuotos, kg/d	1,20	1,35	1,36	0,05	0,13	0,91	0,05 <sup>*</sup>
Laktoosituotos, kg/d	1,69	1,86	1,88	0,07	0,11	0,83	0,04 <sup>*</sup>

Taulukko 16. Maitotuotos ja maidon koostumus.

Viikot 5 - 6	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM	Tilastollinen merkitsevyys		
					Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30
Maitotuotos, kg/d	36,5	40,1	43,3	1,03	0,006 <sup>**</sup>	0,11	0,003 <sup>**</sup>
EKM, kg/d	39,4	41,6	43,5	1,19	0,14	0,38	0,08 <sup>o</sup>
Rasva, g/kg	46,8	44,6	41,9	0,13	0,07 <sup>o</sup>	0,17	0,06 <sup>o</sup>
Valkuainen, g/kg	32,5	32,2	31,5	0,08	0,69	0,59	0,53
Laktoosi, g/kg	47,6	46,9	48,0	0,08	0,59	0,32	0,89
Urea, mg/100 ml	19,9	23,0	33,1	2,85	0,02 <sup>*</sup>	0,03 <sup>*</sup>	0,04 <sup>*</sup>
Asetoni, mmol/l	0,53	0,83	0,23	0,18	0,10	0,04 <sup>*</sup>	0,97
Rasvatuotos, kg/d	1,72	1,77	1,82	0,06	0,58	0,65	0,35
Valkuaistuotos, kg/d	1,19	1,28	1,33	0,02	0,002 <sup>**</sup>	0,17	0,0006 <sup>***</sup>
Laktoosituotos, kg/d	1,79	1,91	2,02	0,09	0,24	0,49	0,13



Taulukko 17. Maitotuotos ja maidon koostumus.

Viikot 7- 8	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM	Tilastollinen merkitsevyys		
					Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30
Maitotuotos, kg/d	36,2	40,0	42,1	1,22	0,03 *	0,36	0,01 *
EKM, kg/d	37,9	39,2	42,4	1,38	0,17	0,21	0,14
Rasva, g/kg	43,9	40,8	42,3	0,13	0,29	0,42	0,18
Valkuainen, g/kg	32,3	31,7	29,4	0,06	0,02	0,04 *	0,03 *
Laktoosi, g/kg	48,2	46,5	48,2	0,10	0,41	0,25	0,52
Urea, mg/100 ml	20,9	25,9	36,0	2,71	0,01 **	0,02 *	0,01 *
Asetoni, mmol/l	0,26	0,50	0,21	0,12	0,21	0,11	0,51
Rasvatuotos, kg/d	1,61	1,58	1,78	0,07	0,22	0,12	0,39
Valkuaistuotos, kg/d	1,17	1,28	1,24	0,03	0,16	0,49	0,08 °
Laktoosituotos, kg/d	1,78	1,90	1,93	0,09	0,48	0,86	0,25

Taulukko 18. Maitotuotos ja maidon koostumus.

Viikot 9 - 10	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM	Tilastollinen merkitsevyys		
					Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30
Maitotuotos, kg/d	34,9	38,9	40,8	1,64	0,11	0,53	0,04 *
EKM, kg/d	36,5	38,6	40,0	2,16	0,60	0,71	0,35
Rasva, g/kg	43,8	38,6	39,7	0,21	0,24	0,72	0,10
Valkuainen, g/kg	32,4	32,3	31,0	0,06	0,30	0,23	0,36
Laktoosi, g/kg	47,6	46,8	47,6	0,10	0,82	0,62	0,73
Urea, mg/100 ml	25,4	29,3	36,3	2,76	0,05 *	0,10 °	0,05 °
Asetoni, mmol/l	0,26	0,21	0,20	0,04	0,54	0,94	0,28
Rasvatuotos, kg/d	1,55	1,56	1,62	0,11	0,92	0,79	0,77
Valkuaistuotos, kg/d	1,15	1,24	1,25	0,04	0,17	0,87	0,07 °
Laktoosituotos, kg/d	1,72	1,87	1,89	0,10	0,45	0,94	0,22

Kaseiinimäärityksen yhteydessä analysoidussa maidon kokonaisvalkuaispitoisuudessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä ( $P < 0,10$ ) eroja ryhmien välillä. Laktaatiokauden 10. viikolla rypsi 0 % -ryhmän maidon kokonaisvalkuaisesta oli rypsi 15 % - ja rypsi 30 % -ryhmiä suurempi osa kaseiinia ( $P = 0,06$ ). Vastaavasti rypsi 0 % -ryhmän maito sisälsi hieman muita ryhmiä vähemmän ( $P = 0,06$ ) heravalkuaista ja ei-proteiinityyppiä (NPN) (Taulukko 19).

Taulukko 19. Maidon kokonaisvalkuaispitoisuuden jakautuminen kaseiiniin ja heravalkuaiseen.

	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM	Tilastollinen merkitsevyys		
					Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30
<b>Viikko 1</b>							
Kokonaisvalkuainen, g/kg	38,25	36,96	37,79	0,12	0,74	0,63	0,56
Kaseiini, % kok.valkuaisesta	78,93	77,21	78,45	1,02	0,49	0,41	0,39
Heraproteiini ja NPN, % kok.v.	21,20	22,93	21,68	1,02	0,49	0,41	0,39
<b>Viikko 4</b>							
Kokonaisvalkuainen, g/kg	31,77	30,98	32,01	0,08	0,64	0,37	0,78
Kaseiini, % kok.valkuaisesta	79,24	79,44	78,77	1,02	0,89	0,65	0,92
Heraproteiini ja NPN, % kok.v.	20,89	20,68	21,36	1,03	0,89	0,65	0,92
<b>Viikko 8</b>							
Kokonaisvalkuainen, g/kg	31,51	31,01	31,60	0,07	0,82	0,57	0,82
Kaseiini, % kok.valkuaisesta	79,53	78,17	77,08	0,89	0,19	0,41	0,11
Heraproteiini ja NPN, % kok.v.	20,59	21,96	23,05	0,90	0,19	0,41	0,11
<b>Viikko 10</b>							
Kokonaisvalkuainen, g/kg	31,70	31,66	32,43	0,07	0,67	0,44	0,68
Kaseiini, % kok.valkuaisesta	79,77	77,34	77,69	0,89	0,16	0,78	0,06 <sup>o</sup>
Heraproteiini ja NPN, % kok.v.	20,36	22,80	22,45	0,90	0,16	0,78	0,06 <sup>o</sup>

### 3.3 Elopaino ja kuntoluokka

Poikimisen jälkeisessä elopainon muutoksessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. Rypsi 0 % -ryhmän kuntoluokka laski rypsilisän saaneita ryhmiä enemmän 1 - 2 laktaatioviikon aikana ( $P = 0,02$ ) (Taulukko 20).

Taulukko 20. Elopainon ja kuntoluokan muutos.

	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM	Tilastollinen merkitsevyys		
					Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30
<b>Viikot 1 - 2</b>							
Elopainon muutos, kg/d	0,17	-0,77	-0,14	0,57	0,51	0,45	0,38
Kuntoluokan muutos, yks./vk	-0,10	-0,01	-0,06	0,02	0,03 *	0,16	0,02 *
<b>Viikot 3 - 4</b>							
Elopainon muutos, kg/d	-0,66	-0,20	0,01	0,37	0,45	0,69	0,24
Kuntoluokan muutos, yks./vk	-0,01	-0,07	-0,01	0,03	0,30	0,21	0,36
<b>Viikot 5 - 6</b>							
Elopainon muutos, kg/d	-0,07	0,34	0,50	0,30	0,40	0,72	0,20
Kuntoluokan muutos, yks./vk	-0,01	-0,01	-0,05	0,04	0,68	0,50	0,59
<b>Viikot 7 - 8</b>							
Elopainon muutos, kg/d	-0,03	0,29	0,27	0,14	0,25	0,94	0,10
Kuntoluokan muutos, yks./vk	0,00	0,01	0,01	0,02	0,85	0,78	0,63
<b>Viikot 9 - 10</b>							
Elopainon muutos, kg/d	0,21	0,07	0,29	0,31	0,89	0,64	0,93
Kuntoluokan muutos, yks./vk	0,00	-0,01	-0,01	0,03	0,98	1,00	0,84

### 3.4 Veriarvot

Rypsi 30 % - ja rypsi 15 % -ryhmien plasman kokonaisproteiinipitoisuus oli rypsi 0 % -ryhmää korkeampi 8 viikkoa poikimisen jälkeen (P = 0,01). Dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyminen nosti plasman ureapitoisuutta lineaarisesti 4 ja 8 viikkoa poikimisen jälkeen (P < 0,01). Ensimmäisen laktaatioviikon aikana plasman ureapitoisuuden nousu oli tilastollisesti merkitsevä (P < 0,01) vain rypsi 0 % -ryhmän ja rypsilisän saaneiden ryhmien välillä. Dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyminen ei vaikuttanut plasman glukoosipitoisuuteen. Rypsilisän saaneiden ryhmien plasman vapaiden rasvahappojen (NEFA) pitoisuus oli rypsi 0 % -ryhmää korkeampi (P = 0,05) 1 viikko poikimisen jälkeen. Tämän jälkeen plasman NEFA-pitoisuuksissa ei ollut havaittavissa tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. Valkuaisen saannin lisääntyminen ei vaikuttanut plasman  $\beta$ -hydroksivoihapon (BHBA) pitoisuuteen. Rypsi 0 % -ryhmän plasman asetetikkahapon pitoisuus oli muita ryhmiä korkeampi (P = 0,06) 8 viikkoa poikimisen jälkeen (Taulukko 21).

Taulukko 21. Veriarvot.

	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM	Tilastollinen merkitsevyys		
					Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30
<b>Viikko 1</b>							
Kokonaisproteiini, g/l	72,60	73,45	75,40	1,94	0,59	0,50	0,47
Urea, mmol/l	1,92	3,22	3,45	0,16	0,01	0,57	0,003 **
Glukoosi, mg/ml	68,36	64,01	69,94	0,28	0,29	0,14	0,67
NEFA, mmol/l	0,28	0,58	0,44	0,09	0,10	0,30	0,05 <sup>o</sup>
BHBA, mmol/l	0,49	0,55	0,46	0,09	0,79	0,51	0,89
Asetetikkahappo, mmol/l	0,06	0,08	0,07	0,01	0,59	0,39	0,60
<b>Viikko 4</b>							
Kokonaisproteiini, g/l	74,74	78,33	78,20	1,59	0,25	0,96	0,10
Urea, mmol/l	2,06	3,71	5,81	0,20	0,0001***	0,001 **	0,0001 ***
Glukoosi, mg/ml	70,09	68,53	72,60	0,34	0,62	0,34	0,90
NEFA, mmol/l	0,20	0,25	0,16	0,04	0,44	0,21	0,89
BHBA, mmol/l	0,72	0,88	0,61	0,13	0,41	0,20	0,85
Asetetikkahappo, mmol/l	0,09	0,12	0,10	0,02	0,56	0,38	0,55
<b>Viikko 8</b>							
Kokonaisproteiini, g/l	74,99	79,14	79,90	1,20	0,04*	0,69	0,01 **
Urea, mmol/l	2,87	4,47	6,03	0,14	0,0001***	0,001 **	0,0001 ***
Glukoosi, mg/ml	69,63	73,89	73,72	0,24	0,33	0,96	0,15
NEFA, mmol/l	0,15	0,15	0,13	0,02	0,77	0,58	0,71
BHBA, mmol/l	0,71	0,57	0,64	0,09	0,66	0,64	0,42
Asetetikkahappo, mmol/l	0,10	0,06	0,07	0,01	0,15	0,77	0,06 <sup>o</sup>

### 3.5 Lisäntymistoiminnot

Poikimisen jälkeisen anestruskauden pituudessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä. Valkuaisen saannin lisääntyminen ei vaikuttanut myöskään ensimmäisen luteaalivaiheen pituuteen (Taulukko 22).

Taulukko 22. Anestruskauden ja ensimmäisen luteaalivaiheen pituudet (d).

	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %	SEM	Tilastollinen merkitsevyys		
					Ruokinta	15 vs 30	0 vs 15 ja 30
Anestruskausi, d	23,43	33,71	32,71	3,29	0,40	0,90	0,19
1.luteaalivaihe, d	19,71	22,29	17,43	2,06	0,64	0,36	0,97

### 3.6 Terveys

Terveystietojen yhteenveto on esitetty taulukossa 23. Valkuaisen saannilla ei ollut tilastollisesti merkitsevää ( $P < 0,10$ ) vaikutusta subkliiniseen tai kliiniseen ketoosiin sairastuneiden lehmien määrään (Taulukko 24)

Taulukko 23. Sairausyhteenveto.

Ryhmä	Poikima- halvaus	Utare- tulehdus	Asetoni- tauti	Pötsi- häiriöt	Jalka- sairaudet	Involuutio- häiriö	Rakkulat	Muu
Rypsi 0 %	0	0	0	3	0	0	1	0
Rypsi 15 %	1	3	1	5	1	1	4*	0
Rypsi 30 %	1	2	0	5	1	1	0	1**

\* Kaksi ennaltaehkäisevää hoitoa

\*\* Hypomagnesemia

Taulukko 24. Subkliiniset ja kliiniset ketoosit.

Maidon asetoni- pitoisuus, mM	Rypsi 0 %	Rypsi 15 %	Rypsi 30 %
< 0,4	20	14	20
≥ 0,4	8	14	8

## 4. TULOSTEN TARKASTELU

### 4.1 Valkuaisen saannin vaikutus rehun syöntiin

Tutkimuksessa käytetty rypsirouhe oli vähäglukosinolaattista eli 00 -lajiketta, jonka rehun haitta-aineeksi luokiteltujen aineosien määrää on jalostuksellisesti laskettu. Kaikki rypsirouhelajikkeet kuitenkin sisältävät pieniä määriä rehun ravintoarvoa heikentäviä aineita, kuten glukosinolaatteja, sinapiinia ja tanniinia. Glukosinolaatit, sinapiini ja tanniini aiheuttavat märehittävien ruokinnassa huomattavasti vähemmän ongelmia kuin yksimahaisten ja siipikarjan ruokinnassa (McDONALD ym. 1995). Rypsirouhe onkin yleisin Suomessa käytettävistä lypsylehmien väkirehun valkuaislisistä (HUHTANEN 1998b). Vaikka glukosinolaattien, sinapiinin ja tanniinin on havaittu pienentävän rehun syöntiä (McDONALD ym. 1995), ei rypsirouheen osuuden lisääntyminen väkirehuannoksessa vähentänyt tässä tutkimuksessa väkirehun syöntiä. Rypsi 15 % - ja rypsi 30 % -ryhmien hieman rypsi 0 % -ryhmää runsaampi väkirehun syönti saattoi johtua korkeamman maitotuotoksen aikaansaamasta ravintoainetarpeen noususta.

Kaikkien ryhmien kokonaiskuiva-aineen syönti nousi poikimisen jälkeen. Poikimisen jälkeen lehmän syöntikyky kasvaa sekä fysiologisista että fysikaalisista syistä. Maidontuotannon alkaminen lisää ravintoaineiden tarvetta, minkä lehmä pyrkii tyydyttämään lisäämällä rehunsyöntiään. Vatsaontelossa tiineyden aikana tilaa vienyt sikiö on poissa mahdollistaen pötsin laajentumisen. Laktaation alkuvaiheessa vatsaontelon tilavuutta lisää myös vatsaontelon rasvavarastojen käyttö energiantuotantoon (McDONALD ym. 1995).

Tässä tutkimuksessa dieetin raakavalkuaispitoisuuden lisääntyminen ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi ( $P < 0,10$ ) kuiva-aineen syöntimäärään. Aikaisemmissa herumahuipun jälkeen tehdyissä tutkimuksissa dieetin korkean valkuaispitoisuuden (130 - 180 g/kg ka) on havaittu nostavan kuiva-aineen syöntiä verrattuna alhaiseen valkuaispitoisuuteen (110 - 140 g/kg ka) (GRIEVE ym. 1974; WOHLT ja CLARK 1978). TUORI (1992) ja HUHTANEN (1998b) ovat havainneet säilörehun syönnin lisääntyvän korvattaessa väkirehuannoksen viljaa rypsirouheella. HUHTANEN (1998b) mukaan kokonaiskuiva-aineen syönti nousi 17,67 kg:sta ka/d 18,29 kg:aan ka/d rypsilisäyksen ollessa 2 kg. TUORI (1992) puolestaan esitti säilörehun syönnin lisääntyvän 0,11 kg ka jokaista dieetin raakavalkuaisprosentin lisäystä kohti. Edellä mainituissa tutkimuksissa

kuiva-aineen syönnin lisääntymiseen ovat ensisijaisesti vaikuttaneet valkuaiseen ja valkuaisen ja energian suhteisiin liittyvät metaboliset mekanismit, sillä solunseinämäaineiden sulavuus ei ole parantunut lisättäessä dieetin valkuaispitoisuutta rypsilä (TUORI 1992; HUHTANEN ym. 1995). Tässä tutkimuksessa valkuaisen saannin lisääntymisen syöntiä lisäävä vaikutus ei tullut esiin ehkä tuotosvaiheen fysiologisista rajoituksista johtuen.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on runsaasti tärkkelystä sisältävän väkirehun, kuten viljan, korvaamisen valkuaisella havaittu pienentävän myös väkirehun korvaussuhdetta, jolloin väkirehumäärän lisäys pienentää vähemmän säilörehun syöntiä. Tämä on osaltaan vaikuttanut kuiva-aineen syönnin nousuun valkuaisen saannin lisääntyessä (CHAMBERLAIN ym. 1989). REEVEN ym. (1986) tutkimuksessa säilörehun korvausluku laski (0,59 vs 0,37) väkirehun valkuaispitoisuuden lisääntyessä 214 g:sta/kg ka 403 g:aan/kg ka.

Koska kaikkien ryhmien väkirehuannos oli kilomääräisesti sama, vähensi rypsin lisääminen vastaavasti väkirehuannoksen viljamäärää. Väkihuannoksen viljamäärän lasku saattoi vähentää pötsissä fermentoituvan orgaanisen aineen määrää, mikä ehkä rajoitti pötsissä vapautuvan ammoniakin käyttöä mikrobivalkuaisen synteesiin (KOMARAGIRI ja ERDMAN 1997). Pötsissä on ammoniakkipitoisuuden nousuun reagoivia reseptoreita, jotka viestittävät hypotalamukseen syöntiä vähentäviä signaaleja. Pötsin korkea ammoniakkipitoisuus voi vähentää pötsin liikkeitä (BAILE ja DELLA-FERA 1988), jolloin rehumassan virtaus pötsistä hidastuu lisäten pötsin täyteisyyttä. Tässä tutkimuksessa maidon ja plasman ureapitoisuuden nousu valkuaisen saannin lisääntyessä viittaa pötsin ammoniakkipitoisuuden nousuun.

## 4.2 Valkuaisen saannin vaikutus dieetin sulavuuteen ja hyväksikäyttöön

Useissa tutkimuksissa valkuaisen saannin lisääntymisen on todettu parantavan dieetin sulavuutta säilörehuvaltaisella ruokinnalla (THOMAS ja RAE 1988). Myös histidiinilisäys on parantanut dieetin sulavuutta (KORHONEN ym. 1998). Sulavuuden parantuminen on näkynyt selvästi huonosti sulavaa ja vähän tyypeä sisältävää sekä esikuivattua säilörehua syötettäessä (GORDON 1980). Säilörehun ollessa hyvälaatuista dieetin valkuaispitoisuuden lisääntymisen vaikutus dieetin sulavuuteen on ollut pienempi (ROOKE ja ARMSTRONG 1987; VARVIKKO ym. 1995). Suomalaisissa rypsirouheella tehdyissä tutkimuksissa dieetin sulavuus ei ole parantunut (HUHTANEN 1998b).

Korkealla ruokintatasolla dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyminen on parantanut dieetin sulavuutta enemmän kuin matalalla ruokintatasolla. Ruokintatason noustessa pötsihajoamattoman valkuaisen osuus dieetin kokonaisvalkuaisesta kasvaa ja ohutsuoesta imeytyvien aminohappojen osuus lisääntyy. Tämän seurauksena kokonaisvalkuaisen tarve nousee, jotta pötsimikrobien tyypellisten yhdisteiden tarve täytyisi. Liian alhaisen valkuaisen saannin on arvioitu rajoittavan alle 16 % raakavalkuaista sisältävien dieettien sulavuutta. Korkeilla ruokintatasoilla pötsimikrobien syntetisoiman valkuaisen määrä pötsissä hajotettua orgaanista ainetta kohden on yleensä suurempi kuin matalammilla ruokintatasoilla. Tehokkaampi synteesi on seurausta mikrobien nopeammasta virtauksesta ohutsuoleen (OLDHAM 1984).

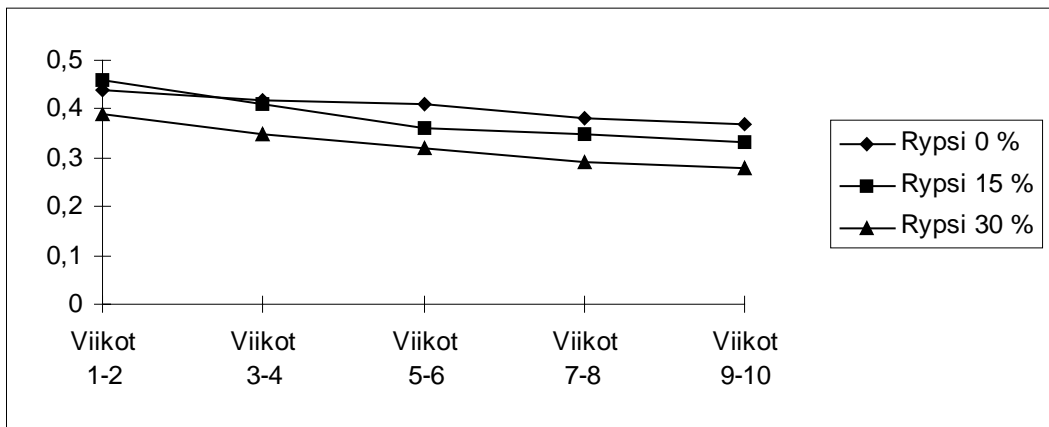
Väkirehun rypsirouheen osuuden lisääntyminen paransi dieetin raakavalkuaisen sulavuutta. Raakavalkuaisen näennäisen sulavuuden parantuminen johtuu suurelta osin sonnan sisältämän metabolisen tyyppien osuuden vähenemisestä sonnan kokonaistypestä (TUORI 1992). Myöskään GORDON (1980) ei ole havainnut dieetin raakavalkuaispitoisuuden nostamisen rypsirouheen avulla parantavan dieetin orgaanisen aineen sulavuutta kuten soijarouheen. Soijarouhe paransi dieetin orgaanisen aineen sulavuutta lineaarisesti. Tämä rypsi- ja soijarouheen välinen ero johtuu todennäköisesti siitä, että soijarouhe sisältää rypsirouhetta vähemmän raakakuitua (58 g/kg ka vs 126 g/kg ka). Rypsirouheen sisältämä raakakuitu myös sulaa huonommin kuin soijarouheen (30 % vs 70 %) (TUORI ym. 1995). Tämän tutkimuksen sulavuuskokeen tulokset ovat yhtäpitäviä HUHTANEN (1998b) kanssa.

Energian hyväksikäyttö maidontuotantoon yleensä parantuu dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyessä. Energian hyväksikäytön parantuminen johtuu absorboituvien ravintoaineiden, erityisesti aminohappokoostumuksen, muuttumisesta eläimelle edullisempaan suuntaan. HUHTANEN (1998b) arvelee rypsilisän myös suuntaavan ravintoaineet tehokkaammin maitorauhasen käyttöön. HUHTANEN (1993) havaitsi  $K_I$ -arvon nousevan (0,52 vs 0,62 elopainon muutos huomioitaessa ja 0,52 vs 0,57 ilman elopainon muutoksen huomioimista) dieetin raakavalkuaispitoisuuden lisääntyessä 123 g:sta/kg ka 186 g:aan/kg ka. Tässä tutkimuksessa  $K_I$ -arvot olivat korkeita kaikissa ryhmissä. Tilastollisesti merkitseviä eroja oli vain laktaatioviikkojen 3 - 4 kohdalla, jolloin rypsilisä nosti  $K_I$ -arvoa.

Valkuaisen hyväksikäyttö maidontuotantoon on usein heikentynyt dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyessä (HUHTANEN 1993; HUHTANEN ja MIETTINEN 1992), mikä havaittiin myös tässä tutkimuksessa. HUHTANEN (1993) tutkimuksessa valkuaisen hyväksikäyttö maidontuotantoon (valkuaisuutos (g/d)/raakavalkuaisen saanti rehuista (g/d)) laski 0,32:sta 0,30:een dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyessä (väkirehussa 123 g raakavalkuaista/kg ka vs 186 g/kg ka) ja 0,31:stä 0,29:ään väkirehun raakavalkuaispitoisuuksien ollessa 146 g/kg ka ja 205 g/kg ka. Myös tässä tutkimuksessa valkuaisen saannin lisääntyminen heikensi valkuaisen hyväksikäyttöä maidon tuotantoon, vaikka tuotantovaiheesta johtuen valkuaisen hyväksikäyttö oli korkea kaikissa ryhmissä (Kuvio 1). Rypsi 0 % -ryhmän muita ryhmiä tehokkaampi valkuaisen hyväksikäyttö johtui todennäköisesti liian niukasta typen saannista. KORHOSEN ym. (1998) mukaan valkuaisen hyväksikäytön heikentyminen valkuaisen saannin lisääntyessä johtuu todennäköisesti liian runsaasta typen saannista tai rehun väärästä aminohappokoostumuksesta ja imeytyvän valkuaisen ja nettoenergian saannin välisen suhteen suurenemisestä. Imeytyvän valkuaisen ja nettoenergian saannin välisen suhteen kasvaessa lehmä käyttää suuremman osan imeytyneestä valkuaisesta kudosvarastojen täydentämiseen tai energian muodostukseen (JAAKKOLA 1995).



Kuvio 1. Valkuaisen hyväksikäyttö maidontuotantoon (Maitovalkuainen (g/d) / raakavalkuaisen saanti (g/d)).



### 4.3 Valkuaisen saannin vaikutus elopainon ja kuntoluokan muutokseen

Korkeatuottoinen lypsylehmä saattaa menettää poikimahetken elopainostaan jopa 50 - 80 kg laktaatiokauden 6. viikkoon mennessä (FLATT 1966; SATTER ja ROFFLER 1975). Erityisesti hoikat ja normaalikuntoiset lehmät voivat kuitenkin jopa lihoa herumiskauden aikana (GARNSWORTHY ja JONES 1987). ØRSKOV ym. (1987) havaitsi dieetin valkuaispitoisuuden lisääntymisen lisäävän herumiskauden aikaista elopainon pudotusta. HUHTASEN ja MIETTISEN (1992) herumahuipun jälkeen tehdyssä tutkimuksessa keskimääräinen elopainon muutos oli 0,05 kg/d väkirehuannoksen koostuessa pelkästä ohrasta ja -0,16 kg/d lisättäessä dieetin valkuaispitoisuutta rankin avulla. Runsaan valkuaisen saannin seurauksena elopainon menetyks on jakautunut pidemmälle ajanjaksolle kuin vähemmän valkuaista saavien lehmien (JONES ja GARNSWORTHY 1988).

Tässä tutkimuksessa valkuaisen saannin lisääntyminen ei vaikuttanut herumiskauden aikaiseen elopainon menetykseen, ja lehmät menettivät elopainoaan suhteellisen vähän. Elopainon muutoksen perusteella tämän tutkimuksen lehmät käyttivät kudosvarastojaan energiantuotantoon vain vähän. Poikimisen jälkeinen elopainon muutos ei kuitenkaan ole hyvä mittari tutkittaessa herumiskauden aikana käyttöönotettujen kudosvarastojen määrää. Ruoansulatuskanavan täyteisyys ja pötsin tilavuus näyttäisivät vaikuttavan elopainon muutokseen enemmän kuin energiatase (HUHTANEN ja MIETTINEN 1992; HUHTANEN 1992). On mahdollista, että runsaasti heruva lehmä saavuttaa joka tapauksessa kudosten käyttöönoton fysiologiset rajat, jolloin valkuaisen saannin lisääntyminen

ei enää voi lisätä kudokset käyttöä (KOMARAGIRI ja ERDMAN 1997). Ensimmäisen laktaatioviikon jälkeen rypsi 15 % -ryhmä oli menettänyt hieman muita ryhmiä enemmän elopainoaan. Kyseisen ryhmän plasman NEFA-pitoisuus oli tällä viikolla muita ryhmiä korkeampi ja glukoosipitoisuus matalampi. Tutkimuksen loppuvaiheessa elopainon muutokset olivat positiivisia, ja plasman NEFA-pitoisuudet matalampia. Laktaatioviikoilla 1 - 4 plasman NEFA-pitoisuuden ja elopainon muutoksen välillä oli merkitsevä korrelaatio ( $r = -0,47$ ,  $P < 0,10$ ). Muilta osin veriarvojen ja elopainon muutosten välillä ei ollut selvää yhteyttä (Taulukko 26).

Kaikkien ryhmien lehmät olivat poikimishetkellä lähestulkoon samassa lihavuuskunnossa. Rypsi 0 % -ryhmän lehmien kuntoluokan muutos oli muita ryhmiä suurempi 1 - 2 viikkoa poikimisen jälkeen. Kuntoluokkien muutosten suuruus vastaa kirjallisuudessa esitettyjä arvioita herumiskauden aikaisista kuntoluokan muutoksista (GARNSWORTHY ja JONES 1987; JONES ja GARNSWORTHY 1988).

#### **4.4 Valkuaisen saannin vaikutus tuotukseen ja maidon koostumukseen**

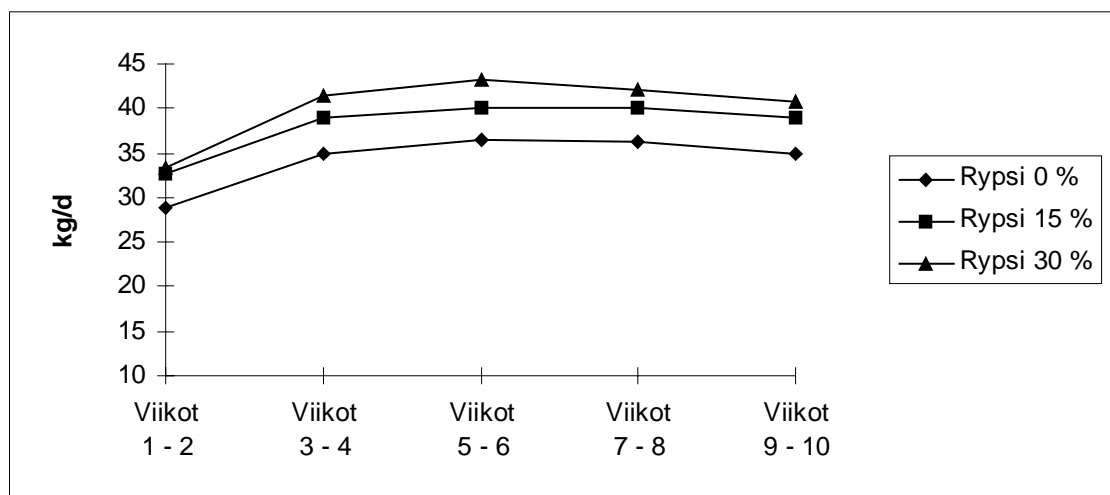
##### **4.4.1 Maitotuotos**

Valkuaisen saannin lisääntyminen nosti maitotuotosta. Maitotuotoksen nousun vaste oli parempi matalammalla valkuaispitoisuudella (väkirehussa raakavalkuaista 119 g/kg ka vs 154 g/kg ka) kuin väkirehun raakavalkuaispitoisuuden lisääntymisellä 154 g:sta/kg ka 191 g:aan/kg ka (Kuvio 2). HUHTASEN (1998b) mukaan rypsirouheen (2 kg) lisääminen dieettiin parantaa maitotuotosta 2,1 kg/d, ja TUORI (1992) havaitsi maitotuotoksen nousevan 0,27 kg/d jokaista dieettiin lisättyä raakavalkuaisprosenttia kohti. HUHTANEN (1993) puolestaan totesi dieetin kalajauhospitoisuuden lisääntymisen nostavan maitotuotosta 4,2 g/d/g raakavalkuaisen lisäystä väkirehussa. CHAMBERLAIN ym. (1989) on puolestaan havainnut maitotuotoksen nousevan 3,1 g/d/g raakavalkuaisen saannin lisäystä nostettaessa dieetin valkuaispitoisuutta soijarouheen avulla ja 4,1 g/d/g käytettäessä kalajauhoa dieetin valkuaispitoisuuden nostamiseen. Kaseiini-infuusio (300 g/pv) nosti maitotuotosta keskimäärin 2,2 kg/vrk (VANHATALO ym. 1998).

Rypsi 0 % -ryhmän tuotosta rajoitti ilmeisesti aminohappojen saatavuus maitovalkuaisen synteesiin. Tämä näkyy plasman kokonaisvalkuaispitoisuuden laskuna (Taulukko 21) ja valkuaisen hyväksikäytön tehostumisena maitovalkuaisen synteesiin (Taulukot 8, 9, 10, 11 ja 12). Rypsi 15 % -

ryhmän maitotuotosta rajoittavaksi tekijäksi muodostui todennäköisesti glukoosi, sillä kyseisen ryhmän plasman glukoosipitoisuus oli 1. ja 4. laktaatioviikolla hieman muita ryhmiä matalampi. Rypsi 15 % -ryhmän plasman NEFA-pitoisuus oli hieman muita ryhmiä korkeampi kyseisillä laktaatioviikoilla, joten tämä ryhmä ehkä otti muita ryhmiä enemmän käyttöön kudosisvarastojaan glukoneogeneesin raaka-aineiksi.

Kuvio 2. Keskimääräinen maitotuotos.



Energiakorjatussa maitotuotoksessa tuotoksen lisääntyminen ei näkynyt yhtä selvästi, sillä maitotuotoksen nousu pääsääntöisesti laski maidon rasva- ja valkuaispitoisuuksia. ØRSKOVin ym. (1987) tutkimuksessa myös energiakorjatut maitotuotokset nousivat väkirehun kalajauhopeniteisuuden lisääntyessä. HUHTASEN ja MIETTISEN (1992) herumahuipun jälkeen tehdyssä tutkimuksessa dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyminen ei vaikuttanut energiakorjattuun maitotuotokseen.

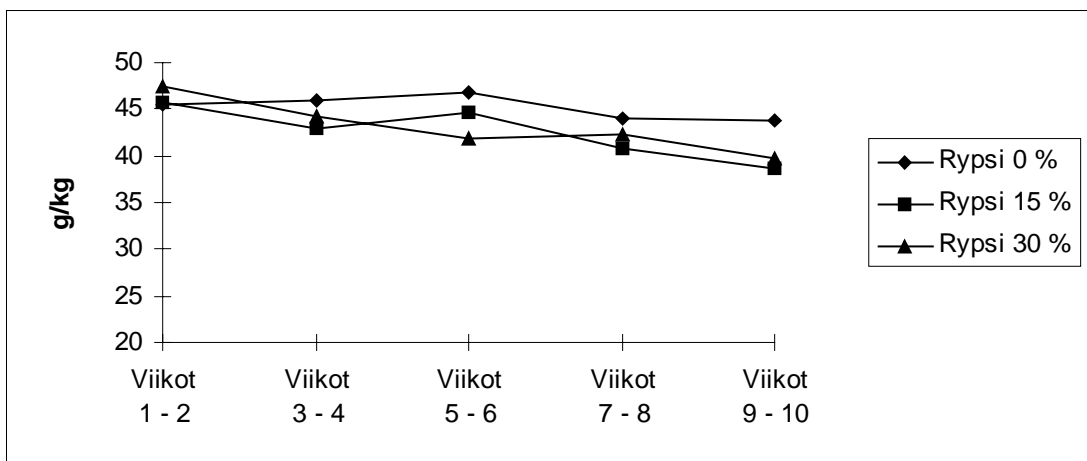
#### 4.4.2 Rasvapitoisuus ja rasvatuotos

Tässä tutkimuksessa valkuaisen saannin lisääntyminen laski hieman maidon rasvapitoisuutta (Kuvio 3). Sama havainto on tehty useissa muissakin tutkimuksissa (BERTILSSON ym. 1994, HUHTANEN 1995; HUHTANEN ja MIETTINEN 1992; THOMAS ja MARTIN 1988; VANHATALO ym. 1998). Valkuaisrehut lisäävät suhteessa enemmän glukogeenisten ja aminogeenisten ravintoaineiden saantia lipogeenisten ravintoaineiden saantiin verrattuna, mikä osaltaan laskee maidon rasvapitoisuutta (HUHTANEN 1995). Maidon rasvapitoisuuden laskuun

vaikuttaa myös maitotuotoksen nousu valkuaislisän seurauksena (THOMAS ja MARTIN 1988). ØRSKOV ym. (1987) puolestaan arvioi dieetin valkuaispitoisuuden lisääntymisen heti laktaatiokauden alussa vaikuttavan päinvastoin eli nostavan maidon rasvapitoisuutta, sillä kudosisrasvojen käytön lisääntyminen dieetin valkuaispitoisuutta nostettaessa lisää maitorauhasen käytettävissä olevia maitorasvan esiasteita. Tämän tutkimuksen tuloksen poikkeavuus ØRSKOVin ym. (1987) tuloksista johtunee korkeasta tuotostasosta, minkä seurauksena kudosisrasvojen käyttöönotto ei lisääntynyt valkuaisen saannin lisääntyessä.

Myös rasvatuotokseen on dieetin valkuaispitoisuuden lisääntymisellä ollut vaihtelevia vaikutuksia. Dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyminen on nostanut rasvatuotosta (THOMAS ja MARTIN 1988; VANHATALO ym. 1998) tai tämän tutkimuksen tavoin rasvatuotoksissa ei ole havaittu merkitseviä eroja (HUHTANEN ja MIETTINEN 1992). CHAMBERLAIN ym. (1989) toteaa maidon rasvatuotoksen lisääntyvän 0,1 g/g raakavalkuaisen saannin lisäystä käytettäessä kalajauhoa dieetin valkuaispitoisuuden nostamiseen ja 0,08 g/g nostettaessa dieetin valkuaispitoisuutta soijarouheen avulla. Eroja rasvatuotokseen on aiheuttanut pääasiassa maitotuotoksen vaihtelu.

Kuvio 3. Maidon keskimääräinen rasvapitoisuus.



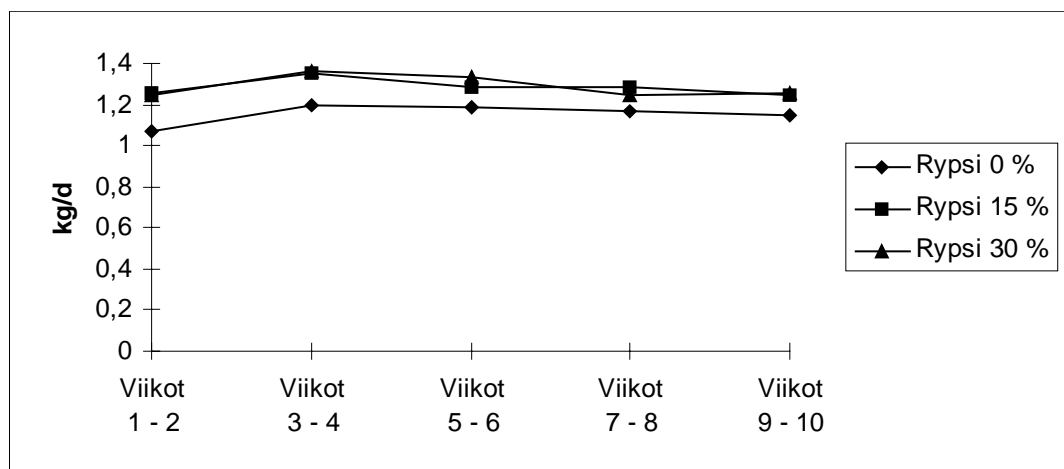
#### 4.4.3 Valkuaispitoisuus ja valkuaisuutos

Tässä tutkimuksessa valkuaisen saannin lisääntyminen pääsääntöisesti laski hieman maidon valkuaispitoisuutta maitotuotoksen nousun seurauksena. Dieetin valkuaispitoisuuden lisääntymisen vaikutus maidon valkuaispitoisuuteen onkin yleensä ollut pieni. TAMMINGAn (1992) mukaan

dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyminen nostaa maidon valkuaispitoisuutta ainoastaan lehmän saadessa valkuaista selvästi alle tarpeen. Hyvin alhainen typen saanti (dieetin raakavalkuaispitoisuus 105 g/kg ka) pienentää maidon valkuaispitoisuutta selvästi. Dieetin raakavalkuaispitoisuuden laskemisen 160 g:sta/kg ka 135 g:aan/kg ka ei ole havaittu vaikuttavan maidon valkuaispitoisuuteen (JOURNET ja REMOND 1981). Kaseiini- ja aminohappoinfuusiolla on havaittu olevan dieetin valkuaispitoisuuden lisääntymistä voimakkaampi vaikutus maidon valkuaispitoisuuteen. Kaseiini-infusion seurauksena maidon valkuaispitoisuus on noussut THOMASin ja MARTINin (1988) tutkimuksessa 1,5 g/kg maitoa.

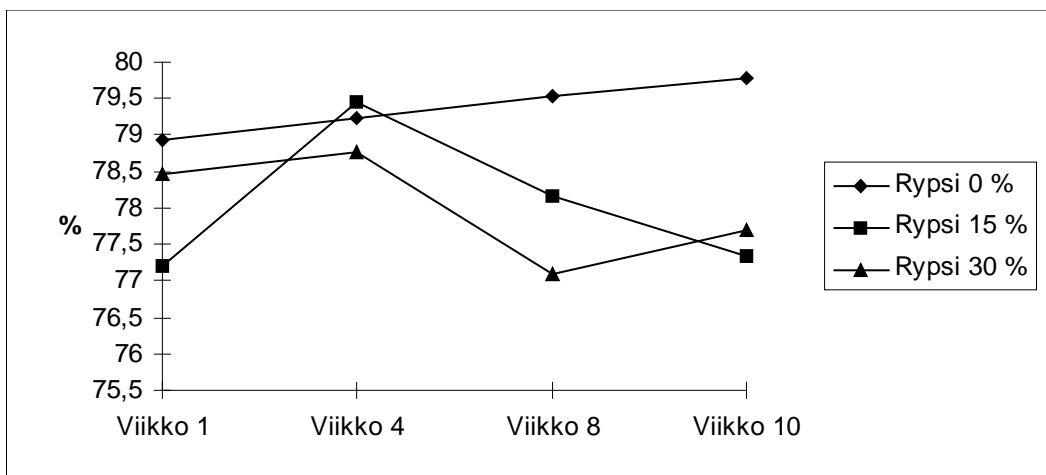
Kuten myöhemmässä tuotannon vaiheessa tehdyissä tutkimuksissa valkuaislisä nosti valkuaisuutosta (Kuvio 4) (LEES ym. 1990; CHAMBERLAIN ym. 1989; HUHTANEN 1993; HUHTANEN 1998b). HUHTANEN (1998b) mukaan valkuaisuutos nousi rypsilisän (2 kg) seurauksena 78 g/d. CHAMBERLAIN ym. (1989) on tutkimuksessaan todennut maidon valkuaisuutoksen lisääntyvän 0,12 g/d/g raakavalkuaisen lisäystä väkirehussa käytettäessä soijarouhetta väkirehun valkuaispitoisuuden nostamiseen ja 0,15 g/d/g lisättäessä dieetin valkuaispitoisuutta kalajauhon avulla. HUHTANEN (1993) havaitsi valkuaisuutoksen nousevan 0,19 g/d/g raakavalkuaisen lisäystä väkirehussa käytettäessä kalajauhoa valkuaislisänä. Maidon typen tuotannon, typpipitoisuuden ja valkuaisuutoksen nousuun vaikuttaa maitorauhasen käyttöön tulevien aminohappojen määrän lisääntyminen (MIETTINEN ja HUHTANEN 1995; JONES ja GARNSWORTHY 1988). Valkuaisuutokseen vaikuttaa nostavasti myös maitotuotostaso.

Kuvio 4. Keskimääräinen valkuaisuutos.



Maidon kaseiinikoostumuksella ja -pitoisuudella on tärkeä merkitys maidon juustoutumisominaisuuksille (EDELSTEN 1988). Kaseiinin osuuteen maidon valkuaisesta on vaikea vaikuttaa ruokinnallisin keinoin (MURPHY ja O'MARA 1993). MIETTISEN ja HUHTASEN (1995) tutkimuksessa ohutsuoleen infusoitu kaseiini (400 g/d) kuitenkin nosti maidon kaseiinityypen määrän 3,91:sta 4,07:ään. Kaseiinityypen määrän nousu johtui maitorauhasen käyttöön tulevan aminohappomäärän lisääntymisestä. Tässä tutkimuksessa valkuaisen saannin lisääntyminen laski hieman maidon kaseiinipitoisuutta 8. laktaatioviikon aikana (Kuvio 5). Kaseiinin osuutta laski maidon ureapitoisuuden nousu plasman ureapitoisuuden nousun seurauksena. Tämä tulos on yhtäpitävä SUTTONin ym. (1996) kanssa.

Kuvio 5. Kaseiinin keskimääräinen osuus maidon kokonaisvalkuaisesta.



#### 4.4.4 Laktoosipitoisuus ja laktoosituotos

Maidon laktoosipitoisuuden vaihtelu on hyvin rajoitettua, sillä maidolla ja verellä on sama osmoottinen paine (LINZELL 1972). Ayrshire-lehmien maito sisältää laktoosia keskimäärin 46,7 g/kg (WHEELLOCK ja ROOK 1966). Tässä tutkimuksessa rypsilisän antaminen nosti laktoosituotosta 1 - 4 laktaatioviikon aikana. Laktoosituotos nousi myös HUHTASEN ja MIETTISEN (1992) tutkimuksessa sulavan raakavalkuaisen saannin lisääntymisen (64 g/d) seurauksena. HUHTASEN ja MIETTISEN (1992) tutkimuksessa myös maidon laktoosipitoisuus nousi valkuaisen saannin lisääntyessä (1 g/kg). Tässä tutkimuksessa valkuaisen saannin lisääntyminen ei vaikuttanut maidon laktoosipitoisuuteen. HUHTANEN ja HEIKKILÄ (1996) sekä

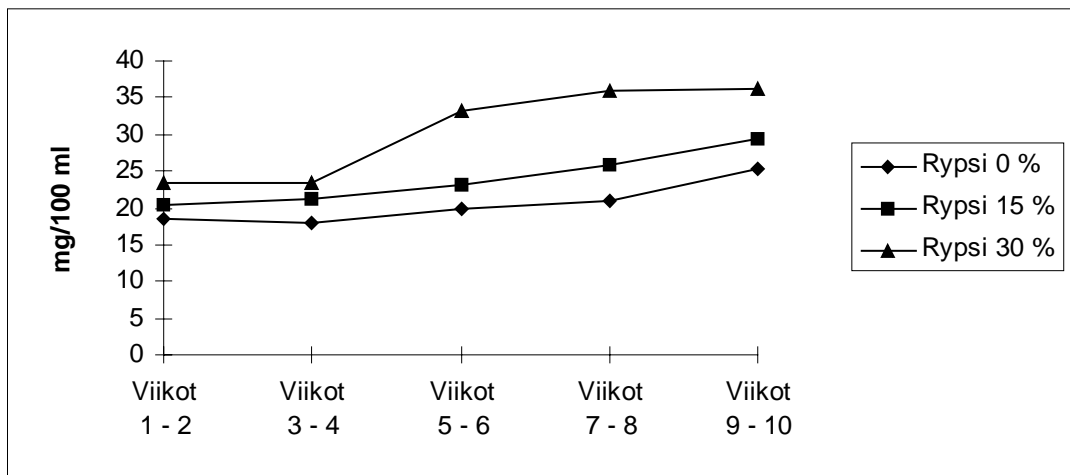
VANHATALO ym. (1998) puolestaan havaitsivat maidon laktoosipitoisuuden laskevan valkuaisen saannin lisääntyessä.

#### 4.4.5 Ureapitoisuus

Lypsylehmän maito sisältää ei-proteiinityyppä (NPN) keskimäärin 2 - 6 %. GUSTAFSSONin ym. (1987) mukaan maidon ureapitoisuus on keskimäärin 25,8 mg/100 ml maitoa laktaatiokauden ensimmäisen ja neljännen viikon välillä ja 30,6 mg/100 ml maitoa laktaatiokauden viidennestä viikosta 12 viikkoon asti. Suomessa maidon ureapitoisuuden suositeltuina raja-arvoina pidetään 20 - 30 mg/100 ml. SHINGFIELD ym. (1998) esittivät, että maidon suositeltavan ureapitoisuuden ylärajaa voitaisiin nostaa 35 mg:aan/100 ml.

Rypsilisän antaminen nosti maidon ureapitoisuutta 3 - 4 poikimisen jälkeisestä viikosta eteenpäin. 5 laktaatioviikolla valkuaisen saannin lisääntymisen nostava vaikutus maidon ureapitoisuuteen oli selvästi nähtävissä kaikkien ryhmien välillä. Rypsi 30 % -ryhmän lehmien maidon ureapitoisuudet olivat hieman kohonneet laktaatiokauden viidennestä viikosta eteenpäin pysyen kuitenkin lähellä SHINGFIELDin ym. (1998) esittämää rajaa (Kuvio 6). HUHTANEN ja MIETTINEN (1995) havaitsivat maidon ureapitoisuuden nousevan 3,15 mmol:sta/l maitoa 3,86 mmol:iin/l ohutsuoleen infusoidun kaseiinin seurauksena. Rypsi 0 % - ja rypsi 15 % -ryhmien maidon ureapitoisuudet pysyivät koko tutkimuksen ajan alempana tai lähellä GUSTAFSSONin ym. (1987) esittämiä maidon keskimääräisiä herumiskauden aikaisia ureapitoisuuksia. Maidon ureapitoisuuden nousu on selitettävissä pötsihajoavan valkuaisen saannin lisääntymisellä (KAUFMANN ja HAGEMMEISTER 1987), sillä maidon ja veren ureapitoisuudet nousevat pötsin ammoniakkipitoisuuden kohotessa (GUSTAFSSON 1993; MIETTINEN ja HUHTANEN 1995).

Kuvio 6. Maidon keskimääräinen ureapitoisuus.



#### 4.4.6 Asetonipitoisuus

Tässä tutkimuksessa rypsi 15 % -ryhmän maidon asetonipitoisuus oli muita ryhmiä korkeampi 1 - 8 viikkoa poikimisen jälkeen (Kuvio 7). Maidon asetonipitoisuus nousee lehmän ollessa negatiivisessa energiataseessa, jolloin lehmä voi käyttää jopa 38 % kudostasvoista peräisin olevista vapaista rasvahapoista ketoaineiden,  $\beta$ -hydroksivoihapon ja asetikkahapon, muodostukseen. Osa asetikkahaposta muuntuu asetoniksi, jota erittyy maitoon ja virtsaan (MADSEN 1983).

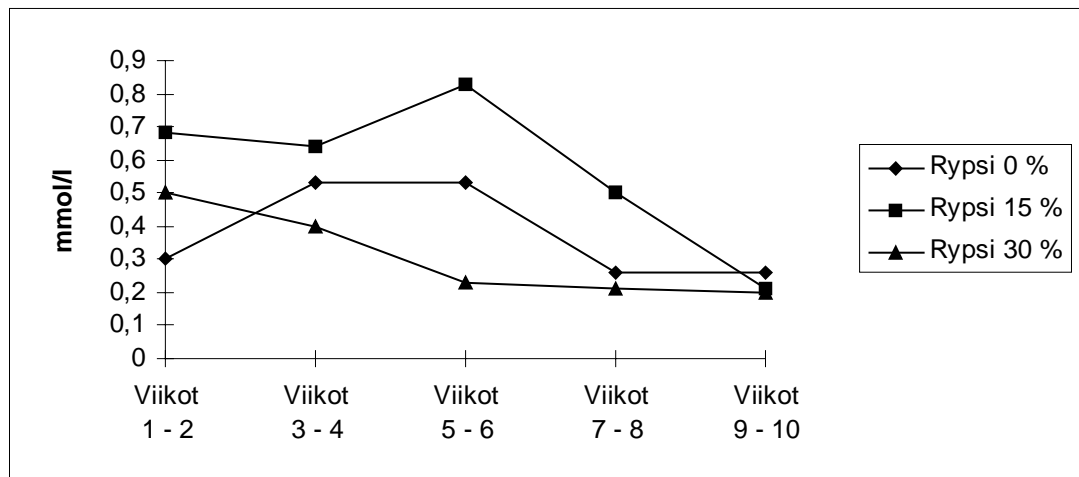
Maksan ketoaineiden muodostuksen ollessa runsasta lehmä sairastuu subkliiniseen ketosiin, jolloin ketoosin ulkoisia oireita ei ole näkyvissä, mutta maidon asetonipitoisuus on yli 0,4 mM (GUSTAFSSON 1993). GUSTAFSSON (1993) esittää maidon asetonipitoisuuden nousun yli 2,0 mM laskevan maitotuotosta pitkällä aikavälillä 6,5 - 8,5 % verrattuna alhaiseen maidon asetonipitoisuuteen (alle 0,4 mM). Myös suhteellisen korkeat maidon asetonipitoisuudet (1,0 - 2,0 mM) laskevat maitotuotosta ja heikentävät hedelmällisyyttä. Maitotuotoksen on havaittu olevan korkeimmillaan ja hedelmällisyyden parhaimmillaan maidon asetonipitoisuuden ollessa 0,4 - 1,0 mM (GUSTAFSSON 1993), jolle välille jäävät myös tämän tutkimuksen korkeimmat maidon asetonipitoisuudet.

Rypsi 15 % -ryhmän tulokset (maidon asetonipitoisuuden pieni nousu, plasman glukoosipitoisuuden pieni lasku, plasman NEFA-, BHBA- ja asetikkahappopitoisuuden pieni nousu) antavat viitteitä, että glukoosin riittävyys oli tässä ryhmässä rajoittavampi tekijä kuin muissa ryhmissä. Rypsi 0 % -ryhmässä glukoosin riittävydestä ei ehkä tullut ongelmaa alemman maitotuotoksen johdosta, kun



taas rypsi 30 % -ryhmän runsaamman valkuaisen saannin seurauksena aminohappoja riitti paremmin glukoneogeneesin raaka-aineiksi.

Kuvio 7. Maidon keskimääräinen asetonipitoisuus.



#### 4.5 Valkuaisen saannin vaikutus veriarvoihin

Herumiskauden aikana tapahtuvat muutokset veriarvojen pitoisuuksissa riippuvat lehmän energiatasteesta ja maitotuotostasosta (JOURNET ja REMOND 1981). Energiavajauksen seurauksena plasman glukoosipitoisuus laskee (JONES ja GARNSWORTHY 1988) ja vapaiden rasvahappojen (NEFA) ja ketoaineiden (asetetikkahappo ja  $\beta$ -hydroksivoihappo) määrät nousevat. Plasman ketoainepitoisuutta nostaa herumiskaudella myös kuiva-aineen syönnin lisääntyminen, minkä seurauksena pötsissä muodostuu enemmän ketogeenisiä happoja (RIIS 1983) ja ketogeenisten aminohappojen saanti lisääntyy. Ravinnosta saatavat ylimääräiset ketogeeniset aminohapot deaminoituvat maksassa ammoniakiksi ja ketoaineiksi (HIBBIT 1988).

Kaikkien ryhmien plasman glukoosipitoisuudet nousivat laktaatiokauden edetessä, mikä selittyy kuiva-aineensyönnin lisääntymisestä poikimisesta kuluneen ajan myötä (JONES ja GARNSWORTHY 1988). Plasman keskimääräiset glukoosipitoisuudet pysyivät koko herumiskauden ajan korkeina (lehmäkohtaiset arvot 53,35 - 88,34 mg/100 ml). Plasman korkeat glukoosipitoisuudet ja matalat NEFA-pitoisuudet viestittävät kudosvarastojen käyttöönoton olleen vähäistä, ja lehmien säilyttäneen hyvän energiatasteeseen (GARNSWORTHY ja JONES 1987). Yleensä laktaatiokauden alussa plasman vapaiden rasvahappojen pitoisuus on suhteellisen korkea, 0,5 - 0,6

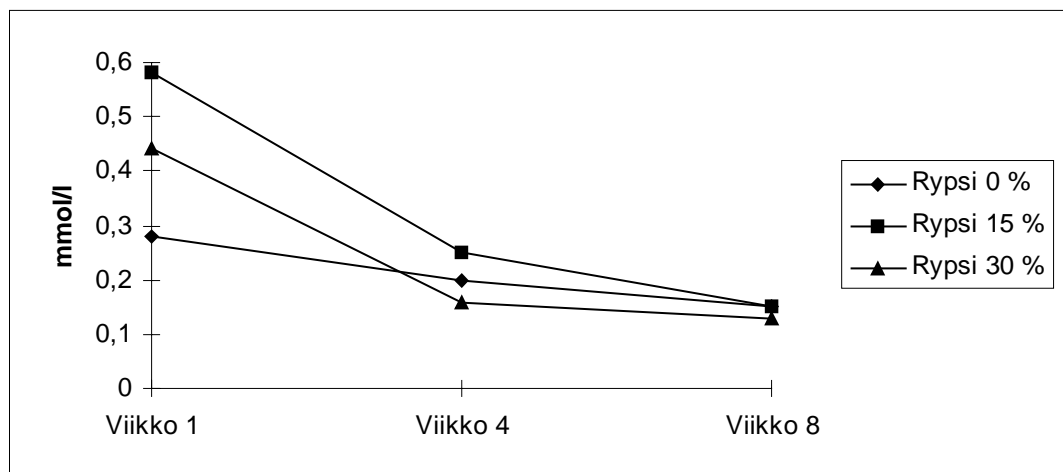
mmol (RIIS 1983). Myös plasman asetetikkahapon ja BHBA:n pitoisuudet pysyivät lähellä kirjallisuudessa esitettyjä normaaliarvoja (Taulukko 25).

Taulukko 25. Plasman asetetikkahapon ja BHBA:n pitoisuudet (LINDSAY ja PETHICK 1983).

	Normaaliarvo	Paasto	Ketoosi
$\beta$ -hydroksivoihappo, $\mu\text{mol}$	350-550	3000-4000	3000-5000
Asetetikkahappo, $\mu\text{mol}$	20-40	800-1200	400-1400

Rypsilisän saaneiden ryhmien plasman NEFA-pitoisuus oli rypsi 0 %- ryhmää korkeampi laktaatiokauden ensimmäisellä viikolla (Kuvio 9). Kudosrasvojen käyttöä rypsilisän saaneissa ryhmissä saattoi lisätä eläimen käyttöön tulevan aspartaatin ja glutamaatin määrän lisääntyminen dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyessä. Aspartaatti ja glutamaatti ovat ei-välttämättömiä aminohappoja, joita elimistö käyttää sekä sitruunahappokierron että glukoneogeenin esiaineina. Runsas aspartaatin ja glutamaatin määrä lisää elimistössä olevan oksaalietikkahapon määrää. Runsas oksaalietikkahapon määrä puolestaan tehostaa kudosrasvan lipolyysiä, jotta sitruunahappokierron asetyyli-KoA:n tarve tulisi tyydytettyä (LEES ym. 1990).

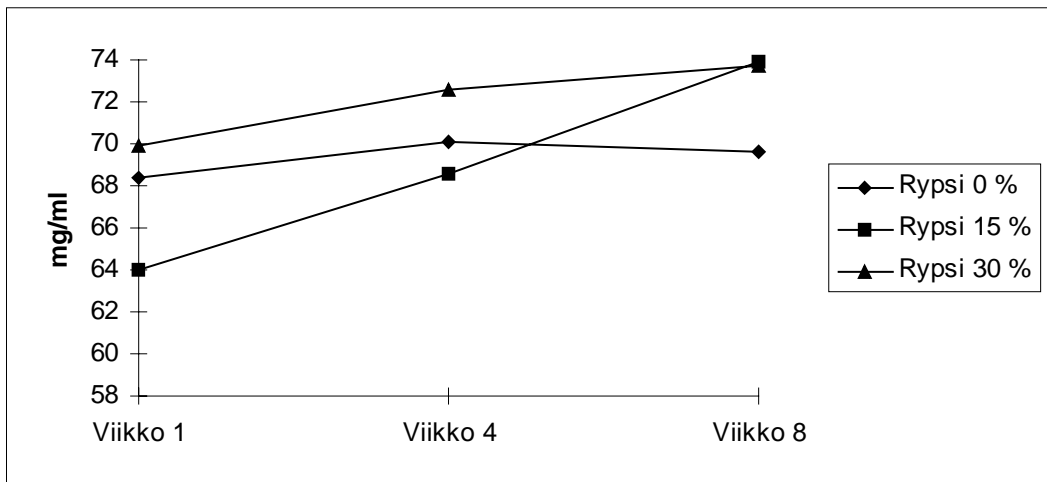
Kuvio 9. Plasman NEFA-pitoisuus.



Rypsi 15 %-ryhmän plasman glukoosipitoisuus oli hieman muita ryhmiä matalampi 1 ja 4 laktaatioviikon aikana (Kuvio 10). Tämä antaa viitteitä, että tässä ryhmässä glukoosin saanti oli muita ryhmiä rajoittavampi tekijä. Glukoosin muodostumista maidontuotantoa rajoittavaksi tekijäksi kuvastavat myös hieman muita ryhmiä korkeammalle nousseet plasman NEFA-, BHBA- ja asetetikkahappopitoisuudet. Plasman NEFA-pitoisuuden pieni nousu kuvastaa rasvakudoksen

käyttöönoton lisääntyneen suhteessa rasvahappojen esteröitymiseen. Myös JONES ja GARNSWORTHY (1988) totesivat plasman glukoosipitoisuuden laskevan ja NEFA-pitoisuuden nousevan ohutsuolesta imeytyvän valkuaisen (OIV) saannin lisääntyessä (väkirehun OIV-pitoisuus 49 g/kg ka vs 70 g/kg ka).

Kuvio 10. Plasman glukoosipitoisuus.

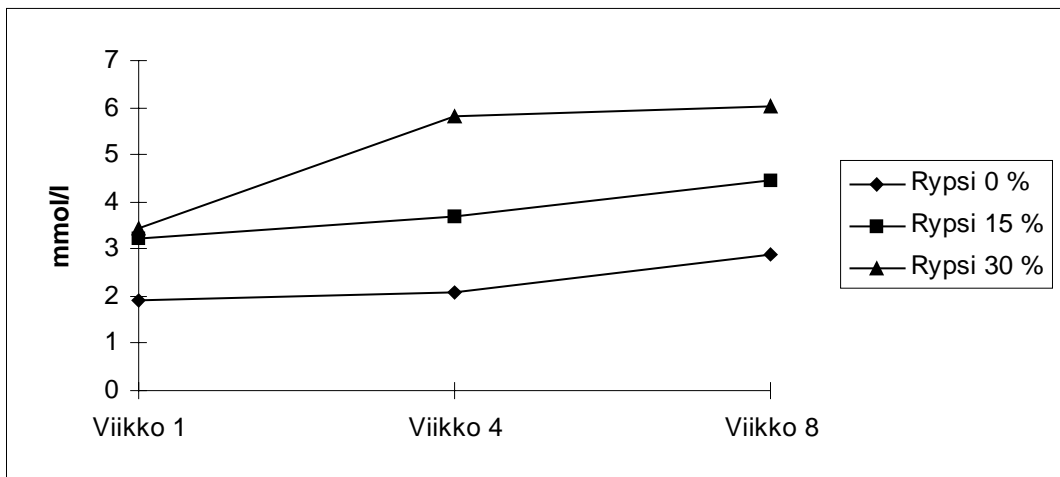


Rypsi 30 %-ryhmän plasman glukoosipitoisuus oli 1 ja 4 laktaatioviikolla hieman muita ryhmiä korkeampi korkeasta maitotuotoksesta huolimatta. Plasman glukoosipitoisuuden nousu runsaamman valkuaisen saannin seurauksena johtui todennäköisesti siitä, että aminohappoja oli runsaammin käytettävissä maksan glukoneogeneesiin (BROCKMAN 1986). Myös HUHTANEN ja MIETTINEN (1992) havaitsivat plasman glukoosipitoisuuden nousevan dieetin valkuaispitoisuuden lisääntymisen seurauksena (60,35 mg/100 ml vs 64,14 mg/100 ml). JONESin ja GARNSWORTHYn (1988) tutkimuksessa plasman glukoosipitoisuus puolestaan nousi valkuaisen saannin lisääntymisen seurauksena 33,33 mg:sta/100 ml 40,35 mg:aan/100 ml.

Valkuaisen saannin lisääntyminen nosti plasman ureapitoisuutta jo laktaatiokauden ensimmäisellä viikolla (Kuvio 11). Plasman ureapitoisuutta nosti runsas pötsihajoavan valkuaisen saanti pötsissä fermentoituvien hiilihydraattien saantiin nähden. Liian vähäinen hiilihydraattien saanti laskee pötsin mikrobiaktiivisuutta, minkä seurauksena ammoniakkin käyttö mikrobivalkuaisen synteesiin vähenee (KAUFMANN ja HAGEMMEISTER 1987). Tämän seurauksena ammoniakkaa on pötsissä enemmän kuin mikrobit pystyvät sitä käyttämään, ja ylimääräinen ammoniakki diffusioituu pötsin seinämän läpi verenkiertoon ja virtaa maksaan (MIETTINEN ja HUHTANEN 1995), jossa siitä muodostetaan

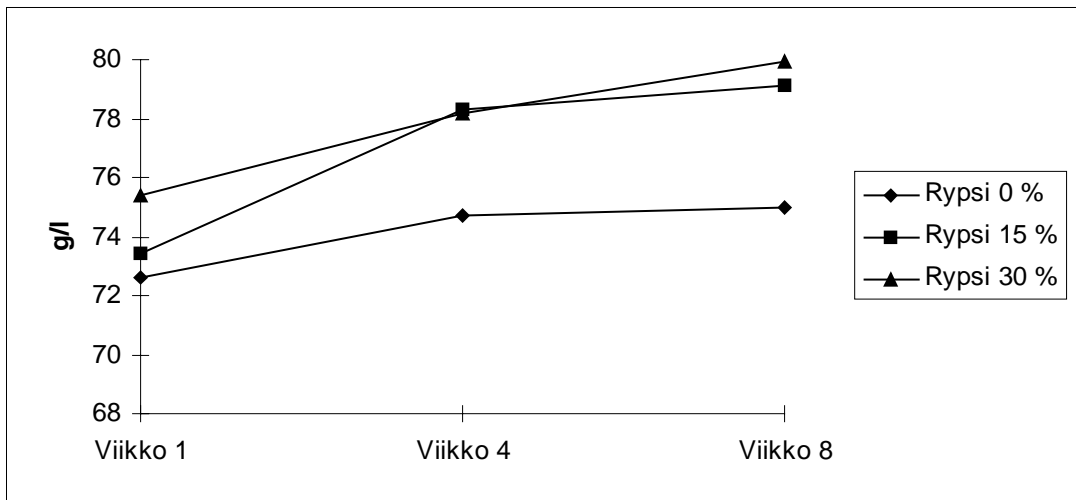
ureaa. Muodostunut urea vapautuu verenkiertoon, ja ylimääräinen urea erittyy virtsan mukana elimistöstä (McDONALD ym. 1995). Myös aikaisemmissa tutkimuksissa dieetin valkuaispitoisuuden lisääntyminen on nostanut plasman ureapitoisuutta (GORDON 1980; HUHTANEN ja MIETTINEN 1992). HUHTASEN ja MIETTISEN (1992) tutkimuksessa sulavan raakavalkuaisen saannin lisääntyminen (1748 g/d vs 2233 g/d) nosti plasman ureapitoisuutta 3,58 mmol:sta 5,08 mmol:iin.

Kuvio 11. Plasman ureapitoisuus.



Kudosvarastoista purettavat ja ravinnon mukana saadut aminohapot eivät riitä kattamaan maitorauhasen aminohappotarpeen lisäystä maidontuotannon alkaessa. Maitorauhasen aminohappojen käytön lisääntyminen laskee plasman ei-välttämättömien ja välttämättömien aminohappojen pitoisuuksia jo poikimishetkestä lähtien. Plasman ei-välttämättömien aminohappojen, erityisesti glutamaatin, aspartaatin, alaniinin ja seriinin, pitoisuuksien lasku herumiskauden aikana johtuu näiden aminohappojen käytöstä glukoneogeneesiin. Plasman välttämättömien aminohappojen pitoisuus puolestaan laskee liian alhaisen ohutsuoletta imeytyvän valkuaisen (OIV) saannin seurauksena (JOURNET ja REMOND 1981). Tässä tutkimuksessa rypsi 0 % -ryhmän plasman kokonaisvalkuaispitoisuus oli hieman muita ryhmiä matalampi koko tutkimuksen ajan (Kuvio 12). Rypsi 0 % -ryhmän plasman ureapitoisuudetkin olivat muita ryhmiä alhaisempia, joten kyseisen ryhmän plasman aminohappopitoisuus oli matala. Näin ollen näyttää siltä, että rypsi 0 % -ryhmän valkuaisen saanti oli tarpeeseen nähden liian matala.

Kuvio 12. Plasman kokonaisvalkuaispitoisuus.



#### 4.6 Valkuaisen saannin vaikutus lisääntymistoimintoihin ja terveyteen

Dieetin valkuaispitoisuuden lisääntymisellä on sekä myönteisiä että haitallisia vaikutuksia lehmän lisääntymistoimintojen käynnistymiseen poikimisen jälkeen. Lisääntynyt valkuaisen saanti on nopeuttanut ensimmäisen poikimisen jälkeisen kiiman tuloa tapauksissa, joissa lehmä pystyi lisäämällä rehun syöntiään kattamaan maidontuotannon alkamisen tuoman energiantarpeen lisäyksen. Valkuaisen saannin lisääntyminen on viivästyttänyt ensimmäistä poikimisen jälkeistä kiimaa silloin, kun lehmä ei pystynyt ravinnosta saaman energian avulla tyydyttämään energiantarvettaan ja maitotuotoksen nousuun tarvittavat ravintoaineet ovat peräisin kudosvarastoista (JOURNET ja REMOND 1981).

Maidon progesteronipitoisuus vaihtelee kiimakierron vaiheen mukaan 1 ng:sta/ml 30 ng:aan/ml. Progesteroni siirtyy verenkierrosta maitoon passiivisen kuljetusmekanismin avulla. Suurin osa maitorauhaseen veren mukanaan virtaavasta progesteronista siirtyy maitoon, sillä maitorauhanen eliminoi vain 1 - 2 % sinne saapuvasta progesteronista (KAUFMANN ja HAGEMEISTER 1987). Luteaalivaiheen aikana maidon progesteronipitoisuus on yli 3,2 nmol/l (TOIVONEN ym. 1997). Ensimmäisen poikimisen jälkeisen luteaalivaiheen pituus on riipuvainen ensimmäiseen ovulaatioon kuluneesta ajasta. Jos anestruskausi kestää yli 20 vrk, on sitä seuraava luteaalivaihe yleensä lyhyt (9 - 13 vrk). Normaali luteaalivaiheen pituus on 18 - 24 vrk (LENDE 1997). Myös tässä tutkimuksessa anestruskauden pituuden ja ensimmäisen luteaalivaiheen pituuden välillä oli negatiivinen korrelaatio ( $r = -0,50$ ,  $P < 0,10$ ).

Poikimisen jälkeisen anestruskauden ja ensimmäisen luteaalivaiheen pituudessa ei ollut merkitsevää eroa ryhmien välillä. Anestruskausi kesti keskimäärin 30,0 d ja ensimmäinen luteaalivaihe 19,8 d. Tässä tutkimuksessa poikimisen jälkeinen anestruskausi kesti lähes 10 d pitempään (30,0 d vs 20,2 d) kuin edellistalvena Viikin opetus- ja tutkimustilalla tehdyssä tutkimuksessa (TOIVONEN ym. 1997). Anestruskauden pituuden ja ensimmäisen laktaatiokuukauden energia korjatun maitotuotoksen (EKM, kg/d) välillä oli positiivinen korrelaatio ( $r = 0,37$ ,  $P < 0,10$ ). Myös energiakorjatun maitotuotoksen ja plasman NEFA-pitoisuuden välillä oli positiivinen korrelaatio (Taulukko 26). Maitotuotoksen nousu ja kudostasvarastojen käyttöönotto tuotoksen tueksi viivästyttivät lisääntymistoimintojen käynnistymistä. FERGUSONin (1996) mukaan poikimisen jälkeinen anestruskausi kestää keskimäärin 33,3 d, joten tässä tutkimuksessa poikimisen jälkeinen anestruskausi pysyi kuitenkin normaalirajoissa.

Sairausyhteenvedon (Taulukko 23) mukaan ruokintaryhmien terveyden välillä ei ollut havaittavissa selkeää eroa. Maitonäytteiden perusteella (Taulukko 24) subkliinisten ja kliinisten ketoosien määrä oli viikoilla 1 - 6 suurin rypsi 15 % -ryhmässä, vaikkakin ilman tilastollisesti merkitsevää eroa. Yhdessä plasman glukoosi- ja NEFA-pitoisuuksien kanssa tämä viittaa siihen, että tutkimuksen alussa rypsi 15 % -ryhmä ehkä käytti muita ryhmiä enemmän kudostasrasvaa maidontuotannon tueksi.

Taulukko 26. Lisääntymistoimintojen käynnistymistä kuvaavien parametrien, veriarvojen ja EKM:n väliset korrelaatiot.

	Anestrus- kausi, d	1. luteaali- vaihe, d	Plasma n NEFA	Plasman glukoosi	Plasman urea	Plasman asetoasetatti	Plasman BHBA	Elopainon muutos	EKM kg
Anestrus- kausi, d	<b>1,00</b>								
1. luteaali- vaihe, d	<b>-0,50</b>	<b>1,00</b>							
Plasman NEFA	0,29	0,13	<b>1,00</b>						
Plasman glukoosi	-0,09	-0,26	-0,09	<b>1,00</b>					
Plasman urea	0,12	0,21	0,06	-0,16	<b>1,00</b>				
Plasman asetoasetatti	0,33	0,17	<b>0,38</b>	<b>-0,60</b>	0,06	<b>1,00</b>			
Plasman BHBA	0,13	<b>0,38</b>	<b>0,39</b>	<b>-0,61</b>	0,06	<b>0,91</b>	<b>1,00</b>		
Elopainon muutos	-0,30	0,15	<b>-0,47</b>	0,06	0,09	-0,14	-0,05	<b>1,00</b>	
EKM kg	<b>0,37</b>	-0,15	<b>0,44</b>	<b>-0,43</b>	0,37	0,37	0,33	-0,34	<b>1,00</b>

P < 0,10 lihavoituna

Veriarvot laktaatiiviikkojen 1 ja 4 keskiarvoja ja EKM kg ensimmäisen laktaatiokuukauden keskiarvo

## 5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Valkuaisen saannin lisääntyminen (väkirehussa raakavalkuaista 119 g/kg ka vs 154 g/kg ka vs 191 g/kg ka) paransi heruvan lehmän maitotuotosta, mutta tuotosvaste pieneni valkuaisen saannin lisääntyessä. Valkuaisen saannin lisääntyminen nosti myös valkuaisuutosta. Valkuaistuotoksissa tuotosvasteen putoaminen oli voimakkaampaa kuin maitotuotoksissa. Energiakorjattuun maitotuotokseen ei valkuaisen saannin lisääntymisellä ollut yhtä huomattavaa vaikutusta, sillä maidon rasva- ja valkuaispitoisuudet pääsääntöisesti laskivat maitotuotoksen noustessa. Säilörehunsyöinti ja kuiva-aineen kokonaissyöinti ei ollut riippuvainen valkuaisen saannista. Myöskään dieetin sulavuuteen ei väkirehun valkuaispitoisuuden lisääntyminen vaikuttanut raakavalkuaisen sulavuuden näennäistä parantumista lukuunottamatta. Näin ollen maitotuotoksen lisääntyminen oli parantuneen aminohapposaannin ansiota.

Dieetin valkuaispitoisuuden lisääntymisen vaikutus kudosvarastojen käyttöön herumiskauden aikana oli vähäinen. Korkeatuottoinen lehmä saavuttaa joka tapauksessa nopeasti kudosten käyttöönoton fysiologisen rajan. Maitotuotoksen nousu valkuaisen määrää nostettaessa lisäsi kuitenkin plasman NEFA-pitoisuuksien perusteella kudusrasvan käyttöönottoa tutkimuksen alussa. Lisääntynyt maitotuotos korreloi positiivisesti anestruskauden pituuteen.

Dieetin valkuaispitoisuutta ei tule nostaa liikaa, sillä ylimääräinen pötsihajoava valkuainen imeytyy pötsistä ammoniakkinä ja lisää energian tarvetta tyypellisten yhdisteiden eritykseen. Rungas valkuaisen saanti nostaa myös maidon ja veren ureapitoisuutta. Tämän tutkimuksen perusteella heruvan lehmän valkuaisen saantia voi lisätä nostamalla väkirehun rypsirouhepitoisuuden jopa 30 %:iin ilman maidon ureapitoisuuden nousua huomattavasti yli suositusarvojen.



## Lähteet

ANDERSSON, L. & EMANUELSSON, U. 1985. An epidemiological study of hyperketonaemia in Swedish dairy cows: determinants and the relation to fertility. *Preventive Veterinary Medicine* 3: 449 - 462.

BAILE, C.A. & DELLA-FERA, M.A. 1988. Physiology of control of food intake and regulation of energy balance in cows. In: Garnsworthy, P.C. (ed.). *Nutrition and lactation in the dairy cow*. Butterworths, London. pp. 251-261.

BARKER, S.P. & SUMMERSON, W.H. 1941. The colorimetric determination of lactic acids in biological material. *Journal of Biological Chemistry* 138: 537-554.

BAUMAN, D.E. & CURRIE, W.B. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of Dairy Science* 63: 1514-1529.

BELL, A. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science* 73: 2804-2819.

BENNINK, M.R., MELLENBERGER, R.W., FROBISH, R.A. & BAUMAN, D.E. 1972. Glucose oxidation and entry rate as affected by the initiation of lactation. *Journal of Dairy Science* 55: 712-713.

BERTILSSON, J., GONDA, H.L. & LINDBERG, J.E. 1994. Effects of level and degradability of rapeseed meal in rations for dairy cows. 1. Animal performance. *Acta Agricultural Scandinavica, Section A, Animal Science*, 44: 222-229.

BOTTS, R.L., HEMKEN, R.W. & BULL, L.S. 1978. Protein reserves in the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science* 62: 433-440.

BROCKMAN, R.P. 1986. Pancreatic and adrenal hormonal regulation of metabolism. In: Milligan, L.P., Grovum, W.L. & Dobson, A. (eds.). Control of digestion and metabolism in ruminants. Englewood Cliffs, N.J. pp. 405-419.

BRUCKENTAL, I., DRODI, D., KAIM, M., LEHRER, H. & FOLMAN, Y. 1989. Effects of source and level of protein on milk yield and reproductive performance of high-producing primiparous and multiparous dairy cows. *Animal Production* 48: 319-329.

BUTLER, W.R., CALAMAN, J.J. & BEAM, S.W. 1995. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science* 74: 858-865.

CHAMBERLAIN, D.G., MARTIN, P.A. & ROBERTSON, S. 1989. Optimizing compound feed use in dairy cows with high intakes of silage. In: Haresign, W. & Cole, D.J.A. (eds.). Recent advances in animal nutrition 1989. Butterworths, London. pp. 175-193. 298 p.

- & THOMAS, P.C. 1982. Effects of intravenous supplements of l-methionine on milk yield and composition in cows given silage-cereal diets. *Journal of Dairy Research* 49: 25-28.

EDELSTEN, D. 1988. Composition of milk. In: Cross, H.R. & Overby, A.J. (eds.). Meat science, milk science and technology (World Animal Science B3). Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. pp. 175-199. 457 p.

FERGUSON, J.D. 1996. Diet, production and reproduction in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 59: 173-184.

- & CHALUPA, W. 1989. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 72: 746-766.

FLATT, W.P. 1966. Energy metabolism results with lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 49: 230-237.

GARNSWORTHY, P.C. 1988. The effect of energy reserves at calving on performance of dairy cows. In: Garnsworthy, P.C. (ed.). Nutrition and lactation in the dairy cow. Butterworths, London. pp. 157-170.

- & JONES, G.P. 1987. The influence of body condition at calving and dietary protein supply on voluntary food intake and performance in dairy cows. *Animal Production* 44: 347-353.

GOERING, H.K. & VAN SOEST, P.J. 1970. Forage fibre analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). USDA Agricultural Handbook, No. 379, Washington DC, 20 p.

GONDA, H.L., LINDBERG, J.E. & BERTILSSON, J. 1995. Effect of level and degradability of rapeseed meal in rations for dairy cows. 2. Diet digestibility, dietary nitrogen partition and urinary purine derivatives excretion. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science*, 45: 36-44.

GORDON, F.J. 1980. The effect of silage type on the performance of lactating cows and the response to high levels of protein supplement. *Animal Production* 30: 29-37.

GRIEVE, D.G., MacLEOD, G.K. & STONE, J.B. 1974. Effect of diet protein percent for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 57: 633.

GUSTAFSSON, A.H. 1993. Acetone and urea concentrations in milk as indicators of the nutritional status and the composition of the diets of dairy cows. Dissertation. Report 222. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Animal Nutrition and Management, Uppsala. Sweden. pp. 1-48.

-, EMANUELSON, M., OLTNER, R. & WIKTORSSON, H. 1987. The milk urea concentration, its variation and influence of herd, milk yield, lactation stage, season and feeding. Report No. 165, Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. 31 p.

GUTMANN, I. & BERGMAYER, H.U. 1974. Determination of urea with glutamate dehydrogenase as indicator enzyme. In: Bergmeyer, H.U. (ed.) *Methods of Enzymatic Analysis*. 2nd English ed. vol.4. Academic Press, New York, pp. 1794-1798.

HARRIS, B. Jr. 1996. Using milk urea nitrogen and blood urea values as management tools. In: Lyons, T.P. & Jacques, K.A. (eds.). *Biotechnology In The Feed Industry*. Nottingham University Press, England. pp. 75-82.

HIBBIT, K.G. 1988. Effect of protein on the health of dairy cows. In: Haresign, W. & Cole, D.J.A. *Recent developments in ruminant nutrition 2*. Butterworths, London. pp. 184-195. 387 p.

HUHTANEN, P. 1992. The effects of barley vs barley fibre with or without distiller's solubles on site and extent of nutrient digestion in cattle fed grass silage based diet. *Animal Feed Science and Technology* 36: 319-337.

- 1993. The effects of concentrate energy source and protein content on milk production in cows given grass silage ad libitum. *Grass and Forage Science* 48: 347-355.

- 1995. Maidon rasvapitoisuuteen vaikuttavat ruokintafysiologiset tekijät ja mahdollisuudet pienentää rasvapitoisuutta ruokinnallisoin keinoin. *Kotieläintieteen päivät 1995*. Maaseutokeskuksen julkaisuja no. 888. Helsinki. ss. 51-63.

- 1998a. Lypsylehmän valkuaisruokinnan yksinkertaistaminen. *Kotieläintieteen päivät 1998*. Maaseutokeskuksen julkaisuja no. 924. Helsinki. ss. 197-201.

- 1998b. 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.

- & HEIKKILÄ, T. 1996. Effects of physical treatment of barley and rapeseed meal in dairy cows given grass silage-based diets. *Agricultural and Food Science in Finland* 5: 399-412.

-, JAAKKOLA, S. & SAARISALO, E. 1995. The effects of concentrate energy source on the milk production of dairy cows given grass silage-based diet. *Animal Science* 60: 31-40.

- & MIETTINEN, H. 1992. Milk production and concentrations of blood metabolites as influenced by the level of wet distiller's solubles in dairy cows receiving grass silage-based diet. *Agricultural Science in Finland* 1: 279-290.

HUIDA, L. 1973. Haihtuvien rasvahappojen kvantitatiivinen määrittäminen pötsinesteestä ja säilörehusta kaasunestekromatografisesti. *Journal of Agricultural Society of Finland* 45: 483-488.

-, 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.

JAAKKOLA, S. 1995. Typen hyväksikäyttö ja sen tehostaminen nautakarjalla. *Kotieläintieteen päivät 1995. Maaseutokeskuksen julkaisuja no. 888. Helsinki. ss. 11-19.*

JONES, G.P. & GARNSWORTHY, P.C. 1988. The effects of body condition at calving and dietary protein content on dry-matter intake and performance in lactating dairy cows given diets of low energy content. *Animal Production* 47: 321-333.

JOURNET, M. & REMOND, B. 1981. Response of dairy cows to protein level in early lactation. *Livestock Production Science* 8: 21-35.

- & HAGEMASTER, H. 1987. Composition of milk. In: Gravert, H.O. (ed.). *Dairy-cattle production (World Animal Science, C3)*. Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam. pp.107-171. 309 p.

KOMARAGIRI, M.V.S. & ERDMAN, R.A. 1997. Factors affecting body tissue mobilisation in early lactation dairy cows. 1. Effect of dietary protein on mobilization of body fat and protein. *Journal of Dairy Science* 80: 929-937.

KORHONEN, M., VANHATALO, A., VARVIKKO, T. & HUHTANEN, P. 1998. Histidiinin annostustason vaikutus maidontuotantoon ja plasman aminohappoihin nurmisäilörehu-  
viljaruokinnassa. *Kotieläintieteen päivät 1998. Maaseutokeskuksen julkaisuja no. 924. Helsinki. ss. 189-192.*

LAITINEN, J. 1982. Rasvattoman ja kokomaidon progesteronin radioimmunologisten määritysmenetelmien arviointi. Suomen eläinlääkärilehti 88: 501-505.

LEES, J.A., OLDHAM, J.D., HARESIGN, W. & GARNSWORTHY, P.C. 1990. The effect of patterns of rumen fermentation on the response by dairy cows to dietary protein concentration. British Journal of Nutrition 63: 177-186.

LENDE van der, T. 1997. Physiological aspects of reproduction and fertility in dairy cows. Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle. Workshop on Fertility and Reproduction. Grub, Germany, November 23 - 25, 1997.

LIDSAY, D.B. & PETHICK, D.W. 1983. Adaptation of metabolism to various conditions: Metabolic disorders. In: Riis, P.M. (ed.). Dynamic biochemistry of animal production (World Animal Science A3). Elsevier Science Publishers B.V., The Netherlands, pp. 431-480.

LINZELL, J.L. 1972. Mechanism of secretion of aqueous phase of milk. Journal of Dairy Science 55: 1316-1322.

MacRAE, J.C., BUTTERY, P.J. & BEEVER, D.E. 1988. Nutrient interactions in the dairy cow. In: Garnsworthy, P.C. (ed.). Nutrition and lactation in the dairy cow. Butterworths, London. pp. 55-75. 429 p.

MADSEN, A. 1983. The molecular basis of animal production. In: Riis, P.M. (ed.). Dynamic biochemistry of animal production (World Animal Science A3). Elsevier Science Publishers B.V., The Netherlands, pp. 9-73.

McCUTCHEON, S.N. & BAUMAN, D.E. 1986. Effect of chronic growth hormone treatment on responses to epinephrine and thyrotropin releasing hormone in lactating cow. Journal of Dairy Science 69: 44-51.

McDONALD, P., EDWARDS, R.A., GREENHALGH, J.F.D. & MORGAN, C.A. 1995. Animal Nutrition. Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd, Singapore. 607 p.

McGULLOUGH, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clinical Chemistry Acta* 17: 297-309.

MEPHAM, T.B. 1982. Amino acid utilization by lactating mammary gland. *Journal of Dairy Science* 65: 287-298.

MIETTINEN, H. & HUHTANEN, P. 1995. Typen hyväksikäyttö maitorauhasen metaboliassa. *Kotieläintieteen päivät 1995. Maaseutokeskuksen julkaisuja no 888. Helsinki. ss. 26-29.*

MURPHY, J.J. & O'MARA, F. 1993. Nutritional manipulation of milk protein concentration and its impact on the dairy industry. *Livestock Production Science* 35: 117-134.

OLDHAM, J.D. 1984. Protein-energy interrelationships in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 67: 1090-1114.

- & EMMANS, G.C. 1988. Prediction of responses to protein and energy yielding nutrients. In: Garnsworthy, P.C. (ed.). *Nutrition and lactation in the dairy cow*. Butterworths, London. pp. 76-96. 429 p.

ØRSKOV, E.R., REID, G.W. & TAIT, C.A.G. 1987. Effect of fish meal on the mobilization of body energy in dairy cows. *Animal Production* 45: 345-348.

PORTER, M.G., PATTERSON, D.C., STEEN, R.W.J. & GORDON, F.J. 1984. Determination of dry matter and gross energy of grass silage. Seventh silage conference held at the Queens university of Belfast 4 - 6 September 1984, *Silage production & utilization*.

RAJAMÄKI, S. & RAURAMAA, A. 1984. The automated determination of urea in milk. *Finnish Chemical Letters* 2: 47-48.

- & - 1985. The determination of acetoacetate and 3-hydroxybutyrate in milk. *Finnish Journal of Dairy Science* 43: 9.

REEVE, A., BAKER, R.D. & HODSON, R.G. 1986. The response on January/February calving British Friesian cows to level of protein supplementation. *Animal Production* 42: 435.

RIIS, P.M. 1983. Adaptation of metabolism to various conditions: Nutritional and other environmental conditions. In: P.M. Riis (ed.). *Dynamic biochemistry of animal production* (World Animal Science A3). Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. pp. 319-357.

ROOKE, J.A. & ARMSTRONG, D.G. 1987. The digestion by cattle of silage and barley diets containing increasing quantities of fish meal. *Journal of Agricultural Science* 109: 261-272.

ROWLAND, S.J. 1938. The precipitation of the proteins in milk. I. Casein. II. Total protein. III. Globulin. IV. Albumin and proteose-peptone. *Journal of Dairy Research* 9: 30-41.

SALO, M.-L. 1965. Determination of carbohydrate fractions in animal foods and faeces. *Acta Agraria Fennica* 105: 1-102.

SATTER, L.D. & ROFFLER, R.E. 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 58: 1219-1236.

SHINGFIELD, K.J., JAAKKOLA, S., HUHTANEN, P., PAHKALA, E., LEHDONKIVI, T., SALO-VÄÄNÄNEN, P. & PIIRONEN, V. 1998. Keskeisten alkutuotantotekijöiden ja prosessoinnin vaikutus maidon laatuun. Maidon uudet sovellukset -ohjelman tutkimushankkeiden tiivistelmät. Kotieläintieteen päivät 26.-27.5.1998, Helsinki. ss. 3-5.

SOMOGYI, M. 1945. A new reagent for the determination of sugars. *Journal of Biological Chemistry* 160: 61-63.

SUTTON, J.D., ASTON, K., BEEVERT, D.E. & DHANOA, M.S. 1996. Milk production from grass silage diets: effects of high-protein concentrates for lactating heifers and cows on intake, milk production and milk nitrogen fractions. *Animal Science* 62: 207 - 215.

TAMMINGA, S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *Journal of Dairy Science* 75: 345-357.



THOMAS, C. & RAE, R.C. 1988. Concentrate supplementation of silage for dairy cows. In: Garnsworthy, P.C. (ed.). Nutrition and lactation in the dairy cow. Butterworths, London. pp. 327-354. 429 p.

THOMAS, P.C. & MARTIN, P.A. 1988. The influence of nutrient balance on milk yield and composition. In: Garnsworthy, P.C. (ed.). Nutrition and lactation in the dairy cow. Butterworths, London. pp. 97-118. 429 p.

THOMSEN, K.V. 1972. Foderstofanalysen. Ugeskrift. Agriculture and Horticulture 16: 316-323.

TILLEY, J.M.A. & TERRY, R.A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Journal of British Grassland society 18: 104-111.

TOIVONEN, M., LINDEBERG, H., HUTTUNEN, S. & SEPPÄ M. 1997. Milk progesterone profiles and estrus behaviour of dairy cows housed in tied stall. 48th Annual Meeting of the EAAP. Wien, August 25 - 28, 1997.

TRINDER, P. 1969. Determination of glucose in blood using glucoseoxidase with an alternative oxygen acceptor. Annals of Clinical Biochemistry 6: 24 - 27.

TUORI, M. 1992. Rapeseed meal as a supplementary protein for dairy cows on grass silage-based diet, with the emphasis on the nordic AAT-PBV fed protein evaluation system. Agricultural Science in Finland 1,4: 367-439. Dissertation.

-, KAUSTELL, K., VALAJA, J., AIMONEN, E., SAARISALO, E. & HUHTANEN, P. 1995. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Yliopistopaino, Helsinki. 99 p.

TYÖPPÖNEN, J. & KAUPPINEN, K. 1980. The stability and automatic determination of ketone bodies in blood samples taken in field conditions. Acta Veterinaria Scandinavica 21: 55-61.

VANHATALO, A., HUHTANEN, P. & VARVIKKO, T. 1998. Kaseiini, glukoosi, propionihappo ja tärkkelys glukoosin lähteinä nurmisäilörehuun perustuvassa maidontuotannossa. Kotieläintieteen päivät 1998. Maaseutokeskuksen julkaisuja no 924. Helsinki. ss. 183-187.

VAN KEULEN, J. & YOUNG, B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science* 44: 282-287.

VARVIKKO, T., JAAKKOLA, S., RINNE, M. & HUHTANEN, P. 1995. Rypsirouheen ja lämpökosteuskäsitellyn rypsipuristeen valkuaisarvo maidontuotannossa säilörehuruokinnalla. Kotieläintieteen päivät 1995. Maaseutokeskuksen julkaisuja no 888. Helsinki. ss. 35-40.

WEICHSELBAUM, T.E. 1946. An accurate and rapid method for the determination of proteins in small amounts of blood serum and plasma. *American Journal of Clinical Pathology* 16: 40 - 49.

WHEELOCK, J.V. & ROOK, J.A.F. 1966. Lactose in the blood and urine of cows. *Journal of Dairy Research* 43: 411-418.

WOHLT, J.E. & CLARK, J.H. 1978. Nutritional value of urea versus preformed protein for ruminants. I. Lactation of dairy cows fed corn based diets containing supplemental nitrogen from urea and/or soybean meal. *Journal of Dairy Science* 61: 902-915.

## Liite 1

### Tunnu-Melli -kivennäisrehun koostumus

Kalsium (Ca), g/kg 77

Fosfori (P), g/kg 64

Magnesium (Mg), g/kg 29

Natrium (Na), g/kg 35

A-vitamiini, ky/kg 150000

D<sub>3</sub>-vitamiini, ky/kg 30000

E-vitamiini, mg/kg 450

Niasiini, mg/kg 3000

Kupari (Cu), mg/kg 450

Seleeni (Se), mg/kg 10