

Rypsi soijaa parempi lypsylehmien valkuaislähdennys myös apilapitoista säilörehua syötettäessä

Marketta Rinne¹⁾, Kaisa Kuoppala¹⁾, Seppo Ahvenjärvi¹⁾ ja Aila Vanhatalo²⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kotieläintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²⁾Kotieläintieteen laitos, MMTDK, 00014 Helsingin yliopisto, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

Tiivistelmä

Suurin osa lypsylehmien valkuaislähdennystä selvittävistä tutkimuksista on suoritettu nurmiheinäkasveista tehtyyn säilörehuun perustuvia ruokintoja käyttäen. Puna-apilapitoisen säilörehun käyttäminen on kuitenkin tyypillistä luomutuotannossa. Puna-apilan typpiomavaraisuus, myöhäisempi kehitysrytmi ja lehmien kyky syödä sitä runsaasti ovat ominaisuuksia, jotka puoltavat sen käyttöä myös tavanomaisessa viljelyssä. Tässä tutkimuksessa selvitettiin valkuaislähteen (rypsi- tai soijapuriste) ja valkuaisrehun määrän vaikutusta lypsylehmien ravintoaineiden saantiin ja maidontuotantoon fysiologisessa kokeessa, kun säilörehusta puolet oli puna-apilaa.

Valkuaisrehuannoksen suurentaminen lisäsi lehmien kuiva-aineen, rehuyksiköiden ja ohutsuoletta imeytyvän valkuaisen saantia sekä maidontuotantoa (taulukko). Lypsylehmien maidontuotantovasteet olivat samaa luokkaa kuin aikaisemmissa kotimaisissa kokeissa, joissa oli käytetty nurmiheinäkasveista tehtyä säilörehua. Rypsipuriste osoittautui myös tässä kokeessa soijapuristetta paremmaksi valkuaislähdennykseksi, kun maitotuotostavaste laskettiin valkuaisrehukiloja tai rehun raakavalkuasta kohti. Kokeessa käytettiin kohtuullisen runsaita valkuaisrehuannoksia. Maitotuotostavasteet olivat suurempia ensimmäisen kuin toisen lisäysmäärän jälkeen erityisesti rypsipuristetta käytettäessä, vaikka käyräviivainen vaikutus ei tilastollisessa analyysissä tullut merkitseväksi. Typen hyväksikäyttö maidontuotannossa huononi valkuaisrehuannosta lisättäessä ja oli soijapuristetta käytettäessä huonompi kuin rypsipuristeella. Ravinteiden hyväksikäyttö maidontuotannossa ei kuitenkaan vaikuta suoraan karjatilan taloudelliseen tulokseen, joten valkuaisrehun taloudellinen käyttömäärä riippuu pääasiassa maidon ja rehujen keskinäisistä hinnoista.

Asiasanat: Nurmipalkokasvi, puna-apila, rypsipuriste, soijapuriste, valkuaisrehu, aminohappo, luumu, maidontuotanto

Valkuaismäärä	Kontrolli		Rypsipuriste		Soijapuriste		SEM	Tilastollinen merkitsevyys ¹⁾			
	0		1	2	1	2		RvsS	Lin	Quad	1*L
Rehujen syönti ja ravintoaineiden saanti päivässä											
Kuiva-aine (KA; kg)	19.6		21.4	21.7	20.3	20.7	0.45	*	*		
Säilörehu (kg KA)	12.7		13.3	13.6	12.3	13.0	0.38	o			
Valk.rehu (kg KA)	0		1.78	3.34	1.34	2.51	---				
Raakavalk. (kg)	2.89		3.62	4.15	3.47	4.07	0.064		***		
Rehuyksiköt (RY)	18.9		20.7	20.9	19.9	20.4	0.47		*		
OIV (g)	1766		2062	2210	1921	2045	42.5	**	***		*
PVT (g)	-35		248	575	322	740	19.5	***	***		***
Maidontuotanto											
Maito (kg/pv)	32.7		35.3	35.8	33.7	34.1	0.91		o		*
Rasva (g/kg)	37.6		37.7	38.2	38.0	37.0	1.59				
Valkuainen (g/kg)	29.8		30.9	30.7	29.5	30.4	0.48				
Urea (mg/100 ml)	18.1		25.8	29.9	26.1	34.0	1.91		***		
Koko rehuannoksen sulavuus lehmillä kokonaiskeruulla määritettynä (g/kg)											
Orgaaninen aine	710		708	712	727	733	4.6	**	o		*
Raakavalkuainen	618		642	672	663	704	7.6	**	***		*
Plasman aminohappojen pitoisuus (µmol/l)											
Haaraketjuiset	598		723	801	709	778	69.9		o		
Välttämättömät	974		1135	1247	1157	1163	93.5		o		
Ei-välttämättömät	1112		1107	1139	1165	974	34.4				**
Yhteensä	2087		2242	2385	2321	2137	124.6				

¹⁾Kontrastit: RvsS = rypsi- vs. soijapuriste, Lin = valkuaisrehun suoraviivainen vaikutus, Quad = valkuaisrehun käyräviivainen vaikutus, 1*L = Valkuaislähteen ja valkuaisrehun määrän lin. vaikutuksen yhdysvaikutus.

Johdanto

Suurin osa lypsylehmien valkuaisäydennystä selvittävistä tutkimuksista on suoritettu nurmiheinäkasveista tehtyyn säilörehuun perustuvia ruokintoja käyttäen. Puna-apilapitoisen säilörehun käyttäminen on kuitenkin tyypillistä luomutuotannossa. Puna-apilan tyypiomavaraisuus, myöhäisempi kehitysrytmi ja lehmien kyky syödä sitä runsaasti ovat ominaisuuksia, jotka puoltavat sen käyttöä myös tavanomaisessa viljelyssä. Tässä tutkimuksessa selvitettiin valkuaislähteen (rypsi- tai soijapuriste) ja valkuaisrehun määrän vaikutusta lypsylehmien ravintoaineiden saantiin ja maidontuotantoon fysiologisessa kokeessa, kun perusrehuna käytetystä säilörehusta puolet oli puna-apilaa. Aikaisemmissa kotimaisissa tutkimuksissa rypsirehujen maidontuotantovaikutus on ollut soijapohjaisia valkuaisrehuja parempi, kun perusrehuna on käytetty nurmiheinäkasveista tehtyä säilörehua (Vanhatalo ym. 2004). Tässä kokeessa käytettiin varsin suuria valkuaisrehuannoksia, koska monissa aikaisemmissa tutkimuksissa maidontuotanto on lisääntynyt suoraviivaisesti melko suuriakin valkuaisrehumääriä käytettäessä (Rinne ym. 1999).

Tutkimus kuului MMM:n osittain rahoittamaan luomututkimusohjelmaan, joten kokeessa käytettiin luomutuotannossa sallittuja puristusmenetelmällä valmistettuja valkuaisrehuja. Säilörehu sisälsi puolet puna-apilaa eli se vastasi luomutuotannossa tyypillisesti käytettävää karkearehua. Myös väkirehun osuus kuiva-aineen kokonaissyönnistä pidettiin luomusäännösten mukaisena.

Aineisto ja menetelmät

Kokeessa selvitettiin valkuaislähteen (rypsi- vs. soijapuriste) ja valkuaisrehun määrän vaikutusta lehmien ravintoaineiden saantiin, kun säilörehu sisälsi puolet puna-apilaa. Koerehuina käytettiin Mildola Oy:n valmistamia rypsipuristetta (Öpex®) ja soijapuristetta. Valkuaisrehuja annosteltiin lehmille siten, että ne saivat molemmista yhtä paljon raakavalkuaista (RV) päivässä tasoilla 1 ja 2. Koska rypsipuristeen valkuaispitoisuus oli pienempi kuin soijapuristeen, sen päiväannokset olivat suurempia. Päivittäiset rypsipuristeannokset olivat 2.0 ja 4.0 kg ja soijapuristeannokset 1.4 ja 2.9 kg. Lisäksi mukana oli kontrolliruokinta, johon ei perusväkirehuna käytetyn ohran ja kauran rakeistetun seoksen lisäksi lisätty lainkaan valkuaisrehua. Koeruokintoja oli siis yhteensä viisi. Väkirehun kokonaismäärä oli kaikissa koeruokintoissa 9 kg. Perusrehujen lisäksi lehmät saivat hivenainetäydennyksen ja suolaa (NaCl) 100 g/pv. Kivennäistäydennystä lehmille ei annettu lainkaan, koska kalsiumin, fosforin ja magnesiumin saanti rehuannoksesta kattoi lähes täysin eläinten tarpeen.

Koe järjestettiin epätäydellisen Latinalaisen neliön mukaan siten, että 21 päivän pituisia koejaksoja oli neljä. Kaikki lehmät söivät kokeen aikana samaa säilörehua. Säilörehu koostui puhtaasta puna-apilakasvustosta tehdystä säilörehusta ja timoteinurminatakasvustosta tehdystä säilörehusta, jotka sekoitettiin ennen ruokintaa seosrehuvaunulla siten, että kuiva-aineeksi laskettuna molempia rehuja oli yhtä paljon (1:1). Molemmat säilörehut oli korjattu MTT:n Jokioisten kartanoiden pelloilta nurmen ensimmäisestä sadosta. Puna-apilasäilörehu (lajike Jokioinen, toinen satovuosi) oli korjattu 22.7.2004 aumaan ja timoteinurminatasäilörehu (timoteilajike Tammisto II ja nurminatalajike Antti, toinen satovuosi) 15.6.2004 laakasiiloon tarkkuussilppurilla. Säilöntäaineena käytettiin AIV2 Plussaa apilalle 6.5 l/t ja timoteinurminadalle 5.0 l/t. Puna-apilanurmea ei lannoitettu lainkaan ja se vastasi 2. vuoden luomuun siirtymävaiheessa olevaa kasvustoa, mutta heinäkasvinurmi oli lannoitettu keväällä väkilannoitteella (370 kg Suomen salpietaria/ha eli 96 kg N/ha).

Koe suoritettiin Jokioisilla MTT Eläinravitsemuksen Koe-eläintalilla 22.10.2004-14.1.2005. Kokeessa oli viisi pysyvin pötsifistelein eli -avantein varustettua ja vähintään kaksi kertaa poikinutta ayrshirelehmää. Kokeen alkaessa lehmien poikimisesta oli kulunut 51 päivää (keskihajonta 12.6 päivää) ja niiden maitotuotos oli 39.2 kg (keskihajonta 4.20 kg). Lehmien paino keskimäärin kokeen aikana oli 654 kg (keskihajonta 62.9 kg). Jokaisen jakson ensimmäisten 14 päivän ajan lehmät saivat syödä säilörehua vapaasti. Viimeisen viikon ajaksi lehmien säilörehuannos rajoitettiin 95 prosenttiin vapaasta syönnistä, jotta päivittäiset vaihtelut syödyn rehun määrässä aiheuttaisivat mahdollisimman vähän vaihtelua mittaustuloksiin.

Pötsikäymistä selvitettiin jakson 14. päivänä ottamalla näytteitä pötsinesteestä ennen aamuruokintaa klo 6.00 ja sen jälkeen 6 kertaa 1.5 tunnin välein, jolloin koko ruokintaväli tuli katettua. Koeruokintojen kokonaissulavuus määritettiin sonnan kokonaiskeruun avulla. Kaikki sonna kerättiin talteen jakson viimeisten neljän vuorokauden ajan. Sonnan määrä punnittiin ja siitä otettiin edustavat näytteet analyysijä varten. Ravintoaineiden virtaus ohutsuoleen määritettiin satakertanäytteenottotekniikalla käyttäen kolmen merkkiaineen menetelmää. Merkkiaineina olivat Cr-EDTA (nesteosa), Yb

(pienet partikkelit) ja INDF (suuret partikkelit). Ruokasulanäytteitä otettiin satakerrasta näytteenotto-laitteella neljänä eri päivänä kolmasti päivässä siten, että koko ruokintaväli tuli tunneittain katettua. Jokaisen jakson viimeisenä päivänä lehmien häntäsuonesta otettiin verinäytteet ennen aamuruokintaa klo 6 sekä klo 9 ja 12. Yhdistetyistä plasmanäytteistä määritettiin mm. aminohappojen pitoisuudet.

Koerehuista otettiin keruukausten aikana päivittäin edustavat näytteet. Säilörehunäytteet analysoitiin jaksoittain, mutta viljaseoksen ja valkuaisrehujen jaksoittaiset näytteet yhdistettiin analyysijä varten. Rehu- ja muut näytteet analysoitiin MTT Eläinravitsemuksen vastuualueen laboratorioissa standardimenetelmin. Tulokset analysoitiin tilastollisesti SAS GLM -proseduurilla mallilla, jossa oli- vat mukana jakson, lehmän ja ruokinnan vaikutukset. Ruokinnan vaikutus jaettiin edelleen kontrastein valkuaislähteiden vertailuun, valkuaismäärän suoraviivaiseen ja toisen asteen käyräviivaiseen vaiku- tukseen sekä valkuaislähteen ja valkuaismäärän yhdysvaikutuksiin.

Taulukko 1. Rehujen koostumus, rehuarvot ja säilörehujen käymislaatu.

	Puna-apila- säilörehu	Timotei- nurminata- säilörehu	Säilö- rehuseos	Ohra- kaura	Rypsi- puriste	Soija- puriste
Kuiva-aine (KA; g/kg)	198	262	221	879	909	912
Kuiva-aineessa (g/kg KA)						
Tuhka	78	81	80	29	68	61
Raakavalkuainen	185	138	157	128	371	480
Raakarasva				43	94	76
Solunseinäkuitu (NDF)	492	513	498	363	371	288
Sulamaton kuitu (INDF)			101	73	133	1
Kivennäis- ja hivenainepitoisuus						
Kalsium			6.97	1.00	8.00	2.88
Magnesium			2.13	1.43	4.66	3.12
Fosfori			2.86	4.16	10.54	6.10
Rikki			2.12	1.63	6.39	3.91
Kalium			26.8	5.3	12.7	23.3
Natrium (mg/kg KA)			35	109	80	40
Rauta (mg/kg KA)			845	86	135	206
Kupari (mg/kg KA)			9	7	6	14
Sinkki (mg/kg KA)			30	38	61	50
Mangaani (mg/kg KA)			37	32	69	35
Rehuarvot ja sulavuus						
RY/kg KA	0.84	0.98	0.91	1.06	1.04	1.20
ME (MJ/kg KA)	9.9	11.5	10.7	12.4	12.2	14.0
OIV	84.6	86.7	85.7	97.8	160.7	157.1
PVT	39.0	-9.8	14.6	-31.6	126.4	236.2
Sellulaasiliukoisuus (g/kg)	719	814	768			
In vitro OAS ¹⁾ (g/kg)	669	783	726 ²⁾			
D-arvo	617	719	668 ²⁾			
Syönti-indeksi	91.7	106.1	98.9 ²⁾			
Säilörehujen säilönnällinen laatu						
pH	3.79	4.20	3.95			
Etikkahappo	11.5	15.2	14.4			
Propionihappo	0.05	0.07	0.07			
Isovoihappo	0	0	0			
Voihappo	0.25	0.41	0.27			
Isovaleriaanahappo	0.12	0.15	0.11			
Valeriaanahappo	0.01	0.01	0.01			
Kapronihappo	0.02	0.01	0			
Maitohappo	15.9	24.9	29.3			
Sokerit	94	152	108			
Ammonium-tyyppi (g/kg N)	47.7	54.1	52.9			
Liukoinen tyyppi (g/kg N)	297	642	455			
Etanoli	3.0	4.7	2.1			

¹⁾Orgaanisen aineen sulavuus

²⁾Laskettu alkuperäisten säilörehunäytteiden keskiarvona kasvilajikohtaisia korjausyhtälöitä käyttäen

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kokeessa syötetty säilörehuseos oli säilönnälliseltä laadultaan ja rehuarvoiltaan hyvää (Taulukko 1). Seos vastasi hyvin alkuperäisten rehujen koostumusten keskiarvoa. Alkuperäisten rehujen korjuuajassa oli noin 5 viikon ero, vaikka molemmat rehut oli tehty nurmen ensimmäisestä sadosta. Timoteinurminadan D-arvo oli korkea ja RV-pitoisuus matalahko, kun taas apilasäilörehun D-arvo oli matala ja RV-pitoisuus korkeahko. Rypsipuriste sisälsi vähemmän RV:ta ja hieman enemmän raakarasvaa kuin soijapuriste. Koska rypsipuristeen valkuaisen hajoavuus on pienempi kuin soijapuristeen (MTT 2004), molempien valkuaisrehujen OIV-pitoisuudet olivat samaa luokkaa. Rehujen aminohappokoostumus on esitetty taulukossa 2. Aminotyper osuus rehujen kokonaistypestä oli säilörehuseoksessa 0.84, ohra-kaurassa 1.02, rypsipuristeessa 0.93 ja soijapuristeessa 1.02.

Vaikka kokeessa käytetty väkirehumäärä oli kohtuullinen, väkirehun syönnissä kokeen aikana oli vaihtelua, joka ei kuitenkaan näyttänyt liittyvän tiettyyn ruokintaan. Valkuaisrehut lisäsivät lehmien kuiva-aineen syöntiä sekä RV:n, ME:n ja OIV:n saantia ja vaikutus oli rypsipuristetta syötettäessä suurempi kuin soijalla (Taulukko 3). Valkuaislisä paransi myös dieetin orgaanisen aineen, RV:n ja kuidun sulavuutta ja soijapuristetta sisältävien ruokintojen sulavuudet olivat korkeampia kuin rypsi-ruokintojen. Vaikutukset rehujen syöntiin ja sulavuuteen olivat yhdenmukaisia aikaisempien kokeiden kanssa (mm. Rinne ym. 1999, Vanhatalo ym. 2004). Lucasin yhtälöllä laskettu rypsipuristeen todellinen sulavuus oli 848 ja soijapuristeen 955 g/kg. Rypsivalkuaisen sulavuus on tyypillisesti ollut pienempi kuin soijan, mutta tässä kokeessa ero oli pienempi kuin Vanhatalon ym. (2004) kokeessa, jossa rypsipuristeen lisävalkuaisen todellinen sulavuus oli 810 ja soijarouheen 1000 g/kg.

Koeruokinnat eivät vaikuttaneet pötsikäymiseen merkitsevästi pötsin ammoniakkipitoisuutta lukuun ottamatta, joka suureni valkuaislisän myötä (tuloksia ei esitetty). Kokonaistyper virtaus satakertaan lisääntyi lineaarisesti valkuaisrehuja lisättäessä (Taulukko 3), mutta ei-ammoniakki-typern, mikrobitypern ja aminohappojen virtauksen tulokset eivät vielä ole käytettävissä.

Valkuaisrehuannoksen suurentaminen pienensi plasman vapaiden rasvahappojen (NEFA) ja suurensi plasman urean pitoisuutta (Taulukko 4). Histidiini on aikaisemmissa tutkimuksissa todettu ensimmäiseksi maidontuotantoa rajoittavaksi aminohapoksi tyypillisillä suomalaisilla heinäkasvisäilörehuihin ja rehuviljaan perustuvilla ruokinnoilla (Vanhatalo ym. 1999). Tässä kokeessa kontrolliruokinnalla plasman histidiinipitoisuus oli 34.9 $\mu\text{mol/l}$, mikä on jonkin verran korkeampi kuin aikaisemmissa kotimaisissa heinäkasvisäilörehukokeissa keskimäärin (24 $\mu\text{mol/l}$, $n=13$; ks. Vanhatalo ym. 2002). Aminohappojen saanti perusruokinnasta on kuitenkin pelkästään nurmiheinäkasvisäilörehuihin perustuvissakin ruokinnoissa ollut varsin vaihtelevaa (vaihteluväli 12-42 $\mu\text{mol/l}$).

Valkuaisrehuannoksen suurentaminen lisäsi plasman histidiinin, leusiinin, fenyylialaniinin, valiinin ja proliinin pitoisuuksia, mutta glutamaatin ja glysiinin pitoisuudet pienenevät. Pienentyneet NEFA- ja glysiinipitoisuudet viittaavat pienentyneeseen kudosvarastojen mobilisaatioon valkuaisrehuannosta lisättäessä. Yhteenlaskettujen haaraketjuisten ja välttämättömien aminohappojen pitoisuudet plasmassa näyttivät lisääntyvän valkuaisrehuannosta lisättäessä. Valkuaisrehujen väliset erot plasman aminohappopitoisuuksissa olivat vähäisiä hieman suurempaa rypsi-ruokintojen metioniini- ja treoniinipitoisuutta lukuun ottamatta. Ylipäätään plasman metioniinipitoisuus oli tässä kokeessa matalahko ja korkeimmalla soijapuristetetasolla erityisen pieni.

Valkuaisrehujen lisääntynyt saanti suurensi lehmien maitotuotosta (Taulukko 5). Vaikutukset maidon koostumukseen olivat vähäisiä maidon ureapitoisuutta lukuun ottamatta, joka lisääntyi valkuaisrehumäärän myötä. Rypsipuristetta saaneiden lehmien maidon valkuaispitoisuus oli hieman korkeampi kuin soijapuristetta saaneiden ($P=0.1$).

Maidontuotantovasteet olivat rypsipuristetta syötettäessä suurempia kuin soijapuristeruokinnoilla. Vasteet olivat suurempia ensimmäisen kuin toisen lisäsmäärän jälkeen erityisesti rypsipuristetta käytettäessä, vaikka toisen asteen vaikutus ei tilastollisessa analyysissä tullut merkitseväksi. Energiakorjatun maidon tuotos lisääntyi valkuaisrehun kuiva-ainekiloa kohti rypsipuristeen tasoilla 1 ja 2 keskimäärin 1.63 ja 1.02 kg/pv ja soijapuristeruokinnoilla 0.82 ja 0.52 kg/pv. Samat vasteet maitovalkuaisen päivittäisessä tuotannossa olivat rypsitasoilla 1 ja 2 keskimäärin 67 ja 37 g ja soijatasoilla 1 ja 2 puolestaan 17 ja 26 g.

Kokkosen (2005) kirjallisuusyhteenvedon mukaan dieetin raakavalkuaispitoisuuden nostaminen rypsi-ruuilla lisäsi grammaa kohti laskettuna maitotuotosta kaksi kertaa enemmän kuin soijapohjaisia rehuja käytettäessä (0.091 vs. 0.046 kg / 1 g lisäys dieetin RV-pitoisuudessa). Tässä kokeessa rypsipuriste oli suhteellisesti vielä parempi, sillä maitotuotostavasteet dieetin RV-pitoisuuden lisäänty-

Taulukko 2. Aminohappojen pitoisuus (g/100 g raakavalkuaista) rehuissa.

	Säilörehuseos ¹⁾	Ohrakaura	Rypsipuriste	Soijapuriste
Arginiini	4.55	7.18	6.02	7.80
Histidiini	2.04	2.58	2.83	2.83
Isoleusiini	4.12	3.93	4.36	4.84
Leusiini	7.25	7.52	7.88	8.15
Lysiini	4.80	4.09	4.71	6.05
Metioniini	1.72	1.69	2.18	1.15
Fenyylialaniini	4.69	5.48	4.09	6.01
Treoniini	4.65	3.91	5.18	4.01
Valiini	5.70	5.53	5.35	5.07
Alaniini	6.13	4.42	4.33	4.37
Asparagiinihappo	10.08	7.85	8.87	12.17
Kystiini	0.62	3.17	2.16	1.21
Glutamiinihappo	10.4	22.8	16.4	19.6
Glysiini	4.90	4.55	4.94	4.24
Prolini	4.66	8.29	5.76	5.59
Seriini	4.73	4.92	4.20	5.05
Tyrosiini	3.24	3.77	3.35	4.23
Haaraketjuiset ²⁾	17.1	17.0	17.6	18.1
Välttämättömät ³⁾	39.5	41.9	42.6	45.9
Ei-välttämättömät ⁴⁾	44.8	59.8	50.0	56.4
Yhteensä ⁵⁾ (g/kg KA)	133	130	344	491

¹⁾Kuiva-aineesta puolet puna-apila- ja puolet timoteinurminatasäilörehua

²⁾Valiini, isoleusiini ja leusiini

³⁾Arginiini, histidiini, isoleusiini, leusiini, lysini, metioniini, fenyylialaniini, treoniini ja valiini

⁴⁾Alaniini, asparagiinihappo, kystiini, glutamiinihappo, glysiini, proliini, seriini ja tyrosiini

⁵⁾Välttämättömät + ei-välttämättömät

Taulukko 3. Valkuaislähteen (rypsi- tai soijapuriste) ja valkuaisrehun määrän vaikutus lypsylehmien syöntiin, ravintoaineiden saantiin ja sulavuuteen, kun säilörehu sisälsi puolet puna-apilaa.

Valkuaistaso	Kontrolli	Rypsipuriste		Soijapuriste		SEM	Tilastollinen merkitsevyys ¹⁾			
	0	1	2	1	2		RvsS	Lin	Quad	1*L
Rehujen syönti (kg kuiva-ainetta/pv)										
Yhteensä	19.6	21.4	21.7	20.3	20.7	0.45	*	*		
Säilörehu	12.7	13.3	13.6	12.3	13.0	0.38	o			
Vilja+valkuaisrehu	6.89	7.96	7.42	7.80	7.24	---				
Valkuaisrehu	0	1.78	3.34	1.34	2.51	---				
Ravintoaineiden saanti (kg/pv)										
Orgaaninen aine	18.4	20.1	20.2	19.0	19.3	0.43	o	*		
Raakavalkuainen	2.89	3.62	4.15	3.47	4.07	0.064		***		
Solunseinäkuitu	8.85	9.60	9.75	8.89	9.02	0.192	**	o		*
ME (MJ)	221.5	242.6	244.9	232.3	239.1	5.44		*		
Rehuyksiköt (RY)	18.9	20.7	20.9	19.9	20.4	0.47		*		
OIV (g)	1766	2062	2210	1921	2045	42.5	**	***		*
PVT (g)	-35	248	575	322	740	19.5	***	***		***
Fosfori (g)	65.3	85.0	98.3	71.3	75.1	1.74	***	***		***
Kalsium (g)	96.2	115.1	131.1	96.9	104.2	2.54	***	***		***
Magnesium (g)	37.1	46.5	53.5	40.1	43.7	0.79	***	***		***
Sulavuus (g/kg)										
Orgaaninen aine	710	708	712	727	733	4.6	**	o		*
Raakavalkuainen	618	642	672	663	704	7.6	**	***		*
Solunseinäkuitu	627	627	645	646	669	8.7	*	*		o
Fosfori	407	391	379	407	427	20.8				
Kalsium	335	342	324	339	359	21.7				
Magnesium	237	194	200	236	221	21.0				
N satakertaan, g/d	549	625	662	617	631	17.6		**		

¹⁾Kontrastit: RvsS = rypsi- ja soijapuristeen vertailu, Lin = valkuaisrehun määrän suoraviivainen vaikutus, Quad = valkuaisrehun määrän käyräviivainen vaikutus, 1*L = Valkuaislähteen ja valkuaisrehun määrän suoraviivaisen vaikutuksen yhdysvaikutus.

miseen rypsipuristeiden käyttömäärillä 1 ja 2 olivat 0.110 ja 0.064 kg, kun vastaavat luvut soijapuriste-ruokinnoilla olivat 0.038 ja 0.025 kg. OIV:n hyväksikäytössä rypsi- ja soijapuristeiden välillä ei kuitenkaan ollut merkitsevää eroa (Taulukko 5), mikä tukee vuonna 2002 tehtyä soijavalkuaisen OIV-arvojen pienentämistä (MTT 2004).

Kun perusrehuna käytettiin puolet apilaa sisältävää säilörehua ja valkuaisrehutäydennystä, lehmien makrokivennäisten tarve tyydyttyi ilman erillistä kivennäistäydennystä. Fosforin, kalsiumin ja magnesiumin näennäiset kokonaissulavuudet olivat keskimäärin 402, 340 ja 281 g/kg eivätkä koeruo- kinnat vaikuttaneet niihin merkitsevästi (Taulukko 3). Lucasin yhtälöllä lasketut lisäfosforin ja -kalsiumin todelliset sulavuudet olivat rypsipuristeessa 302 ja 270 mutta soijapuristeessa 620 ja 751 g/kg. Soijapuristeiden kivennäisten sulavuudet olivat siis selvästi rypsipuristetta korkeammat.

Ravinteiden hyväksikäyttö maataloudessa on noussut yhä tärkeämmäksi asiaksi. Tässä ko- keessa typen hyväksikäyttö maidontuotannossa (g maidon typpeä / kg rehujen typpeä) oli keskimäärin 283 g/kg. Hyväksikäyttö huononi merkitsevästi, kun rehuannokseen lisättiin valkuaisrehuja ja soijan valkuaisen hyväksikäyttö jäi huonommaksi kuin rypsin (Taulukko 5). Pötsinesteen ja plasman ammo- niakkipitoisuuksien sekä maidon ureapitoisuuden nousu valkuaislisän myötä ja soijapuristetta saanei- den lehmien suuremmat arvot rypsipuristetta syöneisiin verrattuna kuvaavat samaa ilmiötä eli rehuval- kuaisen hyväksikäytön heikentymistä.

Taulukko 4. Valkuaislähteen (rypsi- tai soijapuriste) ja valkuaisrehun määrän vaikutus lypsylehmien plasman ravintoaineiden (mmol/l) ja aminohappojen pitoisuuksiin.

Valkuaistaso	Kont- rolli	Rypsipuriste		Soijapuriste		SEM	Tilastollinen merkitsevyys ¹⁾				
		1	2	1	2		RvsS	L	Q	1*L	1*Q
Glukoosi	3.32	3.45	3.47	3.30	3.34	0.092					
NEFA ²⁾	0.296	0.167	0.158	0.207	0.195	0.0398		*			
BHBA ³⁾	1.22	1.14	0.84	0.98	1.31	0.152					o
Urea	3.74	4.29	4.80	4.55	6.44	0.303	*	***			**
Etikkahappo	1.82	1.78	1.66	1.59	1.84	0.150					
Insuliini (µmol/l)	3.27	4.40	3.71	3.30	5.34	0.719					
Aminohapot (µmol/l)											
Arginiini	82.4	82.8	94.2	98.6	83.0	8.19					
Histidiini	34.9	44.2	46.9	45.5	45.4	2.89		*			
Isoleusiini	161.0	181.1	183.3	181.9	186.8	19.41		*			
Leusiini	136.0	176.9	205.9	175.8	193.2	17.61		*			
Lysiini	83.8	90.5	91.0	101.2	82.0	8.50					
Metioniini	15.3	15.9	18.8	17.3	12.5	1.16	o			**	*
Fenyylialaniini	43.8	49.5	51.9	56.3	51.2	2.67		*	o		
Treoniini	94.7	109.2	122.7	109.2	92.0	6.80	o			*	
Tryptofaani	21.4	19.7	20.5	19.9	18.9	1.00					
Valiini	301	365	411	351	399	33.9		*			
Alaniini	214.8	215.0	227.6	237.2	172.3	9.16			o	**	**
Asparagiini	50.1	55.5	53.2	57.3	48.2	5.77					
Aspartaatti	6.6	7.6	7.1	8.6	7.0	0.42			*		
Sitrulliini	82.8	75.8	77.8	86.2	89.3	5.30	o				
Kystiini	18.5	19.7	22.4	18.2	18.0	1.56	o			o	
Glutamiini	206.3	194.7	203.5	206.7	185.5	9.10					
Glutamaatti	44.1	42.0	38.9	41.6	37.9	2.21		o			
Glysiini	373.0	352.9	338.6	352.8	281.0	14.99	o	**		*	
3-Met-histidiini	6.34	7.17	7.08	6.77	7.59	0.782					
Omitiini	40.5	45.4	54.2	48.6	49.1	4.57		o			
Prolini	78.9	83.2	98.1	93.1	96.9	7.49		o			
Seriini	81.0	88.8	99.2	98.5	82.2	5.20				o	o
Tauriini	31.1	32.5	42.4	47.1	46.8	5.24		o			
Tyrosiini	38.8	47.5	49.9	50.5	45.1	4.00					
Haaraketjuiset ⁴⁾	598	723	801	709	778	69.9		o			
Välttämättömät ⁵⁾	974	1135	1247	1157	1163	93.5		o			
Ei-välttämättömät ⁶⁾	1112	1107	1139	1165	974	34.4				**	*
Yhteensä ⁷⁾	2087	2242	2385	2321	2137	124.6					

¹⁾ Ks. Taulukko 3 ²⁾ Vapaat rasvahapot ³⁾ β-hydroksivoihappo ⁴⁻⁷⁾ Ks. Taulukko 2

Johtopäätökset

Tässä kokeessa selvitettiin rypsi- ja soijapuristeen maidontuotantopotentiaalia luomutuotantoon soveltuvassa ruokintamallissa, jossa säilörehu sisälsi puolet puna-apilaa. Lypsylehmien maidontuotantovasteet olivat samaa luokkaa kuin aikaisemmissa kotimaisissa kokeissa, jotka oli suoritettu nurmiheinäkasveista tehtyyn säilörehuun perustuvia ruokintoja käyttäen. Rypsipuriste osoittautui myös tässä kokeessa soijapuristetta paremmaksi valkuaistäydennykseksi, kun maitotuotosvaste laskettiin valkuaisrehukiloja tai rehun raakavalkuaista kohti. Kokeessa käytettiin kohtuullisen runsaita valkuaisrehuanoksia. Maitotuotosvasteet olivat suurempia ensimmäisen kuin toisen lisäysmäärän jälkeen erityisesti rypsipuristetta käytettäessä, vaikka toisen asteen vaikutus ei tilastollisessa analyysissä tullut merkittäväksi. Typen hyväksikäyttö maidontuotannossa huononi valkuaisrehuannosta lisääessä ja oli soijapuristetta käytettäessä huonompi kuin rypsipuristeella. Ravinteiden hyväksikäyttö maidontuotannossa ei kuitenkaan vaikuta suoraan karjatilan taloudelliseen tulokseen, joten valkuaisrehun taloudellinen käyttömäärä riippuu pääasiassa maidon ja rehujen keskinäisistä hinnoista.

Kirjallisuus

- Kokkonen, T.** 2005. Energy and protein nutrition of dairy cows during the dry period and early lactation: Production performance and adaptation from pregnancy to lactation. Helsingin yliopiston kotieläintieteen laitoksen julkaisuja 77. 56 s + 4 liitettä. Saatavissa: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/kotie/vk/kokkonen/>
- MTT** 2004 Rehutaulukot ja ruokintasuositukset [verkkojulkaisu]. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Julkaistu 30.6.2004. Saatavissa: <http://www.agronet.fi/rehutaulukot/>
- Rinne, M., Jaakkola, S., Varvikko, T. & Huhtanen, P.** 1999. Effects of the type and amount of rapeseed feed on milk production. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A Animal Science, 49: 137-148.
- Vanhatalo, A., Huhtanen, P., Toivonen, V. & Varvikko, T.** 1999. Response of dairy cows fed grass silage diets to abomasal infusions of histidine alone or in combinations with methionine and lysine. Journal of Dairy Science 82: 2674-2685.
- Vanhatalo, A., Huhtanen, P., Korhonen, M. & Varvikko, T.** 2002. Aminohapotäydennyksen vaikutus lypsylehmien maidontuotantoon ja ravintoaineiden metaboliaan säilörehupohjaisella ruokinnalla. Maataloustieteen Päivät 2002, Kotieläintiede. toim. Marketta Rinne. MKL:n julkaisuja nro 977. pp. 119-122.
- Vanhatalo, A., Shingfield, K., Pahkala, E., Salo-Väänänen, P., Korhonen, H., Piironen, V. & Huhtanen, P.** 2004. Rypsi ja soija lypsylehmien valkuaislähteenä. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2004 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedote no 19. Toim. A. Hopponen ja M. Rinne. Julk. 5.1.2004. Saatavilla Internetissä: <http://www.agronet.fi/maataloustieteellinenseura/julkaisut/esi04/ma03.pdf>. ISBN 951-9041-47-8.

Taulukko 5. Valkuaislähteen (rypsi- tai soijapuriste) ja valkuaisrehun määrän vaikutus lypsylehmien maidontuotantoon, kun säilörehu sisälsi puolet puna-apilaa.

Valkuaistaso	Kontrolli	Rypsipuriste		Soijapuriste		SEM	Tilastollinen merkitsevyys ¹⁾			
	0	1	2	1	2		RvsS	Lin	Quad	1*L
Maidontuotanto päivässä										
Maito (kg)	32.7	35.3	35.8	33.7	34.1	0.91		o		*
EKM (kg)	31.1	34.0	34.5	32.2	32.4	0.57	**	*		*
Rasva (g)	1220	1321	1357	1272	1255	37.0	o	o		
Valkuainen (g)	968	1087	1092	991	1033	26.8	*	*		
Laktoosi (g)	1620	1759	1763	1673	1687	41.0	o	o		
Maidon koostumus (g/kg)										
Rasva	37.6	37.7	38.2	38.0	37.0	1.59				
Valkuainen	29.8	30.9	30.7	29.5	30.4	0.48				
Laktoosi	49.5	49.8	49.3	49.6	49.5	0.31				
Urea (mg/100 ml)	18.1	25.8	29.9	26.1	34.0	1.91		***		
OIV:n hyväkäyttö ²⁾	0.776	0.711	0.656	0.705	0.682	0.0172		***		
Typen hyväkäyttö ²⁾	332	294	258	280	249	5.9	o	***		

¹⁾Ks. Taulukko 3

²⁾OIV:n hyväksikäyttö = maidon valkuainen (g) / (OIV:n saanti – OIV ylläpitoon (g))

³⁾Typen hyväksikäyttö = maidon typpi (g) / syötyjen rehujen typpi (kg)