

JÕUSÖÖDA TÄRKLISE- JA PROTEIINIALLIKA MÕJU UUSLÜPSIPERIOODIL LÜPSVATE LEHMADE TOODANGULE, TOITAINETEGA VARUSTATUSELE JA MÕNINGATELE VERE BIOKEEMILISTELE NÄITAJATELE

O. Kärt, M. Ots, H. Jaakson, K. Ling

ABSTRACT. *Effects of starch and protein sources of concentrate on the production, nutrient supply and some blood biochemical parameters of the cows in early lactation. An experiment was arranged using 4×4 Latin square design in a 2×2 factorial arrangement of treatments with 4 Estonian Holstein cows in early lactation. Red clover rich silage (Ps.) barley meal (O), maize meal (M), rapeseed cake (R), or soybean meal (S) were fed. Milk production, fat, protein, lactose and urea content were analysed. Nitrogen, urea-N, allantoin, uric acid excretion and microbial protein synthesis were estimated, also the content of protein, glucose, urea and ketobodies in the blood plasma were analysed.*

Starch or protein sources had no effect on the dry matter, protein or metabolizable energy intake, also on milk production, but had influence on milk composition. Milk fat content was higher when maize meal fed ($P<0.05$) and protein content was higher when rapeseed cake was fed ($P<0.01$). Nitrogen excretion via urine was influenced by the protein source, ruminal microbial protein synthesis in the rumen by the starch source. The results suggest that feeding cows red clover rich silage with highly degradable protein, it is recommendable to make concentrate with barley meal and rapeseed cake. At the beginning of lactation, barley starch may be partly replaced by maize starch to reduce body energy use.

Keywords: *dairy cows, purine derivatives, microbial protein.*

Sissejuhatus

Ainevahetuslikust seisukohast lähtudes on uuslüksiperiood üks keerukamaid ajajärke laktatsioonitsükli jooksul. Üldjuhul kulutavad lehmad laktatsiooni algul piima tootmiseks enam energiat, kui nad seda söödaratsiooniga saavad.

Kehavarude kasutamise intensiivsus uuslüksiperioodil sõltub väga paljudest teguritest, kusjuures kehavarude intensiivne kasutamine põhjustab mitmeid ainevahetushaigusi, halvendab lehmade viljakust ja põhjustab suurt majanduslikku kahju (Westwood jt, 2002; Veerkamp jt, 2000a; Veerkamp jt, 2000b; Fleischer jt, 2000). Et piimatoodangu ja toitumuse ning kehavarude kasutamise intensiivsuse ja tiinestumisenäitajate vahel esineb geneetiline korrelatsioon (Berry jt, 2003), on arusaadav, miks viimastel aastatel pööratakse lehmade söötmisele üleminekuperioodil suurt tähelepanu.

Keharavade kasutamist organismis reguleerivad mitmed hormoonid. Tuntumaid lipogeenseid hormoone on insuliin. Et selle kõrgeenenud tase veres pärsib keharavade kasutamist (Minor jt, 1998), on ratsioonide koostamisel oluline arvestada glükogeensete prekursorite olemasoluga. Intensiivistades glükoneogeneesi maksas, vähendame rasvkoos lipolüüsi ja rasvhapete oksüdatsiooni (Drackley jt, 2000; Harmon, 1992).

Et insuliini taset veres mõjutab ka peensooles seedunud tärklis, püütakse suuretoodanguliste lehmade ratsioonidesse sageli lülitada maisitärklist, millest suur osa seedub peensooles ja imendub otse glükoosina (Nocek, Tamminga, 1991).

Suurendades ratsioonis peensooles seeduva tärklise osatähtsust, saame küll tõsta vere glükoosisaldust maksa koormust suurendamata, kuid vähendame sellega mikroorganismidele kättesaadava energia hulka (Nocek, Tamminga, 1991; McCharthy jt, 1989).

Ollakse seisukohal, et energeetiliselt on peensooles seeduv tärklis palju efektiivsem kui vatsas seeduv tärklis, mis konverteeritakse maksas glükoosiks üle lenduvate rasvhapete. Siiski näib, et tärklise seedel peensooles on omad piirangud ja seda pankrease vähese amülolüütilise aktiivsuse tõttu. Reynolds jt (1997) peavad maksimaalseks peensooles fermenteeruvaks tärklise koguseks 2,4 kg päevas, Overton jt (1995) mõnevõrra enam – 4–5 kg päevas. Nocek ja Tamminga (1991) on aga seisukohal, et tärklise seede peensooles ei ole limiteeritud ja mööduva tärklise osatähtsuse suurenemisega ratsioonis suureneb ka tärklise seede peensooles.

Liblikõielisterikka silo söötisel teeb tärkliseallika valiku keeruliseks veel asjaolu, et silo proteiin on vatsas kiiresti hüdrolyüsuv, raku kestaained hüdrolyüsuvad seevastu aga aeglaselt (Olt, 2003). Laialt on levinud hüpotees, et proteiini ja energia sünkroonne hüdrolyüs vatsas suurendab mikroobse proteiini sünteesi

efektiivsust, kuid mitte kõik uurijad ei ole leidnud sellele oma katsetes kinnitust (Mabjeesh jt, 1997) või on mõju osutunud minimaalseks (Casper jt, 1999).

Kõnealuse katse eesmärgiks oli selgitada liblikõielisterikka silo söötmise korral jõusööda tärglise- ja proteiiniallika mõju uuslõpsiperioodil lõpsvate lehmade piimajõudlusele, organismi varustatusele olulisemate toitainetega ja organismi ainevahetust iseloomustavatele vere biokeemilistele näitajatele.

Materjal ja meetodika

Katse korraldati nelja uuslõpsiperioodil lõpsva eesti holsteini tõugu lehmaga, kes alustasid esimest laktatsiooni, kahefaktorilisena 4×4 ladina ruudu põhimõttel, kusjuures uuritavateks faktoriteks olid kaks erinevat tärgliseallikat ja kaks erinevat proteiiniallikat. Katset alustati lehmade teisel laktatsioonikuul. Katse eelperiood kestis 8 päeva ja põhiperiood 6 päeva.

Katses kasutatud söödaratsioonid koosnesid põldheinasilost (Ps, 75% ristikut), odrajahust (O), maisijahust (M), rapsikoogist (R) või sojasrotist (S). Rohusööda ja jõusööda vahekord ratsioonis oli metaboliseeruvast energiast lähtuvalt 40:60, kusjuures teraviljad ja proteiinsöödad segati kokku nii, et saadud segu sisaldaks 18% toorproteiini. Katses kasutatud söödaratsioonid on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Katses kasutatud söödaratsioonid, %

Table 1. Rations used in the experiment, %

Sööt Feed	Katsevariant / Variant of the experiment			
	Ps +O + R	Ps + O + S	Ps + M + R	Ps+ M + S
Põldheinasil Red clover rich silage	40,0	40,0	40,0	40,0
Odrajahu / Barley meal	46,0	50,7	–	–
Maisijahu / Maize meal	–	–	38,9	45,3
Rapsikook / Rapeseed cake	14,0	–	21,1	–
Sojasrott / Soybean oil meal	–	9,3	–	14,7

Lisaks põhisoötadele anti katselehmadele 220 g vitamiin-mineraalsööta ja 100 g keedusoola päevas. Katselehma söödeti kaks korda päevas, hommikul kell 5³⁰ ja õhtul kell 16³⁰. Igal katse põhiperioodi päeval registreeriti lehmade piimatoodang ja kõik lehmade poolt söödud söödakogused.

Piimaproovidest määrati rasva-, valgu-, laktoosi- ja karbamiidisaldus iga põhiperioodi teisel, neljandal ja kuendal päeval. Vereproovid, millest määrati üldvalgu-, glükoosi-, karbamiidi- ja ketokehade sisaldus, võeti igal põhiperioodi esimesel ja teisel ning viiendal ja kuendal päeval sabaveenist firma *Terumo Corporation* vaakumkatsutitesse. Konservandina kasutati liitiumhepariini. Vereproovid jahutati, tsentrifuugiti 20 minuti jooksul (3000 pöört minutis) ja eraldati vereplasma, mida hoiti temperatuuril –20 °C kuni analüüsimiseni.

Uriini koguti katselehmadel kahel viimasel põhiperioodi päeval (kokku 48 tunni jooksul) spetsiaalsete lehma külge liimitud uriinikogumisseadmete abil. Pärast lehmade igakordset urineerimist uriin kaaluti ja võeti keskmine proov, arvestusega 100 ml iga 10 kg eritatud uriini kohta. Puriinderivaatide bakteriaalse lagunemise vältimiseks uriin hapestati 10%-lise H₂SO₄-lahusega. Kohe pärast iga katse põhiperioodi lõppu määrati keskmisest uriiniproovist üldlammastiku-, karbamiidlammastiku-, allantoiini- ja kusihappesisaldused.

Söötade metaboliseeruva proteiini sisaldus kalkuleeriti Kärsti jt (2002) poolt kirjeldatud skeemi järgi, kusjuures proteiini efektiivne lõhustuvus määrati *in sacco* meetodil, nii nagu seda on kirjeldanud Ørskov (2000). Saadud tulemused korrigeeriti vastavalt Michaleti-Doreau' ja Ouldi-Bahi poolt avaldatud arvutuskeemile, et elimineerida inkubatsioonijätkide mikrobaalsest saastumisest tekkiv viga (Hvelplund, Weisbjerg, 2000).

Silo seeduvus määrati *in vivo*, kasutades selleks nelja täiskasvanud oinast. Saadud katsetulemuste alusel arvutati silo toiteväärtus ja seedunud toitainete sisaldus. Ratsiooni seedunud süsivesikute (SSV) leidmiseks kasutati jõusöödakomponentide puhul tabelandmeid, silo puhul *in vivo* seedekatse tulemusi. Ratsiooni seedunud ja vatsas fermenteerunud orgaanilise aine (SFOA) arvutamisel lähtuti koefitsiendist 0,65 (Chen ja Gomes, 1992).

Kasutatud laboratoorsed analüüsimeetodid

Söötade ja söödajätkide analüüsid tehti üldtunnustatud analüüsimeetodite järgi: kuivaine leiti pärast proovi kuumutamist konstantse kaaluni 105 °C juures; proteiinisaldus määrati Kjeldahli meetodil (N×6,25), kasutades analüsaatorit *Kjeltec Auto 1030*; toortuhasisaldus leiti pärast proovi kuuetunnist kuumutamist muhvelahjus 550 °C juures; toorkiusisaldus määrati Hennebergi ja Stohmanni meetodil; toorrasv proovi petrooleetriga ekstraheerides, kasutades selleks aparati *Soxtec System 1040 Extraction Unit*. Silo happesus määrati portatiivse pH-meetriga MP 120, võihappesisaldus kromatograafiliselt aparaadiga CHROM-5 ja ammoniaaklammastik destilleerides MgO juuresolekul analüsaatoriga *Kjeltec Auto 1030 Analyser*.

Piimarasva-, piimavalgu-, laktoosi- ja karbamiidisisaldus määrati automaatanalüsaatoril *Combi Foss*.

Vereplasma üldvalgusisaldus määrati kolorimeetriliselt biureet-reaktsiooniga, karbamiidisisaldus ensümaatilise-kineetilise ning glükoosisaldus ensümaatilise-kolorimeetrilise meetodiga. Mõlemal juhul kasutati firma *Human Gesellschaft für Biochemica und Diagnostika mbH* analüüsikomplekte ja spektrofotomeetrit *Helios β*. Ketokehade sisaldus määrati kolorimeetriliselt kollase värvuse intensiivsuse järgi.

Uriini üldlämmastikusisaldus määrati Kjeldahli meetodil analüsaatoriga *Kjeldec Auto 1030 Analyser* ning karbamiidisisaldus ureaas-Berthelot' reaktsiooniga. Allantoiinisaldus määrati Rimini-Schryveri reaktsiooniga ja kusi happesaldus ensümaatilise-kineetilise meetodiga, kasutades firma *Human Gesellschaft für Biochemica und Diagnostika mbH* analüüsikomplekti nii, nagu kirjeldavad seda Chen ja Gomes (1992).

Andmete statistiline analüüs

Katseandmete statistiliseks töötlemiseks kasutati SAS statistikapaketis olevat MIXED protseduuri, mille abil selgitati välja uuritud faktorite mõju ja koosmõju uuritavatele tunnustele. Kasutati järgmist mudelit:

$$Y_{ijkl} = m + T_i + P_j + T_i \times P_j + L_k + e_{ijkl},$$

kus Y_{ijkl} – uuritav tunnus, m – keskmine, T_i – tärglise (*resp.* odra- ja maisijahu) mõju, P_j – proteiini (*resp.* rapsikoogi ja sojasroti) mõju, L_k – lehma kordusmõõtmise mõju, e_{ijkl} – juhuslik viga.

Uuritavate tunnuste statistilisel analüüsil kasutati erinevuste olulisuse hindamiseks t-testil leitud piirdiferentsi 95%.

Tulemused ja arutelu

Katses kasutatud söötade keemiline koostis ja toiteväärtus on toodud tabelis 2. Punase ristiku rohke põldheinasilu on tüüpiline märgsilu, mida kasutatakse Eestis laialdaselt piimakarja söötmisel. Silo kuivainesisaldus oli 23,9%, iga kilogramm kuivainet sisaldas 18,1% toorproteiini, 26,0% toorkiudu ja 9,47 MJ metaboliseeruvat energiat. Silo orgaanilise aine seeduvus oli 63,1%. Et kindlustuslisandeid ei kasutatud, esines silos vähesel määral nii võihapet kui ammoniaaklämmastikku. Katses kasutatud rapsikoogis oli suhteliselt palju toorrasva, ta sisaldas 35,25% toorproteiini ja 13,12 MJ metaboliseeruvat energiat kg^{-1} .

Tabel 2. Söötade keemiline koostis ja toiteväärtus
Table 2. Chemical composition and nutritive value of feeds

Näitajad <i>Items</i>	Silo <i>Silage</i>	Odrajahu <i>Barley meal</i>	Maisijahu <i>Maize meal</i>	Rapsikook <i>Rapeseed cake</i>	Sojasrott <i>Soybean oil meal</i>
Kuivaine / <i>Dry matter, %</i>	23,93	88,12	87,36	91,71	86,08
Kuivaines / <i>In dry matter:</i>					
toorproteiin / <i>crude protein, %</i>	18,19	12,91	8,59	35,25	49,81
toorkiud / <i>crude fibre, %</i>	26,01	7,12	2,77	12,93	5,35
toorrasv / <i>crude fat, %</i>	4,72	2,35	4,67	12,59	2,83
N-ta ekstraktiivained, % <i>N-free extractives, %</i>	40,27	74,58	82,64	32,15	35,34
ME, MJ/kg	9,47	12,56	13,65	13,12	14,29
seeduv proteiin, g/kg <i>digestible protein, g/kg</i>	118,2	86,5	62,7	296,1	448,3
MP, g/kg	76,6	102,1	118,4	141,2	195,6
võihape / <i>butyric acid, %</i>	0,13	–	–	–	–
pH	4,6	–	–	–	–
Ammoniaak-N, % <i>Ammonia-N, % of total-N</i>	7,47	–	–	–	–
Orgaanilise aine seeduvus <i>in vivo</i> , % <i>Organic matter digestibility in vivo, %</i>	63,1	–	–	–	–

Mõju toitfaktorite söömusele

Kuivaine söömuse mõjutavaid tegureid on väga palju, mitmeid neist on oma varasemates artiklites käsitlenud silo *ad libitum* söötmise korral ka Kärt jt (1998) ning Rihma ja Kärt (1999, 2000). Antud katses olid katselehmadel kuivaine söömuse ning sellest tulenevalt ka metaboliseeruva energia ja toorproteiini söömuse küll maisijahu ja rapsikoogi puhul mõnevõrra väiksemad kui teiste katsevariantide puhul, kuid tärglise- ja proteiini-

allika mõju söömusele polnud statistiliselt usutavad (tabel 3). Seega mõjutasid kuivaine söömust tegurid, mis ei olnud selles katses vaatluse all.

Tabel 3. Tärglise ja proteiiniallika mõju lehmade söömusele
Table 3. Effect of protein and starch source on feed intake

Näitajad Items	Katsevariant / Variant of the experiment				Olulisus / Significance		
	Ps+O+R a	Ps+O+S b	Ps+M+R c	Ps+M+S d	T ¹	P ²	T x P
Kuivaine / Dry matter, kg	19,4 ^c	19,3	18,5 ^a	18,9	NS	NS	NS
ME, MJ	216,4 ^c	218,5 ^c	210,4 ^{ab}	220,8	NS	NS	NS
Toorproteiin, kg Crude protein, kg	3,5 ^c	3,5 ^c	3,4 ^{ab}	3,5	NS	NS	NS
MP, kg	1,8 ^d	1,9 ^d	1,9 ^d	2,0 ^{abc}	P<0,05	P<0,001	NS
LP/DP ³ , kg	2,7	2,6	2,5	2,4	P<0,01	P<0,05	NS
Toorkiud / Crude fibre, kg	3,2 ^d	2,9	3,0 ^d	2,7 ^{ac}	NS	P<0,01	NS
SSV/DCH ⁴ , kg	9,9 ^{bc}	10,3 ^{ac}	9,4 ^{abd}	10,4 ^c	NS	P<0,001	NS
SFOA/DFOM ⁵ , kg	8,6 ^c	8,8 ^c	8,2 ^{abd}	8,8 ^c	NS	P<0,01	NS
SSV+LP / DCH+DP, kg	12,6	12,9	11,9	12,8	NS	P<0,01	NS

¹ T – tärglis/starch

² P – proteiin/protein

³ LP / DP – vatsas lõhustuv proteiin / ruminally degradable protein

⁴ SSV – seeduvad süsivesikud / DCH – digestible carbohydrates

⁵ SFOA / DFOM – seeduv ja vatsas fermenteeruv orgaaniline aine / digestible and ruminally fermentable organic matter

Kuigi proteiiniallikas mõjutas statistiliselt usutavalt toorkiu söömust, tuleb seda pidada siiski kaudseks mõjuks, sest see oli eelkõige tingitud sojasroti vähesest toorkiusisaldusest. Ka seeduvaid süsivesikuid ning seeduvaid ja vatsas fermenteeruvaid süsivesikuid söid lehmad kõige vähem siis, kui ratsioonis oli tärgliseallikaks maisijahu ja proteiiniallikaks rapsikook, kuigi statistiliselt usutavaks osutus nimetatud toitainete söömusele vaid proteiiniallika mõju. Ka siin tuleks saadud tulemusi seostada eelkõige sojasroti väikese toorkiusisaldusega.

Kirjandusest leiame piisavalt viiteid proteiini taseme mõju kohta kuivaine söömusele. Seda, et proteiinisalduse suurendamise korral ratsioonis suureneb lüpsilehmadel ka kuivaine söömus, on hästi põhjendanud oma ülevaateartiklis Allen (2000). Et meil olid erinevate katsevariantide puhul proteiinisaldused söödaratsioonides võrdsed, on arusaadav, miks proteiiniallikas kuivaine söömust ei mõjutanud.

Mõju piimajõudlusele

Lehmade piimatoodangule ei avaldanud uuritud proteiini- ja tärgliseallikas statistiliselt usutavat mõju, küll aga piima koostisele. Piima rasvasisaldus oli maisijahu saanud lehmadel suurem kui odrajahu saanud lehmadel. Selle põhjusi tuleb otsida eelkõige tärglise seede kohast seedekanalisis. Odratärglis, mis fermenteerub vatsas kiiresti, suurendab vatsa happesust. Selle tagajärjel väheneb tselluloosi seede ja äädikhappe kui piimarasva ühe olulisema prekursori süntees vatsas (Kärt, 1996). Tulemused langevad hästi kokku Khorasani jt (1994) järeldustega, et odrajahu asendamisel maisijahuga võib väheneda rasvhapete *de novo* süntees ja suurened pika süsinikuahelaga rasvhapete inkorporeerimine piimarasva koostisesse.

Piima valgusisaldust mõjutas meie katses oluliselt vaid proteiiniallikas, kuigi kirjandusest leiame arvukaid vihjeid nii proteiini- kui tärgliseallika mõju kohta piima valgusisaldusele. Küsimusele, miks rapsikoogi söötmisel oli piima valgusisaldus suurem kui sojasroti söötmisel, saame vastuse tabelis 4 toodud andmetest. Nimelt kasutasid lehmad rapsikoogi söömisel proteiini efektiivsemalt kui sojasroti söömisel. Kas rapsikoogis oleva proteiini efektiivsem kasutamine piimavalgu sünteesil on seotud vaid rapsikoogi sobivama aminohappelise koostisega, nagu väidavad oma uurimiste põhjal Huhtanen jt (2002), või on ka teisi põhjusi, peab selgitama edasine uurimistöö.

Tabel 4. Tärglise- ja proteiiniallika mõju piima koostisele ja -toodangule
Table 4. Effect of protein and starch source on milk composition and production

Näitajad Items	Katsevariant / Variant of the experiment				Olulisus/Significance		
	Ps+O+R a	Ps+O+S b	Ps+M+R c	Ps+M+S d	T ¹	P ²	T x P
Piimatoodang, kg Milk production, kg	32,0	31,7	31,6	31,5	NS	NS	NS
Piimarasv / Milk fat, %	3,06	3,17	3,43	3,58	P<0,05	NS	NS
Piimavalk / Milk protein, %	3,05 ^d	3,01	3,10 ^d	2,92 ^{ac}	NS	P<0,01	NS
Laktoos/Lactose, %	5,00 ^{bcd}	5,11 ^a	5,10 ^a	5,13	P<0,05	P<0,01	NS
Karbamiid/Urea, mg	272 ^{bd}	313 ^a	286 ^d	327 ^{ac}	NS	P<0,001	NS

Mõju söödaproteiini kasutamise efektiivsusele ja mikroobse proteiini sünteesile

Proteiini kasutamise efektiivsust organismis mõjutavad nii jõusööda proteiini- kui tärgliseallikas (tabel 5). Uriiniga eritus lämmastikku sojasroti söötmisel enam kui rapsikoogi söötmisel, kusjuures enamik uriiniga väljutatavast lämmastikust oli karbamiidi koostises. Et uriiniga väljutatavat karbamiidi tuleb vaadelda kui valgu ainevahetuse lõpp-produkti, viitab just selle suur sisaldus uriinis proteiini halvale kasutamisele organismis (Kärt jt 2002).

Katsevariantidest väljutati kõige enam lämmastikku uriiniga siis, kui sojasrotti söödeti koos maisijahuga. Et sama katsevariandi puhul väljutati uriiniga ka kõige enam allantoiini ja puriinderivaate kokku ning sünteesiti vatsas kõige vähem mikroobset proteiini, tuleb seda katsevarianti pidada söödaproteiini kasutuse seisukohast kõige ebaefektiivsemaks.

Väga oluliselt mõjutas proteiini efektiivset kasutamist, eriti aga mikroobse proteiini sünteesi vatsas, jõusööda tärgliseallikas. Odrajahu söötmisel sünteesiti vatsas oluliselt enam mikroobset proteiini kui maisijahu söötmisel. Et odrajahus olev tärglis hüdroliisub põhiliselt vatsas ja ainult süsivesikute intratsellulaarse seede käigus vabanev energia on mikroorganismide poolt kasutatav (Kärt jt, 2002), on arusaadav, miks mikroobset proteiini tekkis just odrajahu söötmisel enam kui maisijahu söötmisel.

Tabel 5. Tärglise- ja proteiiniallika mõju lämmastiku, karbamiidi ja puriinderivaatide eritumisele uriiniga ja mikroobse proteiini sünteesile vatsas

Table 5. Effect of protein and starch source on nitrogen, urea and purine derivatives excretion via urine and on microbial protein synthesis

Näitajad Items	Katsevariant / Variant of the experiment				Olulisus/Significance		
	Ps+O+R a	Ps+O+S b	Ps+M+R c	Ps+M+S d	T ¹	P ²	T x P
Eritus päevas / Excreted per day:							
lämmastik/nitrogen, g	170	188	162 ^d	192 ^c	NS	P<0,05	NS
karbamiid-N / urea-N, g	95 ^d	102	99 ^d	122 ^{ac}	NS	NS	NS
allantoiin/allantoin, mmol	422 ^{cd}	407 ^{cd}	324 ^{ab}	307 ^{ab}	P<0,001	NS	NS
kusihape / uric acid, mmol	40 ^c	41 ^{cd}	30 ^{ab}	33 ^b	P<0,001	NS	NS
PD kokku / PD total, mmol	462 ^{cd}	448 ^{cd}	354 ^{ab}	340 ^{ab}	P<0,001	NS	NS
Sünteesiti MP päevas: Synthesized MP per day:							
Kokku/Total, g	2226 ^{cd}	2149 ^{cd}	1653 ^{ab}	1576 ^{ab}	P<0,001	NS	NS
kg ⁻¹ SSV / kg ⁻¹ DCH, g	227	212	178	157	P<0,001	P<0,01	NS
kg ⁻¹ SSV+LP / kg ⁻¹ DCH+DP, g	178 ^{cd}	170 ^{cd}	140 ^{ab}	127 ^{ab}	P<0,001	P<0,05	NS
kg ⁻¹ SFOA / kg ⁻¹ DFOM, g	262 ^{cd}	250 ^{cd}	203 ^{ab}	184 ^{ab}	P<0,001	P<0,05	NS

Kui mikroobse proteiini sünteesi ja puriinderivaatide ekskretsiooni mõjutas statistiliselt usutavalt vaid ratsiooni tärgliseallikas, siis mikroobse proteiini sünteesi efektiivsust mõjutas ka proteiiniallika. Ühe kg seedunud süsivesikute või seedunud ja vatsas fermenteerunud süsivesikute kohta sünteesiti vatsas mikroobset proteiini rapsikoogi söötmisel enam kui sojasroti söötmisel.

Meie uurimistulemused langevad hästi kokku Van Vuureni jt (1999) andmetega, et suurendades vatsas fermenteeruva tärglise osatähtsust rohurikka söödaratsiooni söötmise korral, vähenes küll neutraalkiu seeduvus vatsas, kuid suurenes peensoolde jõudva proteiini hulk. Vastupidiseid tulemusi on aga saanud Mabeesh jt (1997)

ning Garcia jt (2000), kes leidsid, et lõhustuva proteiini liia korral (73% kogu söödaproteiinist lõhustus vatsas) ratsioonis kergesti fermenteeruvate süsivesikute lisamine ei suurenda ei bakterproteiini sünteesi ulatust vatsas ega selle sünteesi efektiivsust.

Mõju vere biokeemilistele näitajatele

Uuritud vere biokeemilistest näitajatest mõjutas plasma karbamiidisisaldust nii tärglise- kui proteiiniallikas, ketokehade sisaldust aga ainult tärgliseallikas (tabel 6). Nähtavasti polnud uuritud faktorite mõju ainevahetusele siiski nii suur, et see oleks muutnud vere üldvalgu- ja glükoosisisaldust, mis veres on suhteliselt hästi reguleeritud (Jaakson, 2001).

Tabel 6. Tärglise- ja proteiiniallika mõju vere biokeemilistele näitajatele
Table 6. Effect of protein and starch source on blood biochemical parameters

Näitajad Items	Katsevariant / Variant of the experiment				Olulisus/Significance		
	Ps+O+R a	Ps+O+S b	Ps+M+R c	Ps+M+S d	T ¹	P ²	T x P
Üldvalk/Protein, g/dl	8,7	8,6	8,7	8,8	NS	NS	NS
Glükoos/Glucose, mg/dl	100,7	100,3	101,8	99,2	NS	NS	NS
Karbamiid/Urea, mg/dl	29 ^{bcd}	39 ^a	38 ^a	40 ^a	P<0,05	P<0,01	P<0,05
Ketokehad/Ketobodies, mg/dl	2,4	3,3 ^c	1,6 ^b	2,1	P<0,05	NS	NS

Vere karbamiidisisaldus on samuti lämmastiku ainevahetust iseloomustav näitaja, mis korreleerub hästi nii piima kui ka uriini karbamiidisisaldusega (Kärt jt, 2002). Ka vereplasma karbamiidisisaldus oli sarnaselt uriiniga maisijahu söötmise korral suurem kui odrajahu söötmisel ja sojasroti söötmisel suurem kui rapsikoogi söötmisel.

Vereplasma ketokehade sisaldus oli aga odrajahu söötmisel suurem kui maisijahu söötmisel. On võimalik, et peensooles seedunud maisitärklis, mis imendus verre otse glükoosina, suurendas vere insuliinisisaldust niivõrd, et see pärssis laktasiooni algul lehmade kehavarude kasutamist enam kui odrajahu, mis fermenteerus vatsas lenduvateks rasvhapeteks ja mida lehm saab kasutada glükoosiallikana üle glükoneogeneesi-protsessi.

Kokkuvõte

Liblikõielisterikka silo söötmise korral, kui ratsioonis on suhteliselt palju vatsas lõhustuvat proteiini, tuleks söödaproteiini efektiivse kasutamise ja looma ainevahetuse seisukohast eelistada jõusööda tärgliseallikana odrajahu ja proteiiniallikana rapsikoogi. Negatiivse energiabilansi perioodil võiks siiski osa odratärglisest asendada maisitärklisega, mis vähendab keharasvade kasutamise intensiivsust ning sellest tulenevate ainevahetushaiguste esinemise sagedust.

Uurimistöö on läbi viidud Eesti Teadusfondi rahalisel toetusel – grandid nr 5419 ja 5422.

Kirjandus

- Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cows. – J. Dairy Sci., 83, p. 1598–1624.
- Berry, D. P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R. D., Rath, M., Veerkamp, R. F. 2003. Genetic relationship among body condition score, body weight, milk yield, and fertility in dairy cows. – J. Dairy Sci., 86, p. 2193–2204.
- Casper, D. P., Maiga, H. A., Brouk, M. J., Schingoethe, D. J. 1999. Synchronization of carbohydrate and protein sources on fermentation and passage rate in dairy cows. – J. Dairy Sci., 82, pp. 1779–1790.
- Chen, X. B., Gomes, M. J. 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – an overview of the technical details. – Occasional Publication, Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, UK, 23 pp.
- Drackley, J. K., Overton, T. R., Douglas, G. N. 2000. Adaptations of glucose and long-chain fatty acids metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. – J. Dairy Sci., 84 (E.Suppl.), p. E100–W112.
- Fleischer, P., Metzner, M., Beyerbach, M., Hoedemaker, M., Klee, W. 2000. The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows. – J. Dairy Sci., 84, p. 2025–2035.
- Garcia, S. C., Santini, F. J., Elizalde, J. C. 2000. Sites of digestion and bacterial protein synthesis in dairy heifers fed fresh oats with or without corn or barley grain. – J. Dairy Sci., 83, p. 746–755.

- Harmon, D. L. 1992. Impact of nutrition on pancreatic exocrine and endocrine secretion in ruminants: a review. – *J. Animal Sci.*, 70, p. 1290–1301.
- Huhtanen, P., Vanhatalo, A., Varvikko, T. 2002. Effects of abomasal infusions of histidine, glucose, and leucine on milk production and plasma metabolites of dairy cows fed grass silage diets. – *J. Dairy Sci.*, 85, p. 204–216.
- Hvelplund, T., Weisbjerg, M.R. 2000. *In situ* techniques for the estimation of protein degradability and postrumen availability. – Forage evaluation in ruminant nutrition. Eds. Givens, D. J. *et al.* CAB International, p. 233–258.
- Jaakson, H. 2001. Lipiidsete metaboliitide referentsväärtused eesti holsteini tõugu lehmade vereseerumis poegimiseel ja -järgsel perioodil. Dissertatsioon. Tartu, 54 lk.
- Khorasani, G. R., de Boer, G., Robinson, B., Kennelly, J. J. 1994. Influence of dietary protein and starch on production and metabolic responses of dairy cows. – *J. Dairy Sci.*, 77, p. 813–824.
- Khorasani, G. R., Okina, E. K., Kennelly, J. J. 2001. Effects of substituting barley grain with corn on ruminal fermentation characteristics, milk yield, and milk composition of Holstein cows. – *J. Dairy Sci.*, 84, p. 2760–2769.
- Kärt, O. 1996. Uurimused veiste söödaratsiooni energiasalduse suurendamise võimaluste kohta. Dissertatsioon. Tartu, 181 lk.
- Kärt, O., Karis, V., Ots, M. 2002. Mäletsejaliste proteiintoitumine ja metaboliseeruva proteiinil põhinev söötade hindamise süsteem. Tartu, 40 lk.
- Kärt, O., Rihma, E., Sikk, V., Tõlp, S. 1998. The Effect of Concentrate on Silage Intake, Rumen Fermentation, Milk Production and Milk Composition. – Proc. of the International Conference of Animal Nutrition. Tartu, p. 65–74
- Mabjeesh, S. J., Arieli, A., Bruckental, I., Zamwell, S., Tagari, H. 1997. Effect of ruminal degradability of crude protein and nonstructural carbohydrate on the efficiency of bacterial crude protein synthesis and amino acid flow to the abomasums of dairy cows. – *J. Dairy Sci.*, 80, p. 2939–2949.
- McCarthy, R. D., Klusmeyer, Jr. T. H., Vicini, J. L., Clark, J. H., Nelson, D. R., 1989. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. – *J. Dairy Sci.*, 72, p. 2002–2016.
- Minor, D. J., Trower, S. L., Strang, B. D., Shaver, R. D., Grummer, R. R. 1998. Effects of nonfiber carbohydrate and niacin on periparturient metabolic status and lactation of dairy cows. – *J. Dairy Sci.*, 81, p. 189–200.
- Nocek, J., Tamminga, S. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. – *J. Dairy Sci.*, 74, p. 3598–3629.
- Olt, A. 2003. Eestis aretatud liblikõieliste heintaimede ja nendest valmistatud silode keemilisest koostisest ning toitainete omastamisest. Dissertatsioon. Tartu, 72 lk.
- Ørskov, E.R. 2000. The *in situ* technique for the estimation of forage degradability in ruminants. – Forage evaluation in ruminant nutrition. Eds. Givens, D. J. *et al.* CAB International, p. 175–188.
- Overton, T. M., Cameron, M., R., Elliott, J. P., Clark, J. H., Nelson, D. R. 1995. Ruminal fermentation and passage of nutrients to the duodenum of lactating cows fed mixtures of corn and barley. – *J. Dairy Sci.*, 78, p. 1981–1998.
- Reynolds, C. K., Sutton, J. D., Beaver, D. E. 1997. Effect of feeding starch to dairy cattle on nutrient availability and production. – Recent Advances in Animal Nutrition. Eds. Garnsworthy, P. C., Wiseman, J., Haresign, W. Loughborough, UK: Nottingham University Press, 105–134 pp.
- Rihma, E., Kärt, O. 1999. Effect of concentrates on silage intake and rumen fermentation process. – Proceedings from a symposium at Estonian Agricultural University, Tartu, June 7. Uppsala: SLU Service/Repro, 1999, p. 63–67.
- Rihma, E., Kärt, O. 2000. Dairy cow's intake of silage prepared from different grass. – Proceedings of the International Conference of the Animal Nutrition. Tartu, p. 22–28
- Van Vuuren, A. M., Klop, A., van der Koelen, C. J., de Visser, H. 1999. Starch and stage of maturity of grass silage: Site of digestion and intestinal nutrient supply in dairy cows. – *J. Dairy Sci.*, 82, 143–152.
- Veerkamp, R. F., Koenen, E. P. C., De Jong, G. 2000a. Genetic correlation among body condition score, yield, and fertility in first-parity cows estimated by random regression models. – *J. Dairy Sci.*, 84, p. 2327–2335.
- Veerkamp, R., Oldenbroek, J. K., van der Gaast, H. J., van der Werf, J. H. J. 2000b. Genetic correlation between days until start of luteal activity and milk yield, energy balance, and live weights. – *J. Dairy Sci.*, 83, p. 577–583.
- Westwood, C. T., Lean, I. J., Garvin, J. K. 2002. Factors influencing fertility of Holstein dairy cows: a multivariate description. – *J. Dairy Sci.*, 85, p. 3225–3237.

Effects of starch and protein sources of concentrate on the production, nutrient supply and some blood biochemical parameters of the cows in early lactation

O. Kärt, M. Ots, H. Jaakson, K. Ling

Objectives

Regarding metabolism, early lactation is one of the most complicated periods in the lactation cycle. As a rule, at the beginning of lactation cows consume more energy for milk production than they receive it from the ration. The intensity of the use of body reserves in early lactation is affected by many factors, whereas the intense use of body reserves results in several metabolic disorders, decreases the fertility of cows and causes big economic loss. By increasing the proportion of starch in the ration digested in the small intestine, we can increase the blood glucose content without rising stress on the liver, but thus the amount of energy available to microorganisms decreases as well.

The aim of the experiment was to explain the effect of starch and protein sources of the concentrate on milk productivity, supply of organism with essential nutrients, and on some blood biochemical parameters characterizing the metabolism.

Material and methods

The experiment was carried out using 4x4 Latin square design in a 2x2 factorial arrangement with 4 Estonian Holstein cows in early lactation. The factors under investigation were two different starch sources and two different protein sources.

The rations used in the experiment consisted of red clover rich silage (Ps, 75% clover), barley meal (O), maize meal (M), and rapeseed cake (R) or soybean oil meal (S). The ratio of grass feed and concentrate in the ration was 40:60, according to metabolizable energy; grain and protein feeds were mixed so that the protein content of their mixture was 18% (Table 1).

Milk samples were analysed for fat, protein, lactose and urea content on each 2nd, 4th and 6th day of the experimental period by a Combi Foss analyser.

Blood samples that were analysed for total protein, glucose, urea and ketobodies content, were taken from tail vein on the 1st, 2nd, 5th and 6th day of each experimental period. The blood samples were refrigerated and centrifuged for 20 minutes at 3,000 rpm; the plasma was separated and stored at -20 °C until analysing. Total protein in the blood plasma was determined by the biuret reaction, urea content by the enzymatic-kinetic method and glucose content by enzymatic-colorimetric method. In both cases analysis equipment of the company *Human Gesellschaft für Biochemia und Diagnostica mbH* and *Helios Beta* spectrophotometer were used. The content of ketobodies was determined calorimetrically by the intensity of the yellow colour.

Urine was collected from the cows on the two last days of the experimental period (in 48 hours) by special urine-collecting equipment glued to the cow. After each urination urine was weighed and an average sample was taken (100 ml per each 10 kg of excreted urine). To prevent bacterial degradation of purine derivatives, urine was acidified with 10% H₂SO₄ solution. Immediately after each experimental period the average urine sample was analysed for total nitrogen, urea nitrogen, allantoin and ureic acid content. Nitrogen content was determined by the Kjeldahl method with *Kjeldec Auto 1030 Analyser* and urea content by the urease-Berthelot reaction. Allantoine content was estimated by the Rimini-Schryver reaction and ureic acid content by enzymatic-kinetic method, using the equipment of the company *Human Gesellschaft für Biochemia und Diagnostica mbH* as is described by Chen and Gomes (1992).

The effective degradability of protein in the feeds was determined *in sacco* as described by Ørskov (2000). The results were corrected according to calculation scheme of Michalet-Doreau and Ould-Bah to eliminate an error originating from microbial contamination of incubation residues (Hveplund and Weisbjerg, 2000).

The digestibility of silage was determined *in vivo* with four adult rams. On the basis of the results the nutritive value of silage and the content of digested nutrients were calculated. To estimate digestible carbohydrates (DCH) of the ration, table results were used for concentrate components and the results of *in vivo* digestive experiments for silage. To calculate the digestible and ruminally fermentable organic matter (DFOM) of the ration, coefficient 0.65 was used (Chen and Gomes, 1992).

To process the results statistically, MIXED Procedure of SAS was used, by which the effect of the studied factors and their interaction on the dependent variables were estimated. The following formula was used:

$$Y_{ijkl} = m + T_i + P_j + T_i \times P_j + L_k + e_{ijkl},$$

where Y_{ijkl} – dependent variable, m – mean, T_i – effect of starch (barley or maize meal), P_j – effect of protein (rapeseed cake or soybean oil meal), L_k – effect of repeated measurements of a cow, e_{ijkl} – random error.

Results

The concentrate starch and protein source had no effect on the dry matter intake of the cows (Table 3). The protein source had a significant effect on the intake of crude fibre, DCH, DFOM and DCH+DP but it was mainly due to the lower crude fibre content of soybean oil meal, compared with that of rapeseed cake.

The studied protein and starch source had no statistically significant effect on milk production as well, but it affected milk composition (Table 4). Milk fat content of the cows fed with maize meal was higher than of those fed with barley meal. Milk protein content was significantly affected by the protein source only. The explanation to the answer, why milk protein content was higher when rapeseed cake was fed, compared with soybean oil meal, can be found in Table 5 – in the first case the cows used protein more efficiently. The further research should find out whether more efficient use of rapeseed cake protein is related with its more favourable amino acid content only as claimed by Huhtanen *et al.* (2002), or are there any other reasons as well.

The amount of nitrogen excreted via urine was the highest in the experiment in which soybean oil meal was fed together with maize meal. As in the same experiment the total amount of allantoin and purine derivatives excreted via urine was the highest and the amount of ruminally synthesized microbial protein was the lowest, this variant of the experiment should be considered to have been the most inefficient, regarding the use of feed protein.

The concentrate starch source significantly affected the efficient use of protein, especially ruminal microbial protein synthesis. Significantly more ruminal microbial protein was synthesized when barley meal was fed compared to maize meal. The fact that barley meal starch hydrolyses mainly in the rumen and microorganisms can use only the energy released during intracellular digestion is explaining why the amount of microbial protein was higher when barley meal was fed.

Microbial protein synthesis and excretion of purine derivatives were statistically significantly affected by the ration starch source only, but the efficiency of microbial protein synthesis was affected by the protein source as well. More ruminal microbial protein was synthesised per kg^{-1} DCH, DCH+DP or DFOM with rapeseed cake than with soybean oil meal.

Of blood biochemical parameters under investigation, the blood plasma urea content was affected by both the starch and protein sources, but the content of ketobodies by the starch source only (Table 6). The content of ketone bodies in the blood plasma was higher with barley meal than with maize meal.

Conclusion

Regarding the effective use of feed protein and the cow's metabolism, in the case of feeding legume-rich silage when the amount of ruminally degradable protein in the ration is quite high, barley meal is recommended to be used as the concentrate starch source and rapeseed cake as the protein source. In the period of negative energy balance barley starch could be partly replaced by maize starch to reduce the intensity of using body fats and the frequency of metabolic disorders resulting from that.