

Nurmisäilörehun laadun merkitys lihanaudan ruokinnassa

Arto Huuskonen

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Kotieläintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, arto.huuskonen@mtt.fi

Tiivistelmä

Tämän työn tavoitteena oli selvittää nurmisäilörehun laadun merkitystä kasvavien lihanautojen ruokinnassa. Työ toteutettiin osana ”Karjatilan kannattava peltoviljely” -hanketta (KARPE). Selvitys perustuu MTT:llä toteutettuihin lihanautojen ruokintakoeaineistoihin sekä kansainväliseen tutkimustietoon. Lihanautoja voidaan kasvattaa tavoiteltuun teuraspainoon monilla erilaisilla rehuyhdistelmillä. Eräs ruokinnan keskeisiä kysymyksiä on karkearehun ja väkirehun suhde. Lihanaudan ruokinnassa väkirehuprosentti voi teoriassa olla 0 – 80 välillä. Karkearehun määrän on oltava vähintään noin 20 % syödystä kuiva-aineesta, jotta eläimen pötsitoiminnot säilyisivät normaaleina. Kuitenkin jo 60–70 prosentin väkirehutasoilla on tutkimuksissa havaittu selviä negatiivisia vaikutuksia, jotka näkyvät esimerkiksi rehun sulatuksen heikkenemisenä.

Tärkein yksittäinen säilörehun ruokinnallista laatua kuvaava mittari on D-arvo eli sulavan orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta (g/kg ka). Lihanaudoille syötettävän säilörehun suositeltava D-arvo on ruokintatutkimusten perusteella 680–710 g/kg ka. Varhain korjattua säilörehua syöneet naudat ovat kasvaneet ruokintatutkimuksissa paremmin kuin myöhemmin korjatulla säilörehulla ruokitut. Säilörehun sulavuuden vaikutus eläinten kasvuun kuitenkin vaihtelee tutkimusten välillä. Keskimäärin parantuneella säilörehun sulavuudella saavutettu päiväkasvun lisäys oli läpikäydyssä aineistossa 2,6 g/pv säilörehun D-arvon yhden gramman nousua kohti. Toisin sanoen eläinten päiväkasvu parani aineistossa keskimäärin 26 g/pv, kun säilörehun D-arvo nousi 10 g/kg ka. Kaikille lihanautatiloille sopivaa nurmisäilörehun D-arvotavoitetta on mahdoton antaa, koska se riippuu mm. käytettävissä olevasta peltopinta-alasta.

Väkirehulisäyksellä saadut tuotosvasteet pienenevät säilörehun sulavuuden parantuessa. Tämän selvitystyön yhteydessä läpikäydyssä aineistossa yhden väkirehun kuiva-ainekilogramman lisäys syönnissä, lisäsi eläinten päiväkasvua keskimäärin 92 grammaa. Väkirehulisäystä saatuun tuotosvasteeseen vaikuttaa säilörehun laadun lisäksi muun muassa se, millaisilla väkirehun annostusmäärillä lisäys tehdään. Ensimmäisillä lisäväkirehukiloilla saadaan yleensä parhaat kasvuvasteet, ja väkirehulisäyksestä saatava vaste vähenee väkirehuannoksen lisääntyessä. Optimaalinen väkirehutaso sonninin ruokintaan on tilakohtainen ratkaisu, joka riippuu käytössä olevasta rehuntuotantokapasiteetista ja ostoväkirehun hinnasta. Rehujen hintasuhteiden muutokset muuttavat taloudellisesti optimaalista ruokintaa. Esimerkiksi rehuviljan edullisuus suhteessa karkearehuun houkuttelee lisäämään väkirehun käyttöä lihanautojen ruokinnassa.

Säilörehun korkea raakavalkuaispitoisuus vaikuttaa negatiivisesti typen hyväksikäyttöön ja lisää kotieläintuotannon ympäristökuormitusta. Typen hyväksikäytön kannalta ihanteellisessa säilörehussa olisi raakavalkuaista 120–130 g/kg ka ja rehun sulavuus olisi hyvä (D-arvo yli 670 g/kg ka). NDF-kuidun osalta minimitasoa kasvavalle lihanaudalle ei voida vielä nykytietämyksellä antaa. Jos rehuannoksesta 20 % on karkearehun NDF-kuitua, ollaan vielä todennäköisesti pötsin toiminnan kannalta turvallisella tasolla. Kotimaisten säilörehututkimusten perusteella rehun säilöntä vaikuttaa myös naudan pötsissä tapahtuvaan mikrobivalkuaisen tuotantoon. Kun tutkimuksissa on ruokittu nautoja joko rajoitetusti käyneellä, muurahaishapolla säilötyllä säilörehulla tai pitemmälle käyneellä, biologisesti säilötyllä rehulla tulokset ovat olleet selkeitä. Pötsin mikrobivalkuaisen tuotanto on tehostunut merkittävästi haposäilöttyjä rehuja käytettäessä. Kasvavan lihanaudan ruokinnassa tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että kun käytetään rajoitetusti käynnyttä säilörehua, on rehuvalkuaisen tarve pienempi kuin pitkälle käynnyttä säilörehua käytettäessä.

Työn tarkoitus

Tämän työn tavoitteena oli kartoittaa nurmisäilörehun laadun merkitystä kasvavien lihanautojen ruokinnassa. Työ perustuu MTT:llä toteutettuihin lihanautojen ruokintakoeaineistoihin sekä muihin kotimaisiin ja kansainvälisiin tutkimuksiin. Selvitys toteutettiin osana ”Karjatilan kannattava peltoviljely”-hanketta (KARPE).

Nurmisäilörehun D-arvo ja väkirehuruokinta

Nurmikasvien vanhetessa niiden soluseinäpitoisuus suurenee ja soluseinien eli kuidun sulavuus huononee (Rinne 1995). Sen vuoksi varhaisella kehitysasteella korjattu nurmi sulaa paremmin nautojen ruoansulatuskanavassa ja sisältää siten enemmän eläimelle käyttökelpoista energiaa. Nautojen ruokinnassa sulavan orgaanisen aineen määrä rehun kuiva-aineessa eli D-arvo on Suomessa tärkein karkearehun ravitsemuksellista laatua kuvaava tekijä (Manninen ym. 2011). D-arvon vaikutusta maidontuotantoon on meillä tutkittu runsaasti (esim. Rinne 2000, Kuoppala ym. 2004). Sen sijaan D-arvon vaikutusta naudanlihan tuotantoon on tutkittu huomattavasti vähemmän. Ulkomaisia tutkimuksia säilörehun sulavuuden vaikutuksesta lihanautojen kasvuun on sen sijaan olemassa jonkin verran, ja osa näistä tuloksista on sovellettavissa myös Suomen olosuhteisiin. Säilörehun sulavuus vaikuttaa myös ratkaisevasti lihanautojen ruokinnassa tarvittavan väkirehutäydennyksen määrään, joten tässä yhteydessä käydään läpi myös ruokinnan väkirehuvasteita sulavuuksillaan erilaisilla säilörehuilla. Keskeisimmät tässä työssä läpikäytyt lihanautojen ruokintatutkimukset keskeisimpine tuloksineen on esitelty taulukoissa 1a ja 1b. Sonnien lisäksi aineistossa oli mukana myös joitakin hiehoilla ja härillä toteutettuja lihanuotantokokeita. Taulukoihin on otettu mukaan myös joitakin kotimaisia väkirehutasoa selvittäneitä tutkimuksia, joissa säilörehun sulavuus ei ole ollut mukana koeasetelmassa.

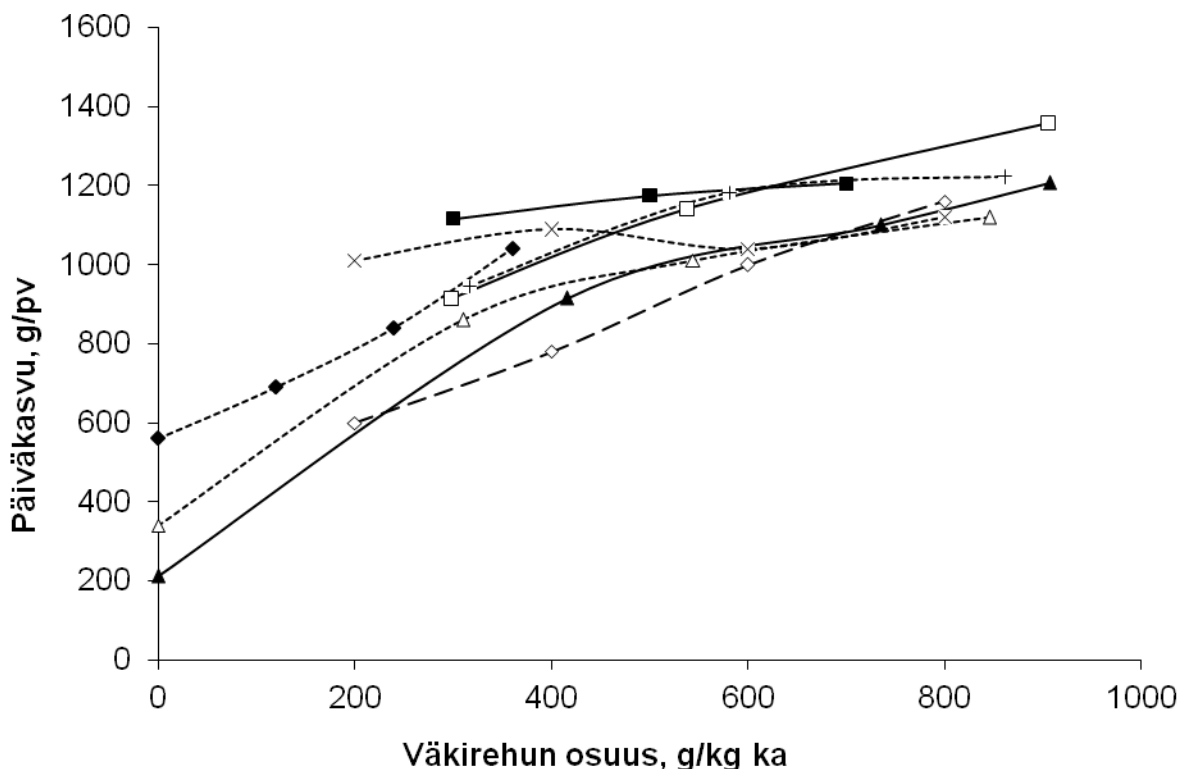
Säilörehun sulavuuden vaikutus eläinten kasvuun vaihtelee tutkimusten välillä (Taulukot 1a ja 1b). Suurimmillaan päiväkasvun lisäys läpikäydyssä aineistossa oli 6,3 g/pv, kun säilörehun D-arvo nousi 1 g/kg ka (Drennan & Keane 1987). Tämä tulos havaittiin irlantilaisessa tutkimuksessa, jossa vertailtavina olivat erittäin hyvän (D-arvo 742 g/kg ka) ja heikon (D-arvo 633 g/kg ka) D-arvon säilörehut, ja ruokinta toteutettiin ilman väkirehulisäystä. Toisessa ääripäässä on Steenin ym. (2002) toteuttama tutkimus, jossa härkien päiväkasvu jopa hieman heikkeni säilörehun sulavuuden parantuessa, kun eläimet saivat väkirehua noin 8 kg päivässä. Keskimäärin parantuneella säilörehun sulavuudella saavutettu päiväkasvun lisäys oli läpikäydyssä aineistossa 2,6 g/pv säilörehun D-arvon yhden gramman nousua kohti. Toisin sanoen eläinten päiväkasvu parani keskimäärin 26 g/pv, kun säilörehun D-arvo nousi 10 g/kg ka. Suomalaisissa kokeissa vastaava päiväkasvun lisäys oli hieman pienempi, keskimäärin 16 g/pv, kun säilörehun D-arvo nousi 10 g/kg ka. Suomalaisia tutkimuksia oli kuitenkin mukana hyvin rajoitetusti (3 kpl), ja säilörehun sulavuuden vaihtelut olivat niissä selvästi pienempiä kuin ulkomaisissa tutkimuksissa.

Suomalaisten kokeiden osalta Mannisen ym. (2011) tutkimuksessa korkean D-arvon (750 g/kg ka) nurmisäilörehulla ruokitut hereford-sonnit kasvoivat päivässä 186 g paremmin ($p < 0,01$, 1795 vs. 1609 g/pv) kuin hyvän D-arvon (700 g/kg ka) säilörehulla ruokitut sonnit. Korkean D-arvon säilörehulla ruokituilla sonneilla nettokasvu ylitti kilogramman ollen keskimäärin 1028 g/pv, kun se hyvän D-arvon säilörehulla ruokituilla sonneilla oli keskimäärin 912 g/pv ($p < 0,05$) (Manninen ym. 2011). Sonnien päiväkasvu lisääntyi siten Mannisen ym. (2011) tutkimuksessa keskimäärin 37 g ja nettokasvu 23 g, kun säilörehun D-arvo nousi 10 g/kg ka. Myös maitorotuisilla sonneilla tehdyissä kotimaisissa kokeissa eläimet ovat syöneet varhain korjattua säilörehua enemmän ja kasvaneet nopeammin kuin myöhemmin korjattua säilörehua saaneet sonnit (Aronen & Toivonen 1995, Aronen ym. 1995, Joki-Tokola ym. 1995). Ulkomaisissa tutkimuksissa aikaisin korjattua säilörehua saaneet naudat ovat johdonmukaisesti kasvaneet nopeammin kuin myöhemmin korjatulla säilörehulla ruokitut naudat (Thomas ym. 1981, Drennan & Keane 1987, Martinsson 1990, Steen 1992, Steen ym. 2002, Randy ym. 2010).

Lihanautoja voidaan kasvattaa tavoiteltuun teuraspainoon useilla erilaisilla rehuyhdistelmillä. Eräs ruokinnan keskeisiä kysymyksiä on karkearehun ja väkirehun suhde. Lihanaudan ruokinnassa väkirehuprosentti voi teoriassa olla 0 – 80 välillä. Karkearehun määrän on oltava vähintään noin 20 % syödyistä kuiva-aineesta, jotta eläimen pötsitoiminnot säilyisivät normaaleina. Kuitenkin jo 60–70 prosen-

tin väkirehutasoilla on tutkimuksissa havaittu selviä negatiivisia vaikutuksia, jotka näkyvät esimerkiksi rehun sulatuksen heikkenemisenä (Huuskonen ym. 2007). Säilörehun sulavuuden paraneminen näkyy parempina kasvatuloksina lihanaudoilla ja väkirehulisäyksellä saadut tuotosvasteet pienenevät säilörehun sulavuuden parantuessa (Martinsson 1990, Steen ym. 2002, Randby ym. 2010). Hyvälaatui- seen säilörehuun perustuvalla ruokinnalla onkin todettu päästävän voimakkaiden väkirehuruokintojen kanssa varsin kilpailukykyisiin kasvutasoniin (Muir ym. 1998, Steen ym. 2002, Randby 2010). Hyvä- laatuista nurmisäilörehua käytettäessä väkirehun lisäyksellä saatavat kasvun lisäykset ovat yleensä varsin pieniä (Huuskonen 2009).

Tämän selvitystyön yhteydessä läpikäydyssä aineistossa yhden väkirehun kuiva-ainekilogramman lisäys syönnissä, lisäsi eläinten päiväkasvu keskimäärin 92 grammaa. Pienimmillään väkirehuvaste oli 18 grammaa Steenin ym. (2002) tutkimuksessa härillä säilörehun D-arvolla 688 g/kg ka. Suurin väkirehuvaste (198 g/pv) havaittiin Drennanin ja Keanen (1987) tutkimuksessa härillä erittäin heikon sulavuuden säilörehua (D-arvo 563 g/kg ka) käytettäessä. On myös huomattava, että väkirehulisästä saatuun tuotosvasteeseen vaikuttaa säilörehun laadun lisäksi se, millaisilla väkirehun annostusmäärillä lisäys tehdään. Ensimmäisillä lisäväkirehukiloilla saadaan yleensä parhaat kasvuvasteet, ja väkirehu- lisäyksestä saatava vaste vähenee väkirehuannoksen lisääntyessä. Esimerkiksi Huuskosen ym. (2007) tutkimuksessa kasvuvaste väkirehulisäykseen oli kokeen aikana keskimäärin 27 g elopainon kasvua päivässä lisäväkirehukiloa kohti. Kun väkirehuprosentti nousi 30 %:sta 50 %:iin, kasvuvaste oli 33 g päiväkasvu/lisäväkirehu-kg. Väkirehuprosentin edelleen noustessa 50 %:sta 70 %:iin kasvuvaste oli enää 20 g päiväkasvu/lisäväkirehu-kg.



Kuva 1. Väkirehun osuuden vaikutus lihanautojen päiväkasvuun eri tutkimuksissa. Huuskonen ym. (2007) (■, säilörehun D-arvo 668 g/kg ka); Keane ym. (2001, koe 1) (□, 625); Keane ym. (2001, koe 2) (+, 679); Steen ym. (2002, koe 1) (◇, 606); Steen ym. (2002, koe 2) (x, 688); Steen ja Kilpatrick (2002) (◆, 672); Caplis ym. (2005) (Δ, 691) ja Keane ym. (2006) (▲, 633).

Väkirehulisän kasvuvasteen pieneneminen väkirehun lisäysmäärän noustessa käy ilmi myös kuvasta 1, johon on koottu ruokintakokeiden tuloksia väkirehutasokokeista. Väkirehuprosentin ollessa suhteellisen matala (0–30 %) väkirehulisäyksellä saadut kasvuvasteet ovat olleet hyvinkin merkittäviä, jopa useita satoja grammoja päivässä. Sen sijaan korkeammilla väkirehutasoilla (30–80 %) ruokittaessa väkirehulisäyksellä saadut päiväkasvuisät ovat olleet suhteellisen pieniä ja riippuvat merkittävästi ruokinnassa käytetyn säilörehun sulavuudesta. On myös huomattava, että kuvassa esiintyvät matalimmat kasvutasot (päiväkasvu 200–600 g/pv) ovat osittain seurausta näissä kokeissa käytetystä eläinaineksestä (härkä).

Osa matalimmilla väkirehutasoilla saaduista suurista kasvuvasteista liittyy paitsi eläinten energian saannin ja syönnin lisäykseen myös nimenomaan pötsimikrobien energian tarpeeseen. Viljan tärkkelys hajoaa pötsissä nopeasti, jolloin se lisää mikrobien energian saantia ja siten myös ammoniakkin hyväksikäyttöä mikrobisynteesiin. Hyvin matalilla väkirehutasoilla ruokittaessa ammoniakkin käyttö mikrobisynteesin voi olla heikkoa. Väkirehulisän myötä pötsimikrobit saavat käyttöönsä lisää energiaa nopeasti hajoavan tärkkelyksen kautta ja pötsin mikrobivalkuaistuotanto lisääntyy.

Yhteenvedona säilörehun sulavuuden ja väkirehulisäyksen optimoimisen osalta voidaan todeta, että kun säilörehun sulavuus huononee, väkirehua kannattaa käyttää enemmän. Optimaalinen väkirehutaso sonnin ruokintaan on tilakohtainen ratkaisu, joka riippuu käytössä olevasta rehuntuotantokapasiteetista ja ostoväkirehun hinnasta. Rehujen hintasuhteiden muutokset muuttavat taloudellisesti optimaalista ruokintaa. Esimerkiksi rehuviljan edullisuus suhteessa karkearehuun houkuttelee lisäämään väkirehun käyttöä lihanautojen ruokinnassa.

Kaikille lihanautatiloille sopivaa nurmisäilörehun D-arvotavoitetta on mahdoton antaa, koska se riippuu mm. käytettävissä olevasta peltopinta-alasta. Esimerkiksi jos tilalla on käytössä runsaasti nurmialaa, tilan kannattaa panostaa säilörehun laadun parantamiseen ja sitä kautta tuotoksen lisäykseen ja väkirehun tarpeen vähentämiseen. Kuitenkaan yleensä ei kannata tavoitella paljon yli 700 g/kg ka olevia D-arvoja, koska tällöin satotaso jää pieneksi ja säilörehun valkuaispitoisuus yleensä nousee tarpeettoman suureksi. Jos tilalla on riittävästi nurmialaa eikä säilörehun laatua ole mielekästä parantaa, on oman rehuviljan tuotannon lisääminen usein järkevä vaihtoehto. Jos puolestaan nurmiala on rajoittava tekijä, ei säilörehun sulavuutta kannattane maksimoida, vaan järkevintä lienee pyrkiä hieinan matalampaan sulavuuteen ja suureen satoon sekä käyttää enemmän väkirehua ruokinnassa.

Taulukko 1a. Nurmisäilörehun sulavuutta ja/tai väkirehutasoa käsittelevien tutkimusten keskeisimmät tulokset.

	Sukupuoli	Säilörehun D-arvo g/kd ka	Säilörehun syönti kg ka/pv	Väkirehun syönti kg ka/pv	Päiväkasvu, g/pv	Päiväkasvun lisäys (g/pv) / säilörehun D-arvon nousu 1 g/kg ka	Päiväkasvun lisäys (g/pv) / yhden kg:n lisäys väkirehun kuiva-ainesyönnissä	Korvaussuhde (säilörehun kuiva- ainesyönnin väheneminen / yhden kg:n lisäys väkirehun kuiva-ainesyönnissä)
Huuskonen ym. (2007)	sonni	668	6,32	2,52	1117			
		668	4,55	4,25	1175	-	27 g	1,13
		668	2,64	5,78	1205			
Huuskonen ym. (2009)	hieho	681	4,04	1,74	901	-	96 g	0,26
		681	3,59	3,44	1065			
Manninen ym. (2011)	sonni	750	5,93	3,13	1796		-	-
		699	6,00	3,20	1609	3,7 g		
Manninen ym. (2010)	sonni	698	6,23	2,62	1414	-	88 g	0,65
		698	5,01	4,51	1580			
Pesonen ym. (2012)	sonni	672	6,76	2,13	1193	-	84 g	0,70
		672	4,68	5,11	1444			
Randby ym. (2010)	sonni	747	9,21	0,01	1423		55 g	0,70
		747	7,34	2,67	1570			
		701	8,92	0,01	1262	4,9 g (ei väkirehua)	116 g	0,76
		701	6,92	2,63	1567			
		648	7,79	0,01	936	2,2 g (väkirehulisä)	162 g	0,34
		648	6,90	2,61	1357			
Steen ym. (2002)	härkä	688	7,50	1,90	1010	5,0 g (väkirehutaso 2 kg)	18 g (D-arvo 688)	0,87 (D-arvo 688)
		688	6,20	4,00	1090			
		688	4,20	6,20	1040	3,8 g (väkirehutaso 4 kg)		
		688	2,30	7,90	1120			
		606	6,30	1,90	600	0,5 g (väkirehutaso 6 kg)	89 g (D-arvo 606)	0,70 (D-arvo 606)
		606	5,30	4,00	780			
		606	3,80	6,30	1000	-0,5 g (väkirehutaso 8 kg)		
Drennan & Keane (1987)	härkä	563	6,79	0,04	382		198 g (D-arvo 563)	0,43 (D-arvo 563)
		563	6,09	2,51	1022	3,1 g (ei väkirehua)		
		563	4,68	4,90	1343			
		711	8,24	0,04	845	2,5 g (väkirehutaso 2,5 kg)	156 g (D-arvo 711)	0,53 (D-arvo 711)
		711	7,34	2,51	1398			
711	5,64	4,90	1602	1,8 g (väkirehutaso 5 kg)				

Taulukko 1b. Nurmisäilörehun sulavuutta ja/tai väkirehutasoa käsittelevien tutkimusten keskeisimmät tulokset.

	Sukupuoli	Säilörehun D-arvo g/kd ka	Säilörehun syönti kg ka/pv	Väkirehun syönti kg ka/pv	Päiväkasvu, g/pv	Päiväkasvun lisäys (g/pv) / säilörehun D-arvon nousu 1 g/kg ka	Päiväkasvun lisäys (g/pv) / yhden kg:n lisäys väkirehun kuiva-ainesyönnissä	Korvaussuhde (säilörehun kuiva- ainesyönnin väheneminen / yhden kg:n lisäys väkirehun kuiva-ainesyönnissä)
Drennan & Keane (1987)	häikä	633	7,77	0,04	657	6,3 g (ei väkirehua)	161 g (D-arvo 633)	0,34 (D-arvo 633)
		633	7,21	2,60	1233			
		633	6,03	5,19	1488	3,1 g (väkirehua 2,6 kg)	62 g (D-arvo 742)	0,54 (D-arvo 742)
		742	9,43	0,04	1346			
		742	7,58	2,60	1576			
		742	6,63	5,19	1666	1,6 g (väkirehua 5,2 kg)		
Steen (1992)	häikä	717	7,10	2,00	940		–	–
		671	6,60	2,00	740	4,3 g		
		643	6,60	2,00	620			
Steen (1992)	häikä	709	7,20	2,00	900		–	–
		672	7,30	2,00	820	4,8 g		
		640	6,70	2,00	570			
Steen (1992)	hieho	732	6,40	1,70	1120		–	–
		699	5,70	1,70	920	1,4 g		
		636	6,00	1,70	990			
Steen (1992)	hieho	734	6,00	1,70	1140		–	–
		686	5,50	1,70	880	5,4 g		
		663	5,00	1,70	760			
Thomas ym. (1981)	häikä	688	2,62	0,01	350	0,6 g (ei väkirehua)		–
		688	2,12	1,65	930		–	–
		580	2,77	0,01	280	1,9 g (väkirehua 1,6 kg)		
		580	2,03	1,56	730			
Aronen ym. (1992)	sonni	724	4,31	2,36	1112	0,3 g	–	–
		684	4,02	2,39	1099			
Martinsson (1990)	sonni	681	5,40	1,70	1270	2,0 g (väkirehua 1,7 kg)	60 g (D-arvo 681)	0,87 (D-arvo 681)
		681	4,10	3,20	1360			
		600	5,10	1,70	1110	2,0 g (väkirehua 3,2 kg)	60 g (D-arvo 600)	0,80 (D-arvo 600)
		600	3,90	3,20	1200			
Joki-Tokola ym. (1995)	sonni	680	5,18	1,92	1160	3 g	–	–
		660	5,01	2,04	1100			
Aronen & Toivonen (1995)	sonni	707	4,73	1,54	1071	0,9 g (väkirehua 1,5 kg)	60 g (D-arvo 707)	0,62 (D-arvo 707)
		707	3,90	2,88	1152			
		676	4,47	1,54	1044	0 g (väkirehua 3 kg)	78 g (D-arvo 676)	0,64 (D-arvo 676)
		676	3,57	2,95	1154			

Nurmisäilörehun raakavalkuaispitoisuus

Kun nurmikasvuston käytettävissä on enemmän tyyppiä, nurmisadon kuiva-ainesato kasvaa, mutta kuiva-ainepitoisuus pienenee (Rinne ym. 1995). Myös kuiva-aineen kuitupitoisuus on tällöin usein pienentynyt. Raakavalkuaispitoisuus ja ei-valkuaispitoisuuden osuus raakavalkuaisesta sen sijaan suurenevät (Thorvaldsson & Andersson 1986, Lindberg & Lindgren 1988). Typpilannoituksen vaikutus nurmikasvien orgaanisen aineen sulavuuteen on vaihteleva ja vähäinen (Thorvaldsson & Andersson 1986, Lindberg & Lindgren 1988, Van Vuuren ym. 1992).

Säilörehun korkea raakavalkuaispitoisuus vaikuttaa negatiivisesti typen hyväksikäyttöön ja lisää kotieläintuotannon ympäristökuormitusta. Typen hyväksikäytön kannalta ihanteellisessa säilörehussa olisi raakavalkuaista 120–130 g/kg ka ja rehun sulavuus olisi hyvä (D-arvo yli 670 g/kg ka) (Huuskonen ja Ojajärvi 2006). Käytännössä on usein kuitenkin hankala tuottaa säilörehua, jonka raakavalkuaispitoisuus on suhteellisen matala, jos tavoitellaan korkeaa satotasoa. Märehtijän typpihävikkejä voidaan teoriassa vähentää pienentämällä dieetin typpipitoisuutta, vähentämällä rehuvalkuaisen pötsihajoavuutta ja tehostamalla mikrobien kykyä sitoa pötsissä hajonneet tyypelliset yhdisteet mikrobivalkuaiseksi (Tamminga 1992). Kasvavilla lihanaudoilla dieetin typpipitoisuuden pienentäminen lienee useissa tapauksissa varteenotettava vaihtoehto, sillä Huuskonen (2009) raportoi, että valkuaislisän antaminen yli puolen vuoden ikäiselle maitorotuiselle sonnille on tarpeetonta, kun eläimet ruokitetaan hyvälaatuisella säilörehulla (D-arvo yli 650 g/kg ka, rehun säilönnällinen laatu hyvä) ja viljapohjaisella väkirehulla kohtuullisin väkirehutasoin (väkirehuprosentti 25–70 %). Sen sijaan rehuvalkuaisen pötsihajoavuuden vähentäminen ei vähennä typpitappioita, ellei typen pidättyminen kudoksiin (tai lypsylehmillä maitoon) lisääntynyt. Esimerkiksi Tuorin (1992) ja Varvikon ym. (1995) tutkimuksissa rypsirouhkan höyrykuumennuskäsittely valkuaisen pötsihajoavuuden vähentämiseksi ei lisännyt typen erittymistä maitoon.

Säilörehuun perustuvassa nautojen ruokinnassa on mahdollista yrittää tehostaa pötsin mikrobisynteesiä. Mikrobisynteesi voi jäädä suhteellisen tehottomaksi, jos säilörehu on säilönnän aikana käynyt voimakkaasti ja sisältää siten runsaasti käymisen lopputuotteita, joista pötsimikrobit eivät juuri saa energiaa (Chamberlain 1987). Myös valkuaisaineiden hajoaminen säilönnän aikana saattaa olla mikrobitoille haitallista. Mikrobien kasvu voi tehostua, kun käytettävissä on pelkän ammoniakkin sijasta aminohappoja ja peptidejä (Prins 1977).

Nurmisäilörehun kuitupitoisuus

Aiemmin rehujen kuitupitoisuus ilmoitettiin raakakuituna. Nykyään raakakuitua käytetään enää väkirehujen energia- ja valkuaisarvon laskennassa. Raakakuitua korvaamaan on kehitetty detergenttikuituanalyysit (Van Soest ym. 1991). Neutraalidetergenttikuitu (NDF) kuvaa rehun solunseinämäaineksen kokonaismäärää. NDF-kuituanalyysi jakaa rehun hiilihydraatit solunseinä- ja solunsisällyshiilihydraateihin. Tämä jako on märehtijän ruoansulatuksen kannalta parempi kuin aikaisemmin käytössä ollut jako raakakuituun ja typpettömiin uuteaineisiin (Huhtanen 2003).

Kuidun laadulla on ratkaiseva merkitys tasapainoisessa ruokinnassa. Jos hyvällä kuidun laadulla tarkoitetaan, että kuidulla on pureskelua ja märehtimistä lisäävät rakenneominaisuudet (pötsin pH:n ylläpitäminen) sekä korkea potentiaalinen sulavuus ja suuri sulatusnopeus (runsas ravintoaineiden saanti), hyvälaatuisen säilörehu ja laidunruoho ovat ainoat rehut, jotka täyttävät nämä kolme ominaisuutta (Huhtanen 2003). Vaikka sulavasta kuidusta puhuttaessa usein tarkoitetaan kuitupitoisia väkirehujä, on hyvin sulavassa säilörehussa enemmän sulavaa kuitua kuin esimerkiksi melassileikkeessä. Säilörehu onkin ylivoimaisesti tärkein sulavan kuidun lähde Suomessa.

NDF-kuitua voidaan periaatteessa käyttää apuna ruokinnan suunnittelussa. Sen perusteella voidaan arvioida, onko rehuannoksen kuitupitoisuus liian pieni pötsin normaalien toimintojen ylläpitämisen kannalta (Huhtanen 2003). Toisaalta voidaan arvioida rajoittaako liian suuri kuitupitoisuus rehujen syöntiä. Riittävän suuri kuitupitoisuus rehuannoksessa on tarpeen pötsin normaalin pH:n ylläpitämiseksi. Tällä hetkellä ei ole kuitenkaan riittävästi kotimaista tutkimustietoa tarkan NDF-kuidun minimi-

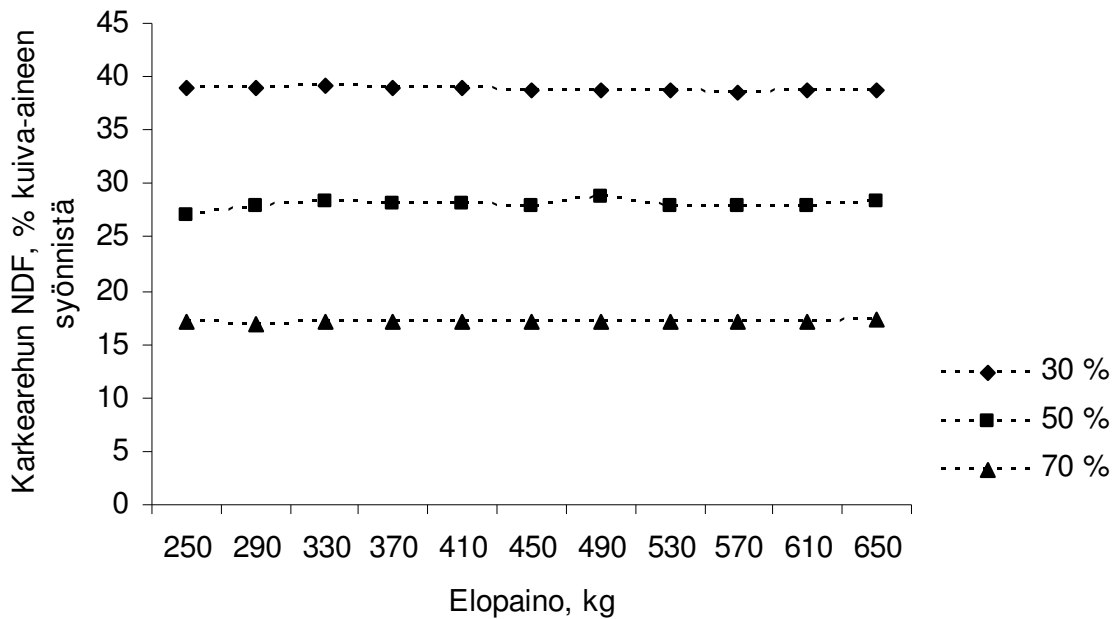


tason määrittämiseksi. Pohjois-Amerikassa on sen sijaan tehty paljon tutkimusta lihanautojen kuidun tarpeesta ja kuidun puutteeseen liittyvistä terveysongelmista feedlot-kasvattamoissa (esimerkiksi: Mader ym. 1991a,b, Galeyan & Eng 1998, Nagaraja & Chengappa 1998, Owens ym. 1998, Ramsey ym. 2002). Pohjois-Amerikassa saatuja tuloksia ei voida kuitenkaan soveltaa suoraan Suomeen monesta-kaan syystä. Pohjois-Amerikassa käytettävien lihanaudan rehuannosten koostumukset poikkeavat suuresti suomalaisista vastaavista, ja lisäksi Pohjois-Amerikassa kasvatuskausi yleensä jakaantuu hyvin ekstensiiviseen preeriavaiheeseen ja intensiiviseen feedlot-vaiheeseen. Tämä jälkimmäinen vaihe on sen verran lyhyt, ettei se ehdi todennäköisesti vaurioittaa maksaa samalla tavalla kuin 1,5 vuotta jatkuva intensiivinen ruokinta. Toinen asia on se, että Pohjois-Amerikassa sisäelimiä ei ilmeisesti juuri käytetä elintarvikkeena, joten asian taloudellinen merkityskin on pienempi. Voi myös olla, että Pohjois-Amerikassa käytettävillä lisäaineilla (esim. monensin) on ehkäisevä vaikutus esimerkiksi maksavaurioihin.

Suomessa ei ole välttämättä edes mahdollista määrittää selkeää minimitasoa NDF-kuidulle, koska asiaan vaikuttavat kuitupitoisuuden lisäksi monet muut tekijät. Esimerkiksi kuitupitoisten väkirehujen (melassileike, ohrarehu) NDF-kuidun vaikutus on huonompi kuin säilörehun. Samaten huonosti sulavan karkearehun ”kuituvaikutus” on suurempi kuin hyvin sulavan. Näin ollen rehuannoksen, joka koostuu huonosti sulavasta säilörehusta ja viljasta, NDF-kuidun minimitaso on pienempi kuin rehuannoksen, joka koostuu hyvin sulavasta säilörehusta ja runsaasti ns. sulavaa kuitua sisältävästä väkirehusta. Edellisellä dieetillä pötsi voi toimia normaalisti 30 %:n NDF-kuitupitoisuudessa, mutta jälkimmäisellä minimi voi olla jopa 40 % (Huhtanen 2003).

Ennen kuin koko rehuannoksen NDF-suosituksia kasvaville lihanaudoille voidaan antaa, ohjeistuksena voidaan todennäköisesti parhaiten käyttää karkearehun NDF-kuidun osuutta koko rehuannoksesta. Esimerkiksi karkearehun NDF-kuidun osuus 20 % rehuannoksesta voisi olla kohtuullisen turvallinen suositus kasvavalle naudalle (Huhtanen Pekka, kirjallinen tiedonanto 22.3.2007). Tällä karkearehusta peräisin olevalla kuitumäärällä pitäisi saavuttaa hyvät kasvat ja pötsin toimia hyvin.

Kuvassa 1 on nähtävissä maitorotuisten sonnien NDF-kuidun saanti karkearehusta MTT:llä toteutetussa ruokintakokeessa (Huuskonen ym. 2007) 30, 50 ja 70 prosentin väkirehutasoilla ruokittaessa. Sonnit ruokittiin kokeessa nurmisäilörehulla, ohralla ja rypsilä. Säilörehun keskimääräinen D-arvo koesarjan aikana oli 670 g/kg ka. Kokeen tarkemmat yksityiskohdat selviävät Huuskosen ym. (2007) julkaisusta. Tässä koesarjassa maitorotuisten sonnien NDF-kuidun saanti karkearehusta oli kokeen aikana 70 %:n väkirehutasolla keskimäärin 17 % rehun syönnistä ja saanti vaihteli hyvin vähän kokeen aikana (Kuva 1). Sonneilla ei havaittu tässä kokeessa terveysongelmia korkeimmalla väkirehutasolla ja eläinten kasvat olivat hyvät. Sen sijaan 70 %:n väkirehutasolla havaittiin voimakasta heikkenemistä kuidun sulatuksessa (Huuskonen ym. 2007), mikä kertoo siitä, että potentiaalisesti sulavan kuidun sulatus todennäköisesti heikkeni pötsin pH:n laskun ja sitä seuranneen kuidun sulatusnopeuden heikkenemisen seurauksena.



Kuva 1. Maitorotuisten sonnien NDF-kuidun saanti karkearehusta (nurmisäilörehu) 30, 50 ja 70 prosentin väkirehutasoilla ruokittaessa. Kuidun saanti on laskettu MTT:llä toteutetun ruokintakokeen (Huuskonen ym. 2007) tulosten perusteella.

Nurmisäilörehun säilönnällinen laatu

Säilörehun käymislaatu vaikuttaa voimakkaasti naudan vapaaehtoisesti syömän rehun määrään ja sitä kautta myös eläimen käytettäväksi tulevien ravintoaineiden määriin ja suhteisiin (Huhtanen ym. 2007). Esimerkiksi säilörehun korkea ammoniumtyppi- ja voihappopitoisuus alentavat vapaaehtoista rehun syöntiä, ja ovat merkkejä siitä, että säilörehu on virhekäynyt ja/tai rehun käymisprosessi on ollut liiallista. Tällaisissa tapauksissa rehu on yleensä tehty ilman säilöntäainetta tai säilötty biologisilla säilöntäaineilla. Esimerkiksi märissä olosuhteissa biologisen säilönnän epäonnistumisriski on suuri (Jaakkola & Saarisalo 2008). Märän rehun suurempi pilaantumisenriski johtuu siitä, että biologisilla säilöntäaineilla säilöttävässä rehumassassa pitäisi olla sokeria noin 2,5 % rehumassan tuorepainosta. Näin ollen rehumassan kuiva-ainepitoisuus tulisi olla 30–35 %, jotta sokermäärä olisi riittävä (Jaakkola & Saarisalo 2008).

Säilöntäainehapot, joista muurahaishappo on yleisin, laskevat suoraan rehun pH:ta (Jaakkola & Saarisalo 2008). Tämän lisäksi säilyvyys perustuu osittain myös luontaiseen maitohappokäymiseen. Alhainen pH lopettaa mikrobitoiminnan lisäksi kasvientsyymien toiminnan ja soluhengityksen. Tällöin sokerin kulutus ja rehun lämpeneminen loppuvat. Säilöntähapoilla on pH-vaikutuksen lisäksi muitakin ominaisuuksia, jotka estävät haittamikrobien kasvua. Propioni-, bentsoe- ja sorbiinihappo estävät erityisesti homeiden ja hiivojen toimintaa.

Hapolla säilötty säilörehu sisältää yleensä enemmän sokereita ja vähemmän käymishappoja kuin pitkälle käynyt rehu (painorehu, entsyymi ja/tai bakteerivalmisteilla säilötty rehu) (Rinne 1995). Myös valkuaisen hajoaminen on hapolla säilötyssä säilörehussa vähäisempää kuin pitkälle käyneessä rehusa. Hapolla säilötty rehu tuottaa pötsikäymisessä vähemmän propionihappoa ja enemmän mikrobivalkuaista kuin pitkälle käynyt rehu (Jaakkola 1992). Kotimaisten säilörehututkimusten (Jaakkola ym. 1990, 2006) perusteella rehun säilöntä vaikuttaakin selvästi naudan pötsissä tapahtuvaan mikrobivalkuaisen tuotantoon. Kun tutkimuksissa on ruokittu nautoja joko rajoitetusti käyneellä, muurahaishapolla säilötyllä säilörehulla tai pitemmälle käyneellä, biologisesti säilötyllä rehulla tulokset ovat olleet selkeitä. Pötsin mikrobivalkuaisen tuotanto on tehostunut merkittävästi happosäilöttyjä rehuja käytettäessä. Kasvavan lihanaudan ruokinnassa tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että kun käytetään rajoitetusti käynyt säilörehua, on rehuvalkuaisen tarve pienempi kuin pitkälle käynyt säilörehua käytettä-

essä. Eräisiin biologisiin säilöntäaineisiin on lisätty entsyymejä, joiden tehtävänä on hajottaa rehun kuidusta sokeria maitohapon tuottamiseksi ja rehun riittävän happamuuden saavuttamiseksi. Teoriassa näin voi toki tapahtua, mutta on myös huomattava, että tämä saattaa johtaa liialliseen käymiseen. Rehun liiallinen käyminen puolestaan heikentää rehun valkuaisarvoa ja syöntipotentiaalia.

Valmiin säilörehun sokeripitoisuuden avulla voidaan arvioida säilöntäprosessia (Jaakkola & Saarisalo 2008). Säilöntähappoja käytettäessä sokeria kuluu käymiseen vähemmän ja pitoisuus rehussa on tyyppillisesti suurempi kuin biologisia valmisteita käytettäessä. Hyvin pieni sokeripitoisuus rehussa osoittaa, että sokerit ovat kuluneet käymisprosessissa. Tällöin sokeri on saattanut loppua kesken ja maitohappokäyminen ei ole ollut riittävää. Jos myös pH on korkea ja/tai virhekäymishappojen sekä ammoniakkin pitoisuudet ovat suuria, on säilöntä selvästi epäonnistunut. Jos sen sijaan sokeripitoisuus on pieni ja kaikki muut kriteerit ovat kunnossa, ei pieni sokeripitoisuus sinällään osoita huonoa laatua. Mikäli rehun käymisprosessi ei ole saavuttanut stabiilia tilannetta, on pieni sokeripitoisuus aina riski rehun säilönnälliselle laadulle (Jaakkola & Saarisalo 2008).

Yhteenveto ja johtopäätökset

Kasvukauden edetessä nurmikasvuston kuiva-ainesato kasvaa, mutta sadon ravitsemuksellinen arvo heikkenee, koska nurmikasvin solujen seinämät paksuuntuvat eli rehun kuitupitoisuus kasvaa. Ruokintakokeissa aikaisin korjattua säilörehua saaneet naudat ovat yleensä kasvaneet nopeammin kuin myöhemmin korjatulla säilörehulla ruokitut naudat. Säilörehun sulavuuden vaikutus eläinten kasvuun kuitenkin vaihtelee tutkimusten välillä. Keskimäärin parantuneella säilörehun sulavuudella saavutettu päiväkasvun lisäys oli läpikäydyssä aineistossa 2,6 g/pv säilörehun D-arvon yhden gramman nousua kohti. Toisin sanoen eläinten päiväkasvu parani aineistossa keskimäärin 26 g/pv, kun säilörehun D-arvo nousi 10 g/kg ka. Kaikille lihanautatiloille sopivaa nurmisäilörehun D-arvotavoitetta on mahdollonta antaa, koska se riippuu mm. käytettävissä olevasta peltopinta-alasta.

Väkirehulisäyksellä saadut tuotosvasteet pienenevät säilörehun sulavuuden parantuessa. Tämän selviytymisen yhteydessä läpikäydyssä aineistossa yhden väkirehun kuiva-ainekilogramman lisäys syönnissä, lisäsi eläinten päiväkasvua keskimäärin 92 grammaa. Väkihöyrystä saatuun tuotosvasteeseen vaikuttaa säilörehun laadun lisäksi muun muassa se, millaisilla väkirehun annostusmäärillä lisäys tehdään. Ensimmäisillä lisäväkirehukiloilla saadaan yleensä parhaat kasvuvasteet, ja väkirehulisäyksestä saatava vaste vähenee väkirehuannoksen lisääntyessä. Optimaalinen väkirehutaso sonninin ruokintaan on tilakohtainen ratkaisu, joka riippuu käytössä olevasta rehuntuotantokapasiteetista ja ostoväkirehun hinnasta. Rehujen hintasuhteiden muutokset muuttavat taloudellisesti optimaalista ruokintaa. Esimerkiksi rehuviljan edullisuus suhteessa karkearehuun houkuttelee lisäämään väkirehun käyttöä lihanautosten ruokinnassa.

Säilörehun korkea raakavalkuaispitoisuus vaikuttaa negatiivisesti typen hyväksikäyttöön ja lisää kotieläintuotannon ympäristökuormitusta. Typen hyväksikäytön kannalta ihanteellisessa säilörehussa olisi raakavalkuaista 120–130 g/kg ka ja rehun sulavuus olisi hyvä (D-arvo yli 670 g/kg ka). NDF-kuidun osalta minimitasoa kasvavalle lihanaudalle ei voida vielä nykytietämyksellä antaa. Jos rehuannoksesta 20 % on karkearehun NDF-kuitua, ollaan vielä todennäköisesti pötsin toiminnan kannalta turvallisella tasolla.

Säilörehun käymislaatu vaikuttaa voimakkaasti nautan vapaaehtoisesti syömän rehun määrään ja sitä kautta myös eläimen käytettäväksi tulevien ravintoaineiden määriin ja suhteisiin. Rehun säilöntä vaikuttaa selvästi myös nautan pötsissä tapahtuvaan mikrobivalkuaisen tuotantoon. Kun tutkimuksissa on ruokittu nautoja joko rajoitetusti käyneellä, muurahaishapolla säilötyllä säilörehulla tai pitemmälle käyneellä, biologisesti säilötyllä rehulla tulokset ovat olleet selkeitä. Pötsin mikrobivalkuaisen tuotanto on tehostunut merkittävästi haposäilötyttyä rehuja käytettäessä. Kasvavan lihanautan ruokinnassa tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että kun käytetään rajoitetusti käynyttä säilörehua, on rehuvalkuaisen tarve pienempi kuin pitkälle käynyttä säilörehua käytettäessä.



Kirjallisuus

- Aronen, I. & Toivonen, V.** 1995. Säilörehun korjuuasteen ja väkirehutäydennyksen vaikutukset tuotannon tehokkuuteen naudalla. Teoksessa: Säilörehun laadun ja väkirehutäydennyksen vaikutukset naudanlihatuotantoon. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 12/95: s. 33–45.
- Aronen, I., Toivonen, V. & Joki-Tokola, E.** 1995. Rehunurmen typpilannoituksen ja korjuuajankohdan sekä väkirehutäydennyksen vaikutukset säilörehun hyväksikäyttöön naudalla. Teoksessa: Säilörehun laadun ja väkirehutäydennyksen vaikutukset naudanlihatuotantoon. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 12/95: s. 47–58.
- Aronen, I., Toivonen, V., Ketoja, E. & Öfversten, J.** 1992. Beef production as influenced by stage of maturity of grass for silage and level and type of supplementary concentrates. *Agric. Sci. Finl.* 1: 441–460.
- Caplis, J., Keane, M.G., Moloney, A.P. & O'Mara, F.B.** 2005. Effects of supplementary concentrate level with grass silage, and separate or total mixed ration feeding, on performance and carcass traits of finishing steers. *Ir. J. Agric. Food Res.* 44: 27–43.
- Chamberlain, D.G.** 1987. The silage fermentation in relation to the utilization of nutrients in the rumen. *Proc. Biochem.* 22: 60–63.
- Drennan, M.J. & Keane, M.G.,** 1987. Responses to supplementary concentrates for finishing steers fed silages. *Ir. J. Agric. Res.* 26: 115–127.
- Flipot, P., Wesley, M. & Lalonde, G.** 1984. Chemical composition and animal performance of grass forage of varying maturity stored as hay or silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 11: 35–44.
- Galyean, M.L. & Eng, K.S.** 1998. Application of research findings and summary of research needs: Bud Britton Memorial Symposium on Metabolic Disorders of Feedlot Cattle. *J. Anim. Sci.* 76: 323–327.
- Huhtanen, P.** 2003. Kuidun ja sen laadun merkitys lypsylehmien ruokinnassa. *Maito ja me* 15 (6/2003): 18–19.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J.** 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal* 1: 758–770.
- Huuskonen, A.** 2009. Concentrate feeding strategies for growing and finishing dairy bulls offered grass silage-based diets. *MTT Science* 1: 99 s. Väitöskirja.
- Huuskonen, A., Khalili, H. & Joki-Tokola, E.** 2007. Effects of three different concentrate proportions and rapeseed meal supplement to grass silage on animal performance of dairy-breed bulls with TMR feeding. *Livest. Sci.* 110: 154–165.
- Huuskonen, A., Lamminen, P. & Joki-Tokola, E.** 2009. The effect of concentrate level and concentrate composition on the performance of growing dairy heifers reared and finished for beef production. *Acta Agric. Scand. Sect. A Anim. Sci.* 59: 220–229.
- Huuskonen, A. & Ojajarvi, P.** 2006. Naudanlihantuotanto ja ympäristö. Teoksessa: Susanna Tauriainen (toim.). Naudanlihantuotanto. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino . s. 211–217.
- Jaakkola, S., Huhtanen, P. & Vanhatalo, A.** 1990. Fermentation quality of grass silage treated with enzymes or formic acid and nutritive value in growing cattle fed with or without fish meal. *Acta Agric. Scand.* 40: 403–414.
- Jaakkola, S., Kaunisto, V. & Huhtanen, P.** 2006. Volatile fatty acid proportions and microbial protein synthesis in the rumen of cattle receiving grass silage ensiled with different rates of formic acid. *Grass For. Sci.* 61: 282–292.
- Jaakkola, S. & Saarisalo, E.** 2008. Sokerin rooli rehun säilönnässä. *Maito ja Me* 20 (3/2008): 16–17.
- Joki-Tokola, E., Aronen, I. & Vehkaoja, H.** 1995. Rehunurmen typpilannoituksen ja säilörehun korjuuajankohdan sekä väkirehutäydennyksen vaikutukset säilörehun hyväksikäyttöön naudalla. Teoksessa: Säilörehun laadun ja väkirehutäydennyksen vaikutukset naudanlihatuotantoon. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 12/95: s. 59–70.
- Keane, M.G., Drennan, M.J. & Moloney, A.P.** 2006. Comparison of supplementary concentrate levels with grass silage, separate or total mixed ration feeding, and duration of finishing in beef steers. *Livest. Prod. Sci.* 103: 169–180.
- Kuoppala, K., Rinne, M., Nousiainen, J. & Huhtanen, P.** 2004. Säilörehun ensi- ja jälkikasvun korjuuajan sekä väkirehutäydennyksen vaikutus lypsylehmien maidontuotantoon. Teoksessa: Toim. Anneli Hopponen ja Marketta Rinne. Maataloustieteen Päivät 2004, 12.–13.1.2004 Viikki, Helsinki [:esitelmät ja posterit]. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 19: 6 s.
- Lindberg, J.E. & Lindgren, E.** 1988. Influence of cutting time and N fertilization on the nutritive value of timothy. I. Rumen degradability of cell walls, *in vivo* digestibility and estimated energy and protein values. *Swed. J. Agric. Res.* 18: 91–98.
- Mader, T.L., Dahlquist, J.M. & Schmidt, L.D.** 1991a. Roughage sources in beef cattle finishing diets. *J. Anim. Sci.* 69: 462–471.
- Mader, T.L., Dahlquist, J.M., Britton, R.A. & Krause, V.E.** 1991b. Type and mixtures of high-moisture corn in beef cattle finishing diets. *J. Anim. Sci.* 69: 3480–3486.

- Manninen, M., Honkavaara, M., Jauhiainen, L., Nykänen, A. & Heikkilä, A.-M.** 2011. Effects of grass-red clover silage digestibility and concentrate protein concentration on performance, carcass value, eating quality and economy of finishing Hereford bulls reared in cold conditions. *Agric. Food Sci.* 20: 151–168.
- Manninen, M., Jauhiainen, L., Ruusunen, M., Soveri, T., Koho, N. & Pösö, R.** 2010. Effects of concentrate type and level on the performance and health of finishing Hereford bulls given a grass silage-based diet and reared in cold conditions. *Livest. Sci.* 127: 227–237.
- Martinsson K.** 1990. The effect of forage digestibility and concentrate supplementation on performance of finishing bulls. *Swed. J. Agric. Res.* 20: 161–167.
- Muir, P.D., Deaker, J.M. & Bown, M.D.** 1998. Effects of forage- and grain-based feeding systems on beef quality: A review. *New Zealand J. Agric. Res.* 41: 623–635.
- Nagaraja, T.G. & Chengappa, M.M.** 1998. Liver abscesses in feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 76: 287–298.
- Nordang, L.Ø. & Hole, J.R.** 1987. Feeding value of grass silage harvested 14 and 24 days after heading to growing bulls. *Norsk landbruksforskning* 1: 181–188.
- Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J. & Gill, D.R.** 1998. Acidosis in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 76: 275–286.
- Prins, R.A.** 1977. Biochemical activities of gut micro-organisms. Teoksessa: Clarke, R.T.J. & Bauchop, T. (Toim.). *Microbial Ecology of the gut.* Academic Press, London. s. 73–183.
- Ramsey, P.B., Mathison, G.W. & Goonewardene, L.A.** 2002. Effect of rates and extent of ruminal barley grain dry matter and starch disappearance on bloat, liver abscesses, and performance of feedlot steers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 97: 145–157.
- Randby, Å.T., Nørgaard, P. & Weisbjerg, M.R.** 2010. Effect of increasing plant maturity in timothy-dominated grass silage on the performance of growing/finishing Norwegian Red bulls. *Grass Forage Sci.* 65: 273–286.
- Rinne, M.** 1995. Säilörehun laadun ja väkirehutäydennyksen vaikutukset naudanlihatuotantoon. Yhteenveto. Teoksessa: Säilörehun laadun ja väkirehutäydennyksen vaikutukset naudanlihatuotantoon. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 12/95: s. 7–12.
- Rinne, M.** 2000. Influence of the timing of the harvest of primary grass growth on herbage quality and subsequent digestion and performance in the ruminant animal. Helsingin yliopiston kotieläintieteen laitoksen julkaisu- ja 54: 42 s. + 5 liitettä. Helsinki: Helsingin yliopisto, 2000. (Väitöskirja).
- Rinne, M., Jaakkola, S., Vanhatalo, A., Huhtanen, P. & Toivonen, V.** 1995. Rehunurmen typpilannoituksen ja kasvuasteen vaikutukset säilörehun sulatukseen naudalla. Teoksessa: Säilörehun laadun ja väkirehutäydennyksen vaikutukset naudanlihatuotantoon. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 12/95: s. 13–32.
- Steen, R.W.J.** 1984. A comparison of two-cut and three-cut systems of silage making for beef cattle using two cultivars of perennial ryegrass. *Anim. Prod.* 38: 171–179.
- Steen, R.W.J.** 1992. The performance of beef cattle given silage made from perennial ryegrass of different maturity groups, cut on different dates. *Grass For. Sci.* 47: 239–248.
- Steen, R.W.J., Kilpatrick, D.J. & Porter, M.G.** 2002. Effects of the proportions of high or medium digestibility grass silage and concentrates in the diet of beef cattle on liveweight gain, carcass composition and fatty acid composition of muscle. *Grass For. Sci.* 57: 279–291.
- Steen, R.W.J. & McIlmoyle, W.A.** 1982. The effect of frequency of harvesting grass for silage and level of concentrate supplementation on the intake and performance of beef cattle. *Anim. Prod.* 35: 245–252.
- Steen, R.W.J. & McIlmoyle, W.A.** 1985. The effect of frequency of harvesting grass for silage on the intake and performance of beef cattle. *Grass For. Sci.* 40: 341–347.
- Tamminga, S.** 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *J. Dairy Sci.* 75: 345–357.
- Thomas, C., Gibbs, B.G. & Tayler, J.C.** 1981. Beef production from silage. 2. The performance of beef cattle given silages of either perennial ryegrass or red clover. *Anim. Prod.* 32: 149–153.
- Thorvaldson, G. & Andersson, S.** 1986. Variations in timothy dry matter yield and nutritional value as affected by harvest date, nitrogen fertilization, year and location in Northern Sweden. *Acta Agric. Scand.* 36: 367–385.
- Tuori, M.** 1992. Rapeseed meal as a supplementary protein for dairy cows on grass silage-based diet, with emphasis on the Nordic AAT-PBV feed protein evaluation system. *Agric. Sci. Finl.* 1: 367–439.
- Van Vuuren, A.M., Krol-Kramer, F., Van der Lee, R.A. & Corbijn, H.** 1992. Protein digestion and intestinal amino acids in dairy cows fed fresh *Lolium perenne* with different nitrogen contents. *J. Dairy Sci.* 75: 2215–2225.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A.** 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583–3597.
- Varvikko, T., Jaakkola, S., Rinne, M. & Huhtanen, P.** 1995. Rypsiroheen ja lämpökosteuskäsitellyn rypsi-uristeiden valkuaisarvo maidontuotannossa säilörehuruokinnalla. Kotieläintieteen päivät 1995. Maaseutokeskusten liiton julkaisu numero 888. s. 35–40.