

PIIMA KARBAMIIDISISALDUSE JA RATSIOONI TOITEFAKTORITE VAHELISTEST SEOSTEST

O. Kärt, M. Ots, E. Rihma

ABSTRACT. *Relationship between milk urea content and nutritional factors of ration. In order to explain which indices and how precisely can predict milk urea content in diet formulation, a database was formed on the basis of the results of physiological experiments arranged at Eerika experimental farm. All experiments were conducted in a 4×4 Latin square design; cows were fed grass silage ad libitum and concentrate 25, 40, 55 or 75% of metabolisable energy (ME) requirement. Daily amounts of the dry matter (DM) of consumed silage, barley meal and protein feed were 6.8 to 16.8 kg; 1.1 to 10.5 kg and 0 to 2.5 kg, respectively. Daily FCM yield of the cows fluctuated from 13 to 30.4 kg per day and milk urea content from 212 to 459 mg/l. Additionally to generally accepted contents of nutritive factors, the content of metabolisable protein (MP) in the ration and protein balance in the rumen (PBV) were calculated according to the scheme similar to that applied in Finland. Milk urea content correlated positively with crude protein (CP) content ($P<0.0001$), CP intake ($P=0.0003$) and PBV ($P<0.0001$); and negatively with MP intake. Precisest prediction of milk urea content can be done on the basis of CP:ME ratio.*

Keywords: *ruminant, dairy cow, nitrogen metabolism, milk urea content.*

Sissejuhatus

Viimastel aastatel pööratakse lüpsilehmade söödaratsioonides proteiinisaldusele ja proteiini efektiivsele kasutusele suurt tähtsust. Ühelt poolt on see seotud asjaoluga, et piima töötled ja tarbijad väärtustavad üha enam piimavalku ja nõuavad üha suurema valgusisaldusega piima, kuid teisalt on söödaproteiin üks kallimaid toitefaktoreid, mille ebaefektiivne söötmine vähendab tootmise tulukust. Vähe olulised pole siinjuures ka keskkonnakaitse ja loomade tervise ja heaolu aspektid. Nii võimegi mäletsejaliste lämmastikuainevahetuses tinglikult välja tuua kolm sõlmpunkti, millest oleneb nii proteiini kasutamise efektiivsus kui loomade heaolu ja tervis: 1) mikroobse proteiini sünteesi maksimeerimine vatsas, 2) peensooles imenduvate aminohapete hulga ja omavahelise suhte optimeerimine ja 3) lämmastiku ekskretsiooni minimeerimine ning loodusele tekitatava negatiivse mõju vähendamine.

Kirjanduses on leida piisavalt andmeid selle kohta, kui oluline on mikroobse proteiini sünteesi seisukohalt süsivesikute ja proteiini sünkroonne hüdroloüs vatsas (Khalili, Huhtanen, 1991), kuigi teisalt on vihjeid ka selle kohta, et loomkatsetes pole sünkroniseerimine andnud mitte alati loodetud tulemusi (Chamberlain, Choung, 1995). Meie analoogilistes katsetes, kus silorikka söödaratsiooni söötmine korral, suurendades lüpsilehmade söödaratsioonis vatsas fermenteeruva tärklise osatähtsust, suurenesid nii uriiniga ekskreetitavate puriin-derivaatide hulk kui vatsas sünteesitava mikroobse proteiini kogus (Kärt jt, 2004).

Lüpsilehmade terviseprobleemid avalduvad seoses lämmastiku ainevahetusega eelkõige siis, kui söödaratsioonis on palju vatsas lõhustuvat proteiini, mida mikroorganismid ei suuda ära kasutada. Ainevahetushäiretest märgivad von Thieme jt (1983) alkaalsusele kalduvat ainevahetust, Mg, Ca ja P resorptsiooni vähenemist ja karjamaatetaania suurenemise ohtu, piima ja uriini happesuse langust, piimatoodangu ja piima valgusisalduse vähenemist, sündinud vasikate elujõu ja sigivuse vähenemist. Näib, et just sigivuse langus on see, mis praktilises loomakasvatuses avaldub seetõttu kõige iseloomulikult (Jordan jt, 1983; Butler, 1998).

Üha enam oluliseks muutub mäletsejaliste lämmastikuainevahetuse käsitlemisel ka keskkonnakaitse aspektid. Loomsetes väljaheidetes olev lämmastik võib suurendada keskkonna reostuse koormust kolmel viisil: 1) ammoniaagi lendumisega, 2) nitraatide uhtumisega põhjavette ja 3) lämmastiku sattumisega pinnavette (Jonker jt, 1998). Kogu loodusesse ekskreetitavast lämmastikust väljutavad mäletsejalised kuni 70% karbamiidina (Van Vuuren, 1993), mis on proteiini ainevahetuse lõpp-produkt kõikidel imetajatel.

Karbamiid sünteesitakse maksas. Sellega muudetakse tsütotoksiline ammoniaak (tekib kas kehavalkude katabolismi käigus või on jäänud vatsas mikroorganismide poolt kasutamata) kahjutuks, misjärel ta väljutatakse organismist (Huntington, Archibeque, 1999). Tekkinud ammoniaak salvestatakse kiiresti verre imendumise järel asendatavate (organismi poolt sünteesitavate) aminohapete glutamiini jaalaniini vormis (Zilmer jt, 1999) ning transporditakse maksa. Seetõttu on hästi funktsioneeriva mehhanismi korral veres vaba ammoniaaki vähe. Vaid siis, kui tekivad häired karbamiidi biosünteesi käigus, kui maks on kahjustatud või siis, kui intensiivse ammoniaagi tekke tõttu ei suuda organism sünteesida piisavalt ammoniaagi sidumiseks vajalikke aminohappeid, võib selle kontsentratsioon veres tõusta niivõrd kõrgele, et põhjustab tõsiseid ainevahetushäireid (Huntington, Archibeque, 1999).

Enam kui 20 aastat tagasi demonstreerisid Oltner ja Wiktorson (1983), et proteiini liig söödaratsioonis suurendab vere karbamiidisisaldust ja seda, et vere ning piima karbamiidisisalduste vahel esineb tihe seos. Et maksas sünteesitud karbamiid on lahustunud olekus, satub piima moodustumise käigus sinna alati ka karbamiidi. Mõnevõrra hiljem leidsid mitmed autorid (Jonker jt, 1998; Kauffman, St-Pierre, 2001), et vere ja piima karbamiidisisalduste alusel on võimalik suure tõenäosusega hinnata ka uriiniga loodusesse eritatava lämmastiku kogust.

Edusammud vatsafüsioloogia alastes uuringutes on võimaldanud välja töötada uued proteiini hindamise süsteemid, mis arvestavad proteiinitarvet peensooles imendunud aminohapete tasemel. Kuigi üksikute aminohapete vahetada peensooles imendunud proteiinis veel mäletsejaliste puhul ei arvestata, käib selles vallas intensiivne uurimistöö, mis võimaldab lähiaastatel väljapakutud süsteeme veelgi täpsemaks muuta.

Et Eestis määratakse jõudluskontrollialuste lehmade piimas iga kuu ka karbamiidisisaldus, oli uurimistöö eesmärgiks selgitada, milliste söödaratsiooni koostamisel kasutatavate näitajate abil on võimalik prognoosida piima karbamiidisisaldust ja kuivõrd hästi see korreleerub vatsa proteiinibilansiga, mis on metaboliseeruva proteiini põhineva söötade hindamissüsteemi üks olulisi näitajaid.

Materjal ja meetodika

Uurimuses kasutati katsetulemusi, mis koguti aastatel 1997–2000 Eerika katsefarmis läbi viidud füsioloogiliste katsete käigus (n=60). Kõik katsed viidi läbi 4×4 ladina ruudu põhimõttel, kus lehmadele söödeti silo *ad libitum* ning vastavalt katsevariandile odrajahu ja proteiinsööta, milleks oli kas päevalille- või sojasrott. Kontsentraatidest valmistati segu arvestusega, et lehmade söödaratsiooni kuivaine proteiinisisaldus oleks 15%. Jõusööta söödeti lehmadele metaboliseeruva energia tarbest kas 25, 40, 55 või 70%.

Kasutati katseskeemi, kus eelperioodi pikkuseks oli kaheksa päeva ja arvestusperioodi pikkuseks kuus päeva. Arvestusperioodil kogutud sööda ja söödajääkide keemiline koostis analüüsiti üldtunnustatud meetodikate alusel. Metaboliseeruva proteiini sisaldus ja vatsa proteiinibilans arvutati EPMÜ Loomakasvatuse instituudis välja töötatud skeemi järgi (Kärt jt, 2002), mille aluseks on Soomes kasutusel olev skeem (Tuori jt, 1996). Piimatoodang määrati igal arvestusperioodi päeval, piima koostis igal teisel katsepäeval.

Katsetulemused ja arutelu

Katselehmad sõid ratsiooniga 12,8–22,4 kg kuivainet (RKA) päevas, sellest silo kuivaine (SKA) moodustas 6,8–16,8 kg ja odrajahu kuivaine (OKA) 1,1–10,5 kg. Proteiinsööda kuivainet (PRKA) sõid lehmad olenevalt katsevariandist 0–2,5 kg (tabel 1). Et vastavalt katseskeemile kõikus erinevate söötade söömus väga suurtes piirides, olid suured erinevused ka tarbitud metaboliseeruva energia (ME), toorproteiini (TP), metaboliseeruva proteiini (MP) ja vatsa proteiinibilansi (VPB) vahel. Suured erinevused ilmnisid seetõttu ka lehmade piimatoodangutes ja piima koostises.

Tabel 1. Uuritud näitajate lihtne statistika
Table 1. Simple statistics of investigated variables

| Näitaja <i>Items</i> | Keskmine <i>Mean</i> | Miimum <i>Minimum</i> | Maksimum <i>Maximum</i> | Standardhälve <i>Standard deviation</i> |
|--|-------------------------|--------------------------|----------------------------|--|
| Söömus päevas / <i>Intake day:</i> | | | | |
| RKA / <i>Ration DM, kg</i> | 18,5 | 12,8 | 22,4 | 2,3 |
| SKA / <i>Silage DM, kg</i> | 12,5 | 6,8 | 16,8 | 2,5 |
| OKA / <i>Barley meal DM, kg</i> | 5,2 | 1,1 | 10,5 | 2,3 |
| PRKA / <i>Protein feed DM, kg</i> | 0,8 | 0,0 | 2,5 | 0,8 |
| ME/ME, MJ | 189 | 122 | 242 | 27 |
| TP/CP, kg | 2,9 | 1,9 | 4,2 | 0,5 |
| MP/MP, kg | 1,6 | 1,0 | 2,0 | 0,2 |
| VPB/PBV ¹ , g | 295 | -157 | 1307 | 350 |
| TP kuivaines / <i>CP in DM, g/kg</i> | 159,9 | 127,6 | 210,1 | 22,3 |
| ME kuivaines / <i>ME in DM, MJ/kg</i> | 10,2 | 8,9 | 11,4 | 0,6 |
| MP kuivaines / <i>MP in DM, g/kg</i> | 84,9 | 75,1 | 92,9 | 4,4 |
| EKM-piim, kg/p / <i>ECM milk, kg/d</i> | 21,8 | 13,0 | 30,4 | 4,2 |
| Piima koostis / <i>Milk composition:</i> | | | | |
| Rasv/Fat, % | 4,31 | 2,67 | 6,45 | 0,75 |
| Valk/Protein, % | 3,29 | 2,76 | 4,14 | 0,32 |
| Karbamiid/Urea, mg/l | 293 | 212 | 459 | 54 |

¹ Vatsa proteiinibilans / *Protein balance in the rumen*

Tabel 2. Uuritud tunnuste vahelised korrelatsioonikordajad
Table 2. Pearson correlation coefficients between investigated variables

| Näitaja Item | Kuivaine söömus DM intake | SKA söömus SDM intake | OKA söömus BDM intake | PSKA söömus PFDM intake | ME söömus ME intake | TP söömus CP intake | MP söömus MP intake | VPB PBV | TP kuivaines, g/kg CP in DM, g/kg | ME kuivaines, MJ/kg ⁻¹ ME/DM, MJ/kg ⁻¹ | MP kuivaines, g/kg MP in DM, g/kg | EKM piim ECM milk | Rasv, % Fat, % | Valk, % Protein, % |
|--|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|
| SKA söömus, kg/p SDM intake, kg/d | 0,55174 <0,0001 | | | | | | | | | | | | | |
| OKA söömus, kg/p BDM intake, kg/d | 0,29587 0,0217 | -0,57824 <0,0001 | | | | | | | | | | | | |
| PSKA söömus, kg/p PFDM intake, kg/d | 0,28024 0,0301 | 0,07842 0,5515 | -0,16968 0,1949 | | | | | | | | | | | |
| ME söömus, kg/p ME intake, kg/d | 0,93867 <0,0001 | 0,30327 0,0185 | 0,55713 <0,0001 | 0,14816 0,2586 | | | | | | | | | | |
| TP söömus, kg/p CP intake, kg/d | 0,55038 <0,0001 | 0,34550 0,0069 | 0,32341 0,0117 | -0,41155 0,0011 | 0,55973 <0,0001 | | | | | | | | | |
| MP söömus, kg/p MP intake, kg/d | 0,93576 <0,0001 | 0,30436 0,0181 | 0,56109 <0,0001 | 0,12599 0,3374 | 0,98572 <0,0001 | 0,63794 <0,0001 | | | | | | | | |
| VPB, g/p PBV, g/d | -0,19385 0,1378 | 0,14306 0,2755 | -0,11999 0,3612 | -0,63939 <0,0001 | -0,22946 0,0778 | 0,66866 <0,0001 | -0,14139 0,2812 | | | | | | | |
| TP KA-s, g/kg CP in DM, g/kg | -0,29319 0,0230 | -0,13582 0,3008 | 0,12253 0,3510 | -0,73311 <0,0001 | 0,21401 0,1006 | 0,63094 <0,0001 | -0,12244 0,3513 | 0,92584 <0,0001 | | | | | | |
| ME KA-s, MJ/kg ME in DM, MJ/kg | 0,23480 0,0709 | -0,47700 0,0001 | 0,86057 <0,0001 | -0,26307 0,0423 | 0,55286 <0,0001 | 0,26904 0,0377 | 0,52700 <0,0001 | -0,16189 0,2165 | 0,12945 0,3242 | | | | | |
| MP KA-s, g/kg MP in DM, g/kg | 0,05753 0,6624 | -0,56141 <0,0001 | 0,81336 <0,0001 | -0,36760 0,0039 | 0,35416 0,0055 | 0,38031 0,0027 | 0,40326 0,0014 | 0,10385 0,4298 | 0,42259 0,0008 | 0,88553 <0,0001 | | | | |
| EKM-piim, kg/p ECM milk, kg/d | 0,37400 0,0032 | 0,01240 0,9251 | 0,48328 <0,0001 | -0,32766 0,0106 | 0,47129 0,0001 | 0,52905 <0,0001 | 0,48527 <0,0001 | 0,22794 0,0798 | 0,52905 <0,0001 | 0,41752 0,0009 | 0,38804 0,0022 | | | |
| Rasv, % Fat, % | 0,16330 0,2125 | 0,28536 0,0271 | -0,25566 0,0487 | 0,28648 0,0265 | 0,05282 0,6886 | 0,05915 0,6535 | 0,07851 0,5510 | 0,02646 0,8410 | -0,13347 0,3093 | -0,25304 0,0511 | -0,22681 0,0814 | -0,26370 0,0418 | | |
| Valk, % Protein, % | 0,23588 0,0696 | 0,18650 0,1537 | -0,05058 0,7012 | 0,22486 0,0841 | 0,18277 0,1622 | 0,04066 0,7577 | 0,20468 0,1167 | -0,13898 0,2896 | -0,21055 0,1064 | -0,05021 0,7032 | -0,05085 0,6996 | -0,38253 0,0026 | 0,83643 <0,0001 | |
| Piima karbamiid, mg/l Milk urea, mg/l | -0,18448 0,1582 | -0,00179 0,9892 | -0,08908 0,4985 | -0,25987 0,0449 | -0,24477 0,0594 | 0,45074 0,0003 | -0,70124 <0,0001 | 0,72266 <0,0001 | 0,66523 <0,0001 | -0,22859 0,0790 | 0,02267 0,8635 | 0,01002 0,9394 | -0,07464 0,5709 | -0,09992 0,4475 |

Olenevalt söödaratsioonist lüpsid lehmad 13,0–30,4 kg piima päevas. Piima rasvasisaldus kõikus 2,67–6,45% ja piima valgusisaldus 2,76–4,14% piires. Väga suurtes piirides kõikus ka VPB (–175...1307 g päevas).

Uuritud näitajate vahel esines mitmeid olulisi korrelatiivseid seoseid (tabel 2). Ratsiooni kuivaine söömuse korreleerus statistiliselt oluliselt nii silo kuivaine ($P < 0,0001$), odrajahu kuivaine ($P < 0,05$) kui proteiinsööda kuivaine söömusega ($P < 0,05$). Silo kuivaine söömuse mõjutab omakorda negatiivselt aga odrajahu kogus ratsioonis ($P < 0,0001$). Positiivne korrelatsioon leiti silo kuivaine söömuse ning metaboliseeruva energia ($P < 0,05$) ja toorproteiini ($P < 0,01$) söömuse vahel. Nii söödaratsiooni kuivaine kui silo kuivaine söömuse mõjutavaid tegureid on oma varasemates uurimustes käsitletud ka antud uurimuse autorid (Rihma, Kärt 1999, 2000).

Toorproteiini söömuse korreleerus suure tõenäosusega positiivselt nii ratsiooni kuivaine ($P < 0,0001$), silo kuivaine ($P < 0,01$) kui odrajahu söömusega, negatiivselt aga proteiinsööda söömusega. Seda, miks proteiinsööda osatähtsuse suurenemise korral ratsioonis vähenes toorproteiini söömuse, saab seletada katsetamiskatsemetoodikaga ja söödeta silo suure proteiinisaldusega. Nimelt suurendati ratsioonis proteiinsööda kogust eelkõige siis, kui suurendati jõusööda osatähtsust, mis aga omakorda vähendas silo söömuse. Et silo toorproteiini sisaldus oli sageli suurem kui meie taotletud 15% ratsiooni kuivaines, vähenes silo söömuse vähenemise tõttu ka toorproteiini söömuse.

Metaboliseeruva proteiini söömuse korreleerus suure tõenäosusega eelkõige ratsiooni kuivaine ($P < 0,0001$), metaboliseeruva energia ($P < 0,0001$) ja odrajahu ($P < 0,0001$) söömusega, aga ka toorproteiini ($P < 0,0001$) ja silo kuivaine ($P < 0,05$) söömusega. See, miks metaboliseeruva proteiini söömuse korreleerub metaboliseeruva energia ning ratsiooni kuivaine ja odrajahu söömusega paremini kui proteiinsööda (ka proteiinirikka silo) söömusega, tuleneb mäletsejaliste proteiinivahetusest ja metaboliseeruva proteiini arvestamise skeemist. Nimelt pärineb lüpsilehmade puhul peensooles imenduvatest aminohapetest enamik mikroobsest proteiinist (Clark jt, 1992), kusjuures vatsas sünteesitava mikroobse proteiini hulka ei limiteeri mitte seal lõhustava proteiini hulk, vaid mikroorganismidele kättesaadava energia hulk. Söödaratsiooni lisatav proteiinsööt peaks küll suurendama peensooles imenduvate aminohapete kogust (Schingoethe, 1996), kuid nähtavasti suur mikroobse proteiini osatähtsus antud katsetes muutis selle statistiliselt ebaoluliseks.

Silo positiivne ($P < 0,05$) ja odrajahu negatiivne ($P < 0,05$) mõju piima rasvasisaldusele on samuti leidnud korduvalt tõestamist. Seda seostatakse eelkõige vatsas süsivesikute fermentatsioonil tekkivate lenduvate rasvhapete hulga ja omavahelise suhtega. Raku kestaainete fermentatsioonil tekkiv äädikhape soodustab piimarasva sünteesi, tärglase fermentatsioonil tekkiv propioonhape aga pärsib seda (Grant, 1997).

Antud uurimuses piima valgusisaldust söödaratsiooni koostis statistiliselt oluliselt ei mõjutanud, küll aga korreleerus see negatiivselt EKM-piima toodanguga ja positiivselt piima rasvasisaldusega.

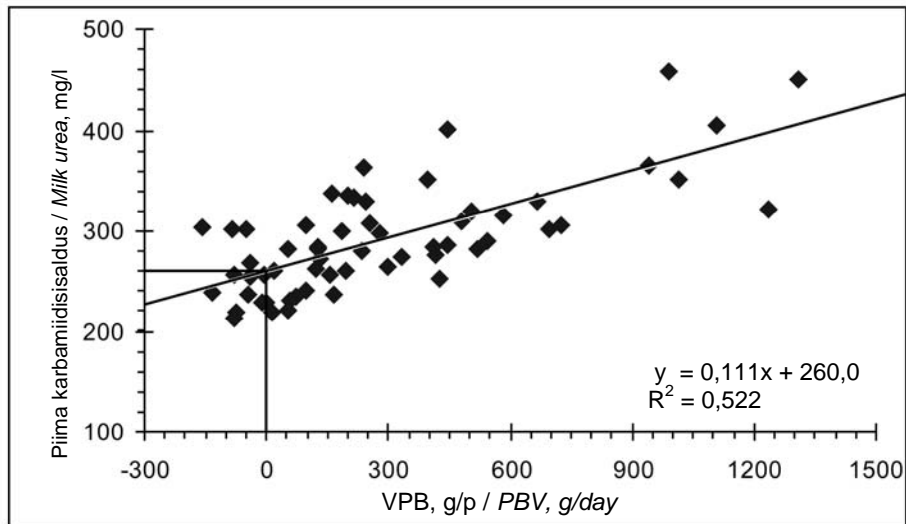
Piima karbamiidisisaldus korreleerus positiivselt ratsiooni toorproteiini sisalduse ($P < 0,0001$) ja söömusega ($P < 0,001$) ning vatsa proteiinibilansiga ($P < 0,0001$), negatiivselt aga metaboliseeruva proteiini ($P < 0,0001$) ja proteiinsööda söömusega ($P < 0,05$). Et katseandmete läbitöötamisel leiti mitmeid olulisi korrelatiivseid seoseid piima karbamiidisisalduse ja erinevate söödaratsiooni näitajate vahel, arutati ka rida lineaarseid regressioonivõrrandeid (joonised 1–6), et seeläbi otsustada, kui hästi saab ratsioonide koostamisel prognoosida nende tunnuste abil piima karbamiidisisaldust.

Leitud regressioonivõrranditest nähtub, et analüüsitud üksiktunnustest kirjeldab piima karbamiidisisalduse muutusi teistest paremini ratsiooni toorproteiini ja metaboliseeruva energia suhe ($R^2 = 0,532$; joonis 4) ning vatsa proteiinibilans ($R^2 = 0,522$; joonis 1), mõnevõrra halvemini aga söödud toorproteiini kogus päevas ($R^2 = 0,203$; joonis 2) ning metaboliseeruva proteiini ja metaboliseeruva energia suhe ratsioonis ($R^2 = 0,289$; joonis 5). Statistiliselt mitteusutav seos esines metaboliseeruva proteiini söömuse ning piima karbamiidisisalduse vahel (joonis 3). Metaboliseeruva energia sisalduse suurenemise korral ratsioonis väheneb küll piima karbamiidisisaldus, kuid antud uurimuses ei osutunud see statistiliselt usutavaks.

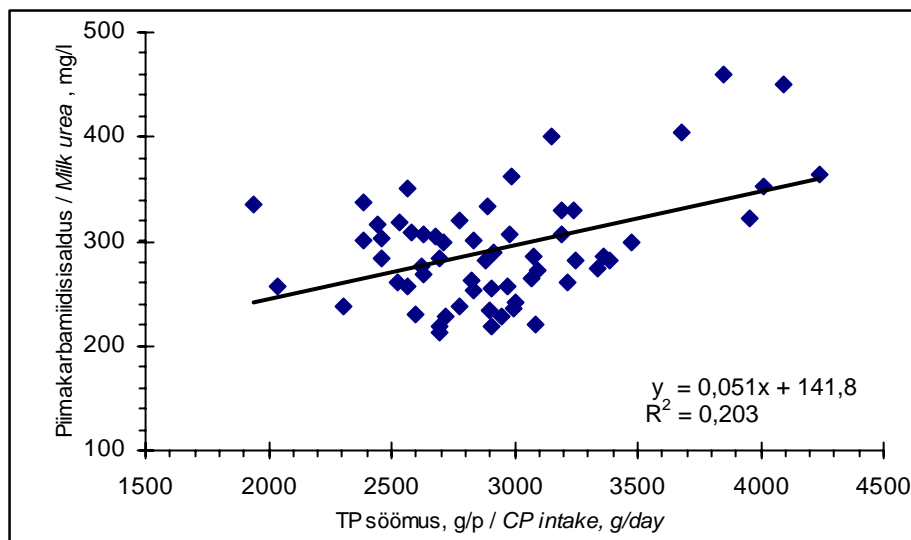
See, et üksiktunnustest on piima karbamiidisisaldusega kõige tihedamalt seotud ratsiooni toorproteiini sisaldus, väljendatud kas ratsiooni kuivaine või energia kohta, on heas kooskõlas ka Brodericki ja Claytoni (1997) uurimustega. Põhjust, miks ratsiooni metaboliseeruva proteiini sisaldus pole nii tihedasti seotud piima karbamiidisisaldusega kui toorproteiini sisaldus, tuleb otsida metaboliseeruva proteiini arvutuse skeemist. Viimane võtab arvesse vaid selle osa söödaproteiinist, milline imendub peensooles aminohapetena, kuid ei arvesta seda, kui palju söödaproteiinist lõhustub ja jääb kasutamata mikroorganismide poolt.

Et piima karbamiidisisaldust mõjutab otseselt see osa vatsas lõhustuvast proteiinist, milline jääb mikroorganismide poolt kasutamata, eeldasime, et vatsa proteiinibilans peaks korreleeruma piima karbamiidisisaldusega hästi. Meie uurimustes oligi vatsa proteiinibilansi seos piima karbamiidisisaldusega pisut tugevam kui toorproteiini sisalduse seos piima karbamiidisisaldusega ($R^2 = 0,522$ vs. 0,443), kuid Nousiaineni jt (2004) uurimustes olulist erinevust polnud.

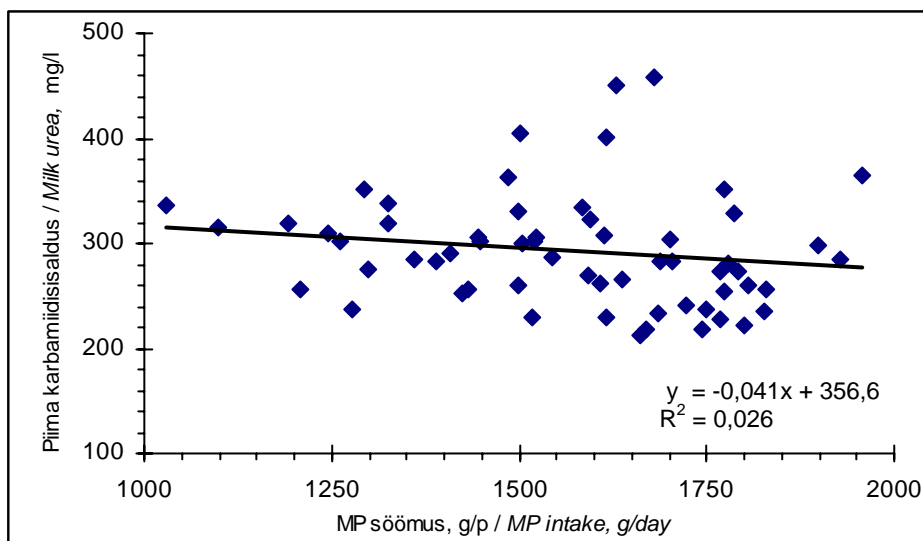
Vatsas lõhustunud ammoniaagi kasutamine sõltub otseselt ratsiooni energiasisaldusest. Seepärast ootasime mõnevõrra tugevamat seost ka ratsiooni metaboliseeruva energia ja piima karbamiidisisalduste vahel. Antud uurimuses küll vähenes piima karbamiidisisaldus ratsiooni energiasisalduse suurenemise korral, kuid seos polnud statistiliselt usutav. Selgitada saab seda asjaoluga, et ratsiooni energiasisalduse mõju piima karbamiidisisaldusele sõltub eelkõige süsivesikute seede kohast seedekanalisis (Reynolds jt, 1997). Maisijahu ja kartuli söötmise korral on piima karbamiidisisaldus suurem kui odra või nisujahu söötmise korral, sest esimesel juhul on tärglase koostises enam amülopektiini, mis vatsas ei fermenteeru ja pole seetõttu mikroorganismidele energia allikaks.



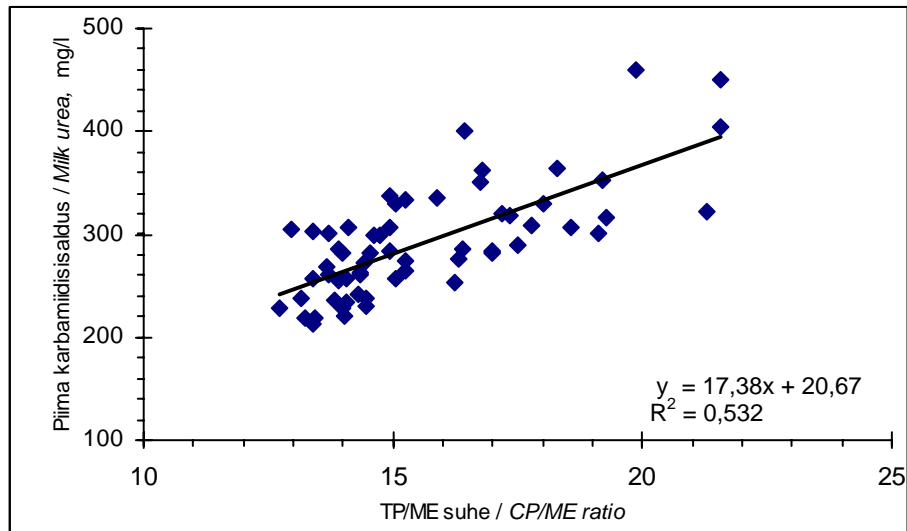
Joonis 1. Vatsa proteiinibilansi (VPB) ja piima karbamiidisisalduse vaheline seos
Figure 1. Relationship between protein balance in the rumen (PBV) and milk urea content



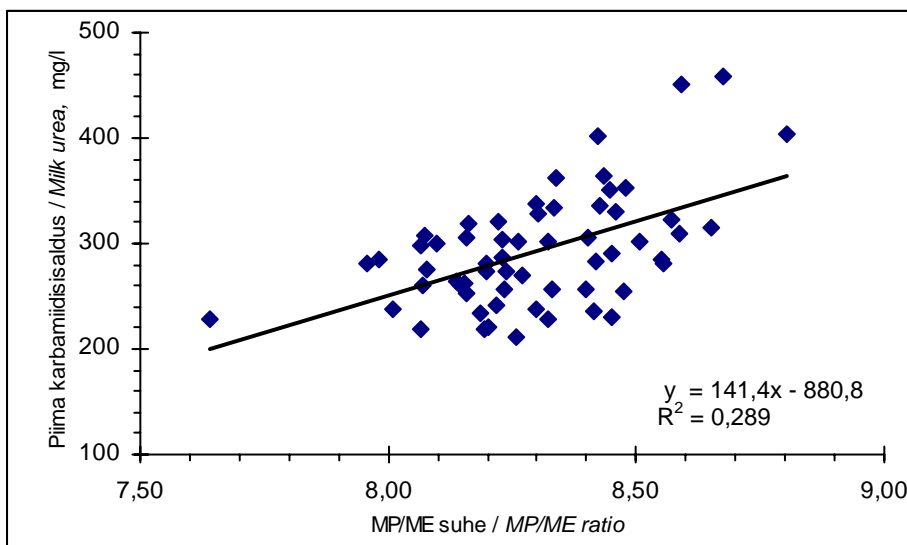
Joonis 2. Toorproteiini (TP) söömuse ja piima karbamiidisisalduse vaheline seos
Figure 2. Relationship between crude protein (CP) intake and milk urea content



Joonis 3. Metaboliseeruva proteiini (MP) söömuse ja piima karbamiidisisalduse vaheline seos
Figure 3. Relationship between metabolizable protein (MP) intake and milk urea content

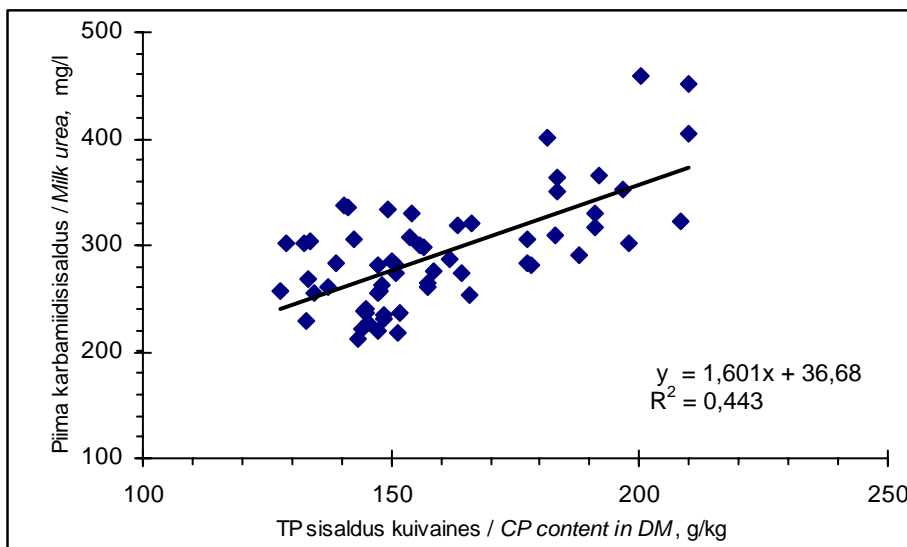


Joonis 4. Toorproteiini (TP) ja metaboliseeruva (ME) energia suhte ning piima karbamiidisisalduse vaheline seos
Figure 4. Relationship between crude protein (CP) metabolizable energy (ME) ratio and milk urea content



Joonis 5. Metaboliseeruva proteiini (MP) ja metaboliseeruva energia (ME) suhte ning piima karbamiidisisalduse vaheline seos

Figure 5. Relationship between metabolizable protein (MP) metabolizable energy (ME) ratio and milk urea content



Joonis 6. Söodaratsiooni kuivaine toorproteiinisalduse (TP) ja piima karbamiidisisalduse vaheline seos
Figure 6. Relationship between crude protein (CP) content in dry matter(DM) and milk urea content

Siinjuures tuleb aga märkida, et antud uurimuses leitud regressioonivõrrandid iseloomustavad piima karbamiidisisaldust mõnevõrra halvemini kui mitmes kirjandusallikas avaldatud uurimuses. Kui Nousiainen jt (2004) uurimuses oli ratsiooni toorproteiini sisalduse ja piima karbamiidisisalduse vahel leitud regressioonivõrrandi $R^2=0,778$ ning Brodericki, Claytoni (1997) uurimuses 0,839, siis meie uurimustes oli see vaid 0,443. Tugevama seose kui meie leidsid Nousiainen jt (2004) ka vatsa proteiinibilansi ja piima karbamiidisisalduse vahel ($R^2=0,860$ vs. 0,522). Üks põhjustest, miks meie leitud võrrandid ei kirjelda piima karbamiidisisalduse seoseid uuritud näitajatega nii hästi kui kirjanduses leiduvad, peitub nähtavasti selles, et antud uurimuses kasutasime piima karbamiidisisalduse määramiseks meetodit, mida kasutatakse jõudluskontrolli süsteemis massanalüüside tegemisel ja mis ei ole kahtlemata nii täpne kui keemiline meetod.

Täiendavat analüüsi vajab aga vatsa proteiinibilansi ja piima karbamiidisisalduse vahelise seose selgitamine. Nagu jooniselt 1 näeme, on piima karbamiidisisaldus 260 mg/l siis, kui vatsa proteiinibilanss on nullis. Siit võime aga leida teatud vastuolu aga metaboliseeruva proteiini arvutuskeemi ja maksimaalse soovitusliku piima karbamiidisisalduse vahel.

Kokkuvõte

Piima karbamiidisisalduse rutiinne määramine jõudluskontrolli süsteemis annab väärtuslikku informatsiooni looma tervise ja söödaproteiini efektiivse kasutamise kohta. Küll saame aga suure tõenäosusega karbamiidi sisaldust ennustada juba söödaratsiooni koostamise käigus. Samuti vastupidi, teades lisaks piima teiste koostisosade sisaldustele ka piima karbamiidisisaldust, saame lehmade praktilisel söötmisel võtta vastu küllalt suure täpsusega otsuseid söödaratsioonide tasakaalustamiseks proteiini ja energia osas.

Uurimistöö on läbi viidud Eesti Teadusfondi rahalisel toetusel – grant nr 5419.

Kasutatud kirjandus

- Broderick, G. A., Clayton, M. K. 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. – *J. Dairy Sci.*, 80, p. 2964–2971.
- Butler, W. R. 1998. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. A Review. – *J. Dairy Sci.*, 81, p. 2533–2539.
- Chamberlain, D. G., Choung, J. J. 1995. The importance of rate of ruminal fermentation of energy sources in diets for dairy cows. – *Recent Advances in Animal Nutrition*. Eds. P.C. Garnsworthy, D.J.A. Cole, Nottingham: Nottingham University Press, p. 3–27.
- Clark, J. H., Krusmeyer, T. H., Cameron, M. R. 1992. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. – *J. Dairy Sci.*, 75, p. 2304–2323.
- Grant, R. J. 1997. Interactions among forages and nonforage fiber sources. – *J. Dairy Sci.* 80, p. 1438–1446.
- Huntington, G. B., Archibeque, S. L. 1999. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. – *Proc. of the American Society of Animal Science*, p. 1–11.
- Jonker, J. S., Kohn, R. A., Erdman, R. A. 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating cows. – *J. Dairy Sci.*, 81, p. 2681–2692.
- Jordan, E. R., Chapman, T. E., Holtan, D. W., Swanson, L. V. 1983. Relationship of dietary crude protein to composition of uterine secretions and blood in high producing dairy cows. – *J. Dairy Sci.*, 66, p. 1854–1862.
- Kauffman, A. J., St-Pierre, N. R. 2001. The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in Holstein and Jersey cows. – *J. Dairy Sci.*, 84, p. 2284–2294.
- Khalili, H., Huhtanen, P. 1991. Sucrose supplements in cattle given grass silage based diet. 2. Digestion of cell wall carbohydrates. – *Animal Feed Sci. Technol.*, 33, p. 262–273.
- Kärt, O., Karis, V., Ots, M. 2002. Mäletsejaliste proteiintoitumine ja metaboliseeruv proteiinil põhinev söötade hindamise süsteem. – Tartu, 40 lk.
- Kärt, O., Ots, M., Jaakson, H., Ling, K. 2004. Jõusööda tärglise- ja proteiiniallika mõju uulüpsiperioodil lüpsvate lehmade toodangule, toitainetega varustamisele ja mõningatele vere biokeemilistele näitajatele. – *Agraarteadus*, 1, lk 12–20.
- Nousiainen, J., Shingfield, K. J., Huhtanen, P. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. – *J. Dairy Sci.*, 87, p. 386–398.
- Oltner, R., Wiktorsson, H. 1983. Urea concentrations in milk and blood as influenced by feeding varying amounts of protein and energy to dairy cows. – *Livest. Prod. Sci.*, 10, p. 457–467.
- 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. P.C. Garnsworthy, J. Wiseman, W. Haresign. UK, Loughborough: Nottingham University Press, p. 105–134.
- 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, 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.
- Schingoethe, D. J. 1996. Balancing the amino acid need of the dairy cow. – *Animal Feed Sci. Tehnology*, 60, p. 153–160.
- Zilmer, M., Karelson, E., Vihalemm, T. 1999. Meditsiiniline biokeemia II. Tartu, 337 lk.
- Tuori, M., Kaustell, K., Valaja, J., Aimonen, E., Saarisalo, E., Huhtanen, P. 1996. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Märehtijät-siat-siipikarja-turkiseläimet-hevoset. – Helsinki, 102 l.
- Von Thieme, D., Grunwald, A., Kron, W., Sander, W., Schmeichel, A. 1983. Normabweichungen der Säurezahl von Herdenmischmilch und deren Ursachen. – *Mh. Vet.-Med.*, Jena 38, p. 13–24.
- Van Vuuren, A. M. 1993. Digestion and nitrogen metabolism of grass fed dairy cows. – Ph.D. thesis. Agricultural University Wageningen, The Netherlands.

Relationship between milk urea content and nutritional factors of ration

O. Kärt, M. Ots, E. Rihma

Objectives

Urea is the major end product of nitrogen metabolism in most mammals, including ruminants. Urea is excreted via urine, but a small amount of it diffuses into milk. More than 20 years ago Oltner and Wiktorson (1983) demonstrated that excessive nitrogen in the ration increases the blood urea concentration and that there is a tight relationship between blood and milk urea concentration. Somewhat later several researchers (Jonker *et al.*, 1998; Kauffman, St. Pierre, 2001) found a tight relationship between urea nitrogen of milk and urine, excreted to environment.

The effect of milk urea nitrogen on metabolic diseases and on reproductive efficiency has also been well proved (Thieme *et al.*, 1983; Butler, 1998; Jordan *et al.*, 1983). Therefore milk urea nitrogen may serve as an index of inefficient nitrogen utilization in a lactating dairy cow and as a management tool for preventing metabolic diseases and for improving herd fertility.

The objective of this study was to determine relationships between milk urea content and some nutritional factors of the ration and explain how precisely it would be possible to predict milk urea content level, using the factors that we use in diet formulation.

Material and methods

In this investigation the data of physiological trials ($n = 60$), conducted in 1997–2000 at Eerika experimental farm, were used. All trials were arranged in a 4×4 Latin square design. In all trials grass or grass-legume silage, supplemented with concentrates, were fed *ad libitum*. In concentrates barley meal, cotton seed meal or soybean meal were used, considered that the ration consisted of 15% CP in DM. Concentrates that covered 25, 40, 55 or 70% of ME requirement were offered. Concentrations of MP and PBV were calculated according to the system adopted in Estonia (Kärt *et al.*, 2002) and based on AAT-PBV system used in Finland (Tuori *et al.*, 1996).

In addition to diet composition, dry matter intake (DMI), milk production and milk composition were determined. Milk composition and milk urea nitrogen were determined by an automated infrared analysis (Foss Electric, Denmark).

Results

Total DMI varied from 12.8 to 22.4 kg/d, silage DM (SDM) intake from 6.8 to 16.8 kg/d and barley DM (BDM) intake from 1.1 to 0.5 kg/d. Protein feed DM (PFDM) consumption by the cows was 0 to 2.5 kg/d (Table 1). As according to the experimental design, the intake of different feeds varied to a great extent, big variations between the consumed ME, CP, MP and PBV existed as well.

Average daily milk yield ranged between 13.0 and 30.4 kg/d, milk fat percentage between 2.67 and 6.45 and milk protein percentage between 2.76 and 4.14. PBV fluctuated between –157 and 1307 g/d, respectively.

Several statistically important relationships were found between investigated variables (Table 2). DMI was positively correlated with SDM intake ($P < 0.0001$), BDM intake ($P < 0.05$) and PFDM intake ($P < 0.05$). The quantity of barley meal in the ration had a negative effect on SDM intake ($P < 0.0001$).

Milk urea concentration was positively correlated with the ration CP concentration ($P < 0.0001$) and with PBV ($P < 0.0001$), but negatively with MP ($P < 0.0001$) and PFDM ($P < 0.05$) intake.

Relationships between milk urea and nutritional factors of the ration were estimated by linear regression analysis (Figures 1–6). The calculated regression equations indicated that milk urea concentration was closer

associated with CP:ME ratio of the ration ($R^2=0.532$), and with PBV ($R^2=0.522$). The relationship between milk urea concentration and CP intake ($R^2=0.203$), and that of milk urea concentration and the ratio of MP and ME of the ration ($R^2=0.289$) were much weaker.

No statistically significant relationships were found neither between milk urea content and MP content, nor milk urea content and MP intake. With the increase of ME content in the ration, milk urea concentration decreases but in this study it was not found to be statistically significant.

As milk urea content is directly affected by that part of ruminally degradable protein that remains unused by micro-organisms, we expected that PBV should be tightly correlated with milk urea content. Our investigation revealed that relationship between PBV and milk urea content was somewhat weaker than that between CP content and milk urea content ($R^2=0.522$ vs. 0.443) while the investigation of Nousiainen *et al.* (2004) revealed no significant differences between these indices.

Conclusions

Routine testing of milk urea content in the animal recording system gives valuable information about animal's health and effective use of feed protein. Yet it is possible to predict milk urea content already during diet formulation. Vice versa, too – if we know milk urea concentration in addition to the content of other milk constituents, in practical feeding of cows we can make quite precise decisions in balancing rations, regarding their protein and energy content.