

MITTESTRUKTUURSETE SÜSIVESIKUTE JA RASVADE MÕJU SÖÖTADE LÕHUSTUVUSELE VATSAS

O. Kärt

Mäletsejaliste loomade söötmise edukus sõltub suuresti sellest, kui hästi me tunneme vatsas toimuvaid mikrobiaalseid protsesse ja kuivõrd me neid arvestame. Tänu uurimismeetodite jõudsale arengule on viimastel aastakümnetel teadlased saavutanud vatsas toimuvate protsesside uurimisel suurt edu. Laialt kasutusele võetud "nailonkotikese meetod" (*in sacco* meetod, *in situ* meetod) on sellealast uurimistööd veelgi hoogustanud. Nimetatud meetod võimaldab suhteliselt hõlpsasti hinnata enamuste söödakomponentide lõhustuvusi vatsas ning otsustada vatsas toimuvate fermentatsiooniprotsesside aktiivsuse üle. Paljud autorid samastavad isegi *in sacco* meetodil saadud lõhustuvuse näitajad toitainete näiva seeduvusega vatsas. Muidugi ei ole see täiesti korrektne, kuid teiselt poolt näitab meetodi suurt usutavust eksperimentide läbiviimisel ja tulemuste interpreteerimisel.

Mittestruktuursete süsivesikute ja rasvade söötmine lüpsilehmadele ja sellealane uurimistöö on viimastel aastatel teadlaste huviorbiiti kerkinud seoses vajadusega suurendada lehmade ratsioonis energia kontsentratsiooni, et saada laktatsiooni kõrgperioodil suuremaid toodanguid. Eriti aktuaalne on see küsimus silorikaste ratsioonide kasutamise korral.

Antud uurimistöö eesmärgiks oli selgitada kahe mittestruktuurse süsivesiku (tärglis, suhkur) ning kahe erineva päritoluga rasva (veiserasv, rapsiõli) mõju Eestis enamkasutatavate söötade lõhustuvusele vatsas. Katse viidi läbi Eerika katselaudas 1993. a. kevad-talvel.

ÜLEVAADE KIRJANDUSEST

Mäletsejalised on tõenäoliselt välja kujunenud miotseeni perioodil, umbes 25 miljonit aastat tagasi, seoses kliimaatiliste muutustega maakeral (Murphy, 1989 a). Evolutsiooni tulemusena moodustunud ulatuslik eesmagu andis võimaluse seal paiknevate mikroobide osalemiseks seedeprotsessis. Mikroorganismide sümbioosne kooselu peremeesloomaga võimaldab mäletsejalistel kasutada söötasid, mida lihtmaolised loomad ei suuda. Tänu vatsas toimuvatele intensiivsetele fermentatsiooni- ja sünteesiprotsessidele käib mäletsejalistel toitainete omastamine mööda teisi ainevahetuslikke radu kui mittemäletsejalistel, kusjuures stabiilse keskkonna säilitamine vatsas on eelduseks toitainete heale omastuvusele. Nii on vatsa mikroorganismid (bakterid, algloomad ja seened) evolutsiooni käigus kohanenud eluks anaeroobses keskkonnas, temperatuuril 39...41°C ning pH 6...7 juures. Söötamise seisukohalt on nendest olulisem vatsa pH, mis hoitakse tasakaalus tänu sülje suurele puhverduvõimele ja fermentatsiooni lõpp-produktide kiirele imendumisele läbi vatsa seina (Murphy, 1989 b; Rook, Thomas, 1983).

Mikroorganismide eluiga on vatsas väga lühikene ja nende arvukus ning liigiline koostis sõltub eelkõige söötades leiduvatest toitainetest, nende lõhustuvusest vatsas ja söötmise sagedusest (Murphy, 1989 b; Feng et al., 1993). Vatsas on leitud üle 200 mikroorganismi liigi (Murphy, 1989 a), kusjuures nende poolt lõhustatavad toitained on liigispetsiifilised (Nocek, Russell, 1988). Samuti on mikroorganismide poolt produtseeritavad lenduvad rasvhapped liigispetsiifilised (Stewart, 1990). Nõnda on võimalik, kasutades erinevaid energiasöötasid, suunata vatsamikrofloora koostist, nende poolt produtseeritavate lenduvate rasvhapete hulka ja molaarset proportsiooni ning kasutada sööta efektiivselt kas piima või veiseliha tootmiseks.

Tänapäevani on läbi viidud palju katseid selgitamaks rasvade söötamise mõju lehmade piimatoodangule ja piima rasvhappelisele koostisele (Grummer, 1988; Schneider et al., 1988; Schauff, Clark, 1989) ning rasva seeduvusele seedekanaliga eri osades (Borsting et al., 1992; Tamminga et al., 1983). Kirjandusest leiame enam vihjeid ka rasvade mõju kohta ratsiooni toorkiu seeduvusele. Mõnevõrra vähem on uuritud rasvade mõju teistele söötades leiduvatele toitainetele. Üldlevinud on arvamus, et rasvade söötisel veistele väheneb toorkiu seeduvus

vatsas (Palmquist, Jenkins, 1980; Palmquist, 1990), kuid on ka saadud tulemusi, mille kohaselt rasv ei mõjuta toorkiu seeduvust või isegi suurendab seda (Palmquist, 1991; Weisbjerg et al., 1992). Toorkiu seeduvuse vähenemist seostatakse rasvhapete toksilise mõjuga vatsa mikroorganismidele (Tamminga et al., 1983), kusjuures küllastamata rasvhapped on enam toksilised kui küllastunud rasvhapped, seda just grampositiivsetele bakteritele (Weisbjerg et al., 1992). Ushida et al. (1992) tõestavad, et just keskmise pikkusega rasvhapped (C 8:0 ja C 10:0) halvendavad toorkiu seeduvust, tsellulaaside aktiivsust ning vähendavad seente ja protozoade populatsiooni vatsas. Rasvhapete toksilise mõju vähendamiseks ja toorkiu seeduvuse parandamiseks on mitu võimalust. Häid tulemusi on saadud kaltsiumi täiendava lisamisega rasva sisaldavatele ratsioonidele (Grummer, 1988), samuti on katseliselt tõestatud, et **b** -karotiini ja **a** -tokoferooli lisamine parandab kiu seeduvust (Hino et al., 1993). Vaatamata sellele, et küllastumata rasvhapped on mikroorganismidele toksilised, seeduvad need soolestikus paremini kui küllastatud rasvhapped ja avaldavad viimaste seeduvusele sünergeetilist mõju (Borsting et al., 1992). Miks aga vatsa sattunud küllastamata rasvhapped alluvad biohüdrogenisatsioonile, pole veel lõplikult selge. Igal juhul toimub see protsess väga aktiivselt ja 65...80% vatsa sattunud küllastumatuist rasvhapetest küllastub. Mida enam on süsinikahelas kaksiksidemeid (mida küllastumatum on rasvhape), seda paremini ta hüdrogeniseerub (Emanuelson, 1989).

Vatsa mikroorganismide lipolüütiline aktiivsus on suur (Palmquist, Jenkins, 1980), kusjuures lipolüüsil tekivad glütserool ja vabad rasvhapped. Kui glütserool kasutatakse mikroorganismide poolt ära energiaallikana (mille tulemusena tekivad vatsas lenduvad rasvhapped), siis vabastatud rasvhapped kas imenduvad läbi sooleseina või inkorporeeritakse mikroorganismide poolt nende rakurasvaks.

Bakterid sisaldavad 9,1...12,4 % ja protozoad 6,4...8,2 % rasva kuivaines (Weisbjerg et al., 1992) ning nemad eelistavad oma rakurasva *de novo* sünteesile vatsas leiduvaid vabu rasvhappeid. Sellest tingituna sõltub mikroorganismide rasva rasvhappeline koostis suuresti vatsas olevatest rasvhapetest (Wu, Palmquist, 1991). Järelikult, kui süsivesikud on eeskätt energiaallikad vatsa mikrofloorale, siis rasvad on põhimõtteliselt energiaallikaks peremeeslooma ainevahetuses (Günter, 1993).

Kirjanduses on piisavalt andmeid ka suhkru ja tärklise mõju kohta vatsa fermentatiivsetele protsessidele, eelkõige seoses vatsas tekkivate lenduvate rasvhapete molaarse suhte muutumisega ning suhkru- ja tärkliserikka ratsiooni söötmisel kaasnevate ainevahetushaigustega (Chalupa et al., 1990; Feng et al., 1993). Ühed kõige aktiivsemad bakterid vatsa ökosüsteemis on just piimhapet produtseerivad bakterid. Nimetatud bakterite arv võib vatsas suhkru või tärklise täiendaval söötmisel kiiresti suureneda kuni 5 korda. Intensiivse fermentatsiooni tõttu vabaneb suhkrurikka ratsiooni söötmisel vatsas rohkem soojust kui tärkliserikka ratsiooni puhul. See põhjustab ka vatsa madalama pH ja ratsiooni toitainete madalama seeduvuse (Murphy, 1989).

MATERJAL JA METOODIKA

Katse korraldati kahe vatsafistuliga varustatud kinnislehmaga perioodkatse põhimõttel. Katselehmadele söödeti 4 kg kõrrelisterikast põldheina, 1,5 kg odrajahu, 0,5 kg sojasrotti ja 80 g segamineraalsööta (firma "Aico" toodang) päevas (baasratsioon - B). Eri perioodidel anti baasratsioonile lisaks kas veiserasva (V.R.), rapsiõli (R.Õ.), suhkrut (S) või tärklis (T). Lisatud energiaallikas sisaldas kõigil juhtudel 19,84 MJ brutoenergiat ja see moodustas ratsiooni koguenergias 21,1% (tabel 1).

Katselehma söödeti kaks korda päevas, kl. 6 ja 18, veiserasv, rapsiõli, suhkur ja tärklis viidi vatsa söötmise ajal 5...10 min. pärast jõusööda etteandmist, kui loom oli jõusööda ära söönud. In sacco meetodil uuriti sööda kuivaine, proteiini ja toorkiu lõhustuvust 15 meil enam kasutatava sööda puhul erinevate energialisandite kasutamisel (tabel 2). Igat katsevarianti uuriti kahe lehmaga kahes korduses ning lisaks sellele tehti igast söödast kaks paralleelproovi (kokku inkubeeriti seega 8 proovi iga sööda ja iga variandi kohta).

Tabel 1

Katselehmade söödaratsioonid
Diets of the cows in trial

Söödad/ Feeds (kg)	Variandid/ Treatments				
	B	V.R.	R.Õ.	S	T
Pöldhein/ Hay	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Odrajahu/ Barley meal	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sojasrott/ Soja oil meal	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Veiserasv/ Tallow	-	0,5	-	-	-
Rapsiõli/ Rape seed oil	-	-	0,51	-	-
Suhkur/ Sugar	-	-	-	1,13	-
Tärklis/ Starch	-	-	-	-	1,26
Mineraalsööt/ Mineral feed	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

Tabel 2

Katseskeem
Experimental design

Söödad Feeds	Katsevariandid/Treatments				
	B	V.R.	R.Õ.	S	T
Timuthein/ Timothe hay	+	+	+	+	+
Ristikhein/ Clover hay	+	+	+	+	+
Pöldhein (ristikut 25%)/ Mixed hay (25% clover)	+	+	+	+	+
Pöldhein (ristikut 75%)/ Mixed hay (75% clover)	+	+	+	+	+
Pöldhein (ristikut 50%)/ Mixed hay (50% clover)	+	+	+	+	+
Sojasrott/ Soya oil meal	+	+	+	+	+
Päevalillesrott/ Sunflower oil meal	+	+	+	+	+
Puuvillasrott/ Cotton oil meal	+	+	+	+	+
Kartul/ Potato	+	+	+	+	+
Poolsuhkrupeet/ Fodder sugar beet	+	+	+	+	+
Kaer/ Oats	+	+	+	+	+
Oder/ Barley	+	+	+	+	+
Mais/ Corn	+	+	+	+	+
Kõrrelisterohke karjamaarohi/ Pasture grass, graminaceous-rich	+	+	+	+	+
Liblikõielisterohke karjamaarohi/ Pasture grass, leguminose-rich	+	+	+	+	+

IN SACCO MEETOD

Uuritavad söödad kuivatati õhkuivaks, jahvatati ja sõeluti läbi 1,5 mm sõela ning asetati polüesterkotikestesse (riide mark: PES 28/7, firma "SAATI", Itaalia). Kotikeste

mõõtmed olid 100 x 160 mm, silma suurus 28 µm, avatud pindala suurus kogupinnast 17 %. Igasse kotti kaaluti 4,0 g uuritavat sööta.

Kõik uuritavad söödaproovid asetati inkubeerimiseks vatsa fistuli kaudu ja kinnitati fistulikaane külge 50 cm pikkuse kapronnööriga. Kotikesed kinnitati spetsiaalselt valmistatud "kuusekse" külge, et tagada kõikidele söötadele ühtne reziim inkubeerimise ajal. Kõik söödad asetati inkubeerimiseks vatsa vahetult enne hommikust söötmist ja võeti välja vahetult enne õhtust söötmist, seega söötasid inkubeeriti 12 tundi.

Peale inkubeerimist kotikesed loputati esmalt külma veega ja asetati seejärel pesemiseks ja loputamiseks automaatrežiimil töötavasse pesumasinasse. Pesti ja loputati söödaproove 30 minuti jooksul külma veega, kusjuures aktiivne pesemise aeg oli 15 min. Seejärel kotikesed koos analüüsitava söödaga kuivatati 12 tunni jooksul sundventilatsiooniga kuivatuskapis 45°C juures ja määrati kuivaine-, toorkiu- ja proteiinisisaldus. Enne inkubeerimist kotikeses sisaldunud ja pärast inkubeerimist järele jäänud toitainete vahe kaudu leiti nende lõhustuvus vatsas.

Tulemused töödeldi elektronarvutil, kasutades programmi "Statgraphics".

KATSETULEMUSED JA ARUTELU

Katsetulemuste üldistamiseks jaotati uuritavad söödad 4 gruppi: rohusöödad (RO); proteiinsöödad (PR); mahlakad söödad (MA) ja teraviljad (TE). Antud artikli piiratud mahu tõttu vaadeldakse erinevate energiaallikate mõju vaid nimetatud söödagruppide viisi.

ENERGIAALLIKA MÕJU SÖÖTADE KUIVAINE LÕHUSTUVUSELE VATSAS

Nagu eeldada võis, lõhustus vatsas baasratsiooni puhul kõige paremini teraviljade ja mahlakate söötade kuivaine (tabel 3 ja joonis 1), kõige halvemini lõhustus aga rohusöötade kuivaine. Ka proteiinsöötade lõhustuvus vatsas oli mõnevõrra suurem kui rohusöötadel, kuid erinevus ei olnud statistiliselt tõenäoline.

Veiserasva lisamine baasratsioonile suurendas oluliselt rohusöötade ($P < 0,001$), proteiinsöötade ($P < 0,001$) ja teraviljade ($P < 0,05$) kuivaine lõhustuvust. Vaid mahlakate söötade kuivaine lõhustuvuse erinevus, võrreldes baasratsiooniga, ei olnud statistiliselt oluline.

Rapsiõli lisamise korral suurenes statistiliselt usutavalt kõikide söödagruppide kuivaine lõhustuvus, sealjuures veiserasv soodustas rohusöötade kuivaine lõhustuvust enam kui rapsiõli ($P < 0,05$), rapsiõli omakorda suurendas enam kui veiserasv teraviljade kuivaine lõhustuvust.

Mittestruktuursetest süsivesikutest suurendas vaid suhkur proteiinsöötade kuivaine lõhustuvust ($P < 0,05$) ning tärkelis rohusöötade kuivaine lõhustuvust.

Tehes kokkuvõtet kirjanduses toodud mitme autori katseandmetest näeme, et rapsiõli ja veiserasva mõddukal lisamisel (kuni 500 g päevas) orgaanilise aine seeduvus vatsas ei halvene (Tamming et al., 1983; Doreau et al., 1991), kuid suurte koguste (1 kg päevas või enam) puhul hakkab orgaanilise aine seeduvus vatsas vähenema. Et selgitada rasva mõju orgaanilise aine seeduvusele vatsas, lisasid Doreau et al. (1991) veiste ratsioonile rapsiõli kas 805 või 1680 g või veiserasva 1580 g. Toodud katses suurendas 805 g rapsiõli lisamine orgaanilise aine seeduvust vatsas, kuid suuremad rapsiõli ja veiserasva kogused alandasid seda.

Tabel 3

Kuivaine lõhustuvus vatsas, (%)

Degradability of dry matter 8%)

Söödagrupid

Katsevariandid/ Treatments

Groups of feeds		B	V.R.	R.Õ.	S	T
Rohusöödad/ Grass feeds	x	53,88	60,27	57,61	53,56	57,10
	s	2,73	3,07	3,07	2,55	3,11
Mahlakad söödad/ Succulents	x	69,51	75,85	80,98	73,65	73,35
	s	6,67	5,54	3,44	6,71	6,57
Proteiinsöödad/ Protein feeds	x	59,87	71,03	68,04	64,08	61,96
	s	5,15	4,86	3,56	5,39	5,03
Teraviljad/ Cereals	x	75,04	77,21	79,83	76,41	75,33
	s	3,18	2,86	2,19	2,48	2,76

Tärklis suurendas kuivaine lõhustuvust vaid rohusöötades ja suhkur proteiinsöötades, teiste söötade puhul ei olnud erinevused statistiliselt usutavad. Miks aga suhkur ja tärklis ei suurendanud kuivaine lõhustuvust söötades samal määral kui rasv, seda võib seletada asjaoluga, et nad hüdrolüüsuvad vatsas kiiresti ja põhjustavad vatsa pH langust ning koos sellega ka protozoade arvukuse vähenemist. Lõpptulemusena mikroobifermentide aktiivsus langeb (Murphy, 1989 b).

BAASRATSIOONILE LISAKS SÖÖDETUD RASVA JA SÜSIVESIKUTE MÕJU SÖÖDA TOORKIU LÕHUSTUVUSELE VATSAS

Rohusöötade puhul vähendas suhkru lisamine sööda toorkiu lõhustuvust ($P < 0,001$), tärklise lisamine aga nii rohusöötade ($P < 0,001$) kui teraviljade ($P < 0,01$) toorkiu lõhustuvust. Teiste söötade puhul ei olnud erinevused olulised (tabel 4 ja joonis 2).

Tabel 4

Toorkiu lõhustuvus vatsas (%)

Degradability of crude fibre (%)

Söödagrupid	Groups of feeds	Katsevariandid/ Treatments				
		B	V.R.	R.Õ.	S	T
Rohusöödad/ Grass feeds	x	26,39	30,19	26,05	23,25	34,97
	s	4,16	4,33	2,96	2,95	4,16
Mahlakad söödad/ Succulents	x	56,27	57,17	48,12	55,17	50,67
	s	8,43	7,01	3,89	5,55	5,79
Proteiinsöödad/ Protein feeds	x	35,40	42,01	35,28	38,10	34,15
	s	4,92	6,26	3,32	4,71	5,77
Teraviljad/ Cereals	x	44,38	42,49	43,58	46,96	39,44
	s	4,07	2,67	4,32	4,52	3,99

Rapsiõli lisamine ei mõjutanud toorkiu lõhustuvust veiste vatsas ühegi söödagrupi puhul. Kuigi mahlakate söötade puhul oli toorkiu lõhustuvus rapsiõli lisamisel väiksem kui baasratsiooni puhul, ei olnud erinevus siiski statistiliselt oluline.

Toorkiu lõhustuvust vatsas suurendas vaid veiserasva lisamine, seda statistiliselt usutavalt rohusöötade ($P < 0,001$) ja proteiinsöötade ($P < 0,05$) puhul.

Ka kirjandusest leiame kõige enam viiteid just mittestruktuursete süsivesikute ja rasvade mõju kohta toorkiu lõhustuvusele. Tärklise- ja suhkrurikas ratsioon vähendavad vatsas

äädikhappe ning suurendavad propioon- ja piimhappe teket, põhjustades vatsas pH langust, toorkiu seeduvuse halvenemist ja toorkiudu lõhustavate bakterite arvukuse vähenemist (Poore et al., 1993; Piwonka, Firkins, 1993). Oma *in vitro* uurimustes Piwonka ja Ferkins (1993) näitasid, et tselluloosi lõhustavate mikroorganismide arvukuse vähenemine seoses glükoosi lisamisega ei ole siiski otseselt vatsa pH-st. Autorid leiavad, et toorkiu seeduvuse vähenemine on tingitud eekätt tsellulaasi aktiivsuse vähenemisest ning toorkiudu lõhustavate mikroorganismide koloniseerumisest mitte toorkiule, vaid teistele kergemini lõhustuvatele süsivesikutele. Autorid järeldavad, et ka tsellololüütilised bakterid võivad eelistada kergemini fermenteeruvaid süsivesikuid.

Ka veistele rasva söötmisel on enamasti täheldatud vatsasisaldise pH langust, tsellololüütiliste mikroobide aktiivsuse alanemist ja vatsa protozoade arvu vähenemist (Testa, 1992; Weisbjerg et al., 1992). On tõestatud, et rasvade söötmisel väheneb sööda liikumise kiirus seedekanalisis ning väheneb äädikhappe ning suureneb propioonhappe osatähtsus vatsas (Doreau et al., 1991; Weisbjerg et al., 1992). Äädik- ja propioonhappe suhte muutumisel äädikhappe kahjuks, tuuakse esile kaks põhilist põhjust: 1) väheneb tsellololüütiliste ensüümide aktiivsus ja toorkiu seeduvus vatsas ning 2) triglütseriidide hüdroolüüsil fermenteeritakse glütserool vatsabakterite poolt põhiliselt propioonhappeks.

Nagu eelpool märgitud, on rasva koguse optimeerimine oluline. Antud katse põhjal võib kinnitada, et kirjanduses soovitatud rasva kogused (500 g töötlemata rasva lehmale päevas) ei kahjusta toorkiu seeduvust, veiserasv isegi parandab seda mõnevõrra.

BAASRATSIOONILE LISAKS SÖÖDETUD RASVA JA SÜSIVESIKUTE MÕJU PROTEIINI LÕHUSTUVUSELE VATSAS

Kõige enam mõjutas lisasööt proteiini lõhustuvust vatsas. Veiserasva ja suhkru lisasöötmisel suurenes kõikide söödarühmade proteiini lõhustuvus (tabel 5 ja joonis 3). Rapsiõli lisamise korral ei suurenenud vaid mahlakates söötades proteiini lõhustuvus. Tärgklise lisamine suurendas proteiini lõhustuvust vaid rohusöötades, teiste söötade puhul ei olnud erinevused olulised.

Tabel 5

Proteiini lõhustuvus vatsas (%)

Degradability of crude protein (%)

Söödagrupid Groups of feeds		Katsevariandid/ Treatments				
		B	V.R.	R.Õ.	S	T
Rohusöödad/ Grass feeds	x	62,20	74,04	70,19	65,73	65,92
	s	2,95	3,07	2,17	2,42	3,05
Mahlakad söödad/ Succulents	x	87,12	90,45	87,91	90,31	86,56
	s	1,86	1,20	1,24	0,93	1,29
Proteiinsöödad/ Protein feeds	x	65,29	74,51	70,13	69,73	65,71
	s	7,04	5,78	4,51	6,96	6,27
Teraviljad/ Cereals	x	73,87	79,22	81,01	77,05	75,87
	s	7,10	6,00	5,60	5,93	6,13

	RO	MA	PR	TE	
B		B *** VR *** RÕ *** S *** T ***	B - VR *** RÕ *** S *** T -	B *** VR *** RÕ *** S *** T ***	RO
VR	RO *** MA - PR *** TE *		B ** VR - RÕ *** S ** T ***	B - VR - RÕ - S - T -	MA
RÕ	RO ** MA ** PR *** TE ***	RO * MA - PR ** TE -		B *** VR * RÕ *** S *** T ***	PR
S	RO - MA - PR * TE -	RO *** MA - PR ** TE -	RO ** MA * PR * TE ***		TE
T	RO * MA - PR - TE -	RO * MA - PR *** TE *	RO - MA * PR ** TE ***	RO ** MA - PR - TE -	
	B	VR	RÕ	S	T

Joonis 1. Kuivaine lõhustuvuse variantidevahelise erinevuse olulisus t-testi järgi
Figure 1. Significance of the differences between treatments in degradability of dry matter by the Student's t-test

	RO	MA	PR	TE	
B		B *** VR *** RÕ *** S *** T ***	B * VR ** RÕ *** S *** T -	B *** VR ** RÕ *** S *** T -	RO
VR	RO *** MA - PR * TE -		B *** VR *** RÕ *** S *** T ***	B ** VR *** RÕ - S * T **	MA
RÕ	RO - MA - PR - TE -	RO *** MA - PR * TE -		B * VR - RÕ ** S * T -	PR
S	RO *** MA - PR - TE -	RO *** MA - PR - TE **	RO *** MA - PR - TE *		TE
T	RO *** MA - PR - TE **	RO *** MA - PR ** TE -	RO *** MA - PR - TE *	RO *** MA - PR - TE ***	
	B	VR	RÕ	S	T

Joonis 2. Toorkiu lõhustuvuse variantidevahelise erinevuse olulisus t-testi järgi
Figure 2. Significance of the differences between treatments in degradability of crude fibre by the Student's t-test

	RO	MA	PR	TE	
B		B *** VR *** RÕ *** S *** T ***	B - VR *** RÕ *** S *** T -	B ** VR *** RÕ *** S *** T ***	RO
VR	RO *** MA * PR *** TE **		B *** VR - RÕ *** S ** T ***	B *** VR - RÕ - S - T -	MA
RÕ	RO *** MA - PR *** TE ***	RO ** MA - PR - TE -		B * VR * RÕ *** S *** T ***	PR
S	RO ** MA * PR * TE *	RO *** MA - PR ** TE -	RO ** MA - PR * TE **		TE
T	RO ** MA - PR - TE -	RO *** MA ** PR *** TE *	RO ** MA - PR ** TE ***	RO - MA ** PR - TE -	
	B	VR	RÕ	S	T

Joonis 3. Toorproteiini lõhustuvuse variantidevahelise erinevuse olulisus t-testi järgi
Figure 3. Significance of the differences between treatments in degradability of crude protein by the Student's t-test

B - baasratsioon/ basal diet
VR - veiserasv/ tallow
RÕ - rapsiõli/ rape seed oil
S - suhkur/ sugar
T - tärklis/ starch
RO - rohusöödad/ grass feeds
MA - mahlakad söödad/ succulents
PR - proteiinsöödad/ protein feeds
TE - teraviljad/ cereals

* - $P < 0,05$
** - $P < 0,01$
*** - $P < 0,001$

Kirjanduses leidub omajagu andmeid erinevate söötade proteiini lõhustuvuse kohta vatsas. Enamasti iseloomustavad need lämmastiku ainevahetust ja proteiini mikrobiaalset sünteesi. Nii sõltub söötade proteiini lõhustuvus vatsas eelkõige proteiini lahustuvusest (Wadhwa et al., 1993, Lindberg, 1985), mittevulgulise lämmastiku hulgast söötades (Satter, Roffler, 1977) ning söötade töötlemise tehnoloogiast (Ould-Bah, Michalet-Doreau, 1989). Palju vähem on kirjanduses viiteid selle kohta, kuidas konkreetne energiaallikas mõjutab proteiini lõhustuvust vatsas. Ka on tõestatud, et mikroobse proteiini mass ja koos sellega mikroobide arv sõltub enam vatsas fermenteerunud süsivesikute hulgast kui söödaproteiini kogusest. Kui eeldada, et mittestruktuursete süsivesikute fermenteeruvad vatsas tunduvalt kiiremini kui rasvad, olles mikroobidele võimalikuks energiaallikaks lühemat aega kui rasvad, siis võime mõista, miks rasvade lisamine söödaratsioonile suurendab söötade proteiini lõhustuvust rohkem kui tärklise ja suhkru lisamine.

KOKKUVÕTTEKS

Üldistades antud katse tulemusi, võime väita, et lehmade energiatarvet rahuldada on kergem rasva kui energeetiliselt ekvivalentse koguse mittestruktuursete süsivesikute lisamisega ilma, et see halvendaks toitainete seeduvust vatsas. Siiski aga vajab rasvade mõju piimatoodangule, piima koostisele, looma tervisele ja reproduksioonile täiendavat uurimist.

KIRJANDUS

- Borsting, C. F., Weisbjerg, M. R., Hvelplund, T. Fatty acid digestibility in lactating cows fed increasing amounts of protected vegetable oil, fish oil or saturated fat. - *Acta Agric. Scand., Section A, Animal Sci.*, 1992, vol.42, No.3, p.148...156.
- Chalupa, W., Ferguson, J. D., Galligan, D. T. Feeding the high producing cow. In *Dairy Feeding Systems. - Proceedings from the dairy feeding systems symposium. - Harrisburg, Pennsylvania, 1990*, p.14...49.
- Doreau, M., Legay, F., Bauchart, D. Effect of source and level of supplemental fat on total and ruminal organic matter and nitrogen digestion in dairy cows. - *J. Dairy Sci.*, 1991, vol.74, No.7, p.2233...2242.
- Emanuelson, M. Rapeseed products of double low cultivars to dairy cows. Effect of long-term feeding and studies on rumen metabolism. - *Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences. - Uppsala, 1989*, - 182.p.
- Feng, P., Hoover, W. H., Blauwieckel, R. Interactions of fiber and nonstructural carbohydrates on lactation and ruminal funktion. - *J. Dairy Sci.*, 1993, vol.76, No.5, p.1324...1333.
- Grummer, Ric R. Influence of prillet fat and caltcium salt of palm oil fatty acids on ruminal fermantation and nutrient digestibility. - *J. Dairy Sci.*, 1988, vol.71, No.1 p.117...123.
- Günter, K. D. Boosting by-pass energy in lactation. Supplementing dairy rations with saturated long-chain fatty acids. - *Feed International*, 1993, August, p.19...22.
- Hino, T., Andoh, N., Ohgi, H. Effects of β -carotene and α -tocopherol on rumen bacteria in the utilization of long-chain fatty acids and cellulose. - *J. Dairy Sci.*, 1993, vol.76, No.2, p.600...605.
- Lindberg, J. E. Estimation of rumen degradability of feed proteins with the in sacco technique and various in vitro methods: A review. - *Acta Agric. Scand.*, 1985, vol.25, Suppl. p.64...97.
- Murphy, M. Some general characteristics of the ruminal ecosystem in cattle. - In: *Aspects of microbiology and metabolism. Proc. of a one-day symposium held on May 26, 1987 at the Kungsängen research station, Uppsala, 1989 a*, p.12...55.

- Murphy, M. The influence of non-structural carbohydrates on rumen microbes and rumen metabolism in milk producing cows. - Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, 1989 b, - 157.p.
- Ould-Bah, M. Y. Michalet-Doreau, B. Effect of forage conservation methods on in sacco nitrogen degradability the rumen. - Proc. XVI International Grassland Congress, October 4.-11, 1989, Nice, France, 1989, p.907...908.
- Palmquist, D. L. High fat diets. - Feeding recommendations for lactating cows. Proc. Fat and protein feeding to the dairy cow, October 15.- 16., Eskiltuna, Sweden, 1990, p.9...26.
- Palmquist, D. L. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. - J. Dairy Sci., 1991, vol.74, No.4, p.1354...1360.
- Palmquist, D. L. Jenkins T.C. Fat in lactation rations: review. - J. Dairy Sci., 1980, vol.36, No.1, p.1...4.
- Piwonka, E. J., Firkins, J. L. Effect of glucose and fiber digestion and particle-associated carboxymethylcellulase activity in vitro. - J. Dairy Sci., 1993, vol.76, No.1, p.129...139.
- Poore, M. H., Moore, J. A., Eck, T. P., Swingle, R. S., Theurer, C. B. Effects of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. - J. Dairy Sci., 1993, vol.76, No.8, p.2244...2253.
- Rook, J. A. F., Thomas, P. C. Nutritional physiology of farm animals. - Longman, London and New York, 1983 - 704 pp.
- Satter, L. D., Roffler, R. E. Influence of nitrogen and carbohydrate inputs on rumen fermentation. - Proc. 2-nd International Symposium on Protein metabolism and nutrition. - Flevohof, Netherlands, 1977, p.25...49.
- Schauff, D. L., Clark, J. H. Effects of prilled fatty acids and calcium salts of fatty acids on rumen fermentation, nutrient digestibilities, milk production and milk composition. - J. Dairy Sci., 1989, vol.72, No.4, p.917...927.
- Schneider, P., Sklan, D., Chalupa, W., Kronfeld, D. L. Feeding calcium salts of fatty acids to lactating cows. - J. Dairy Sci., 1988, vol.71, No.8, p.2143...2150.
- Stewart, C. S. The rumen bacteroides. - Aspects of rumen microbiology and metabolism. - Proc. of a one-day symposium held on May 26, 1989 at the Kungsängen research station, Uppsala, 1990, p.56...67.
- Tamminga, S., Van Vuuren, A. M., Van der Koelen, C. J., Khattab, H.M., Van Gils, L.G.M. Further studies on the effect of fat supplementation of concentrates fed to lactating dairy cows. 3. Effect on rumen fermentation and site of digestion of dietary components. - Neth. J. Agric. sci., 1983, vol.31, No.2, p.249...258.
- Testa, A. T. Effects of rapeseed oil on rumen enzyme activity and in sacco degradation of grass silage. - Animal Feed Science and Technology, 1992, vol.36, No.1...2, p.77...89.
- Ushida, K., Umeda, M., Kishigami, N., Kojima, Y. Effect of medium-chain and long-chain fatty acid calcium salts on rumen microorganism and fiber digestion in sheep. Animal sci. and Tehnology, 1992, vol.63, No.6, p.591..597.
- Wadhwa, M., Makkar, G. S., Ichhponani, J. S. Disappearance of protein supplements and their fractions in sacco. - Animal Feed Science and Technology, 1993, vol.40, No.2, p.285...293.
- Weisbjerg, M. R., Borsting, M. R., Hvelplund, T. The influence of tallow on rumen metabolism, microbial biomass synthesis and fatty acid composition of bacteria and protozoa. Acta Agric. Scand., 1992, vol. 42, No.3, p.138...147.
- Wu, Z., Palmquist, D. L. Synthesis and biohydrogenation of fatty acids by ruminal microorganisms in citri. - J. Dairy Sci., 1991, vol.74, No.9, p.3035...3046.

O. Kärt

Summary

The experiment was carried out with two ruminally fistulated nonlactating dairy cows for 1-wk periods in two replicates. Dry matter, crude fibre and crude protein degradability of 15 commonly used Estonian feeds were estimated by the *in sacco* method. To the basal diet (B) consisting of 4 kg hay, 1,5 kg barley and 0,5 kg soya bean meal was added: tallow (VR), rape seed oil (RÕ), sugar (S) or starch (T). All feed samples were incubated in the rumen for 12 h.

The results of this experiment can be summarised by the feed groups of the basal ration as follows.

Grass feeds. Dry matter degradability increased by adding VR, RÕ and T. Crude fibre degradability was increased by addition of VR but decreased by addition of S and T. Crude protein degradability increased in all treatments.

Succulent feeds. Dry matter degradability was increased only by adding RÕ. Differences in crude fibre degradability between the treatments were not statistically significant. Adding VR and S increased crude protein degradability.

Protein feeds. Adding VR, RÕ and S increased dry matter degradability. Crude fibre degradability increased only by VR addition. Crude protein degradability increased by adding VR, RÕ and S.

Cereals. Dry matter degradability was increased by adding VR and RÕ. Crude protein degradability was increased by adding VR, RÕ and S. Crude fibre degradability was decreased by starch addition.

Without damage to fermentation processes and the digestibility of nutrients in the rumen it is easier to increase the energy density of dairy cow rations by adding fats than by adding nonstructural carbohydrates.

ВЛИЯНИЕ НЕСТРУКТУРНЫХ УГЛЕВОДОВ И ЖИРА НА РАСЩЕПЛЯЕМОСТЬ КОРМОВ В РУБЦЕ

O. Kärt

Резюме

Опыт проводился на двух сухостойных коровах, снабженных фистулами, по однедельным периодам. Расщепляемость сухого вещества, сырой клетчатки и сырого протеина 15 местных кормов была определена по методу *in sacco*. К основному рациону, состоящему из 4 кг сена, 1,5 кг ячменя и 0,5 кг соевого шрота, было добавлено: животный жир (VR), рапсовое масло (RÕ), сахар (S) или крахмал (T). Все образцы кормов были инкубированы в рубце в течение 12 часов.

Результаты опыта могут быть обобщены по группам кормов следующим образом.

Травяные корма. Расщепляемость сухого вещества этих кормов увеличивается при прибавлении к рациону животного жира, рапсового масла и крахмала. Расщепляемость сырой клетчатки также увеличилась при добавке животного жира, однако, она уменьшалась при добавке сахара и крахмала. Расщепляемость протеина увеличилась при всех испытанных вариантах.

Сочные корма. Расщепляемость сухого вещества сочных кормов увеличилась только при прибавлении к рациону рапсового масла. Различия между вариантами в

расщеплении сырой клетчатки не были существенными ($P > 0,05$). Добавка животного жира и сахара увеличила расщепляемость протеина.

Протеиновые корма. Обогащение рациона жиром, рапсовым маслом и сахаром увеличило расщепляемость сухого вещества протеиновых кормов. Расщепление сырой клетчатки увеличилось только при добавке животного жира. Расщепляемость сырого протеина увеличилась при добавке животного жира, рапсового масла и сахара.

Зерновые концентраты. Расщепляемость сухого вещества увеличилась при добавке к рациону животного жира и рапсового масла. На расщепление сырого протеина положительно влиял еще сахар. Введением крахмала в рацион сырая клетчатка расщеплялась хуже.

Учитывая необходимость сохранить нормальные ферментативные процессы и переваривание питательных веществ в рубце, можно полагать, что калорийность рациона легче увеличивать введением в рацион жира, чем применением неструктурных углеводов.