

TOORPROTEIINI JA METABOLISEERUVA ENERGIA NING PIIMAVALGU PÄEVATOODANGU SEOSTEST LÜPSILEHMADE HAPPE-LEELISSEISUNDIGA

K. Kadarik, O. Kärt, E. Rihma, K. Soidra

ABSTRACT: *About the connections of crude protein, metabolic energy and the daily yield of milk protein with the acid-base state of lactating cows. An experiment was carried out with four Estonian Holstein breed cows supplied with rumen fistulas using the principle of the 4×4 Latin square. The animal researchers investigated the intake of silage when 25, 40, 55 or 70% of the test cows' metabolic energy was covered with concentrated feed and Lucerne silage was fed ad libitum.*

We investigated the influence of the rations in the same experiment on the blood's acid-base state of lactating cows acid-base state (ABS). In the rations when the importance of the concentrated feed grew from 25% to 70% (R 25%... R 70%), the average amount of crude protein grew from 1490 g to 1725 g and the average metabolic energy from 81.7 to 118.5 MJ ($P < 0.05$). At the same time the average ratio between crude protein and metabolic energy decreased from 18.2 to 14.5 ($P < 0.05$).

Metabolic load is also reflected by the excreted acid and base residues of metabolism. In the case of the rations R 40%, R 55% and R 70% the excretion of bases remained in the limits of 1100–1200 mmol/8h. At the same time, the excretion of acids began to increase and in the case of the last ratio – R70% – exceeded the initial value and the ratio of bases and acids in urine was the lowest. When consuming R 55%, in urine the content of bases was the lowest and in blood the content of the carbonic acid's anion (HCO_3^-) was the highest, i. e. in the kidneys intensive regeneration of the carbon acid's anion was taking place.

When feeding according to the fourth – R 70% – ration, the blood's bicarbonate buffer system is not sufficient to neutralize the acid metabolic residues and the blood's pH begins to fall and reaches $\mu - 1\sigma$ level. The excretion of acids with urine is the highest at the same time: Polynomial regressions were found between the acids content in urine and the blood's pH, between the content of carbon acid's anion and the excess of buffer bases. From this prognosis model it became evident that the blood's pH values varied in narrow limits ($\mu \pm 1\sigma$) which speaks about the strong regulation of the given indicator. In the case of the first three rations the average acid contents in urine in different rations reached 71–86 mmol/l and the growth of the blood's pH, HCO_3^- and BE was taking place parallelly, which means that in the ABS an alkaline shift appeared – in blood the concentration of H^+ ions decreased and the content of carbon acid's anion and buffer base excess increased.

As the significant changes in the partial pressure of carbon dioxide in blood were not seen, the above-mentioned alkaline shift is of metabolic appearance mechanism. In feeding according to the fourth ration (R 70%), the acids content in urine grew more radically and the average reached 115 mmol/l. The individual values of carbon acid's anion in blood fell lower the $\mu - 1\sigma$ level. It is possible to conclude that here the compensated alkalosis ends and in feeding the fourth ration metabolic acidosis begins to appear. The daily production of milk protein, being a factor characterizing the metabolic load of lactating cows, also correlated with the increase renal excretion of acid metabolic residues. When the daily yield production of milk protein increased, the ratio of acids and bases excreted by urine decreased significantly.

As the blood's ABS indicators varied during the experiment in the limits of $\mu \pm 1\sigma$, it is more correct to use this interval for the indicators of the reference interval of ABS than the classical $\mu \pm 2\sigma$.

Keywords: *crude protein, metabolic energy, ratio between protein and energy, the blood's acid-base state, pH, $p\text{CO}_2$, HCO_3^- , the blood's buffer bases excess, reference interval, milk protein, the content of acids in urine and excretion, the bases of urine and excretion, metabolic alkalosis, metabolic acidosis.*

Sissejuhatus

Organismi ainevahetusprotsessides moodustub pidevalt suurtes kogustes happeid ja aluseid. Füsioloogilistes tingimustes on rakuvälises keskkonnas vesinikioone ligikaudu 40 nmol/l, seega nende kontsentratsioon on miljon korda väiksem kui teiste elektrolüütide sisaldus kehavedelikes. Vaatamata madalale kontsentratsioonile avaldab H^+ -ioonide sisaldus tugevat toimet proteiini konfiguratsioonile, mõjutades sellega proteiini (ensüümide) talitlust ning metaboolsete reaktsioonide kiirust. Vesinikioonide kontsentratsiooni (mille negatiivset logaritmi nimetatakse pH-ks) säilitatakse väga kitsastes piirides 1) ekstra- ja intratsellulaarsete puhversüsteemide tööga;

2) veres süsinikdioksiidi kontsentratsiooni reguleerimisega alveolaarse ventilatsiooni abil; 3) H^+ -ioonide renaalse ekskretsiooni kaudu.

Vere ingredientide sisaldust võivad mõjutada vereplasma mahu ja veesisalduse muutused. Kehavedelike ja elektrolüütide akuutsete muutuste hindamiseks kasutatakse hematokriti ja plasma üldproteiini sisaldust. Rakuvälises ruumis asuva ekstratsellulaarse ruumi vedeliku moodustavad vereplasma, interstitsiaalne vedelik ja lümf ning transtsellulaarne vedelik. Viimati mainitu paikneb peamiselt seedetraktis. Suurhervivooridest on hobusel transtsellulaarset vedelikku 30–40 l ning veistel tänu eesmaole veel rohkem, 30–60 l. Gastrointestinaalne vedelik aitab säilitada veisel dehüdratsiooni tingimustes efektiivset tsirkulatsiooni mahtu (Wang, Beede, 1990; Carlson, 1997; Vagnoni, Oetzel, 1998).

Materjal ja meetodika

Katse korraldati EPMÜ Loomakasvatusteaduste instituudi Eerika katselaudas nelja vatsafistulitega varustatud eesti holsteini tõugu lehmaga 4×4 ladina ruudu põhimõttel. Loomakasvatusteadlased uurisid silo söömust, kui katselehmade metaboliseeruva energia tarbest kaeti jõusöödaga kas 25, 40, 55 või 70% (edaspidi ratsioonid R25%, R40%, R55% ja R70%) ning lutsernisilo söödeti *ad libitum*. Ratsioonis jõusööda osa suurendamisel silo kuivaine söömus vähenes (Rihma, Kärt, 1999 ja 2000). Meie uurisime samas katses kasutatud ratsioonide mõju lakteerivate lehmade vere happe-leelisseisundile ning proteiiniainevahetusele.

Katse eelperiood kestis kaheksa ja põhiperiood kuus päeva. Uurimismaterjal koguti iga katse 14. päeval. Venosse vere proovid võeti pärast hommikust lüpsi ja söötmist kell 6–7 ja enne õhtust lüpsi ning söötmist kell 14. Piimaproovid võeti lüpsiaegadel. Uriini kogumist alustati põie balloonkateetri abil kell 6 ja uriiniproovid võeti kell 10, 14 ja 18. Neist andmetest arvutati päevase lüpsivaheaja (8 h) ja poole päeva keskmised (12 h) uriini kogused ning määrati ingredientide sisaldus.

Venoosses veres määrati vere pH, pCO_2 ja pO_2 otseselt aparaadiga BG-3, mille arvuti kalkuleeris saadud andmetest plasma aktuaalse bikarbonaadi (HCO_3^-), totaalse CO_2 , puhveraluste liia (BE), standardbikarbonaadi (SBK) sisaldused. Vere hemoglobiinisaldus määrati spektrofotomeetrial hemoglobiinsüaniidi meetodiga.

Vere proteiini üldsisaldus määrati kolorimeetrial. Vere elektrolüütide sisaldust määrati ioon-selektiivsete elektrodidega ning mujal kehavedelikes leekfotomeetriga. Uriini hapete, aluste ja ammooniumi-sisaldus ning neteоекскреция määrati (Kutas, 1965) tiitrimetrialise meetodi modifitseeritud variandi abil (tiitrides uriini pH-meetri kontrolli all). Uurimistulemuste matemaatiline statistika tehti MS Exceli keskkonnas.

Võtmesõnad: toorproteiin, metaboliseeruv energia, proteiini ja energia suhe, vere happe-leelisseisund, pH, pCO_2 , HCO_3^- , vere BE, piirväärtused, piimaproteiin, uriini hapete sisaldus ja ekskretsioon, uriini alused ja ekskretsioon, metaboolne atsidoos.

Katsetulemused ja arutelu

Katselehmade söötmine. Katses kasutatud söödaratsioonides oli toorproteiini (TP) 1,17– 2,15 kg ja metaboliseeruvat energiat (ME) 68,1–138,2 MJ. Toorproteiini ja metaboliseeruva energia suhe (TP/ME) ulatus 13,9–18,9 g/MJ.

Ratsioonide jõusööda osatähtsuse suurenedes 25%-lt 70%-ni (R25%–R70%) toorproteiini keskmine hulk tõusis 1,49-lt 1,72 kg-ni ning metaboliseeruva energia keskmine hulk 81,7-lt 118,5 MJ-ni ($p<0,05$). Samal ajal toorproteiini ja metaboliseeruva energia suhte keskmine vähenes 18,2-lt 14,5-ni ($p<0,05$) (tabel 1).

Metaboliseeruva energia, toorproteiini sisalduse ning proteiini ja energia suhete vastassuunalised muutused on esitatud joonisel 1. TP ja ME hulkade vahel täheldasime usaldatavat, tugevat ($R^2=0,753$, $r=0,867$) lineaarset seost.

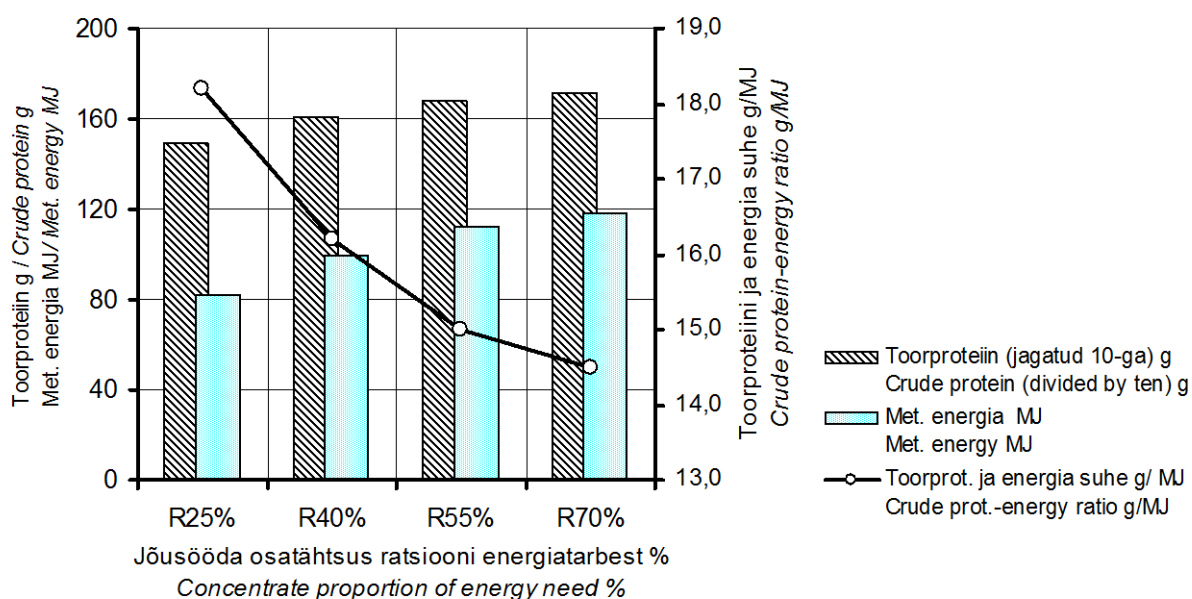
Vere happe-leelisseisund. Erineva jõusöödasaldusega ratsioonide söötmisel hematokriti, hemoglobiini, vere üldproteiini ja -naatriumi keskmised sisaldused ratsioonide vahel oluliselt ei erinenud (tabel 2). Järelikult katses kasutatud söödaratsioonid ei mõjutanud oluliselt vereplasma veesisaldust ja selles olevate ainete sisaldust.

Päevasel lüpsivaheajal erineva jõusöödasaldusega ratsioonide söötmise ajal määratud happe-leelisseisundi keskmised näitajad ja nende klassikalised piirväärtused on esitatud tabelis 3. Tabelist nähtub, et ratsiooni-keskmised väärtused ei ületa piirväärtusi. Metaboliseeruva energia, toorproteiini ja nende suhte näitajatel puudusid statistiliselt olulised lineaarsed korrelatsioonid vere happe-leelisseisundi näitajatega.

Tabel 1. Energiatarbe katmisel jõusööda osatähtsuse suurenedes ratsioonides tekkinud energia ja toorproteiini sisalduse ning nende suhte muutused

Table 1. Changes in metabolizable energy and crude protein content, and their ratio when increasing the concentrate proportion of the energy need of the ration

Näitajad / Item	Mõõtühik Unit	Karakteristikud Characteristics	Jõusööda osatähtsus energiatarbest % Concentrate proportion of energy need %			
			R25%	R40%	R55%	R70%
Met. energia Met. energy	MJ	$\mu \pm \sigma$	81,7±9,9	99,2±15,9	111,7±18,1	118,5±10,8
Toorproteiin Crude protein	g	$\mu \pm \sigma$	1490±0,240	1610±293	1680±329	1720±148
Proteiini ja energia suhe Protein-energy ratio	g/MJ	$\mu \pm \sigma$	18,2±0,73	16,2±0,44	15,0±0,66	14,5±0,55
Piimavalk Milk protein	kg/24h	$\mu \pm \sigma$	0,705±0,062	0,696±0,109	0,741±0,078	0,715±0,071



Joonis 1. Ratsiooni metaboliseeruva energia ja toorproteiini sisalduse ning nende suhte muutused jõusööda suurenedes energiatarbe katmisel

Figure 1. Changes in met. energy and crude protein, and their ratio when increasing the concentrate proportion to cover the need of energy

Tabel 2. Vereplasma mahumuutustega seotud näitajate keskmised ning piirväärtused erineva jõusöödasaldusega ratsioonide korral

Table 2. The mean and reference intervals connected with the volume of blood plasma in the rations with a different content of the concentrate

Näitajad Item	Mõõt- ühik Unit	Karak- teris- tikud	Jõusööda osatähtsus energiatarbest % Concentrate proportion of energy need %				Piirväärtused Reference interval		
			R25%	R40%	R55%	R70%	μ	$\mu+2\sigma$	$\mu-2\sigma$
Hematokrit Hematocrit	vol%	μ	29,8	26,9	27,6	28,0	28,1	32,7	23,5
		σ	2,4	1,4	2,2	2,2	2,3		
Hemoglobiin Hemoglobin	mmol/l	μ	7,15	7,11	6,97	6,78	7,00	8,36	5,64
		σ	1,04	0,58	0,53	0,72	0,68		
Plasma üldproteiin Plasma total protein	g/l	μ	83,3	82,6	81,3	81,4	82,1	90,1	74,1
		σ	1,9	4,1	5,9	1,4	4,0		
Plasma naatrium Plasma sodium	mmol/l	μ	138,7	138,9	139,0	138,7	139,0	141,0	137,0
		σ	1,2	1,6	1,0	0,4	1,0		

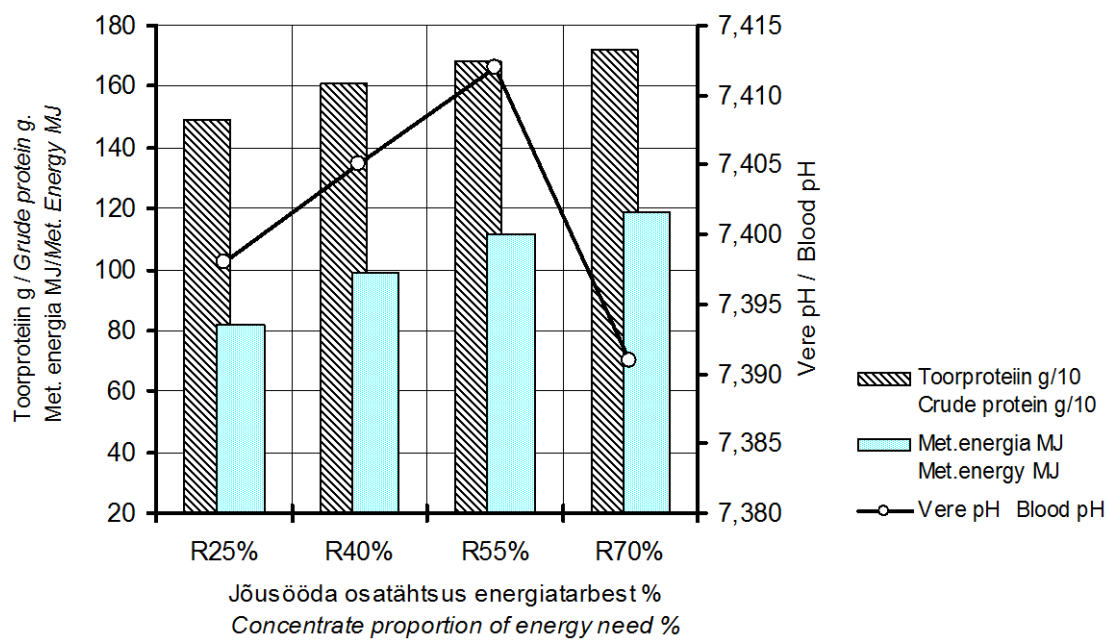
Tabel 3. Venoosse vere happe-leelisseisundi ratsioonikeskmised näitajad erineva jõusöödasaldusega ratsioonide tarbimisel

Table 3. The mean items of the acid-base state of venous blood in the intake of rations with a different content of the concentrate

Näitajad Item	Mõõt- ühik Unit	Karak- teris- tikud	Jõusööda osatähtsus energiatarbest % Concentrate proportion of energy need %				Piirväärtused Reference interval		
			R25%	R40%	R55%	R70%	μ	$\mu+2\sigma$	$\mu-2\sigma$
Vere pH Blood pH		μ	7,398	7,405	7,412	7,391	7,402	7,454	7,350
		σ	0,015	0,001	0,012	0,021	0,026		
pCO ₂	mmHg	μ	46,1	46,4	46,2	45,8	46,1	51,5	40,7
		σ	2,2	1,2	1,4	2,8	2,7		
PO ₂	mmHg	μ	49,5	52,5	52,6	55,6	52,6	73,4	31,8
		σ	3,9	9,8	7,5	7,1	10,4		
HCO ₃ ⁻	mmol/l	μ	28,1	28,8	29,2	27,5	28,4	31,4	29,4
		σ	0,9	0,7	0,8	1,5	1,5		
BE	mmol/l	μ	4,0	4,7	5,2	3,4	4,3	7,5	1,1
		σ	0,8	0,7	0,8	1,5	1,6		

Uurides metaboliseeruva energia ja toorproteiini koosmõju vere happe-leelisseisundi näitajatele, selgus, et kolme esimese ratsiooni (R25%–R55%) korral vere pH väärtused suurenesid ja viimase ratsiooni (R70%) puhul need, vastupidi, märgatavalt langesid (joonis 2).

Süsihappe aniooni ja puhveraluste nihke muutused metaboliseeruva energia ja toorproteiini erineva sisaldusega ratsioonide tarbimisel on analoogilised joonisel 2 esitatud vere pH muutustega.

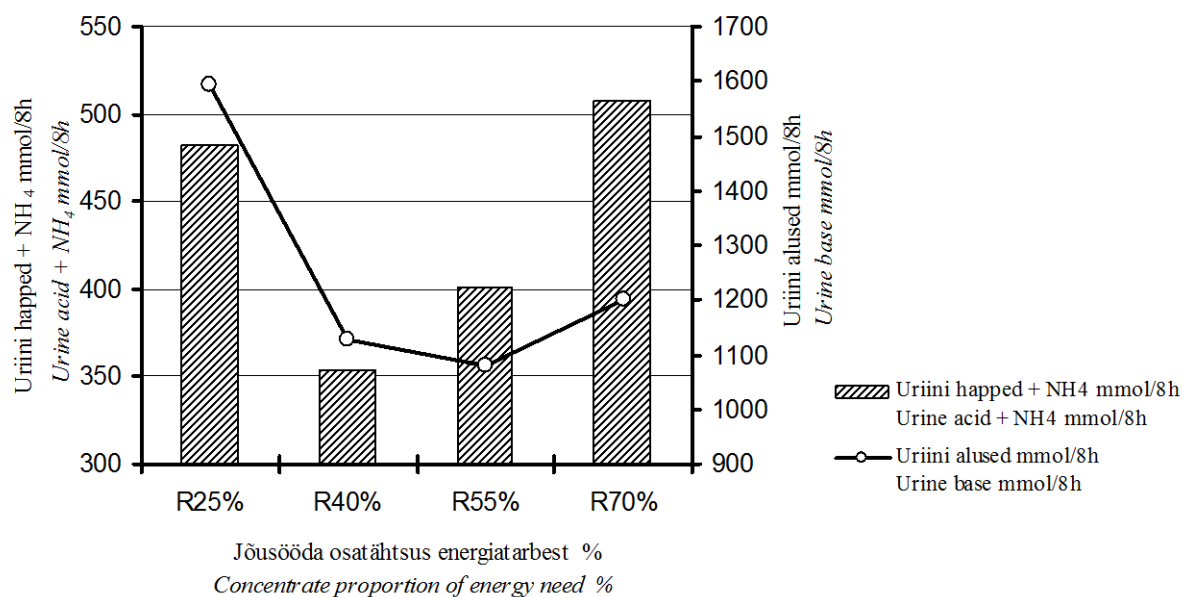


Joonis 2. Vere pH muutused metaboliseeruva energia ja toorproteiini erineva sisaldusega ratsioonide söötisel

Figure 2. Changes in blood pH when intaking feed rations with different contents of metabolizable energy and crude protein

Lüpsilehmade metaboolset koormust peegeldavad ka uriiniga ekskriteeritavad happelised ja aluselised ainevahetusjäägid. Energiatarbe katmisel söödaratsioonis jõusööda osa suurendamisega tõusis uriinis hapete sisaldus ja ekskretsioon. Keskmiselt oli uriinis happeid 89,6 mmol/l ja piirväärtused ulatusid 28,6–150,6 mmol/l. Aluste sisaldus oli hapete omast 2–3 korda suurem. Keskmiselt oli aluseid 253 mmol/l ning piirväärtused ulatusid 217–289 mmol/l. Samal ajal uriini hapete reaalne ekskretsioon ulatus keskmiselt 436 ja aluste ekskretsioon 1250 mmol/8h. Uriini aluste ja hapete suhte keskmine oli 3,23 ning usalduspiirid ulatusid 2,01–4,45-ni (tabel 4). Uriini hapete ja aluste ekskretsiooni vahel täheldati tugevat positiivset lineaarset korrelatsiooni. Käesoleval juhul regressioonivõrrand on $y=0,3018x+58,77$, $R^2=0,4402$. Regressioonisirge usaldatavus $p<0,012$ määrati dispersioonanalüüsi alusel. Uriini hapete ja aluste ekskretsioon erineva jõusöödasaldusega ratsioonide söötisel on esitatud joonisel 3. Kahe esimese ratsiooni, R25% ja R40% korral aluste ja hapete ekskretsiooni vähenemine toimub paralleelselt ning nende suhe oluliselt ei muutu. Ratsioonide R55% ja R70% puhul aluste ekskretsiooni jääb piiridesse 1100–1200 mmol/8h. Samal ajal hapete ekskretsioon hakkab suurenema ning viimase ratsiooni, R70% söötisel ületab keskmine lähteväärtust ning uriini aluste ja hapete suhe on madalaim (tabel 4, joonis 3). R55% tarbimise ajal on uriinis kõige madalam aluste ning veres kõrgeim süsihappe aniooni (HCO_3^-) sisaldus, st et neerudes toimub intensiivne süsihappe aniooni regeneratsioon. Neljanda, R70% ratsiooni söötisel tekkinud happeliste ainevahetusjääkide neutraliseerimiseks veres ei piisa enam vere bikarbonaatpuhverüsteemist ning vere pH hakkab langema ja jõuab $\mu-1\sigma$ nivoole. Uriini hapete ekskretsioon on samal ajal kõrgeim (tabel 4).

Uriini hapetesisalduse ja vere pH, süsihappe aniooni sisalduse ning puhveraluste nihke vahel täheldati polünoomiaalseid regressioone. Vere pH puhul on vastav regressioonivalem $y=-1E-05x^2+0,0023x+7,3075$; $R^2=0,538$, $p<0,02$ (joonis 4). Uriini hapetesisalduse suurenedes tasemeni 90 mmol/l tõusis ka vere pH, st vesinikioonide kontsentratsioon veres langes. Edasine happesisalduse tõus uriinis põhjustas aga vere pH languse (st H^+ -ioonide sisalduse tõusu). Antud katses vere pH keskmine oli 7,402 ja σ 0,026 (tabel 3). Eelpool märgitud regressioonanalüüsi tulemusena saadud prognoosimudelil selgus, et vere pH väärtused varieerusid kitsastes piirides ($\mu\pm 1\sigma$), mis viitab antud näitaja tugevale regulatsioonile.



Joonis 3. Vere pH muutused metaboliseeruva energia ja toorproteiini erineva sisaldusega ratsioonide söötmisel

Figure 3. Changes in blood pH when intaking feed rations with different contents of metabolizable energy and crude protein

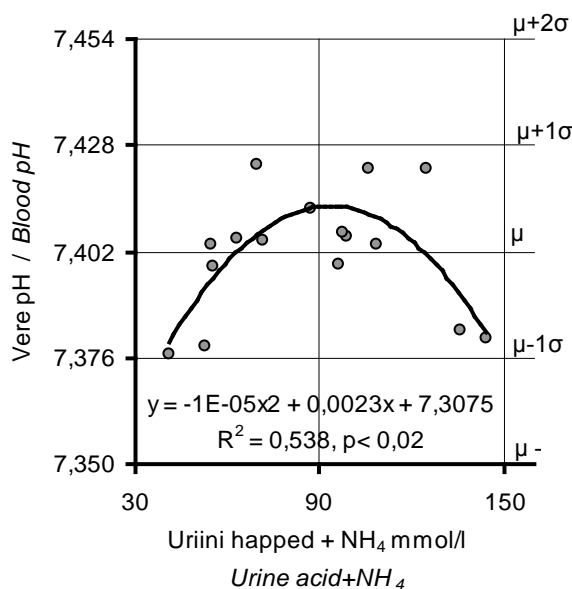
Tabel 4. Uriini hapete ja aluste sisaldus ning ekskretsioon erineva jõusöödasisaldusega ratsioonide tarbimisel

Table 4. Content of urine acids and bases and the excretion when intaking rations with a different content of concentrates

Näitajad Item	Mõõt- ühik Unit	Karak- teris- tikud	Jõusööda osatähtsus energiatarbest % Concentrate proportion of energy need %				Piirväärtused Reference interval		
			R25%	R40%	R55%	R70%	μ	μ+2σ	μ-2σ
Uriini happed+NH ₄ Urine acid +NH ₄	mmol/l	μ	70,6	81,2	85,8	114,5	89,6	150,6	28,6
		σ	26,9	26,3	18,2	41,9	30,5		
Uriini alused Urine base	mmHg	μ	221,3	274,4	246,3	268,8	253	289	217
		σ	24,3	39,9	14,4	42,5	36		
Uriini aluste /hapete suhe Urine base-acid ratio		μ	3,48	3,78	2,98	2,67	3,23	4,45	2.01
		σ	1,22	1,73	0,71	1,23	1,22		
Uriini hapete+NH ₄ eksk. Urine acid+NH ₄ excre.	mmol/8h	μ	482	354	401	508	436	642	230
		σ	180	248	232	209	206		
Uriini aluste ekskretsioon Urine base excretion	mmol/8h	μ	1592	1129	1080	1200	1250	1702	800
		σ	500	555	435	237	452		

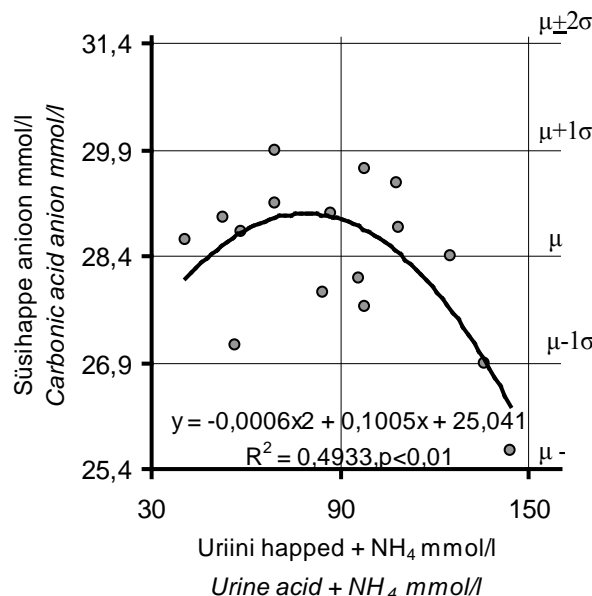
Söödaratsioonides jõusööda osa suurenedes analoogiliselt vere pH-ga muutusid ka süsihappe aniooni (HCO₃⁻) ja puhveraluste nihke (BE) väärtused. Süsihappe aniooni muutuste kohta polünoomiaalse regressiooni valem on esitatud joonisel 5. Puhveraluste nihke vastav valem $y = -0,0008x^2 + 0,1403x - 1,1196$, $R^2 = 0,527$, $p < 0,007$. Uriini hapetesisalduse suurenedes 90–100 mmol/l saavutasid HCO₃⁻ ja BE maksimaalsed väärtused. Edasise uriini hapetesisalduse tõusuga kaasnes veres äsja mainitud näitajate langus. Võrreldes erineva jõusöödasisaldusega ratsioonide puhuseid vere pH, HCO₃⁻ ja BE ratsioonikeskmisi väärtusi, selgus, et kolme esimese ratsiooni (R25%, R40%, R50%) korral uriini hapetesisalduse ratsioonikeskmised ulatusid 71–86 mmol/l ning pH, HCO₃ ja BE tõus veres toimus paralleelselt, st et happe-leelisseisundis tekkis alkaloosie iseloomuga nihe – veres vähenes H⁺-ioonide kontsentratsioon ja suurenesid süsihappe aniooni sisaldus ning puhveraluste nihe. Et

veres süsinikdioksiidi osarõhu olulisi muutusi ei täheldatud, on eelpool märgitud alkaloosne nihe metaboolse tekkemehhanismiga. Neljanda ratsiooni (R70%) söötmisel said katselehmad jõusöödaga 70% energiast ja uriini hapete sisaldus tõusis tunduvalt rohkem ning keskmine ulatus tasemeni 115 mmol/l. Vere pH langes 7,412-lt 7,391-ni, st veres tõusis H⁺-ioonide sisaldus. Analoogiliselt vähenesid veres ka HCO₃⁻ (29,2–27,5 mmol/l) ning BE (5,2–3,4 mmol/l) ratsioonikeskmised väärtused. Uriini hapete sisalduse suurenemisel 140–150 mmol/l veres süsihappe aniooni individuaalsed väärtused langesid allapoole μ–1σ nivood. Sellest saab järeldada, et siin lõpeb kompenseeritud alkaloosi ja neljanda ratsiooni söötmisel algab metaboolse atsidoosi teke (joonis 5).



Joonis 4. Vere pH sõltuvus uriini hapete sisaldusest

Figure 4. Correlation between the urine acid and blood pH



Joonis 5. Vere süsihappe aniooni sisalduse sõltuvus uriini hapete sisaldusest

Figure 5. Correlation between the carbonic acid and the urine acid content

Piimaproteiini süntees udaras sõltus toorproteiini sisaldusest ratsioonis. Nende näitajate vaheline lineaarse regressiooni valem on $y=0,1965x+0,395$, $R^2=0,481$, $r=0,694$, $p<0,01$. Katselehmade piimaproteiini päevatoodangud varieerusid 0,568–0,841 kg-ni. Erineva jõusöödasisaldusega ratsioonide söötmisel piimaproteiini keskmised päevatoodangud ulatusid 0,696–0,741 kg/24h (tabel 1). Piimaproteiini päevatoodang, olles lüpsilehmadel ainevahetusliku koormuse suurst iseloomustav tegur, korreleerus ka happeliste ainevahetusjääkide renaalse ekskretsiooni suurenemisega. Nende näitajate vahel täheldati olulist lineaarset korrelatsiooni. Piimaproteiini päevatoodangu ja uriini aluste ekskretsiooni vahel ei täheldatud korrelatsiooni. Piimaproteiini päevatoodangu suurenedes uriiniga ekskriteeritud aluste ja hapete suhe vähenes oluliselt. Madalama, 0,5–0,6 kg/24h toodangu korral oli uriini aluste ja hapete suhe 5,5 piires ja 0,7–0,8 kg/24h toodangu puhul 2,5 piires.

Et uurimiste ajal vere HLS näitajad varieerusid $\mu\pm 1\sigma$ piires, on seda vahemikku õigem kasutada HLS näitajate piirväärtustena kui klassikalist $\mu\pm 2\sigma$.

Kokkuvõte

Jõusööda osatähtsuse suurenemise korral ratsioonis 25%-lt kuni 70%-ni suurenes tarbitud toorproteiini keskmine hulk 1490–1625 g-ni, metaboliseeruva energia keskmine 81,7–118,5 MJ-ni ja nende suhe langes 18,2–14,5-ni. Samal ajal uriini aluste ekskretsioon ratsiooni R25% tarbimisel ulatus keskmiselt 1592 mmol/8 h. Järgmiste ratsioonide korral, R40%–R70% jäid aluste ekskretsiooni keskmised piiridesse 1080–1200 mmol/8 h. Uriini hapete ekskretsiooni keskmine R25% puhul oli 482 mmol/8h ja R40% korral langes 354 mmol-ni 8 h kestel. Kahe viimase katseratsiooni tarbimisel hapete ekskretsioon hakkas tõusma ja R70% korral keskmine hapete ekskretsioon oli 508 mmol 8 h kohta. Uriini aluste ja hapete suhe langes R70% korral kõige madalamale – 2,67-ni.

Uriini hapete sisalduse ja vere pH, vere süsihappe aniooni sisalduse ning puhveraluste liia vahel teiselt poolt täheldati polünomiaalset regressiooni. Vere pH keskmine väärtus oli 7,402 ning kogu katse individuaalsed keskmised väärtused asusid $\mu \pm 1\sigma$ piirides. Antud asjaolu tõttu on vere happe-leelisseisundi piirväärtusteks õigem lugeda äsjamainitud vahemikku $\mu \pm 1\sigma$.

Kolme esimese ratsiooni korral vere pH, süsihappe aniooni sisaldus ja puhveraluste nihe suurenesid ja H-L-seisundis tekkis metaboolse tekkemehhanismiga (kuna vere pCO_2 muutused olid minimaalsed) mõõdukas alkaloos. Kui jõusööda osatähtsust ratsioonis suurendati 70%-ni ja lehmad tarbisid sellist ratsiooni 14 päeva, kadus metaboolne alkaloos ja ilmusid atsidoosse nihke tunnused: pH langes (H^+ -iooni sisalduse tõus) ning algas süsihappe aniooni sisalduse ja puhveraluste liia vähenemine.

Happeliste ainevahetusjääkide tekke seotust piimaproteiini sünteesiga kinnitab nende näitajate vaheline lineaarne korrelatsioon. Seega piimaproteiini päevatoodang võib iseloomustada lüpsilehmadel ainevahetusliku koormuse suurus.

Uurimistöo toimus Eesti Teadusfondi toetusel (grant 4128).

Kirjandus

- Carlson, G. P. Fluid, electrolyte and acid-base balance. – In book: Clinical biochemistry of domestic animals, 1997, p. 485–516.
- Kutas, F. Determination of net acid-base-excretion in the urine of cattle. Veterinaria Academiae Scientiarum Hungaricae, 15, 1, p. 147, 1965.
- Rihma, E., Kärt, O. Silo söömused mõjutavad tegurid. – Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi Toimetised 10, lk 74–77, 1999.
- Rihma, E., Kärt, O. Erinevatest heintaimedest valmistatud silo söömus. – Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi Toimetised 12, lk 53–56, 2000.
- Vagnoni, D. B., Oetzel, G. R. Effects of dietary cation-anion difference on the acid-base status of dairy cows. – Journal of Dairy Science, vol. 81, iss. 6, p 1643–1652, 1998.

About the Connections of Crude Protein, Metabolic Energy and the Daily Yield of Milk Protein With the Acid-Base State of Lactating Cows

K. Kadarik, O. Kärt, E. Rihma, K. Soidra

Summary

Under physiological conditions the concentration of hydrogen ions in the extra cellular environment is a million times smaller than the content of other electrolytes in the body liquids. In spite of the low concentration, the H^+ -ion content strongly affects the protein configuration thus influencing the protein (enzymes) functions and the speed of metabolic reactions.

An experiment was carried out in the Erika experimental cow shed belonging to the Institute of Animal Husbandry at the Estonian Agricultural University with four Estonian Holstein breed cows supplied with rumen fistulas using the principle of the 4×4 Latin square. The animal researchers investigated the intake of silage when 25, 40, 55 or 70% (corresponding rations R 25%, R 40% and R 70%) of the test cows metabolic energy need was covered with concentrated feed and alfalfa silage was fed *ad libitum*. We investigated the influence of the ration used in the same experiment on the blood acid-base state of lactating cows.

In venous blood the blood pH, pCO_2 and pO_2 were directly determined by the BG-3 apparatus the computer of which calculated plasma's actual bicarbonate (HCO_3), total CO_2 , the contents of the excess buffer bases using the obtained data. The content of the blood hemoglobin was determined by the help of the hemoglobin cyanide method. The general content of protein in the blood serum was determined colorimetrically and the content of electrolytes with the help of ion – selective electrodes, elsewhere in the body liquids with the flame photometer. Urine was collected with the balloon catheter. The contents of acids, bases and ammonia in urine and net excretion were determined using a modified variant of the titration method (titrating urine took place under the control of the pH-meter).

The changes in the content of metabolic energy (ME), crude protein (CP) and the changes in the opposite direction of the relations between protein and energy have been shown in Table 1 and Figure 1. Between the amounts of CP and ME we found a reliable, strong linear relationship ($R^2=0.753$, $r= .867$).

When feeding rations with a different content of the concentrated feed, the average contents of hemotocrit, hemoglobin, the blood protein and sodium did not differ significantly in different rations (Table 2). Consequently, the feeding rations used in the experiment did not influence the amount of blood plasma volume and water content.

The average indicators of the blood's acid-base state do not exceed the classical limits $\mu \pm 2\sigma$ (Table 3).

The metabolic load of lactating cows is also reflected in the acid and the base residue of metabolism excreted by urine. The average values of the urine's acid and base excretion are presented in Table 4. In the case of the first rations – R 25% and R 40% – the decrease of the acid and base excretion takes place parallelly and the ratio between them does not change significantly. In the case of rations R 40%, R 55% and R 70% the base excretion remains in the limits of 1100–1200 mmol/8h. At the same time the acids excretion began to increase and in the last ration – R 70% – it exceeds the initial value and the ratio of the urine's bases and acids is the lowest (Table 4, Figure 3).

When consuming R 55%, in urine the content of bases was the lowest and the content of carbon acid's anion (HCO_3^-) in blood was the highest, i.e. in kidneys intensive regeneration of the carbon acid's anion was taking place. In feeding according to the fourth – R 70% – ration, the blood's bicarbonate buffer system is not sufficient to neutralize the acid metabolic residues and the blood's pH began to fall (Figure 2) and reached ($\mu - 1\sigma$) level (Figure 4). At the same time, the excretion of acids with urine is the highest (Table 4 and Figure 3).

Between the urine acids content and the blood's pH, the content of the carbon acid's anion and the excess of buffer bases polynomial regressions were seen (Figure 4 and 5). The values of the blood's pH were varying in narrow limits ($\mu \pm 1\sigma$) which refers to the strong regulation of the given indicator. In the three first rations the average acids contents in urine in rations reached 71–86 mmol/l and in the blood pH, HCO_3^- and BE growth took place parallels, i.e. because of the fact that in the acid-base state an alkaline shift took place, in blood the concentration of H^+ ions decreased and the carbonic acid's anion content and buffer bases excess increased. As significant changes of the partial pressure of blood carbon dioxide were not established, the above-mentioned alkaline shift is of metabolic character. In the case of the fourth ration (R 70%) feeding, the acids content in urine grew more radically and it reached 115 mmol/l. The individual values of the carbon acid's anion in blood fell lower than the level of $\mu - 1\sigma$. It can be concluded that here compensated alkalosis ends and in feeding the fourth ration metabolic acidosis starts (Figure 5).

The daily yield of milk protein, being a factor which characterises the degree of metabolic load in lactating cows, correlated with the increase of renal excretion of acid residues of metabolism ($y=3534x-1310$, $R^2=0,3763$). At the same time, the ratio of bases and acids excreted with urine decreased significantly.

As the indicators of the blood's acid-base state were varying in the limits of $\mu \pm 1\sigma$, it is more correct to use this interval for the reference interval of the acid-base state indicators than the classical $\mu \pm 2\sigma$.