

Seosrehun tärkkelyspitoisuuden vaikutus lehmien liikkumisaktiivisuuteen ja maitotuotokseen automaattilypsynavetassa

Seija Jaakkola¹, Tuomo Kokkonen¹, Marjo Toivonen¹ ja Lea Puumala²

¹⁾ *Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, PL 28 (Koetilantie 5), 00014 Helsingin yliopisto
etunimi.sukunimi@helsinki.fi*

²⁾ *TTS Työtehoseura, c/o Maitosuomi, PL 337, 60101 Seinäjoki*

Tiivistelmä

Hyvin toimiva automaattilypsy edellyttää, että lehmät menevät vapaaehtoisesti lypsettäväksi. Lypsyn aikana annettava väkirehu houkuttelee lehmän lypsymälle, jos lehmän rehun saantihalua ei tyydytettyä ruokintapöydän tai väkirehukioskin rehuista. Ruokintapöydältä tarjottavan seosrehun koostumuksen on esitetty vaikuttavan lehmäliikenteeseen eli lehmien liikkumisaktiivisuuteen. Tässä tutkimuksessa selvitettiin seosrehun tärkkelyspitoisuuden vaikutusta rehun syöntiin, maitotuotokseen ja lehmien vapaaehtoiseen kulkuun lypsyrobotille.

Tutkimus tehtiin Helsingin yliopiston Viikin opetus- ja tutkimustilan navetassa syksyllä 2012. Pihaton kaikki lehmät olivat koeruokinnalla, mutta tulokset laskettiin vain sopivassa tuotosvaiheessa olevilta 39 lehmältä. Poikimisesta oli kulunut keskimäärin 104 päivää kokeen alkaessa. Kokeessa oli kolme kahden viikon jaksoa. Ensimmäisellä jaksolla lehmät saivat tärkkelyspitoista seosrehua (T), toisella jaksolla osa tärkkelyksestä korvattiin kuidulla (K) ja viimeisellä jaksolla lehmät palasivat tärkkelyspitoiselle ruokinnalle (T). Tärkkelyspitoisuuden muutos toteutettiin korvaamalla puolet seosrehun viljasta kuitupitoisemmalla väkirehulla. Seosrehussa oli väkirehua 42 % ja käymislaadultaan sekä sulavuudeltaan hyvää (D-arvo 727 g/kg ka) nurmisäilörehua 58 % kuiva-aineesta. Lisäksi lehmät saivat lypsyjen aikana teollista täysrehua, jonka annos vakioitiin lehmittäin maitotuotoksen mukaan (4, 6 tai 8 kg/pv). Lehmät lypsettiin automaattisessa lypsyjärjestelmässä, jossa eläinten kulku oli täysin vapaa. Lehmien haku lypsyrobotille vakioitiin hakuaikojen ja haun syyn suhteen (lypsystä yli 11 tuntia). Jakson ja samalla ruokinnan vaikutus lehmien lypsy-, tuotos- ja syöntitietoihin analysoitiin regressioanalyysillä SAS:in Mixed-proseduurilla.

Tärkkelyspitoisuudet olivat koko rehuannoksessa (seosrehu + robottiväkirehu) keskimäärin 193 (T) ja 127 (K) g/kg ka, seosrehussa 172 (T) ja 87 (K) g/kg ka ja väkirehussa (robotti+seosrehu) 354 (T) ja 233 (K) g/kg ka. Kokeen aikana ruokinnan väkirehuosuus oli 54,7 % kuiva-aineesta ja robottirehun osuus väkirehusta 40 %. Seosrehun syöntimäärä (18,9 kg ka) ja syöntikerrat päivässä pysyivät hyvin tasaisena koko kokeen ajan. Maitotuotos (40,4 – 39,3 – 38,6 kg/pv) ja robottilypsyjen määrä (3,12 – 3,03 – 2,89 kpl/pv) vähenivät lineaarisesti kokeen aikana siirryttäessä jaksolta 1 jaksolle 3 muutosten kuvatessa lähinnä lypsykauden etenemistä. Tulosten perusteella tärkkelyspitoisempi seosrehu ei vähentänyt tuotosta tai lypsykertoja kuituruokintaan verrattuna. Koelehmien hakukertoja lypsymälle oli hieman vähemmän jaksolla 2 kuin jaksoilla 1 ja 3 (0,15 – 0,12 – 0,16 kertaa/lehmä/päivä), mikä tarkoitti 39 koelehmän ryhmässä noin 1,4 hakukertaa vähemmän päivässä lehmien saadessa kuitupitoisempaa rehua. Tässä kokeessa käytetty tärkkelyspitoisempi seosrehu ei lisännyt oleellisesti lehmien hakutarvetta lypsyrobotille eikä vähentänyt seosrehun syöntiä kuitupitoisempaan rehuun verrattuna.

Asiasanat: automaattinen lypsyjärjestelmä, lypsylehmä, seosrehu, tärkkelys, eläinliikenne

Johdanto

Automaattilypsynavetan toiminta perustuu pitkälti lehmän motivaatioon ja mahdollisuuteen mennä syömään ja lypsylle. Hyvin toimivassa automaattilypsyssä lehmät menevät vapaaehtoisesti, säännöllisesti ja riittävän usein lypsettäväksi. Tuloksena on hyvä maitotuotos ja vähäinen työtarve eläinten haakuun lypsylle. Robottinavetassa lypsy liittyy kiinteästi lehmän syöntikäyttäytymiseen ja ruokinnan järjestämiseen. Lehmän halu syödä lypsyrobotista annettavaa väkirehua on vapaan lehmäliikenteen navetassa ensisijainen tekijä, joka houkuttelee lehmän lypsylle (Prescott ym. 1998a, Bach ym. 2007). Kulkuaktiivisuutteen voi vaikuttaa myös robottirehun olomuoto (Rodenburg ym. 2004) ja koostumus (Madsen ym. 2010). Prescottin ym. (1998b) mukaan lehmän motivaatio mennä lypsyrobottiin heikenee, jos rehun saantihalua tulee liiaksi tyydytettyä muualla eli ruokintapöydän tai väkirehukioskin rehuista. Ohjattu järjestelmä perustuu vapaata järjestelmää vähemmän lehmän valinnanvapauteen. Eri-laisissa ohjatuissa järjestelmissä lypsyjen määrä pyritään pitämään sopivana lehmien kulunohjauksen ja ohjausporttien avulla. Järjestelmät ohjaavat lehmää lypsylle rajoittamalla vapaata pääsyä syömään ruokintapöydälle ja/tai väkirehukioskiin tai pääsyä makuualueelle ruokinta-alueelta. Liikenneohjauksen (vapaa, ohjattu, osittain ohjattu) ja ruokinnan lisäksi eläinten liikkumiseen vaikuttavat muun muassa navetan olosuhteet ja robotin kapasiteetti suhteessa eläinmäärään ja tuotostasoon. Kyseessä on monimuotoinen kokonaisuus, jossa eläimen rehunsyönti, maitotuotos ja terveys vaikuttavat toisiinsa.

Ruokintapöydältä tarjottavan seosrehun koostumuksen on esitetty vaikuttavan lehmien liikku- misaktiivisuuteen eli haluun mennä lypsylle ja syömään (Rodenburg 2011). Seosrehun koostumuksen vaikutusta lehmäliikenteeseen on kuitenkin tutkittu erittäin vähän. Lehmien aktiivisuuden huomioivat ruokintasuositukset perustuvat pääasiassa käytännössä saatuihin kokemuksiin. Tässä tutkimuksessa selvitettiin seosrehun tärkkelyspitoisuuden vaikutusta lehmien syönti- ja lypsyaktiivisuuteen sekä tuotokseen, kun automaattilypsy perustuu täysin vapaaseen lehmäliikenteeseen.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimus tehtiin Helsingin yliopiston maataloustieteiden laitoksella Viikin opetus- ja tutkimustilan navetassa 20.11. – 31.12.2012. Tutkimuksessa oli 39 lehmää, joista ensikoita oli 15 ja vanhempia lehmiä 24. Kaikki robottilypsyssä olleet navetan lehmät (keskimäärin 54) söivät samoja koerehuja. Tulokset laskettiin kuitenkin vain niiltä lehmiltä, joiden poikimisesta oli kulunut vähintään kolme viikkoa ja jotka eivät olleet menossa umpeen kokeen aikana. Pääasiassa koelehmät olivat tuotoskauden alkutai keskivaiheessa, sillä vain viiden lehmän poikimisesta oli kokeen alkaessa kulunut yli 200 päivää. Keskimäärin poikimisesta oli kulunut 104 (keskihajonta 91,8) päivää kokeen alkaessa.

Kokeessa oli kolme kahden viikon jaksoa. Ensimmäinen viikko jaksosta oli totutuskautta. Toi- nen viikko oli koekausi, jolta laskettiin tulokset. Kaikki lehmät olivat ensimmäisen jakson ruokinnalla A (seosrehu A [Tärkkelys]+ robottiväkirehu). Tämän jälkeen lehmät siirtyivät toisen jakson ajaksi ruokinnalle B (seosrehu B [Kuitu]+ robottiväkirehu) ja viimeisen jakson ajaksi alkuperäiselle ruokin- nalle A. Siirtyminen ruokinnalta toiselle tehtiin vähitellen 3-5 päivän aikana. Seosrehut A ja B erosivat toisistaan tärkkelys- ja kuitupitoisuuden (NDF) suhteen. Ruokinnat suunniteltiin niin, että koko rehu- annoksen (seosrehu + robottiväkirehu) tärkkelyspitoisuudet olisivat noin 200 (A) tai 150 (B) g/kg kui- va-ainetta (ka) ja vastaavasti seosrehun tärkkelyspitoisuudet noin 165 (A) ja 95 (B) g/kg ka. Seosrehun tärkkelyspitoisuuden muutos toteutettiin korvaamalla viljaa kuitupitoisella väkirehulla (Leike- kuituseos, A-rehu Oy) (taulukko 1), joka sisälsi pääasiassa melassileikettä ja ohrarehua. Valkuaisrehun (Rypsiiviste, A-rehu Oy) osuus seoksessa pysyi samana koko kokeen ajan. Seosrehussa oli väkirehua 42 % ja nurmisäilörehua 58 % kuiva-aineesta. Säilörehu oli laakasiiloon säilöttyä, noukinvaunulla korjattua timotei-nurminatarehua, jonka säilönnässä käytettiin muurahaihapopohjaista säilöntäainet- ta (AIV2 Plus, Kemira Oyj).

Seosrehu tehtiin ja jaettiin punnitsevalla ja sekoittavalla kiskoruokkijalla (TMR sukkula, Pellon Group Oy). Rehu jaettiin ruokintapöydällä oleviin vaa'alla varustettuihin rehukuppeihin (22 kpl), jois- sa on automaattinen rehunkulutuksen seurantajärjestelmä (RIC, Roughage Intake Control, Insentec, Hollanti). Vaakakupit ohjelmoitiin niin, että kaikki eläimet saivat syödä kaikista kupeista vapaasti seosrehua ympäri vuorokauden ilman aika- tai määrärajoituksia. Rehua jaettiin viisi kertaa päivässä eli klo 3, klo 9.30, 12.30, 17.30 ja 22. Lehmät eivät päässeet syömään vaunun jakaessa rehua ja kupprien tyhjennyksen aikana (klo 9-9.30). Jaettava rehumäärä säädettiin niin, että rehukupeissa oli aina rehua.

Taulukko 1. Seosrehussa käytetyn väkirehun koostumus (% ilma-kuivasta rehusta)

	Seos A Tärkkelys	Seos B Kuitu
Kaura	10	5
Ohra	57	28,5
Leike-kuituseos	-	33,5
Rypsiiviste	30	30
Kivennäisseos	3	3

Seosrehun lisäksi lehmät saivat lypsyt yhteydessä täysrehua (Tekno-täysrehu, A-rehu Oy). Rehun päiväannos määriteltiin yksittäisen lehmän maitotuotoksen mukaan kokeen alussa seuraavasti: maitotuotos 25-35 kg väkirehua 4 kg (9 lehmää), tuotos 35-45 kg väkirehua 6 kg (12 lehmää) ja tuotos yli 45 kg väkirehua 8 kg (18 lehmää). Rehumäärää ei muutettu kokeen aikana. Väkirehun syöttö oli rajoitettu niin, että lehmä sai yhdellä lypsykerralla enintään 3 kg.

Lehmät lypsettiin automaattisessa lypsyjärjestelmässä (Lely Astronaut A3), jossa lehmien kulku lypsylle ja syömään ruokintapöydälle oli täysin vapaa. Lypsy sallittiin aikaisintaan kuusi tuntia edellisestä lypsystä ja lypsykertoja oli enintään neljä vuorokaudessa. Lehmien haku lypsyrobotille vakioitiin neljään haku-aikaan päivässä ja hakusyyt määriteltiin. Lehmä haettiin lypsylle vain, jos edellisestä lypsystä oli kulunut vähintään 11 tuntia.

Seosrehun syöntimäärä, syöntikertojen määrä, syönnin kesto ja ajoitus sekä syönninopeus määritettiin päiväkohtaisesti. Yhdeksi syöntikerraksi yhdistettiin käynnit rehukupilla, jos käyntien välinen aika oli lyhyempi kuin 5 minuuttia. Väkirehun kulutus lypsyt yhteydessä saatiin lypsyrobotin hallintaohjelman keräämistä tiedoista. Lisäksi väkirehun todellista syöntiä seurattiin videon avulla. Myös maitomäärä, muut lypsyt liittyvät tiedot (robotin tulon ja robotista lähdön kellonaika, läpikulut, epäonnistuneet lypset, lypsyaika, maidon virtausnopeus) ja elopaino saatiin lypsyrobotin tiedonkeruuhelmasta. Lehmien määrää robotin edustalla tarkkailtiin videotallenteiden avulla. Tavoitteena oli selvittää lehmien jonotusta robotille. Maitonäytteet otettiin jokaisen jakson toisella viikolla näytteenotolaitteella tuotannonseurantanäytteiden ottotavan mukaisesti. Näytteistä määritettiin rasva, valkuainen, urea ja solut. Rasvapitoisuus korjattiin Maatalouden Laskentakeskuksessa tuotoseurannassa käytettävällä laskentatavalla. Seosrehusta, säilörehusta, seosrehun väkirehusta ja robottiväkirehusta otettiin näytteet jokaiselta jaksolta. Näytteistä analysoitiin kemiallinen koostumus ja säilörehusta lisäksi D-arvo ja käymislaatu.

Jakson ja ruokinnan vaikutus tuloksiin analysoitiin regressioanalyysillä käyttäen SAS Mixed-proseduuria. Aluksi testattiin tutkittujen muuttujien osalta kovariaattien (poikimakerta, aika poikimisesta, robottiväkirehun määrä) ja jakson yhdysvaikutusta. Testissä selvitettiin oliko ruokinnan muutoksen (Tärkkelys->Kuitu->Tärkkelys) vaikutus erilainen eri-ikäisiin, eri tuotosvaiheessa oleviin ja eri määrän robottirehua saaviin lemmiin. Tilastollisesti merkitseviä olivat yhdysvaikutukset maidon virtausnopeus x poikimakerta ja lypsyväli x aika poikimisesta. Lopullisessa analyysissä testattiin jakson ja muuttujien välistä yhteyttä lineaarisen ja toisen asteen regressioanalyysin avulla. Jos testissä ei todettu merkitsevää toisen asteen vaikutusta, on tuloksissa esitetty vain lineaarisen testin tulokset. Lineaarinen vaikutus (merkitsevyys P_1) osoittaa, ettei jakso 2 (kuituruokinta) muuttanut tutkittavaa tekijää jaksoihin 1 ja 3 (tärkkelysruokinnat) verrattuna. Toisen asteen (käyräviivainen) vaikutus (P_0) osoittaa kuituruokinnan mahdollisesti aiheuttaman merkitsevän muutoksen verrattuna tärkkelysruokintoihin.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Robottinavetassa oli koelehmien lisäksi myös karjan muut lehmät. Olosuhteet pyrittiin pitämään mahdollisimman tasaisena koko kokeen ajan. Keskimäärin koejaksoilla 1-3 oli robottilypsyt lemmiä yhteensä 52-55-56, lypsytjen määrä päivässä oli 150-151-150, maitoa tuotettiin 1991-2036-2122 kg ja robotin vapaa kapasiteetti oli 9,8-8,4-5,7 %.

Säilörehun ruokinnallinen arvo oli hyvä sekä käymislaadun että sulavuuden osalta (taulukko 2). Kolmannella jaksolla säilörehun raakavaluapitoisuus oli suurempi kuin muilla jaksolla. Käymislaatu ja D-arvo pysyivät kuitenkin hyvin samanlaisena koko kokeen ajan. Tavoitteena ollut ruokinnan

tärkkelyspitoisuuden ero jaksojen välillä saavutettiin melko hyvin. Seosrehun tärkkelyspitoisuus oli 166, 87 ja 177 g/kg ka (taulukko 3) ja koko ruokinnan 189, 127 ja 197 g/kg ka (taulukko 4) jaksoilla 1-3. Kokeen aikana ruokinnan väkirehuosuus oli keskimäärin 54,7 % kuiva-aineesta ja robottirehun osuus väkirehusta 40 % sekä koko rehumäärästä 22 % kuiva-aineesta. Kun robottirehun annos oli 4, 6 tai 8 kg/pv oli vastaavasti rehun osuus koko ruokinnasta 16, 22 ja 25 %.

Rehujen syöntimäärät ja syöntikerrat pysyivät tasaisena kokeen ajan (taulukot 4 ja 6). Siirtymisen kuituruokinnalle ja siltä pois ei aiheuttanut muutosta rehujen syöntiin tai syöntikertoihin. Videoinnin perusteella lehmät ehtivät syödä robottirehun lypsyn aikana. Laskettuna keskimääräisen robotissa oloajan ja lypsykerralla pudotetun rehumäärän perusteella tämä edellytti 220-300 g/min syöntinopeutta robottirehun määrä ollessa 4-8 kg/pv. Ravintoaineiden saannissa todettiin käyräviivaisia muutoksia. Koeasetelman mukaisesti tärkkelyksen syönti ja pitoisuus rehuannoksessa oli pienin ja NDF:n vastavasti suurin toisella koejaksolla ($P_Q < 0,001$). Raakavalkuaisen syönnin ja pitoisuuden lisääntyminen kolmannella jaksolla ($P_Q < 0,001$) ei johtunut koeasetelmasta vaan säilörehun valkuaispitoisuuden muutoksesta. Myös kolmannella jaksolla todettu seosrehun nopeampi syönti muihin jaksoihin verrattuna ($P_Q < 0,001$) liittyi todennäköisesti muihin tekijöihin kuten säilörehun koostumukseen tai lehmien hieman suurempaan kokonaismäärään navetassa.

Maitotuotos ja lypsyjen määrä päivässä ($P < 0,001$) vähenivät ja lypsyväli ($P < 0,05$) piteni lineaarisesti kokeen aikana (taulukot 4-6). Koska maidon rasvapitoisuus lisääntyi ($P_L < 0,001$), ei energiakorjatussa maitotuotoksessa (EKM) ollut suurta eroa jaksojen välillä ($P > 0,05$). Kolmannen jakson EKM-tuotos oli keskimäärin 98,4 % ensimmäisen jakson tuotoksesta. Lievä tuotoksen väheneminen vastaa normaalia tuotantokauden etenemisen aiheuttamaa muutosta kuukauden aikana. Lypsyväli piteni selkeimmin lehmillä, joiden poikimisesta oli yli 200 päivää kokeen alkaessa. Lypsyrobotin vapaan kapasiteetin pieneminen kokeen aikana saattoi osaltaan vaikuttaa lypsykertojen vähenemiseen. Tätä kuitenkin kompensoi se, että yhdellä lypsykerralla tuotettu maitomäärä lisääntyi ($P_L = 0,07$) (taulukko 6). Samalla myös yhden lypsykerran lypsy aika piteni ($P_L < 0,05$). Tulosten perusteella tärkkelyspitoisempi seosrehu ei vähentänyt lypsykertoja ja tuotosta kuitupitoisempaan ruokintaan verrattuna.

Kuitupitoisempi ruokinta vähensi hieman maidon valkuaispitoisuutta tärkkelysruokintaan verrattuna ($P_Q < 0,01$). Koko rehuannoksen ME-pitoisuus oli pienempi kuitujaksolla kuin tärkkelysjaksoilla, mutta energian saannissa ei kuitenkaan ollut eroa. Hieman runsaampi syönti kompensoi kuituruokinnan pienempää ME-pitoisuutta. Maidon ureapitoisuuden käyräviivainen ($P_Q < 0,001$) muutos johtuu säilörehun suuremmasta valkuaispitoisuudesta kolmannella jaksolla. Vanhempien lehmien maidon virtausnopeudessa ei ollut eroa jaksojen välillä, mutta ensikoiden maidon virtausnopeus lisääntyi lineaarisesti ($P_L < 0,05$). Maidon maksimivirtausnopeus oli suurempi kuituruokinnan yhteydessä verrattuna tärkkelyspitoisempaan ruokintaan ($P_Q < 0,001$).

Ruokintajakson vaikutus lehmien hakuun lypsylle ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($P_L, P_Q > 0,05$). Lehmä jouduttiin kuitenkin hakemaan lypsylle hieman useammin seosrehun sisältäessä enemmän tärkkelystä (taulukko 6). Haettujen lypsyjen osuus kaikista lypsyistä oli ensimmäisellä jaksolla 4,8 % (ensikot 9,0 % ja vanhemmat 2,5 %), toisella jaksolla 4,1 % (5,7 ja 3,2) ja kolmannella jaksolla 5,6 % (9,2 ja 3,7). Ensikoiden keskimäärin suurempi hakutarve vanhempiin lemmiin verrattuna saattaa liittyä lypsyrobotin vapaaseen kapasiteettiin, joka oli kokeen aikana keskimäärin 8 % eli noin 2 tuntia päivässä. Ensikot ovat hierarkiassa vanhempia lemmiä alempana ja lypsylle pääsy voi vaikeutua jonotustilanteissa. Toisaalta suurinta osaa ensikoista (10 ensikkoa 15:sta) ei jouduttu hakemaan yhtään kertaa lypsylle koeviikoilla.

Yhteensä lypsylle hakuja oli 39 koelehmän ryhmässä yhden päivän aikana keskimäärin 5,8, 4,8 ja 6,3 jaksoilla 1-3 eli kuitujaksolla oli keskimäärin vain 1,3 hakuja vähemmän kuin tärkkelysjaksoilla. Suurempi hakutarve tärkkelysjaksoilla koski selvästi vain kahta ensikkoa, jotka haettiin lypsylle molemmilla tärkkelysjaksoilla keskimäärin 1,2 kertaa päivässä. Kuitujaksolla toinen ensikoista haettiin lypsylle keskimäärin 0,2 ja toinen 0,5 kertaa päivässä. Kyseisten ensikoiden poikimisesta oli kolme kuukautta kokeen alussa ja ne olivat oppineet robotilla käynnin. Lehmien jonottamisessa lypsyrobotille ei todettu merkitseviä muutoksia jaksojen välillä. Lehmämäärä robotin edustalla tosin hieman lisääntyi olleen keskimäärin 1,9, 2,0 ja 2,3 jaksoilla 1-3. Tilastollisessa testauksessa navetan lehmämäärän lievä lisääntyminen ei selittänyt muutosta jonottajien määrässä.

Johtopäätökset

Tutkimuksessa käytetty tärkkelyspitoisempi seosrehu ei lisännyt oleellisesti lehmien hakutarvetta lypsyröbotille eikä vähentänyt seosrehun syöntiä, syöntikertoja tai tuotosta kuitupitoisempaan rehuun verrattuna. Vain kahden yksittäisen ensikon lypsyaktiivisuus heikkeni selkeästi tärkkelyspitoisen ruokinnan yhteydessä. Seosrehun koostumuksen vaikutus lehmien vapaaehtoiseen kulkuun lypsylle on tämän perusteella yksilöllistä. Tuloksen tulkinnassa on otettava huomioon, että säilörehu oli sulavuudeltaan ja käymisladultaan hyvää, lehmät olivat pääasiassa tuotoskauden alku- tai keskivaiheessa, tärkkelyspitoisempi seosrehu sisälsi tärkkelystä 172 g/kg ka ja robottiväkirehun osuus koko ruokinnassa oli keskimäärin 22 %. Näiden yksittäisten tekijöiden muuttuessa tulos voi olla erilainen.

Kirjallisuus

Madsen, J., Weisbjerg, M.R. & Hvelplund, T. 2010. Concentrate composition for Automatic Milking Systems – Effect on milking frequency. *Livestock Science* 127: 45-50.

Prescott, N.B., Mottram, T.T. & Webster, A.J.F. 1998a. Relative motivations of dairy cows to be milked or fed in a Y-maze and an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science* 57: 23-33.

Prescott, N.B., Mottram, T.T. & Webster, A.J.F. 1998b. Effect of food type and location on the attendance to an automatic milking system by dairy cows and the effect of feeding during milking on their behavior and milking characteristics. *Animal Science* 67: 183-193.

Rodenburg, J., Focker, E. & Hand, K. 2004. Effect of the composition of concentrate fed in the milking box, on milking frequency and voluntary attendance in automatic milking systems. A better understanding: Automatic Milking. Toim. Meijering, A., Hogeveen, H. & de Koning, C.J.A.M. s. 511.

Rodenburg, J. 2011. Designing Feeding Systems for Robotic Milking. Tri-State Nutrition Conference 19.-20.4.2011. s. 127- 138. Viitattu 11.12.2013. Saatavissa: <http://tristatedairy.osu.edu/Proceedings%202011/Rodenburg%20paper.pdf>

Taulukko 2. Säilörehun koostumus (g/kg ka, jos muuta ei mainittu) ja rehuarvot.

	Jakso 1	Jakso 2	Jakso 3
Kuiva-aine, g/kg	222	225	224
Tuhka	68,6	69,0	71,0
Raakavalkuainen	141	135	171
NDF	542	547	523
pH	3,88	3,93	3,90
Sokeri	48,7	48,4	63,7
Maitohappo	60,2	60,0	44,3
Etikkahappo	9,71	12,1	8,70
Ammonium-N, g/kg N	51,1	52,6	45,9
D-arvo	725	723	729
Syönti-indeksi	107	106	110
ME, MJ/kg ka	11,6	11,6	11,7
OIV	85,5	84,7	89,2
PVT	12,7	7,54	38,2
Säilörehun NDF, % koko ruokinnan kuiva-aineesta	23,6	23,9	22,9

Taulukko 3. Väkirehujen ja seosrehun koostumus (g/kg ka, jos muuta ei mainittu) ja rehuarvot.

	Robotti-väkirehu	Seoksen väkirehu			Seosrehu		
		Jakso 1 Tärkkelys	Jakso 2 Kuitu	Jakso 3 Tärkkelys	Jakso 1 Tärkkelys	Jakso 2 Kuitu	Jakso 3 Tärkkelys
Kuiva-aine, g/kg	869	872	880	872	289	289	318
Tuhka	68,1	62,3	61,3	58,7	67,4	66,3	66,7
Raakavalkuainen	190	185	174	175	159	151	173
Raakarasva	46,1	30,0	31,0	30,8	-	-	-
Tärkkelys	271	396	207	423	166	87	177
NDF	224	207	333	221	402	457	397
ME, MJ/kg ka	12,8	12,2	11,8	12,2	11,9	11,7	11,9
OIV	115	113	115	113	97	97	99
PVT	30	27	22	27	19	14	33

Taulukko 4. Jakson ja ruokinnan vaikutus rehun syöntiin, ravintoaineiden ja energian saantiin sekä koko ruokinnan ravintoainepitoisuuksiin.

	Jakso ¹			Leikkauspiste		Regressiokerroin					
	1 Tärkkelys	2 Kuitu	3 Tärkkelys	Arvo	SE	Lineaari- nen	SE	P-arvo	Quadraat- tinen ²	SE	P-arvo
Seosrehu, kg ka/pv	18,8	19,1	18,9	18,8	0,35	0,07	0,091	0,46			
Väkirehu robotista, kg ka/pv	5,51	5,51	5,39	5,58	0,226	-0,06	0,027	0,04			
Yhteensä, kg ka/pv	24,3	24,6	24,3	24,2	0,48	-0,04	0,094	0,65			
Väkirehu yhteensä, kg ka/pv	13,4	13,5	13,3	13,5	0,31	-0,04	0,047	0,38			
Raakavalkuainen, kg/pv	4,04	3,93	4,28	4,61	0,124	-0,80	0,112	<0,001	0,23	0,028	<0,001
NDF, kg/pv	8,78	9,95	8,70	5,19	0,282	4,80	0,271	<0,001	-1,21	0,067	<0,001
Tärkkelys, kg/pv	4,61	3,14	4,80	9,21	0,144	-6,16	0,131	<0,001	1,56	0,033	<0,001
OIV, kg/pv	2,45	2,49	2,49	2,44	0,050	0,02	0,009	0,056			
ME MJ/pv	293	293	294	292	5,9	0,42	1,127	0,71			
Koko ruokinnan pitoisuudet, g/kg ka											
Raakavalkuainen	166	159	176	196	0,5	-41,6	0,52	<0,001	11,6	0,13	<0,001
NDF	362	405	358	229	2,12	178	1,95	<0,001	-44,9	0,48	<0,001
Tärkkelys	189	127	197	384	1,89	-261	1,94	<0,001	66,2	0,48	<0,001
OIV	101	101	102	102	0,2	-1,92	0,159	<0,001	0,65	0,039	<0,001
ME MJ/kg ka	12,1	11,9	12,1	12,6	0,02	-0,68	0,024	<0,001	0,17	0,006	<0,001

¹ Aritmeettinen keskiarvo, ² Toisen asteen vaikutus

Taulukko 5. Jakson ja ruokinnan vaikutus maitotuotokseen, elopainoon ja rehun muuntosuhteeseen.

	Jakso ¹			Leikkauspiste		Regressiokerroin					
	1 Tärkkelys	2 Kuitu	3 Tärkkelys	Arvo	SE	Lineaari- nen	SE	P-arvo	Quadraat- tinen ²	SE	P-arvo
Maitotuotos, kg/pv	40,4	39,3	38,6	41,3	1,59	-0,92	0,249	<0,001			
EKM, kg/pv	39,2	39,0	38,6	39,6	1,35	-0,33	0,321	0,30			
Rasvapitoisuus, %	3,81	4,02	4,06	3,72	0,108	0,12	0,033	<0,001			
Valkuaispitoisuus, %	3,52	3,49	3,55	3,64	0,077	-0,16	0,064	0,01	0,04	0,016	<0,01
Urea, mg/dl	24,6	25,1	30,0	28,6	1,71	-6,20	1,871	<0,01	2,21	0,464	<0,001
Valkuaistuotos, kg/pv	1,40	1,35	1,35	1,52	0,074	-0,14	0,069	0,04	0,03	0,017	0,097
Rasvatuotos, kg/pv	1,50	1,54	1,53	1,50	0,056	0,01	0,018	0,57			
Elopaino, kg	663	666	671	658	13,8	4,37	0,691	<0,001			
EKM kg/kg ka	1,61	1,58	1,57	1,63	0,042	-0,02	0,013	0,13			

¹ Aritmeettinen keskiarvo, ² Toisen asteen vaikutus, EKM = energiakorjattu maitotuotos

Taulukko 6. Jakson ja ruokinnan vaikutus syöntikäyttäytymiseen (seosrehu) ja lypsykäyttäytymiseen.

	Jakso ¹			Leikkauspiste		Regressiokerroin			Quadraat- tinen ²	SE	P-arvo
	1 Tärkkelys	2 Kuitu	3 Tärkkelys	Arvo	SE	Lineaari- nen	SE	P-arvo			
Syöntikäyttäytyminen											
Syöntikerrat, kpl/pv	11,5	11,7	11,8	11,4	0,40	0,16	0,143	0,27			
Syöntiaika, min/pv	242	242	214	213	13,2	42,0	12,86	0,002	-13,9	3,18	<0,001
Syöntinopeus, g /min	249	251	287	280	16,3	-48,5	15,97	0,003	17,0	3,95	<0,001
Syöntinopeus, g ka/min	80,1	82,1	93,1	87,1	5,29	-11,5	5,20	0,03	4,50	1,29	<0,001
Robottikäynnit, kpl/lehmä/päivä											
Kaikki lypsyt yhteensä	3,12	3,03	2,89	3,27	0,107	-0,12	0,026	<0,001			
Haku lypsulle	0,15	0,12	0,16	0,14	0,057	0,006	0,022	0,77			
Vapaaehtoiset lypsyt	2,97	2,91	2,73	3,12	0,139	-0,126	0,033	<0,001			
Läpikulut	1,47	1,01	0,74	1,81	0,208	-0,37	0,071	<0,001			
Epäonnistuneet lypsyt	0,10	0,12	0,10	0,11	0,042	0,001	0,019	0,95			
Lypsyväli, h											
Poikimisesta alle 100 pv ³	7,9	8,1	8,4	7,6	0,41	0,26	0,110	0,02			
Poikimisesta 100-200 pv ³	7,7	8,1	8,4	7,3	0,72	0,37	0,173	0,05			
Poikimisesta yli 200 pv ³	9,1	10,2	10,9	8,3	1,31	0,88	0,334	0,03			
Maito, kg/lypsykerta	13,0	13,0	13,4	12,8	0,38	0,157	0,085	0,07			
Lypsy aika, min/kerta	6,84	6,87	7,07	6,69	0,363	0,12	0,059	0,04			
Max virtaus, kg/min	4,16	4,75	4,43	2,67	0,302	1,95	0,309	<0,001	-0,45	0,076	<0,001
Virtaus keskimäärin, kg/min											
Ensikot	1,99	2,02	2,09	1,94	0,159	0,05	0,019	0,02			
Vanhemmat lehmät	2,20	2,18	2,17	2,22	0,126	-0,02	0,012	0,17			

¹ Aritmeettinen keskiarvo, ² Toisen asteen vaikutus, ³ Aika poikimisesta kokeen alkaessa