

Lägre råproteinhalt i kofoderstater för bättre miljö och mer pengar till mjölkföretagaren

Pekka Huhtanen¹, Christian Swensson² och Mårten Hetta¹

¹Institutionen för Norrländsk Jordbruksvetenskap SLU-Umeå

²Lantbrukets Byggnadsteknik, SLU Alnarp & Svensk Mjök

Bakgrund

Mjökproduktion har både positiv och negativ påverkan på de svenska miljömålen. Positivt är att mjökproduktionen bidrar till att hålla landskapet öppet i form av betesmarker och fält för odling av fodergrödor. Negativa miljökonsekvenser är föroreningar i form av framförallt ammoniak och lustgas samt utsläpp till vattendrag av kväve och fosfor. Helt avgörande för ett högt kväveutnyttjande i mjökproduktionen är att mjölkkon utfodras med rätt mängd kväve (råprotein) (Modin Edman, 2010). En förutsättning för att skapa kostnads- och kväveeffektiva foderstater är att fodervärderingssystemen korrekt värderar fodermedlen. Generellt är marginalutbytet i mjökproduktionen på ett ökat proteinintag lågt, endast 10-15 procent av det tillförda proteinet återfinns i mjölken (Huhtanen och Hristov, 2009). Det låga utbytet beror framförallt på kväveförluster i våmmen. I en nyligen publicerad studie av Broderick et al., (2010), fann man att våmmens proteinbalans är nära noll när råproteinhalten är ca 14 procent. Ovanför den nivån kommer kväveabsorptionen från våmmen att överstiga cirkulationen och kväveförlusterna ökar väsentligt. Flera studier har visat att en ökad tillförsel av protein visserligen ökar produktionen, men minskar effektiviteten, hur stor minskningen är beror på den övriga foderstaten (Shingfield et al., 2003; Colmenero och Broderick, 2006). Därför är ekonomiskt optimum för tilldelning av protein, en funktion av rådande mjök- och foderpriser. Det finns en uppfattning att högvakastande mjölkkor behöver en hög råproteinhalt (>19 %) i foderstaten, men internationell - och svensk forskning har visat att detta inte är helt nödvändigt (Frank & Swensson, 2002; Nadeau et al., 2007). Syftet med detta projekt är att förbättra kväveutnyttjandet hos mjölkkor, genom att minska råproteinhalten i foderstaterna med bibehållen mjölkavkastning och minskade kväveutsläpp till miljön. Särskild vikt har lagts vid att bestämma, hur stort är det marginella utbytet är vid ytterligare ökat intag av råprotein och AAT (aminosyror absorberade i tunntarmen) från de vanligaste proteinfodermedlen hos mjölkkor.

Material och metoder

Dataset och beräkningar

Projektet har omfattat en större litteraturstudie och meta-analys (Huhtanen et al., 2011). Initialt sammanställdes ett dataset baserat på tidigare analyser om konsumtionsreglering (Huhtanen, 2007; 2008). Data kommer från internationella vetenskapliga studier där vall- och helsädesensilage har utfodrats i fri tillgång, tillsammans med koncentrat och proteinfoder i olika nivåer. En sammanställning och beskrivning av dataset som omfattade 292 behandlingar finns i tabell 1.

Tabell 1. Sammanställning av dataunderlaget för meta-analysen.

Proteinkälla	Antal studier	Antal behandlingar
Rapsmjök	55	120
Behandlat rapsmjök ¹	29	82
Sojamjök	22	46
Soja- och fiskmjök	16	44
Summa	122	292

¹Värmebehandling

Behandlingarna med olika proteinfoder klassificerades i fyra olika fodertyper, obehandlat rapsmjöl (RM), värmebehandlat rapsmjöl (BRM), sojamjöl (SM) och soja och fiskmjöl (SMF). Kraven för att en studie skall få vara med i projektet var att minst ett av proteinfodermedlen var tilldelat i minst två nivåer och att det fanns information om, grovfodrets sammansättning, torrsubstans (TS), smältbarhet, förjäsning produkter. Vidare krävdes att fanns data på mängden koncentrat och proteinhalt (RP) i kombination med foderkonsumtion och produktionsresultat omfattande, mjölk mängd och mjölkens sammansättning. Energiinnehållet (omsättbar energi/ME) i ensilage beräknades med utgångspunkt från smältbarheten medans energiinnehållet hos kraftfoder bestämdes från den kemiska sammansättningen. Konsumtionen av AAT (Metabolisable protein/MP) beräknades enligt NRC (2001) och mängden energikorrigerad mjölk bestämdes enligt (Sjaunja et al., 1991). Smältbarheten hos proteinfodret beräknades enligt Lucas princip utifrån beskrivningar av Van Soest (1994).

Statistisk analys

Studien omfattade mixade regression modeller i programvaran SAS (Little et al., 1996) för att beräkna sambanden mellan beroende och oberoende variabler för varje klass av proteinfodermedel. Förutom jämförelsen av de olika fodermedlen gjordes även en jämförelse av responsen av utfodring med RM relation till avkastningen. Data omfattande RM delades i två lika hälften med högre eller lägre avkastning än 28 Kg mjölk. Vi jämförde därefter lutningskoefficienterna för responsen på ökad tilldelning av RM. Modellerna i sin helhet finns beskrivna i manuskriptet (Huhtanen et al., 2011), tillsammans med de statistiska tester som användes i studien.

Resultat

Foderstaternas sammansättning

En sammanställning över den kemiska sammansättningen och näringsinnehållet i foderstaterna redovisas i tabell 2. Tabellen visar att materialet med soja som proteinfoder (SM+SMG) hade högre smältbarhet på ensilaget. Vidare var råproteinhalten i foderstaterna med soja något högre än för studierna med raps (RM+BRM).

Tabell 2. Sammansättning (g kg DM⁻¹) och näringsvärden för foderstaterna

Parameter	RM	BRM	SM	SMF
Ensilage				
RP	147	160	154	154
NDF	545	531	549	540
Totala syror	72	70	71	106
Ammonium-N (g kg N ⁻¹)	45	49	70	101
D-värde	681	678	692	695
Kraftfoder				
RP	163	159	185	203
NDF	263	262	171	245
Hela foderstaten				
RP	152	159	168	170
NDF	433	414	373	423
ME (MJ/kg DM ⁻¹)	11.4	11.5	11.8	11.8
AAT	90	92	95	96

RM=Rapsmjöl, BRM=Värmebehandlat rapsmjöl, SM=Sojamjöl, SMF=Soja- och Fiskmjöl, RP=Råprotein, NDF=Neutral detergent fiber, ME=Omsättbar energi, AAT=Aminosyror absorberade i tunntarmen. D-värde=andelen smältbar OM av TS

Tabell 3. Foderkonsumtion och mjölkproduktion för de olika fodermedlen

Parameter	RM	BRM	SM	SMF
Konsumtion (kg TS d ⁻¹)				
Grovfoder	11.6	10.6	9.0	10.5
Kraftfoder	7.8	8.2	7.8	6.9
Totalt	19.4	18.8	16.8	17.4
Mjölproduktion				
Mjölk (kg d ⁻¹)	27.2	27.2	23.3	25.1
Protein (g kg ⁻¹)	32.6	32.2	32.5	31.8
Fett (g kg ⁻¹)	1210	1174	977	1039
Levande vikt (kg)	568	576	543	571
Kväveeffektivitet (g kg ⁻¹ N)	300	292	270	273

Förklaringar se tabell 1

Konsumtion och produktionsresultat

En sammanfattning av de data som beskriver mjölkproduktion och foderkonsumtion finns i tabell 3. Mjölproduktionen var högre för produktionsresultaten med rapsprodukter i relation till produktionsförsöken med SM, mest beroende på att rapsstudierna var genomförda på senare tid med kor som hade högre avkastning.

Effekt av fodermedel på konsumtion och smältbarhet

Alla utvärderade proteinfodermedel ökade konsumtionen av torrsbstans (TS) totalt, men även konsumtionen av grovfoder och ökningen var störst för rapsprodukterna. Ökad tilldelning av proteinfodermedlen ökade smältbarheten hos dieterna, men resulterade inte i någon skillnad mellan de olika fodermedlen. Det var heller ingen skillnad i smältbarhet på proteinet mellan de olika proteinfodermedlen förutom att värmebehandling av RM sänkte smältbarheten på proteinet.

Effekt av fodermedel på mjölkproduktionen

Mjölproduktionen ökade som en följd av ökad tilldelning för alla proteinfoder fodermedel i enlighet som är beskrivet av tabell 4. Tabellen skall tolkas så att interceptet anger vilken respons som förväntas utan någon tilldelning av proteinfodermedlet och lutningen anger vilken respons som förväntas per kg RP som tilldelas i foderstaten. Ju större lutning desto starkare respons. P-värdena testar om de olika responserna är signifikant olika.

Tabell 4. Respons på mjölkproduktionen (kg dag⁻¹) av ökad tilldelning av fodermedlen

Responsvariable	Intercept	Lutning	P-värde	P-värde för skillnader i respons			
				RM	BRM	SM	SMF
Mjölavkastning							
RM	17.6	3.41	<0.001	-	0.30	<0.01	0.14
BRM	16.0	3.73	<0.001	0.30	-	<0.01	0.03
SM	17.4	2.09	<0.001	<0.01	<0.01	-	0.02
SMF	16.2	2.90	<0.001	0.14	0.03	0.02	-
Fetthalt (g kg ⁻¹)							
RM	48.8	-1.35	0.003	-	0.73	0.60	0.75
BRM	48.2	-1.57	0.002	0.73	-	0.38	0.52
SM	44.0	-0.96	0.02	0.60	0.38	-	0.80
SMF	45.3	-1.11	0.02	0.75	0.52	0.80	-
Proteinhalt (g kg ⁻¹)							
RM	30.1	0.82	<0.001	-	0.23	0.33	0.02
BRM	30.5	0.56	<0.001	0.23	-	0.07	<0.01
SM	29.4	1.09	<0.001	0.33	0.07	-	0.32
SMF	27.8	1.40	<0.001	0.02	<0.01	0.32	-

Förklaringar se tabell 1

Resultaten visar att värmebehandling av RM inte hade någon effekt på mängden mjölk samt att RM och BRM resulterade i högre mjölkproduktion i relation till SM. Ökad proteintillförsel sänkte fetthalten i mjölken, men det var ingen skillnad mellan proteinfodermedel. Ökad tilldelning av fodermedlen ökade proteinhalten i mjölken.

Effekt av fodermedel på produktionen av protein

Mängden producerat protein (g per ko per dag) ökade vid ökad tilldelning av alla fodermedel (Tabell 5) och var signifikant högre för RM jämfört med SM. Den högsta responsen i studien var för RM, 14 procent (Lutning 136, tabell 5), vilket visar på en generellt låg marginalrespons av ökad protein utfodring i mjölkproduktionen. Vidare studerade vi responsen med beräknade AAT-värdet och energivärdet som oberoende variabel i förhållande till produktionen av mjölkprotein. Den delen visade att AAT gav en betydligt sämre förklaring av responsen av produktion av mjölkprotein i förhållande till RP. Om man ser till tillförseln av energi omsättbar energi (ME), så är det ingen skillnad i respons mellan fodermedlen.

Tabell 5. Respons på produktionen av mjölk protein (g dag⁻¹) av ökad tilldelning av fodermedlen

Responsvariable	P-värde för skillnader i respons						
	Intercept	Lutning	P-värde	RM	BRM	SM	SMF
RP konsumtion (g dag ⁻¹)							
RM	490	136	<0.001	-	0.83	<0.01	0.31
BRM	467	133	<0.001	0.83	-	<0.01	0.52
SM	477	98	<0.001	<0.01	<0.01	-	0.03
SMF	413	125	<0.001	0.31	0.52	0.03	-
AAT konsumtion (g dag ⁻¹)							
RM	245	381	<0.001	-	<0.01	<0.01	<0.01
BRM	358	296	<0.001	<0.01	-	<0.01	0.05
SM	422	197	<0.001	<0.01	<0.01	-	0.11
SMF	371	240	<0.001	<0.01	0.05	0.11	-
Energi (ME, MJ dag ⁻¹)							
RM	-370	6.0	<0.001	-	0.98	0.73	0.83
BRM	-362	6.0	<0.001	0.98	-	0.79	0.88
SM	-335	5.8	<0.001	0.73	0.79	-	0.90
SMF	-358	5.9	<0.001	0.83	0.88	0.90	-

Förklaringar se tabell 1

Diskussion

Jämförelser av fodermedel

En förutsättning för att vi skall kunna jämföra fodermedel avseende pris, kvalitet och förväntad produktionsrespons är att vi har tillgång till fodervärderingssystem som ger riktiga uppskattningar. De flesta moderna systemen (e.g. NRC, 2001) använder *in situ* metoden för att beräkna proteinets tillgänglighet i våmmen. Som ett resultat av analysmetoderna och beräkningarna skattar systemen SM som ett bättre proteinfodermedel än RM. Liknande resultat fås om man jämför BRM med RM. Orsaken till detta är att man skattar smältbarheten i våmmen lägre och andelen våmstabil protein högre i SM i förhållande till RM, lika så för BRM. Vår studie som baserar sig på produktionsförsök visar dock att RM resulterade i en större ökning av mjölkproduktionen i relation till SM och att värmebehandling av RM hade ingen betydelse för konsumtionen eller mjölkproduktionen. Man kan därför ifrågasätta om nuvarande fodervärderingssystem och analysmetoder ger adekvat information till mjölkproducenten? Att skatta proteinvärdet för idisslare är svårt, på grund av den simultana syntesen av mikrobprotein och nedbrytningen av foderprotein i våmmen (Karlsson et al., 2009).

Med utgångspunkt från skillnaderna i jämförelser mellan produktionsförsöken och de beräknade värdena i fodervärderingssystemen, ser vi ett behov av att finna nya metoder att skatta proteinvärdet för mjölkkor.

Kväveomsättning i våmmen

Det finns relativt få studier av den direkta kväveomsättningen i våmmen hos mjölkkor (*in vivo*) i relation till det stora antalet *in situ* studier. De få tillgängliga jämförande studierna (n=7) av *in vivo* data och mätningar av flödet av protein till tunntarmen med olika tekniker, visar relativt små skillnader i proteinflöde mellan olika fodermedel (e.g. Ahvenjärvi et al., 2002). Sammanfattningsvis kan man av litteraturstudien tydligt se att skillnaderna i proteinvärdet hos RM och SM skattade med *in situ* tekniken inte motsvaras av flödesmätningar av protein till tunntarmen *in vivo*.

Mjölkavkastning och proteinomvandling

Både om man ser till enskilda studier i litteraturen (e.g. Dewhurst et al., 1999) och resultaten i av vår meta-analys är resultaten de samma, RM är ett fullgott alternativ till SM som ger minst lika eller högre mjölk avkastning i relation till konsumtionen av råprotein. Detta åskådliggörs tydligt i Tabell 3 där responsen för ökad tilldelning av de olika fodermedlen jämförs. Det finns uppfattningar att RM sänker fetthalten i mjölken mer än andra fodermedel exempelvis SM, några belägg för detta antagande finns inte att finna i vår studie och ej heller i den internationella litteraturen. Den tidigare omnämnda låga omvandlingen av foderprotein till mjölk produktionen generellt (Huhtanen och Hristov, 2009), kan även ses i den här studien. Resultaten med den låga proteinomvandlingen i tabell 5, visar på betydelsen av ökad forskning kring problemen proteinomsättningen hos idisslare för att minska foderkostnaderna för lantbrukaren och reducera den negativa påverkan på miljön.

Konsumtion och smältbarhet

Det finns ett omfattande stöd i litteraturen för att ökad tillförsel av proteinfoder ökar konsumtionen, och smältbarheten hos mjölkkor (Oldham, 1984), vilket även visar sig i den här studien. En av de föreslagna orsakerna till denna effekt är ökad hastighet på fibernedbrytningen som en funktion av ökat tillgång på aminosyror och peptider. Konsumtionen påverkas inte bara av protein utan även av energikoncentrationen. I vår studie resulterade utfodring med RM till en högre total konsumtion i förhållande till SM, något som skulle kunna bero på en lägre energikoncentration hos RM. Det finns även teorier som utgår från aminosyrasammansättningen i fodret har betydelse för konsumtionen, vilket även det, skulle tala för RM fördel. Proteinvärdet för idisslare bestäms som tidigare nämnts av ett samspel mellan protein- och energitillförsel och är en kombination av det protein som syntetiseras av mikroberna och det foderprotein som passerar ut från våmmen (NRC, 2001). Detta gör det svårt att skatta proteinvärdet (AAT) hos olika proteinkoncentrat så som SM och RM. Då SM har ett högre energivärde vilket är gynnsamt för mikrobernas tillväxt medan RM kan anses ha en bättre aminosyrasammansättning, vilket gynnar mjölksyntesen (Vanhatalo et al., 1999). Även här har metodiken för att analysera proteinet betydelse för tolkningen, vilket vår studie tydligt visar. Lucas test gav, en annan skattning av proteinvärdet hos framför allt RM i förhållande till de tabulerade värdena (NRC, 2001).

Betydelse av värmebehandling av rapsmjöl

Om man utgår från de tabulerade värdena i de flesta fodervärderingssystemen (e.g. Åkerlind & Volden, 2011) så höjer värmebehandling fodervärdet hos RM, vilket även stöds av någon enskild studie (Bertilsson, et al., 1994). Om man i stället studerar större arbeten (e.g. Ipharraguerre och Clark, 2005) och resultaten från vår meta-analys, så finner man att värmebehandling av RM saknar effekt på mjölkproduktionen och proteinutnyttjandet. Detta är

av betydelse för lönsamheten i mjölkproduktionen, då lantbrukare idag betalar extra för värmebehandlingen.

Slutsatser

Studien visar att alla testade proteinfodermedel ökar totalkonsumtionen, men att responsen för RM är större än för SM. Vidare kan man se att tillförsel av proteinfodermedel ökar smältbarheten hos foderstaten och som en funktion av ökad konsumtion och högre smältbarhet ökar energiintaget hos djuren. Vi fann att RM resulterade i en större ökning av mjölkproduktionen i relation till SM. Värmebehandling hade ingen betydelse för konsumtionen eller mjölkproduktionen. Tillförsel av proteinkoncentrat ökar proteinhalten i mjölken och sänker fetthalten oberoende av fodermedel. Råprotein (RP) är en betydligt enhetligare analysparameter i förhållande till AAT, vilket visar på behoven av att förbättra nuvarande proteinvärderingssystem. Vi saknar dock kunskap om betydelsen av att försöken med SM i studien var genomförda med högre proteinhalt och lägre mjölkproduktion i relation till försöken med RM, vilket föranleder till behov av ytterligare studier för bättre foderanalyser och produktions försök.

Referenser till data som underlag till studien

Huhtanen, P., Rinne, M. and 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.

Huhtanen, P., Rinne, M. and Nousiainen, J. 2008. Evaluation of the concentrate factors affecting silage intake of dairy cows; a development of the relative total diet intake index. *Animal* 2: 942-953.

Publikationer

Faktablad till näring och samhälle

Gustavsson, A.H., Swensson, C. och Bertilsson J. 2011. Närproducerat foder – resultat från forskning och praktik. *Forskning special* Nr 6. 2011. Fakta meddelande från Svensk Mjolk <http://www.svenskmjolk.se/Om-oss/Publikationer/Forskning-Special/Forskning-Special-1996-2010/>

Vetenskapliga presentationer

Huhtanen, P., Hetta, M. och Swensson C. 2011. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: a review and meta-analysis. Submitted for publication to *Canadian Journal of Animal Science* (*Under revision*).

Huhtanen, P., Hetta, M., och Swensson C., 2011. Milk production responses to soybean meal and canola meal in dairy cows fed grass silage based diets - a meta-analysis. Accepted for oral presentation at the annual meeting of The American Dairy Science Association 2011. *J. Dairy Sci, Suppl.* (*In press*)

Muntliga presentationer

Huhtanen, P., Hetta, M. och Swensson C. 2011. Milk production responses to soybean meal and untreated or heat-treated rapeseed meal in dairy cows fed grass silage based diets. Föredrag vid den Regionala Jordbruks Konferensen i Umeå 2011-03-17.

Huhtanen, P., Hetta, M., och Swensson C., 2011. Milk production responses to soybean meal and untreated or heat-treated rapeseed meal in dairy cows fed grass silage based diets. 14:e Regionala Jordbrukskonferensen för Norra Sverige Umeå 16 och 17 mars 2011. Rapport 1, inst. för Norrländsk Jordbruksvetenskap, SLU
Umeå.http://pub.epsilon.slu.se/5883/1/bernes_g_ed_110324.pdf

Övrig resultatförmedling till näringen

Resultaten har legat till grund för flera forskningsansökningar bland annat till Formas, SLF och RJN. Vidare har studien kommunicerats till direkt rådgivare vid olika informella träffar och möten.

Litteratur referenser:

- Ahvenjärvi, S., Vanhatalo, A., Huhtanen, P. 2002. Supplementing barley or rapeseed meal to dairy cows fed grass-red clover silage: I. Rumen degradability and microbial flow. *J. Anim. Sci.* 80: 2176-2187.
- Bertilsson, J., Gonda, H.-L., Lindberg, J.E. 1994. Effect of level and degradability of rapeseed meal in rations for dairy cows. 1. Animal performance. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Anim. Sci.* 44: 222-229.
- Broderick, G.A., Huhtanen, P., Ahvenjärvi, S., Reynal, S.M., Shingfield, K.J. 2010. Quantifying ruminal nitrogen metabolism using the omasal sampling technique in cattle - A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 93: 3216-3230.
- Colmenero, J. J., Broderick G. A. 2006. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:1704-1712.
- Dewhurst, R. J., Aston, K., Fisher, W. J., Evans, R. T., Dhanoa, M. S., McAllan, A. B. 1999. Comparison of energy and protein sources offered at low levels in grass silage-based diets for dairy cows. *Anim. Sci.* 68: 789-799.
- Frank, B. & Swensson, C. 2002. Relationship between Content of Crude Protein in Rations for Dairy Cows and Milk Yield, Concentration of Urea in Milk and Ammonia Emissions. *Journal of Dairy Science* 85: 1829-1838.
- Ipharraguerre, I.R., Clark, J.H. 2005. Impacts of the source and amount of crude protein on the intestinal supply of nitrogen fractions and performance of dairy cows *J. Dairy Sci.* . 88:(E.Suppl.): E22-E37.
- Huhtanen, P., Hristov, A.N. 2009. A meta-analysis of the effects of protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92: 3222-3232.
- Huhtanen, P., Hetta, M., Swensson C. 2011. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: a review and meta-analysis of canola meal as a protein supplement for dairy cows: a review and meta-analysis. 2011. *Manuscript*
- Karlsson, L., Hetta, M., Udén, P., Martinsson, K. 2009. New methodology for estimating rumen protein degradation using the in vitro gas production technique . *Anim. Feed Sci. Tech.* 153, 193-202.
- Little, R.C., Milliken, G.A., Stroup, W.W., Wolfinger, R.D. 1996. SAS® System for Mixed Models. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- Modin-Edman, A-K. 2010. Samarbete för vässad klimatforskning i Norden. Forskning Special Nr 2, Svensk Mjök.
- Nadeau, E., Englund, J.E. & Gustafsson, A.H. 2007. Nitrogen efficiency of dairy cows as affected by diet and milk yield. *Livestock Science* 111: 45-46.
- National Research Council (NRC). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. National Academy of Science, Washington, DC.
- Oldham, J.D. 1984. Protein energy relationships in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67: 1090-1114.
- Sjaunja, L.O., Bævre, L., Junkkarinen, L., Pedersen, J., Setälä, J. 1991. A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. In Proc. 27th Biennial Session of the International Committee for Animal Recording (ed P Gaillon and Y Chabert), pp. 156-157. EAAP Publication No. 50, Pudoc, Wageningen, The Netherlands.

- Shingfield, K., Vanhatalo, A., Huhtanen, P. 2003. Comparison of heat-treated rapeseed expeller and solvent-extracted soya-bean meal protein supplements for dairy cows given grass silage-based diets. *Anim. Sci.* 77: 305-317.
- 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. *J. Dairy Sci.* 82: 2674–2685.
- Van Soest, P.J. 1994. *The Nutritional Ecology of the Ruminant*.
- Åkerlind, M., Volden, H. 2011. Standard feeding value. In: *NorFor-The Nordic Feed evaluation system*. EAAP Publication No 130. Ed. Volden H. 137-140.