

HÄRKÄPAPU LYPSSYLEHMIEN VALKUAISREHUNA

Laura Puhakka, Seija Jaakkola, Tuomo Kokkonen, Aila Vanhatalo

Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, PL 28 (Koetilantie 5), 00014 Helsingin yliopisto

etunimi.sukunimi@helsinki.fi

TIIVISTELMÄ

Suomen valkuaisomavaraisuutta voidaan parantaa lisäämällä palkoviljojen viljelyä ja käyttämällä niitä tuotantoeläinten rehuksi. Härkäpapu on potentiaalinen valkuaisrehu, mutta tutkimustuloksia härkäpavun käytöstä lypsylehmien ruokinnassa on julkaistu erittäin vähän. Tutkimustiedon tarve ja kiinnostus härkäpavun soveltuvuudesta erityisesti meille tyyppilliseen nurmisäilörehuvaltaiseen ruokintaan on lisääntynyt huomattavasti. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää härkäpavun tuotantovaikutusta ja ravintoaineiden hyväksikäyttöä lypsylehmien ruokinnassa. Härkäpapua tutkittiin kahdessa kokeessa Viikin opetus- ja tutkimustilan navetassa. Ensimmäisessä kokeessa oli kahdeksan 2 - 4 kertaa poikinnutta ay-lehmää. Kokeen alkaessa poikimisesta oli kulunut keskimäärin 100 pv. Koemallina oli toistettu 4 x 4 latinalainen neliö. Isonitrogeenisissä väkirehuissa valkuaisen lähteenä oli rypsirouhe, härkäpapu tai näiden sekoitus (1:1) vastaten 3,5 kg:n rypsiannosta/pv. Kontrolliväkirehuun ei lisätty valkuais- ta. Väkirehuannos oli 14 kg/pv. Koejaksoja oli neljä ja yhden jakson pituus oli 21 päivää. Toisessa ruokintakokeessa oli mukana 12 ay-lehmää, joiden poikimisesta oli kulunut keskimäärin 111 pv kokeen alussa. Syklisessä jaksokokeessa oli kuusi väkirehuokintaa, kaksi 6 eläimen blokkia (ensikot ja vähintään 2 kertaa poikineet) ja kolme 21 vuorokauden jaksoa. Valkuaislähteenä väkirehuissa oli rypsi-rouhe, härkäpapu tai niiden sekoitus (1:1) joko matalalla tai korkealla valkuai-astasolla vastaten vanhemmilla lehmillä 1,5 ja 3,5 kg rypsiä/pv. Lehmät saivat väkirehua keskimäärin 11 kg/pv. Molemmis- sa kokeissa lehmät saivat hyvälaatuista nurmisäilörehua vapaasti. Ensimmäisessä kokeessa valkuais- ruokinnat lisäsivät säilörehun syöntiä ja maitotuotosta (+1,6 - 5,1 kg/pv) kontrolliin verrattuna. Odo- tusten vastaisesti härkäpapuruokinta lisäsi syöntiä ja maitotuotosta enemmän kuin rypsi-ruokinta. Mai- totuotos sekä valkuais-, rasva- ja laktoosituotokset olivat kuitenkin suuremmat, kun puolet rypsi- rouheesta korvattiin härkäpavulla verrattuna rypsi-rouheeseen täydelliseen korvaamiseen härkäpavulla. Tutkimuksen toisessa kokeessa rypsi-ruokinta lisäsi syöntiä ja maitotuotosta (keskimäärin +2,2 kg/pv) enemmän kuin härkäpapuruokinta. Syönti lisääntyi korkeamman valkuai-astason rypsi-ruokinnalla mut- ta väheni härkäpapuruokinnalla. Maidon valkuaispitoisuus sekä valkuais-, rasva- ja laktoosituotokset olivat suuremmat rypsi-ruokinnalla verrattuna härkäpapuruokintaan. Valkuai-astason nosto lisäsi maidon ureapitoisuutta kaikilla ruokinnalla ja ureapitoisuus lisääntyi myös härkäpapuruokinnalla verrattuna rypsi-ruokintaan. Ruokintakokeiden perusteella härkäpapu lisää maitotuotosta verrattuna väkirehu-ruo- kintaan, jossa ei ole valkuais- ta mutta maitotuotos ei yllä rypsi-ruokinnan saattavan tuotosvasteen tasolle.

Asiasanat: härkäpapu, lypsylehmä, maitotuotos, nurmisäilörehu, rypsirouhe, syönti, valkuaisrehu

JOHDANTO

Suomen kotieläintalouden riippuvuutta ulkomaisista valkuaisrehuista voidaan vähentää lisäämällä palkoviljojen viljelyä ja käyttämällä niitä kotieläinten rehuksi. Härkäpavun käyttö tilan viljelykierrossa ja eläinten ruokinnassa vähentää lannoite- ja ostorehukustannuksia. Härkäpapu on potentiaalinen valkuaisrehu, mutta tutkimustuloksia härkäpavun käytöstä lypsylehmien ruokinnassa on julkaistu erittäin vähän. Tutkimustiedon tarve ja kiinnostus härkäpavun soveltuvuudesta erityisesti meille tyypilliseen nurmisäilörehuvaltaiseen ruokintaan on lisääntynyt huomattavasti viime vuosina.

Härkäpapulajikkeiden siementen valkuaispitoisuus vaihtelee 270–320 g/kg ka välillä (Crépon ym. 2010). Härkäpavun siemenissä tärkkelys on pääasiallinen energian lähde ja sen pitoisuus on keskimäärin 423 g/kg ka (Duc ym. 1999). Tärkkelyspitoisuudella on negatiivinen korrelaatio valkuaispitoisuuden kanssa (Duc ym. 1999). Härkäpavun siemenet sisältävät verrattain vähän rikkipitoisia aminohappoja. Viljoihin verrattuna härkäpavun siementen lysiinipitoisuus on suuri, mutta metioniini-, kysteiini- ja tryptofaanipitoisuus pieni (Duc ym. 1999). Maidontuotantoa rajoittavista aminohapoista (Vanhatalo ym. 1999) härkäpapu sisältää histidiiniä lähes yhtä paljon kuin rypsi, mutta metioniinia vähemmän.

Härkäpavun valkuainen hajoaa pötsissä nopeasti ja sen pötsihajoavuus on suuri nailonpussimenetelmällä mitattuna (Yu ym. 1998). Valkuaisen ja tärkkelyksen hajoavuuteen voidaan vaikuttaa erilaisilla käsittelyillä, kuten ekstruusiolla (Cros ym. 1991). Härkäpavun tärkkelys hajoaa sekä pötsissä että ohutsuolessa vähemmän kuin ohran ja vehnän tärkkelys (Larsen ym. 2009).

Härkäpavun maidontuotantovaikutuksesta ja ravintoaineiden hyväksikäytöstä on vain vähän tutkimustietoa saatavilla. Katsausartikkelissaan Crépon ym. (2010) esittivät tutkimustuloksia ranskalaisista tutkimuksista, joissa härkäpapua verrattiin soijaan lypsylehmien väkirehuruokinnassa maisinsäilörehun ollessa karkearehuna. Kun härkäpavulla korvattiin 30 % soijasta, syönti, maitotuotos ja maidon koostumus pysyivät ennallaan. Volpelli ym. (2010 ja 2012) tutkivat härkäpavun tuotantovaikutusta kahdessa lypsylehmäkokeessa, joissa pyrittiin löytämään gmo-vapaa valkuaisrehu parmesaanijuustomaidon tuotantoa varten. Ensimmäisessä kokeessa korvattiin 10 % soijasta härkäpavulla ja toisessa kokeessa soijasta korvattiin 10 % härkäpavulla ja 15 % herneellä. Kummassakaan kokeessa ei soijan korvaamisella ollut negatiivista vaikutusta lehmien rehun syöntiin tai maitotuotokseen. Vastavia ruokintakokeita, joissa härkäpavulla olisi korvattu rypsirouhetta, ei ole tiedossa. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää härkäpavun tuotantovaikutusta ja ravintoaineiden hyväksikäyttöä lypsylehmien säilörehupohjaisessa ruokinnassa rypsiin verrattuna.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Härkäpapua tutkittiin kahdessa lypsylehmäkokeessa Viikin opetus- ja tutkimustilan navetassa. Molemmissa kokeissa lehmät saivat 1. sadon timotei-nurminatasäilörehua vapaasti. Koe 1. oli fysiologinen ruokintakoe, jossa oli mukana kahdeksan vähintään kaksi kertaa poikinutta ay-lehmää. Kokeen alkaessa lehmien poikimisesta oli kulunut keskimäärin 100 päivää. Koemallina oli toistettu 4x4 latinalainen neliö. Kokeessa oli neljä 21 vrk:n jaksoa, neljä koekäsittelyä ja kaksi neljän lehmän blokkia. Ensimmäisen blokin lehmillä oli pötsifistelit. Isonitrogeenisissä (raakavalkuaista, RV, 199 g/kg ka) ja pelletöidyissä koerehuissa oli valkuaisen lähteenä rypsirouhe, härkäpapu tai näiden sekoitus (1:1). Korvattavana perusväkirehuna ja kontrollina toimi viljapohjainen väkirehuseos (ohra, vehnä, kaura, melassileike, seosmelassi, rankki ja reuhajuholeseseos), johon ei lisätty valkuaisäydennystä (RV 147 g/kg ka). Vuorokauden väkirehuannos oli 14 kg. Tutkittavat valkuaisrehukäsittelyt vastasivat 3,5 kg:n rypsi- ja vastaavasti 4,2 kg:n härkäpapuannosta.

Tutkimuksen toisessa ruokintakokeessa (koe 2.) oli mukana 12 ay-lehmää, joista puolet oli ensikoita ja puolet vanhempia lehmiä. Poikimisesta oli kulunut keskimäärin 111 päivää kokeen alkaessa. Syklisessä jaksokokeessa oli kuusi väkirehuruokintaa, kaksi 6 eläimen blokkia ja kolme 21 vrk:n jaksoa. Koe oli 3 x 2 faktoriaalinen siten, että pelletöityjen väkirehujen valkuaislähteenä oli rypsirouhe, härkäpapu tai näiden sekoitus (1:1) ja rehuissa oli joko matala (RV 170 g/kg ka) tai korkea (RV 210 g/kg ka) valkuaisaso. Matala valkuaisaso vastasi keskimäärin 1,4 kg rypsiä/pv ja 1,7 kg härkäpapua päivässä ja korkea valkuaisaso 3,2 kg rypsiä ja 3,9 kg härkäpapua. Lehmät saivat tutkittavia väkirehu-

ja keskimäärin 11 kg/pv, ja ne koostuivat valkuaisäydennyksen lisäksi melassileikkeestä, ohrasta, kaurasta, vehnästä ja seosmelassista.

Molemmissa kokeissa lehmiltä mitattiin syönti, maitotuotos ja maidon koostumus. Ensimmäisessä kokeessa pötsifistelöidyillä lehmillä tehtiin sonnan ja virtsan kokonaiskeruu ravintoaineiden kokonaissulavuuden selvittämiseksi ja lisäksi pötsistä otetuista näytteistä mitattiin pH, haihtuvien rasvahappojen (VFA) ja ammoniakkin pitoisuudet. Verinäytteet otettiin häntäsuonesta yhden päivän aikana kolmesti ja näytteenottoaikojen yli yhdistetyistä plasmoista määritettiin glukoosi, NEFA, BHBA ja aminohapot. Tulokset laskettiin koejaksojen viimeisen viikon tietojen perusteella. Tilastollinen analyysi tehtiin SAS:n Mixed –ohjelmistoa käyttäen. Ensimmäisestä kokeesta jäi puuttumaan yhden lehmän havainnot kahdelta jaksolta sairastumisen vuoksi. Koekäsittelyiden väliset erot testattiin ortogonaalisten kontrastien avulla. Ensimmäisessä kokeessa kontrastit olivat: 1. kontrolli vs. valkuaisruokinna, 2. rypsi vs. härkäpapu ja 3. rypsin ja härkäpavun yhdysvaikutus. Toisen kokeen kontrastit olivat: 1. valkuais-tason vaikutus (matala valkuais-taso vs. korkea valkuais-taso), 2. valkuaisen lähteen vaikutus (rypsi vs. härkäpapu), 3. rypsin ja härkäpavun yhdysvaikutus, 4. yhdysvaikutus 1 x 2 (valkuais-taso x valkuaislähte) ja 5. yhdysvaikutus 1 x 3 (valkuais-taso x valkuaislähteiden yhdysvaikutus).

TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Molempien kokeiden koerehujen koostumus on esitetty taulukossa 1. Kokeissa käytetyt säilörehut olivat säilönnällisesti ja sulavuudeltaan hyvälaatuisia. Ensimmäisessä kokeessa lehmien kuiva-aineen syönti ja maitotuotos lisääntyivät valkuaisruokinnoilla keskimäärin 2,5 ja 3,5 kg verrattuna kontrolliruokintaan (taulukko 2). Vastoin odotuksia rypsitäydennyksellä ei saatu yhtä suurta säilörehun syönnin ja maitotuotoksen lisäystä kuin aikaisemmissa tutkimuksissa (Huhtanen 1998, Huhtanen ym. 2011). Sen sijaan rypsirouheen korvaaminen härkäpavulla valkuaisruokinnassa lisäsi lehmien säilörehun ja kokonaiskuiva-aineen syöntiä ja maitotuotosta merkittävästi. Maitotuotosvasteet energiakorjattu maitotuotos mukaan lukien olivat kuitenkin merkittävästi suurempia valkuaislisän koostuessa rypsin ja härkäpavun 1:1 seoksesta kuin sen koostuessa pelkästään joko härkäpavusta tai rypsiä. Käytettäessä rypsin ja härkäpavun seosta lehmät tuottivat 1,5 kg/pv enemmän energiakorjattua maitoa kuin käytettäessä härkäpapua vaikka näiden ruokintojen kokonaiskuiva-aineen syönneissä ei ollut eroa. Rypsin ja härkäpavun positiivinen yhdysvaikutus näkyi myös merkittävästi suurempina valkuais- rasva ja laktoosituotoksina härkäpapuruokintaan verrattuna. Valkuaisäydennettyjen ruokintojen sulavuuksissa, pötsikäymisessä tai plasman muissa parametreissa ei ollut kuitenkaan eroa ruokintojen välillä.

Johtuen suuremmasta kuiva-aineen syönnistä ja siten parantuneesta energian saannista maidon valkuaispitoisuus suureni korvattaessa rypsiä härkäpavulla. Maidon rasvapitoisuudessa ei ollut eroa valkuaisruokintojen välillä, mutta valkuaislisä ruokinnassa pienensi rasvapitoisuutta kontrolliin verrattuna. Tämä oli yhteydessä pötsikäymiseen, jossa voihapon osuus haihtuvista rasvahapoista oli valkuaisruokinnoilla kontrollia pienempi. Kontrolliruokinnan lehmien suurempi veren NEFA-pitoisuus voi myös selittää kohonnutta maidon rasvapitoisuutta, koska veren vapaiden rasvahappojen pitoisuuden noustessa niiden käyttö maitorasvan synteisiin lisääntyy (Bauman ja Griinari 2001). Pötsin pH oli tässä kokeessa keskimäärin kuuden tuntumassa. Valkuaisruokintojen pH oli kuitenkin numeerisesti kontrollia suurempi, mikä johtunee valkuaisen happamuutta neutraloivasta vaikutuksesta. Lisäksi valkuaisruokintojen pH minimissään oli merkittävästi suurempi kuin kontrollin (5,67 vs. 5,38) viitaten siihen, että kontrolliruokinnalla säilörehun syönti oli saattanut alentua tästä syystä.

Tutkimuksen toisessa kokeessa lehmien kuiva-aineen syönti sekä maitotuotos olivat molemmilla valkuais-tasoilla suurempia rypsirookinnalla verrattuna härkäpapuruokintaan (taulukko 3). Valkuais-tason nosto lisäsi lehmien rehun syöntiä ruokinnoilla, joissa valkuaislähteenä oli rypsi tai rypsin ja härkäpavun 1:1 seos. Härkäpapuruokinnalla lehmien rehun syönti väheni, kun valkuais-tasoa nostettiin. Maidon valkuais- ja laktoosituotokset olivat niin ikään suuremmat rypsirookinnalla kuin härkäpapuruokinnalla. Rasvatuotoksessa oli samansuuntainen, mutta vain suuntaa-antava ero. Maidon valkuais-pitoisuus oli rypsirookinnalla suurempi verrattuna härkäpapuruokintoihin, mutta maidon rasva- tai laktoosipitoisuuksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Maidon ureapitoisuus lisääntyi kun valkuais-tasoa nostettiin. Molemmilla valkuais-tasoilla maidon ureapitoisuus oli suurempi härkäpapuruokinnalla verrattuna rypsirookintoihin, joka viittaa rypsiä saadun valkuaisen parempaan hyväksikäyttöön.

Kotimaisissa tutkimuksissa on todettu rypsin sopivan lypsylehmien nurmisäilörehupohjaiseen ruokintaan erinomaisesti. Korvattaessa viljapohjaista väkirehua rypsilä on yhden rypsikilon lisäys ruokintaan lisännyt maitotuotosta vastaavasti yhdellä kilolla (Huhtanen 1998). Tutkimuksen ensimmäisessä kokeessa rypsilöllä saatu maitotuotosvaste jäi vain noin puoleen edellä mainitusta. Härkäpapuruokinnoilla sen sijaan yhden härkäpapukilon lisäys ruokintaan lisäsi maitotuotosta lähes kilolla. Rypsin härkäpapua heikompi vaste johtui lehmien pienemmästä kuiva-aineen syönnistä ja siten pienemmästä energian saannista, mutta mitään ilmeistä syytä alentuneeseen syöntiin ei ole tiedossa. Rypsirehun glukosinolaattipitoisuus oli alle viitearvojen, joten todennäköisesti syönti ei vähentynyt ainaakaan haitta-aineiden takia. Tutkimuksen toisessa kokeessa yhden rypsikilon lisääminen ruokintaan lisäsi maitotuotosta keskimäärin vain 0,65 kg, kun annosta lisättiin 1,4 kilosta 3,2 kiloon. Kun härkäpavun määrää nostettiin ensikoilla 1,5 kg:sta 3,5 kg:aan ja vanhemmilla lehmillä 1,8 kg:sta 4,2 kg:aan, ei härkäpavun suuremmasta määrästä saatu vastaavaa hyötyä, vaan maitotuotos väheni numeerisesti keskimäärin 0,3 kg. Tässäkään kokeessa rypsilisäys ei siten tuottanut Huhtasen (1998) toteamaa maitotuotoksen lisääntymistä täysimääräisesti. Syyinä saattaa olla kokeissa käytössä ollut hyvälaatuinen säilörehu, josta lehmät saivat runsaasti mikrobivalkuaista ja siten rypsilisäyksen maitotuotosvaikutus jäi vain kohtuulliseksi. Härkäpapuruokinnoilla lehmien aminohappojen saanti kudostasolla jäi todennäköisesti vähäisemmäksi verrattuna rypsiiruokintoihin ja siten saattoi rajoittaa maidontuotantoa. Tähän viittaa sekin, että ensimmäisessä kokeessa paras tuotosvaste saatiin käytettäessä rypsin ja härkäpavun 1:1 seosta, joka johti positiiviseen yhteisvaikutukseen maidontuotannossa.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen ensimmäisessä kokeessa härkäpapukilon lisäys ruokintaan lisäsi maitotuotosta lähes kilolla. Odotusten vastaisesti kokeessa rypsiiruokinnalla olleet lehmät söivät vähemmän ja siten maitotuotosvaste oli härkäpapua pienempi. Tutkimuksen toisessa kokeessa lehmien maitotuotos jäi pienemmäksi härkäpapuruokinnalla verrattuna rypsiiruokintaan. Valkuaistason nostolla ei ollut vaikutusta maitotuotokseen. Tämän tutkimuksen perusteella härkäpavu lisää lypsylehmien maitotuotosta viljapohjaiseen väkirehuruokintaan verrattuna ja härkäpavulla voidaan korvata osa rypsiä vaikuttamatta maitotuotokseen negatiivisesti.

KIRJALLISUUS

- Bauman, D. & Griinari M.** Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science* 70:15–29.
- Crépon, K., Marget, P., Peyronnet, C., Carroué, B., Arese, P. & Duc, G.** 2010. Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. *Field Crops Research* 115:329-339.
- Cros, P., Vernay, M. & Moncoulon, R.** 1991. In situ evaluation of the ruminal and intestinal degradability of extruded whole horsebeans. *Reproduction Nutrition Development* 31:249-255.
- Duc, G., Marget, P., Esnault, R., Le Guen, J. & Bastianelli, D.** 1999. Genetic variability for feeding value of faba bean seeds (*Vicia faba*) : Comparative chemical composition of isogenics involving zero-tannin and zero-vicine genes. *Journal of Agricultural Science* 133:185-196.
- Faurie, F., Schametz, C. & Tisserand, J.L.** 1992. Nitrogen Content Degradability of Any Proteaginous Seeds. *Lère Conférence Européenne sur les Protéagineux. Angers. AEP*, ss. 515–516.
- Huhtanen, P.** 1998. Supply of nutrients and productive responses in dairy cows given diets based on restrictively fermented grass silage. *Agricultural and Food Science in Finland* 7: 219-250.
- Huhtanen, P., Hetta, P., & Swensson, C.** 2011. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: A review and a meta-analysis. *Canadian Journal of Animal Science* 91: 529-543.
- Larsen, M., Lund, P., Weisbjerg, M. R. & Hvelplund, T.** 2009. Digestion site of starch from cereals and legumes in lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 153:236-248.
- Sjaunja, L. O., Baevre, L., Junkarinen, L., Pedersen, J. & Setälä, J.** 1990. A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. *Proc. 27th Biennial session Int. Committee for Animal Recording. ICAR, Pariisi, Ranska.* ss. 156-157.
- 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.
- Volpelli, L., Comellini, M., Gozzi, M., Masoero, F. & Moschini, M.** 2012. Pea (*Pisum sativum*) and faba beans (*Vicia faba*) in dairy cow diet: effect on milk production and quality. *Italian Journal of Animal Science* 11:e40.

Volpelli, L., Comellini, M., Masoero, F., Moschini, M., Lo Fiego, D. & Scipioni, R. 2010. Faba beans (*Vicia faba*) in dairy cow diet: effect on milk production and quality. *Italian Journal of Animal Science* 9:e27.

Yu, P., Holmes, J. H. G., Leury, B. J. & Egan, A. R. 1998. Influence of dry roasting on rumen protein degradation characteristics of whole faba bean (*Vicia faba*) in dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 11(1):35-42.

Taulukko 1. Koerehujen koostumus.

KOE 1.	Säilörehu ¹	Väkirehut					
		Kontrolli	Rypsi	Rypsi/Hp ³	Härkäpapu		
Kuiva-aine, g/kg	276	875	873	870	866		
pH	3,91						
Kuiva-aineessa, g/kg							
Tuhka	79,7	54,4	64,6	63,9	63,0		
Raakavalkuainen	175	147	202	199	196		
NDF ⁴	520	215	221	195	169		
Tärkkelys		374	294	315	334		
D-arvo	709						
ME MJ/kg ka	11,3	12,5	12,3	12,4	12,6		
OIV	89	99	114	112	110		
PVT	44,8	-8,5	26,3	36,3	46,5		
KOE 2.	Säilörehu ²	Matala valkuaistaso			Korkea valkuaistaso		
		Rypsi	Rypsi/Hp	Hp	Rypsi	Rypsi/Hp	Hp
Kuiva-aine, g/kg	215	874	874	874	875	874	873
pH	3,79						
Kuiva-aineessa, g/kg							
Tuhka	69,1	63,3	61,4	59,5	67,0	62,6	58,2
Raakavalkuainen	171	154	154	154	191	190	189
NDF	529	219	211	203	222	203	184
Tärkkelys		311	334	352	268	315	357
D-arvo	716						
ME MJ/kg ka	11,46	12,5	12,6	12,6	12,3	12,4	12,6
OIV	88	106	105	105	119	117	115
PVT	40,2	1,8	1,3	0,9	33,1	31,9	30,6

¹NH₃-N 56 g/kg N, sokerit 48 g/kg ka, maitohappo 62 g/kg ka, etikkahappo 12 g/kg ka, voihiappo 1 g/kg ka, syönti-indeksi 108

²NH₃-N 47 g/kg N, sokerit 62 g/kg ka, maitohappo 59 g/kg ka, etikkahappo 18 g/kg ka, voihiappo 0,5 g/kg ka, syönti-indeksi 105

³Rypsin ja härkäpavun seos (1:1), ⁴neutraalidetergenttikuitu

Taulukko 2. Syönti, ravintoaineiden saanti, rehuannoksen sulavuus ja maitotuotos. Koe 1.

	Ruokinnat				SEM	Kontrastit ¹		
	Kontrolli	Rypsi	Rypsi/Hp	Hp ²		1	2	3
Syönti ja ravintoaineiden saanti								
Säilörehu, kg ka/pv	7,3	8,1	10,2	10,7	0,77	**	**	
Väkirehu, kg ka/pv	11,9	11,8	12,2	12,1	0,21			
Yhteensä, kg ka/pv	19,2	19,8	22,4	22,8	0,84	**	**	
Orgaaninen aine, kg/pv	18,0	18,4	20,8	21,1	0,78	**	**	
Raakavalk., kg/pv	3,03	3,79	4,21	4,24	0,14	***	**	
NDF ³ , kg/pv	6,35	6,79	7,68	7,60	0,42	**	o	
Tärkkelys, kg/pv	4,45	3,46	3,83	4,02	0,09	***	***	
ME MJ/pv	234	238	271	275	10,3	**	**	
Sulavuus								
Orgaaninen aine	0,768	0,766	0,767	0,759	0,0071			
Raakavalkuainen	0,708	0,733	0,731	0,710	0,0100		*	
NDF	0,624	0,610	0,634	0,632	0,0300			
Tärkkelys	0,971	0,963	0,963	0,960	0,0025		*	
Tuotokset ja hyväksikäyttö								
Maito, kg/pv	28,2	29,8	33,1	32,3	1,81	***	*	*
EKM ⁴ , kg/pv	29,7	30,3	34,5	33,0	1,92	*	o	*
Rasva, g/pv	1261	1229	1414	1324	95,3			*
Valkuainen, g/pv	952	1022	1178	1158	49,8	***	**	*
Laktoosi, g/pv	1289	1370	1509	1472	86,7	**	o	o
EKM, kg/kg ka	1,55	1,52	1,50	1,41	0,050	**	***	
Maito N/Rehu N	0,31	0,26	0,27	0,26	0,004	***		
Koostumus								
Rasva, g/kg	44,7	41,0	42,5	41,1	1,63	*		
Valkuainen, g/kg	34,0	34,4	35,9	36,1	1,23	*	*	
Laktoosi, g/kg	45,6	45,8	45,5	45,5	0,27			
Urea, mg/dl	29,4	40,5	36,8	34,2	2,15	***	**	
Plasman parametrit, µmol/l								
Glukoosi	4,03	4,05	3,93	3,90	0,127			
NEFA ⁵	240	175	119	93,5	45,18	*		
BHBA ⁶	1,41	1,04	1,12	0,88	0,231	*		
EAA ⁷	890	986	966	1002	50,0	***		
TAA ⁸	2305	2361	2458	2503	78,0	**	*	
Pötsifermentaatio								
pH	5,87	6,00	5,97	6,01	0,057			
Alkueläimet, kpl x 10 ⁵	11,4	10,1	11,0	10,2	2,889			
Ammonium-N, mmol/l	7,43	11,6	11,9	11,9	1,526	***		
VFA yht., mmol/l	124	125	122	120	5,1			
Etikkah., mmol/mol	633	619	634	628	9,0			
Propionih., mmol/mol	164	198	179	182	12,0			
Voihappo, mmol/mol	161	135	147	147	5,1	*		

¹1 = Kontrolli vs. muut, 2 = Rypsi vs. härkäpapu, 3 = Rypsin ja härkäpavun yhdysvaikutus, ²Härkäpapu,

³Neutraalidetergentikuitu, ⁴Energiakorjattu maitotuotos (Sjaunja ym. 1990), ⁵Vapaat rasvahapot,

⁶Betahydroksivoihappo, ⁷Välttämättömät aminohapot (Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Trp ja

Val), ⁸Välttämättömät ja ei-välttämättömät aminohapot yhteensä

***P<0,001, **P<0,01, *P<0,05, oP<0,10

Taulukko 3. Syönti, ravintoaineiden saanti, rehuannoksen sulavuus ja maitotuotos. Koe 2.

	Matala valkuaiastaso			Korkea valkuaiastaso			SEM	Kontrastit ¹				
	Rypsi	R/HP ²	HP	Rypsi	R/HP	HP		1	2	3	4	5
Syönti ja ravintoaineiden saanti												
Säilörehu, kg ka/pv	10,3	10,1	9,5	10,9	10,0	8,7	0,35		***		**	
Väkirehu, kg ka/pv	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	0,39					
Yhteensä, kg ka/pv	20,4	20,2	19,7	20,9	20,9	18,1	0,55		**		o	
Orgaaninen aine, kg/pv	18,9	18,7	18,2	19,4	18,7	17,4	0,33		***		*	
Raakavalkuainen, kg/pv	3,30	3,26	3,16	3,75	3,59	3,36	0,06	***	***		**	
NDF ³ , kg/pv	7,76	7,54	7,13	8,08	7,42	6,55	0,19		***		**	
Tärkkelys, kg/pv	3,00	3,22	3,39	2,58	3,03	3,43	0,03	***	***		***	
ME MJ/pv	242	240	234	247	238	224	4,157		***		o	
Tuotokset ja hyväksikäyttö												
Maito, kg/pv	30,8	30,3	29,5	32,0	31,1	28,9	0,89		***			
EKM ⁴ , kg/pv	31,3	30,8	29,9	31,9	31,3	29,4	1,03		***			
Valkuainen, g/pv	1040	1002	965	1076	1019	933	33,4		***		o	
Laktoosi, g/pv	1413	1393	1352	1462	1423	1330	45,5		**			
Rasva, g/pv	1283	1275	1247	1286	1295	1230	53,7		o			
EKM kg/kg ka	1,55	1,54	1,54	1,53	1,57	1,57	0,040					
Maito N/Rehu N	0,31	0,30	0,30	0,28	0,28	0,27	0,008	***				
Maidon koostumus												
Valkuainen, g/kg	33,9	32,9	32,7	33,7	32,8	32,2	0,66		***			
Laktoosi, g/kg	45,9	46,0	45,8	45,6	45,8	46,0	0,40					
Rasva, g/kg	41,9	42,0	42,3	40,3	41,6	42,3	1,29					
Urea, mg/dl	29,0	29,2	30,3	31,9	36,3	38,9	1,65	***	*		o	
Plasman aminohapot, µmol/l												
BCAA ⁵	523	541	499	606	572	490	25,7	o	**		o	
EAA ⁶	961	979	916	1081	1044	902	42,9	o	**		o	
TAA ⁷	2347	2374	2326	2458	2409	2223	66,1		*		o	

¹1 = Valkuaiaston vaikutus, 2 = Valkuaiislähteen vaikutus, 3 = Rypsin ja härkäpavun yhdysvaikutus, 4 = Valkuaiaston ja valkuaiislähteen yhdysvaikutus, 5 = Valkuaiastaso* valkuaiislähteen yhdysvaikutus, ²Rypsin ja härkäpavun seos (1:1), ³Neutraalidetergenttikuitu, ⁴Energiakorjattu maitotuotos, ⁵Haaraketjuiset aminohapot, ⁶Välttämättömät aminohapot (Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Trp ja Val), ⁷Välttämättömät ja ei-välttämättömät aminohapot yhteensä, ***P<0,001, **P<0,01, *P<0,05, oP<0,10