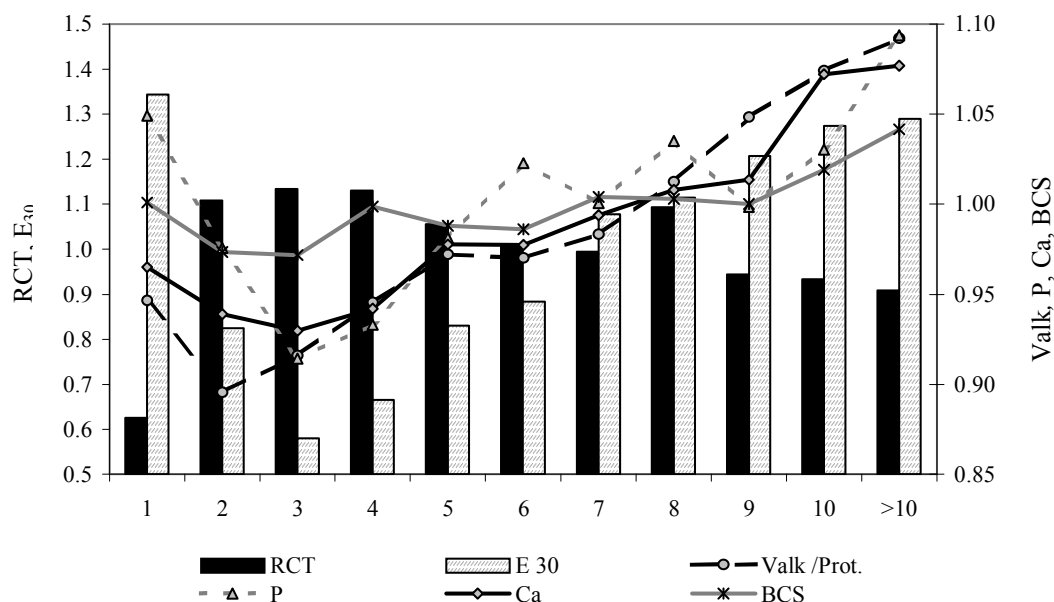


I TOORPIIMA LAAPUMISOMADUSTE PARANDAMINE

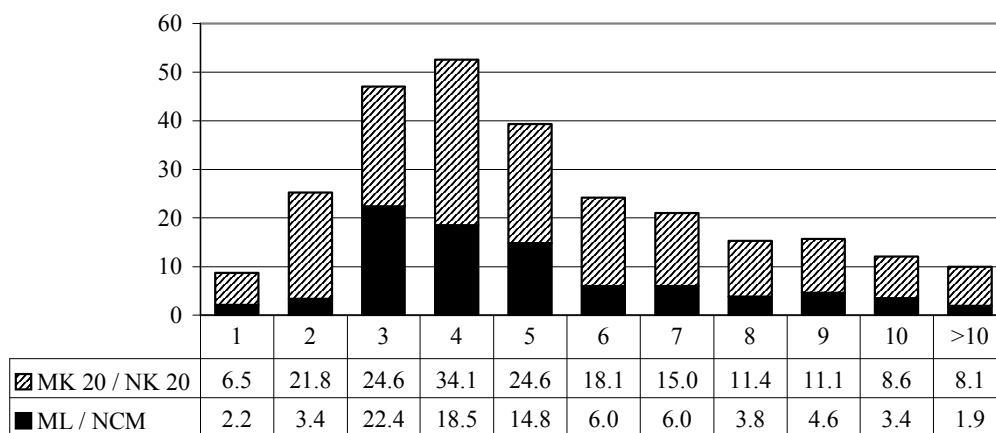
1. Piima laabumisomadusi mõjutavad tegurid

Põlula KF läbiviidud katsetest selgus, et piima laapumisomadusi mõjutavad oluliselt lehma individuaalsed omadused, laktatsioonikuu, katserühm (tõug), piima pH, valgu-, kaltsiumi- ja fosforisisaldus ning soomaatiliste rakkude arv.

Laktatsioonikuu mõjutas oluliselt ($P < 0,001$) kõiki piima laapumisnäitajaid, kusjuures piim laabus paremini laktatsiooni alguses ja lõpus ning kõige halvemini laktatsiooni 3...4 kuul (Joonised 1 ja 2). Sarnaselt piima laapumisomadustega muutusid laktatsiooniperioodil ka piima valgu-, kaltsiumi- ja fosforisisaldus, ning lehma toitumuse hinne (Joonis 1). Võib arvata, et üheks mittelaapuvate piimaproovide suure osakaalu põhjuseks kolmandal-neljandal laktatsioonikuul on negatiivsest energiabilansist tingitud muutused piima koostises. Kalgendi tugevuse suurenemise peamiseks põhjuseks laktatsiooni lõpus oli ilmselt piima valgusisalduse suurenemine. Piima valgusisalduse suurenemisega kaasnes ka piima kaltsiumi- ja fosforisisalduste suurenemine (korrelatsioonikordajad olid vastavalt 0,614 ja 0,581).



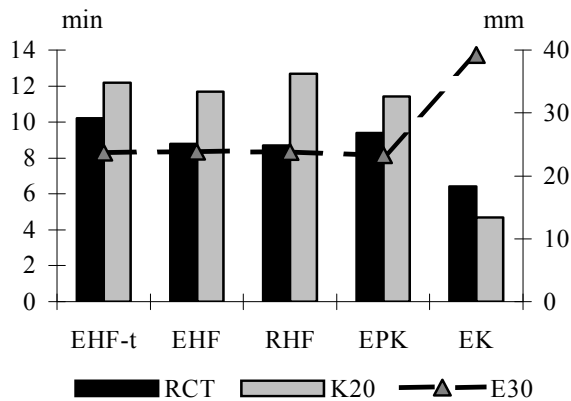
Joonis 1. Piima laapumis- ja koostise näitajate ning lehmade toitumushinde (BCS) suhtelised (keskmise suhtes) väärtused laktatsioonikuude lõikes



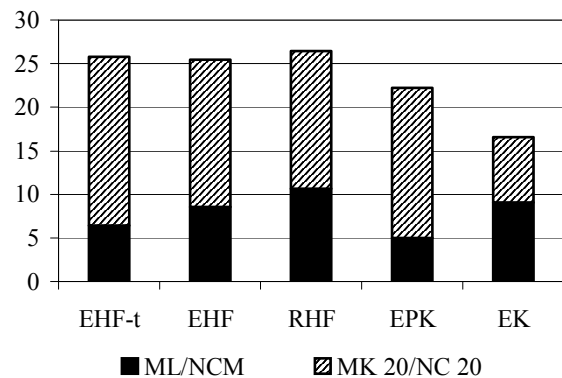
Joonis 2. Mittelaapunud (ML) ja madala kalgendi moodustamise intensiivsusega (MK₂₀) piimaproovide osakaal (%) laktatsioonikuude piimaproovidest

Lüpsilehmade haigustest on juustutööstustele suurimaks probleemiks **mastiit**. Juustu tootmise seisukohalt on olulisemateks muutusteks piima kaseiini, Ca ja P sisalduse vähenemine ning mitsellaarse kaseiini lahustuvuse suurenemine. **Somaatiliste rakkude arvu** suurenemisega mastiitses piimas kaasneb ka proteolüütilise aktiivsuse suurenemine, eriti plasmiooni aktiivsuse suurenemine. Meie uurimuses halvenesid piima laapumisomadused oluliselt siis, kui SRA oli suurem kui $500\ 000\ \text{ml}^{-1}$.

Piima valgusisaldust peetakse ka peamiseks **tõugudevahelise laapumisomaduste erinevuse** põhjuseks. Tõugudevaheliste piima laapumisomaduste erinevuste selgitamisel meie katses leiti, et parimate laapumisomadustega oli eesti maatõugu lehmade piim (Joonised 3 ja 4), mis sisaldas võrreldes teiste katserühmade lehmade piimaga rohkem valku. Kohalikku tõugu lehmade piima paremad laapumisomadused, võrreldes holsteini tõugu lehmadega on seletatavad sellega, et kohalikku tõugu lehmade piim sisaldab rohkem valku, kaseiini, kaltsiumit ja fosforit.



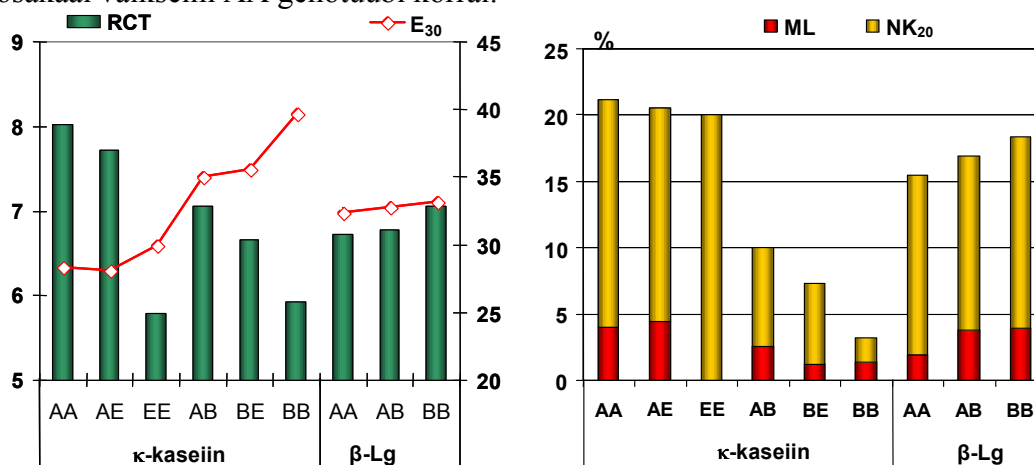
Joonis 3. Piima vähimruutude keskmised laapumisnäitajad katserühmade lõikes



Joonis 4. Mittelaapunud (ML) ja madala kalgendumise intensiivsusega piimaproovide (MK₂₀) jaotus katserühmade viisi, (% katserühma proovidest)

2. Piimavalkude genotüüpide mõju piima laapumisomadustele

Piima laapumisnäitajaid mõjutas oluliselt ($P < 0.0001$) κ -kaseiini genotüüp. Laapumisnäitajad olid paremad κ -kaseiini BB ning halvemad AA, AE ja EE genotüübi korral (Joonis 5). κ -Cn BB genotüübi korral oli ka mittelaapunud ja halvasti laapunud piimade osakaal väiksem. κ -kaseiini AB ja BB genotüüpidega lehmade piimad olid kogu laktatsiooni vältel juustuvalmistamiseks keskmisest sobivamad. κ -Cn B alleeli positiivne efekt piima laapumisomadustele on tõenäoliselt seotud selle variandiga seostuva kõrgema piima valgusisaldusega. Kui keskmiselt oli piimade valgusisaldus 3,46%, siis κ -Cn AB ja BB genotüüpide korral vastavalt 3.48 ja 3.50. Kuigi β -laktoglobuliini genotüüp ei mõjutanud piima laapumisnäitajaid statistiliselt oluliselt, oli piima laapumisaeg lühem ja mittelaapunud piimade osakaal väiksem AA genotüübi korral.



Joonis 5. Piima laapumisnäitajad (RCT – piima laapumise aeg, E₃₀ – kalgendi tugevus) ning mittelaapunud (ML) ja ebapiisava tugevusega kalgendi moodustanud (NK₂₀) piimaproovide osakaalud erinevate κ -kaseiini ja β -laktoglobuliini genotüüpide korral

Kohalike tõugude lehmade piima paremad laapumisomadused on seletatavad κ -kaseiini B alleeli suurema esinemis-sagedusega. Võrreldes 1972. aasta uuringuga on eesti holsteini tõul (EHF) κ -Cn B alleeli esinemissagedus drastiliselt vähenenud (1972. a oli κ -Cn B alleeli esinemissagedus holsteini tõugu lehmadel 30,7%), jäädes pärast 2000. aastat alla 8% (tabel 1). Kohalikel punastel tõugudel (EPK ja EK) on κ -kaseiini B alleeli esinemissagedus jäänud võrreldes varasemate uuringutega enam-vähem samale tasemele.

Tabel 1. Piima laapumisnäitajad ja piimavalkude alleelide sagedused eesti piimaveisetõugudel

Aasta	Tõug	Loomade arv (κ -Cn/ β -Lg)	κ -Cn			β -Lg	
			A	B	E	A	B
1972	EHF	114/2033	0,69	0,31	–	0,47	0,53
	EPK	86/710	0,71	0,29	–	0,10	0,90
2000	EHF	632	0,96	0,04	–	0,69	0,31
2005	EHF	609	0,79	0,14	0,07	0,42	0,58
	EPK	321	0,64	0,33	0,03	0,25	0,75
	EK	118	0,70	0,30	–	0,31	0,69
	Kõik	1048	0,73	0,22	0,05	0,36	0,64

Kuna kaseiinide sünteesi kodeerivad geenid paiknevad üksteisele väga lähedal ning on aheldatud, kasutati piimavalkude geneetiliste variantide mõju täpsustamisel piima juustusobivusele Eesti maakarja lehmade piimaproovide andmebaasi, mis sisaldas kõikide kaseiinide genotüüpe.

Kaseiini genotüüpide koosmõju oli oluline piima laapumisnäitajatele (tabel 2). Kaks kaseiinide agregaatgenotüüpi, CC A²A² AB ja BC A¹A² BB, eristusid teistest oluliselt paremate laapumisnäitajate poolest, kuid nende esinemissagedus oli väike. Suurema sagedusega esinevate kaseiini agregaatgenotüüpide hulgas olid piima laapumisomadused paremad BB A¹A² BB genotüübil. Kui agregaatgenotüüp sisaldas sama β- ja κ-Cn genotüüpi, siis kombineerudes α_{s1}-BC või CC olid piimal paremad laapumisnäitajad kui kombineerudes α_{s1}-BB-ga. Agregaatgenotüüpide hulgas, mis sisaldasid α_{s1}-Cn BB ja κ-Cn AB, oli loomadel, kes kandsid β-Cn A¹A¹ või A¹A² genotüüpi võrreldes β-Cn A²B kandjatega piima laapumisaeg pikem, piima kalgend aga tugevam ja mittelaapunud piimasid ei esinenud (tabel 2).

Tabel 2. Kaseiini agregaatgenotüübi mõju hinnangud (±SE) piima laapumisnäitajatele (võrdlusgenotüübil on laapumisnäitaja väärtus võrdsustatud nulliga) ning mittelaapunud (ML) ja halvasti laapunud (NK₂₀) piimade osakaalud erinevate genotüüpide korral

Agregaat (α _{s1} -, β-, κ-) kaseiini genotüüp	Lehmade / proovide arv	log RCT	E ₃₀ , mm	ML %	NK ₂₀ , %
BB A ¹ A ¹ AA	3 / 5	-0.03±0.10 ^{abc}	0.64±5.95 ^{ab}	20.0	
BB A ¹ A ² AA	17 / 47	0.01±0.04 ^a	2.33±2.43 ^{ab}	10.6	10.6
BC A ¹ A ² AA	2 / 8	-0.08±0.09 ^{abc}	4.48±5.16 ^{abc}	12.5	12.5
BB A ² A ² AA	25 / 94	0 ^a	0 ^a	4.3	8.5
BC A ² A ² AA	4 / 14	-0.01±0.08 ^{ac}	2.24±4.27 ^{abc}	28.6	14.3
BB A ¹ A ¹ AB	11 / 20	0.00±0.05 ^a	2.55±3.05 ^{ab}	-	20.0
BB A ¹ A ² AB	20 / 32	0.01±0.04 ^a	5.26±2.60 ^b	-	6.25
BC A ¹ A ² AB	1 / 4	-0.18±0.12 ^{abc}	5.17±6.68 ^{abcd}	-	-
BB A ² A ² AB	12 / 34	-0.06±0.05 ^{abc}	3.21±2.91 ^{ab}	2.9	2.9
BC A ² A ² AB	8 / 27	-0.10±0.05 ^{abc}	4.98±3.04 ^{ab}	7.4	3.7
CC A ² A ² AB	1 / 10	-0.08±0.04 ^b	17.54±5.98 ^{cd}	-	-
BB A ¹ B AB	1 / 4	-0.28±0.11 ^{abc}	6.98±7.10 ^{abcd}	-	-
BB A ² B AB	8 / 25	-0.15±0.13 ^{bc}	1.99±2.92 ^{ab}	4.0	16.0
BB A ¹ A ² BB	1 / 4	-0.08±0.13 ^{abc}	4.82±6.80 ^{abcd}	-	-
BC A ¹ A ² BB	3 / 6	-0.27±0.09 ^b	17.21±5.17 ^d	-	-
P väärtus		0.0341	0.0417		

^{a,b,c,d} Erineva ülaindeksiga hinnangud erinevad oluliselt (P<0.05) piima laapumisnäitaja siseselt

3. Piima valguse koostise mõju piima laapumisomadustele

Nii piima valgu, aga eeskätt uuritud piima valgufraktsioonide ja kogu kaseiini sisalduse ning kaseiini valgu suhte suurenemisega kaasnes laapumisaja lühenemine ja kalgendi tugevnemine (tabel 3). Piimad moodustasid tugevama kalgendi kui α_{s2}-Cn ja β-Cn osakaalud kaseiinis vähenes või κ-Cn osakaal suurenes. Kuigi piima üldised koostis komponendid korreleerusid oluliselt RCT, E₃₀. või mõlemaga, kirjeldasid nad maksimaalselt 12% laapumisparameetrite variatsioonist (nagu näitavad r²) vaid pH kirjeldas RCT

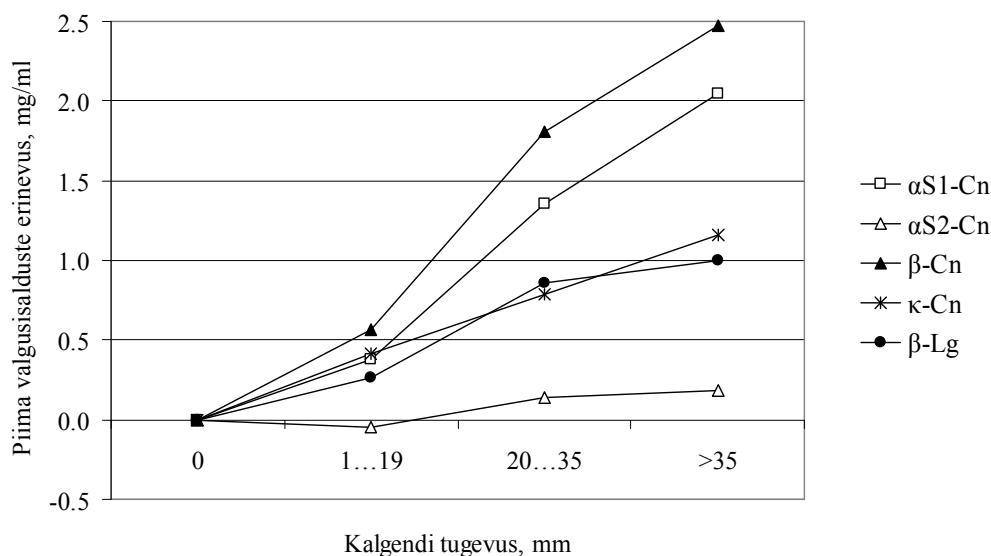
varieeruvusest 19% ja kaltsiumi sisaldus 18% E_{30} varieeruvusest. Samas üksikute piima valkude sisaldused (v.a. α_{S2} -Cn) kirjeldasid piima laapumisaja varieeruvusest kuni 17% ja kalgendi tugevuse varieeruvusest koguni kuni 41%.

Tabel 3. Piima laapumis- ja koostisnäitajate omavahelised korrelatsioonid

	Sisaldus piimas				
	α_{S1} -Cn	α_{S2} -Cn	β -Cn	κ -Cn	β -Lg
RCT, min	-0,416***	-0,101*	-0,370***	-0,209***	-0,417***
E_{30} , mm	0,638***	0,274***	0,620***	0,553***	0,598***
	Osakaal kogu kaseiinist				Kaseiin / valk
	α_{S1} -Cn	α_{S2} -Cn	β -Cn	κ -Cn	
RCT, min	-0,181***	0,211***	0,052	0,021	-0,507***
E_{30} , mm	0,101*	-0,288***	-0,188***	0,267***	0,467***
	Rasv, %	Valk, %	Kaseiin, %	Piima pH	Kaltsium, %
RCT, min	-0,159***	-0,180***	-0,384***	0,432***	-0,312***
E_{30} , mm	0,271***	0,349***	0,682***	-0,306***	0,425***

*** $P < 0,001$; * $P < 0,05$

Kalgendi tugevuse alusel jaotati piimad nelja erinevasse laapuvusklassi: mittelaapunud piimad ($E_{30} = 0$ mm), lõikamiseks ebapiisava tugevusega kalgendi moodustanud ehk halvasti laapunud piimad ($0 \text{ mm} < E_{30} \leq 20$ mm), keskmise tugevusega kalgendi moodustanud piimad ($20 \text{ mm} < E_{30} \leq 35$ mm) ja hästi laapunud piimad ($E_{30} > 35$ mm). Võrreldes keskmiselt ja hästi laapunud piimadega olid kõikide uuritud piimavalgude sisaldused madalamad mittelaapunud ($E_{30}=0$ mm) ning halvasti laapunud ($E_{30}=1 \dots 20$ mm) piimade korral (Joonis 6).



Joonis 6. Piima valgusisalduste erinevused erinevate kalgendi tugevuse klasside korral (mittelaapunud ($E_{30}=0$) piimade korral võrdsustati piima valgusisaldused nulliga)

Mida paremasse laapuvusklassi piim kuulus seda suurem oli sellistel piimadel kaseiini osatähtsus kogu piimavalgust (tabel 4). α_{S1} -Cn osakaal kaseiinis ei erinenud oluliselt erineva laapuvusklassiga piimade korral. Mittelaapunud piimadel oli α_{S2} -Cn osakaal kaseiinis oluliselt

suurem kui laapuvatel piimadel ka β -Cn osakaal kaseiinis oli mittelaapunud ja nõrga kalgendi moodustanud piimadel oluliselt suurem kui hästi kalgenevatel piimadel. Samas oli aga κ -Cn osatähtsus kaseiinis mittelaapunud piimadel oluliselt madalam kui tugeva kalgendi moodustanud piimadel.

Tabel 4. Erinevate kaseiinide osakaalud kogu kaseiinist ja kaseiini valgu suhe erineva laapuvusklassiga piimade korral.

	$E_{30}=0\text{mm}$	$0\text{mm}<E_{30}\leq 20\text{mm}$	$20\text{mm}<E_{30}\leq 35\text{mm}$	$E_{30}>35\text{mm}$
1n	15 (2,9%)	83 (16,1%)	230 (44,6%)	188 (36,4%)
α_{S1} -Cn/Cn	0,328 ^{a,b}	0,328 ^a	0,330 ^a	0,335 ^b
α_{S2} -Cn/Cn	0,071	0,065 ^a	0,065 ^a	0,062
β -Cn/Cn	0,477 ^a	0,476 ^a	0,473 ^a	0,465
κ -Cn/Cn	0,123	0,133 ^a	0,134 ^a	0,137
Kaseiin / valk	0,786	0,836	0,910	0,926

¹n – proovide arv vastavas klassis ja sulgudes on lisatud proovide osakaal (%) kõikidest piimaproovidest

^{a,b} samade indeksitega vähimruutude keskmised ei erine reas statistiliselt oluliselt ($P>0,05$)

4. Pidamistehnoloogiliste tegurite mõju varutava piima koostisele, kvaliteedinäitajatele ja laapumisomadustele

Magistritöö (Jelizaveta Kaplenko) käigus kogutud andmete analüüsi tulemuste alusel tehti alljärgnevad järeldused:

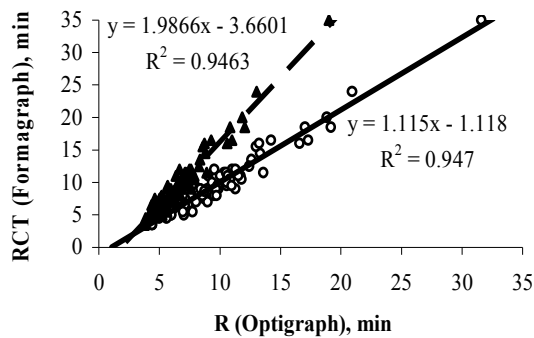
- Kõik uuritud piima koostist, kvaliteeti ning laapumisomadusi iseloomustavaid näitajaid sõltusid oluliselt kalendrikuust.
 - Piima rasva- ja valgusisaldus olid madalamad ning laapumisnäitajad halvemad suveperioodil.
 - Piima somaatiliste rakkude arv oli kõrgem suve teisel perioodil (juuli, august) ning bakterite üldarv augustis ja oktoobris.
 - Piima külmumistäpp oli kõrgem juulis ning madalam märtsis ja mais.
- Suveperioodil (mai-september) oli farmides, kus loomi karjatati, võrreldes farmidega, kus loomad olid aastaringselt sees, oluliselt madalam piima valgusisaldus, somaatiliste rakkude arv, bakterite üldarv ja kalgendi tugevus ning oluliselt kõrgem piima pH.
- Juustuvalmistamiseks ebapiisava tugevusega ($E_{30}<20$ mm) kalgendi moodustas 10,1% uuritud piimapartiidest. Suveperioodil ulatus selliste ebasobivate piimade osakaal 16,8%-ni.
- Piimad, mis sisaldasid rohkem rasva ja valku moodustasid tugevama kalgendi ning madalama pH väärtusega piimad hakkasid kiiremini kalgenema.

5. Piima laapumisomaduste mõõtmiseks uue meetodi juurutamine ja senini kasutuses olnud meetodikaga kooskõlla viimine.

Piima laapumisomaduste määramiseks kasutusel olnud seadmele Formagraph lõpetati 2004. aastal spetsiaalse fotopaberi tootmine ja seega tuli antud seade välja vahetada uuema põlvkonna seadmega. Formagraph kasutas piima laapumisomaduste määramiseks viskoossuse

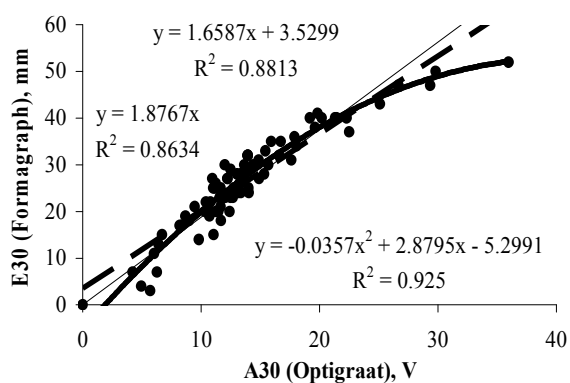
muutusi, mis registreeriti fotopaberile ning mõõdeti millimeetrites. Uus seade, Optigraph, kasutab optilist signaali piimas toimuvate muutuste registreerimiseks ning kalgendi tugevus registreeritakse voltides.

Optigraphiga mõõdetud piima laapumise aeg (R) korreleerus tugevalt ($r = 0,973$; joonis 7) Formographil mõõdetuga (RCT), aga oli oluliselt madalam ($P = 2,8 \cdot 10^{-15}$). Selleks, et viia piima laapumise aeg kooskõlla Formagraphil mõõdetuga viidi läbi Optigraphi kalibreerimise protseduur, mille käigus leiti Optigraphile uued süsteemi parameetrid (R slope = 1,784 ja R offset = -2,303). Baseerudes nendele uutele parameetritele arvutas Optigraph uued piima laapumise ajad, mis olid kooskõlas Formagraphil mõõdetutega.



Joonis 7. Optigraphil ja Formagraphil mõõdetud piima laapumise aegade omavahelised suhted enne (▲) ja pärast (○) kalibreerimise protseduuri.

Selleks, et kahe erineva seadmega mõõdetud kalgendi tugevused (Formagraph – E_{30} , Optigraph – A_{30}) oleksid omavahel võrreldavad rakendati regressioonanalüüsi. Kolme uuritud regressioonvõrrandit (joonis 8): lineaarne ($E_{30} = 1,6587 * A_{30} + 3,5299$), lineaarne läbib nulli ($E_{30} = 1,8767 * A_{30}$) ja ruutfunktsioon ($E_{30} = -0,0357 * (A_{30})^2 + 1,6587 * A_{30} - 5,2991$); kirjeldasid kõik seadmetevahelisi seoseid statistiliselt oluliselt ($P < 0.0001$) ja tugevalt korreleerudes (korrelatsioonikordajad vastavalt 0,9388; 0,9292 ja 0,9617). Mõlemad lineaarsed mudelid aga ülehindasid kalgendi tugevust skaala väiksemate ja suuremate väärtuste korral. Parima lähenduse andis ruutfunktsioon, mis hindas kalgendi tugevuse andmeid objektiivselt kogu skaala ulatuses.



Joonis 8. Optigraphil ja Formagraphil mõõdetud kalgendi tugevuste omavahelised seosed: — lineaarne, - - - nulli läbiv lineaarne, — ruutfunktsioon.

Optigraphil mõõdetud piima laapumisenäitajad on võrreldavad (st andmeanalüüsidest samaaegselt kasutatavad) Formagraphil mõõdetutega kui rakendatakse Optigraphil järgnevaid süsteemi parameetreid: R slope = 1,784 ja R offset = -2,303; ning kalgendi tugevus 30 minutit peale laapfermenti lisamist konverteeritakse voltidest millimeetriteks ruutfunktsiooni ($E_{30} = -0,0357 * (A_{30})^2 + 1,6587 * A_{30} - 5,2991$) abil.

6. Söödaratsiooni rasvaallika mõju piima laapumisomadustele ja juustu kvaliteedile

Katse eesmärgiks oli selgitada Eestis toodetavate ja kasutatavate õlikultuuride seemnetest saadud rasvarikaste kookide (linakook- LK, rapsikook-RK ja tudrakook-TK) söötmise mõju piima rasvhappelisele koostisele, piima laapumisomadustele ning juustu keemilistele ja sensorsetele omadustele. Võrdlusvariandis kasutati proteiini allikana sojasrotti (SSR). Katse viidi läbi 4X4 ladina ruudu põhimõttel holsteini tõugu lehmadega, kes katse alguseks olid lüpsnud keskmiselt 150 päeva ja kellede keskmine piimatoodang oli 26,1 kg päevas.

Piimaproovid laapumisomaduste määramiseks koguti katseperioodi neljal päeval iga päeva kahe lüpsi keskmise proovina. Piimad juustu valmistamiseks (10 kg) võeti igalt lehmalt katseperioodi viimase päeva kahe lüpsi segupiimast. Edami tüüpi juustud valmistati laboratoorses tingimustes kasutades juustuvanni FT20-MkII. Juustud pakiti kilesse ja valmitati temperatuuril 12 °C 5-6 nädalat. Juustuproovidest määrati koostist iseloomustavad näitajad, rasvhappeline koostis. Juustusid hinnati sensoorselt 5 pallilises skaalas.

Ratsioon mõjutas oluliselt ($P < 0,05$) piima laapumisomadusi (tabel 5), kusjuures piima laapumisomadused olid parimad sojasrotti söötmisel. Erinevate rasvarikaste kookide söötmisel ei olnud piima laapumisomadused statistiliselt erinevad. Kasutatav ratsioon ei mõjutanud juustude kuivaine ja rasvasisaldust (tabel 5) ning vastava piima ja juustu rasvhappelise koostise erinevus oli väike (tabel 6). Rasvaallikas mõjutas ($P < 0,05$) juustude summaarset sensorset hinnet ja hinnet augustusele ning värvile. Kuigi ratsiooni mõju juustude maitseomadustele ei olnud statistiliselt oluline oli TK juustude vastav hinne oluliselt madalam kui LK juustudel (tabel 5).

Tabel 5. Ratsiooni mõju piima kaseiinisisaldusele, laapumisomadustele, pH-le ja juustu koostisele ning sensoorsele hindel¹

Näitaja	Katsevariant				SE	P
	SSR	RK	LK	TK		
Piim						
Kaseiin, %	2,92 ^a	2,78 ^{bc}	2,67 ^c	2,82 ^{ab}	0,05	0,0050
pH	6,75 ^a	6,75 ^a	6,75 ^a	6,76 ^a	0,010	0,6639
RCT, min ¹	10,3 ^a	11,1 ^b	10,7 ^{ab}	11,1 ^b	0,22	0,0440
E ₃₀ , mm ²	24,8 ^{ab}	21,3 ^b	21,6 ^{bc}	22,9 ^{ab}	0,93	0,0471
Juust						
Kuivaine, %	56,5 ^a	56,4 ^a	57,2 ^a	56,0 ^a	1,34	0,9017
pH	5,42 ^a	5,52 ^a	5,38 ^{ab}	5,26 ^b	0,044	0,0147
Rasv, %	29,9 ^a	29,7 ^a	30,8 ^a	30,1 ^a	1,14	0,8766
Rasv kuivaines, %	52,5 ^a	51,3 ^a	54,3 ^a	53,7 ^a	1,41	0,3793
Summaarne sensorne hinnang	3,98 ^{ab}	3,65 ^{ac}	4,26 ^b	3,49 ^c	0,17	0,0474
Augustus ja värv	4,19 ^a	3,80 ^{ab}	4,28 ^a	3,63 ^b	0,16	0,0477
Maitse ja lõhn	3,84 ^{ab}	3,68 ^{ab}	4,18 ^a	3,03 ^b	0,30	0,1002
Välimus ja kuju	4,28 ^a	4,12 ^a	4,28 ^a	3,88 ^a	0,14	0,1636
Konsistents	3,94 ^a	3,58 ^{ab}	4,17 ^{ab}	3,61 ^b	0,18	0,1224

¹ – kõik näitajad esitatud vähimruutude keskmistena.

^{a,b,c,d} - Erineva ülaindeksiga vähimruutude keskmised samas reas on statistiliselt erinevad ($P < 0,05$).

Tabel 6. Ratsiooni mõju piima- ja juusturasva rasvhappelisele koostisele, g/100 g rasvhapetes¹

Rasvhapped	Katsevariant							
	SSR		RK		LK		TK	
	piim	juust	piim	juust	piim	juust	piim	juust
C4:0	4,73 ^A	4,98 ^a	4,58 ^A	4,73 ^a	4,66 ^A	4,67 ^a	4,13 ^B	4,09 ^a
C6:0	2,44 ^A	2,47 ^a	2,14 ^B	2,20 ^a	2,22 ^B	2,27 ^a	1,87 ^C	1,79 ^b
C8:0	1,21 ^A	1,20 ^a	1,01 ^B	1,04 ^b	1,07 ^B	1,08 ^{ab}	0,90 ^C	0,85 ^c
C10:0	2,66 ^A	2,55 ^a	2,01 ^{BC}	2,06 ^b	2,19 ^B	2,16 ^b	1,86 ^C	1,70 ^c
C12:0	2,95 ^A	2,81 ^a	2,20 ^B	2,23 ^b	2,36 ^B	2,32 ^b	2,18 ^B	2,00 ^b
C14:0	11,67 ^A	11,09 ^{ab}	9,62 ^B	9,69 ^b	9,67 ^B	9,68 ^{bc}	9,20 ^B	8,40 ^c
C14:1 c-9	1,08 ^A	1,03 ^a	0,89 ^B	0,89 ^a	0,69 ^C	0,81 ^a	1,11 ^A	1,03 ^a
C15:0	0,98 ^A	0,93 ^a	0,85 ^B	0,84 ^b	0,86 ^B	0,86 ^{ab}	0,97 ^A	0,93 ^a
C15:1 c-10	0,32 ^A	0,31 ^a	0,26 ^B	0,27 ^a	0,28 ^B	0,27 ^a	0,22 ^C	0,22 ^b
C16:0	32,55 ^A	34,44 ^a	22,28 ^{BC}	22,40 ^b	23,68 ^B	24,04 ^b	20,98 ^C	19,55 ^b
C16:1 t-9	0,06 ^A	0,06 ^a	0,07 ^A	0,07 ^a	0,08 ^A	0,11 ^a	0,49 ^B	0,51 ^b
C16:1 c-9	1,45 ^A	1,38 ^a	1,03 ^B	1,04 ^a	0,83 ^B	0,99 ^a	1,43 ^A	1,39 ^a
C17:0	0,45 ^A	0,44 ^a	0,39 ^B	0,38 ^b	0,42 ^C	0,39 ^{bc}	0,42 ^C	0,42 ^c
C17:1 c-10	0,18 ^A	0,18 ^a	0,15 ^B	0,16 ^a	0,14 ^B	0,14 ^a	0,18 ^A	0,18 ^a
C18:0	9,65 ^A	9,12 ^a	13,49 ^B	13,46 ^b	14,63 ^B	13,75 ^b	4,70 ^C	4,92 ^c
C18:1 t-6...t-8	0,28 ^A	0,26 ^a	0,78 ^B	0,78 ^b	0,37 ^A	0,41 ^a	0,99 ^C	0,91 ^b
C18:1 t-9	0,19 ^A	0,20 ^a	0,48 ^B	0,44 ^a	0,28 ^C	0,36 ^a	0,89 ^D	0,95 ^b
C18:1 t-10	0,31 ^A	0,27 ^a	0,71 ^B	0,69 ^{ab}	0,36 ^A	0,26 ^{ab}	1,09 ^C	0,82 ^b
C18:1 t-11	1,06 ^A	1,01 ^a	1,44 ^A	1,41 ^a	1,67 ^A	2,31 ^a	8,71 ^B	8,83 ^b
C18:1 c-9	18,34 ^A	18,28 ^{ab}	26,56 ^B	26,24 ^c	22,68 ^C	22,57 ^{ac}	14,85 ^D	15,22 ^b
C18:1 c-11	0,48 ^A	0,45 ^a	0,98 ^B	0,96 ^b	0,78 ^C	0,73 ^b	1,28 ^D	1,27 ^c
C18:2 t-11, c-15	0,12 ^A	0,12 ^a	0,12 ^A	0,12 ^a	0,61 ^B	0,56 ^a	2,55 ^C	2,34 ^b
C18:2 c-9, c-12 n6	1,05 ^A	1,03 ^a	1,13 ^A	1,12 ^a	1,163 ^A	1,08 ^a	1,25 ^A	1,15 ^a
C18:2 c-9, t-11 (CLA)	0,61 ^A	0,60 ^a	0,86 ^A	0,83 ^a	0,87 ^A	1,26 ^a	4,82 ^B	4,94 ^b
C18:2 t-10, c-12 (CLA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	nd
C18:3 c-9, c-12, c-15 n3	0,37 ^A	0,35 ^a	0,42 ^A	0,41 ^a	0,98 ^B	0,94 ^b	0,59 ^C	0,62 ^c
C19:0	0,05 ^A	0,05 ^a	0,06 ^A	0,05 ^a	0,10 ^B	0,10 ^b	0,09 ^B	0,08 ^{ab}
C20:0	0,17 ^A	0,16 ^a	0,26 ^B	0,25 ^{ab}	0,17 ^A	0,16 ^{ab}	0,37 ^C	0,39 ^b
C20:1 c-11	0,52 ^A	0,49 ^a	0,62 ^B	0,59 ^a	0,73 ^C	0,77 ^b	1,67 ^D	1,66 ^c
C20:5 n3	0,04 ^A	0,03 ^a	0,05 ^B	0,05 ^a	0,04 ^{AB}	0,04 ^a	0,20 ^C	0,19 ^b
Σ C4 – C10	11,05 ^A	11,19 ^a	9,74 ^B	10,03 ^a	10,13 ^B	10,28 ^a	8,76 ^C	8,43 ^b
Σ C12 – C16	51,05 ^A	52,03 ^a	37,21 ^B	37,43 ^{bc}	38,44 ^B	39,08 ^b	36,60 ^B	34,06 ^c
Σ Küllastunud ²	69,50 ^A	70,23 ^a	58,88 ^B	59,34 ^b	62,03 ^C	61,58 ^b	47,68 ^D	45,11 ^c
Σ Küllastumata ³	26,44 ^A	26,04 ^a	36,56 ^B	36,06 ^b	32,51 ^C	33,64 ^b	42,35 ^D	42,26 ^c
Σ Monoküllastumata ⁴	24,24 ^A	23,91 ^a	33,98 ^B	33,52 ^b	28,87 ^C	29,74 ^b	32,93 ^B	33,02 ^b
Σ Polüküllastumata ⁵	2,20 ^A	2,13 ^a	2,57 ^{AB}	2,53 ^a	3,64 ^B	3,90 ^a	9,41 ^C	9,24 ^b
Σ CLA ⁶	0,61 ^A	0,60 ^a	0,86 ^A	0,83 ^a	0,87 ^A	1,26 ^a	4,82 ^B	4,94 ^b

¹ – rasvhapete sisaldus esitatud vähimruutude keskmisena.

A,B,C – Erineva ülaindeksiga piimarasva rasvhapete vähimruutude keskmised samas reas on statistiliselt erinevad (P<0.05).

a,b,c,d – Erineva ülaindeksiga juusturasva rasvhapete vähimruutude keskmised samas reas on statistiliselt erinevad (P<0.05).

² – C4:0; C6:0; C8:0; C10:0; C12:0; C14:0; C15:0; C16:0; C17:0; C18:0; C19:0; C20:0.³ – C14:1 t-9; C15:1 c-10; C16:1 t-9; C16:1 c-9; C17:1 c-10; C18:1 t-6,7,8; C18:1 t-9; C18:1 t-10; C18:1 t-11; C18:1 c-9; C18:1 c-11; C18:2 t-10, c-12 (CLA); C18:2 t-11, c-15; C18:2 c-9, t-11 (CLA); C18:2 c-9, c-12 n6; C18:3 c-9, c-12, c-15 n-3; C20:1 c-11; C20:5 n3.⁴ – C14:1 c-9; C15:1 c-10; C16:1 t-9; C16:1 c-9; C18:1 t-6,7,8; C18:1 t-9; C18:1 t-10; C18:1 t-11; C18:1 c-9; C18:1 c-11; C20:1 c-11.⁵ – C18:2 t-10, c-12 (CLA); C18:2 t-11, c-15; C18:2 c-9, t-11 (CLA); C18:2 c-9, c-12 n6;

C18:3 c-9, c-12, c-15 n3; C20:5 n3 (EPA)

⁶ – C18:2 c-9, t-11; C18:2 t-10, c-12.

7. Organismi happe-aluse tasakaalu mõju piima laapumisomadustele

Varasemates katsetes oleme leidnud, et piima laapumist mõjutab väga oluliselt piima happesus. Kuivõrd viimane on idee kohaselt mõjutatav organismi happe-aluse tasakaalust, eeldasime, et seda saab mõjutada ka anioonsete mineraaloolade söötmisega. Sellest lähtuvalt seadsime katse eesmärgiks selgitada kuidas mõjutab anioonset mineraalsöötadega muudetud lüpsilehmade organismi happe-aluse tasakaal piima laapumisomadusi.

Ajavahemikul 09.02.07 kuni 23.03.07 korraldati Eerika katselaudas perioodkatse nelja esimese laktatsiooni eesti holsteini tõugu lehmaga. Katses oli kokku 3 perioodi, kusjuures esimesel ja kolmandal perioodil rakendati lehmadele ühesugust söötmist. Üks periood kestis 14 päeva, millest 9 päeva oli eelperiood ja 5 päeva põhiperiood.

Katselehmade toitefaktorite tarve leiti lähtuvalt nende kehamassist ja EKM piimatoodangust. Ratsiooni kuivaine söömuseks planeeriti ilma mineraalsöötasid arvestamata 3,17 % lehmade kehamassist. Lehmad 402, 422 ja 424 olid kehakaalult ja piimatoodangult praktiliselt võrdsed ning neile koostati ühine söödaratsioon, mis tegi nende kuivaine söömuseks 17,2 kg. Lehm 409 oli teistest 94 kg võrra raskem ning tema kuivaine söömuseks arvestati 20,2 kg. Vajaminev mineraalsööda kogus arvestati lisaks.

Põhisöödana kasutati katses põldheinasilo, mis sisaldas ca' 25% ristikut. Jõusööta, mis koosnes odrajahust ja sojasrotist, normeeriti ratsiooni 50% planeeritud päevasest ratsiooni kuivaine söömusest. Mineraalsööta lisati ratsiooni nii, et ratsiooni kaltsiumi ja fosfori kontsentratsioon kuivaines oli vastavalt 11,5 g kg⁻¹ ja 4,1 g kg⁻¹. Söödaratsiooni kuivaine arvestuslik kationide ja anioonide bilanss oli esimesel ja kolmandal katseperioodil +274 mekv kg⁻¹ ja 2 katseperioodil keskmiselt +74 mekv kg⁻¹. Loomadele päevas etteantud söödad ja nende kogused on esitatud tabelis 7.

Katselehma söödeti kaks korda päevas, kell 05³⁰ ja 16⁰⁰. Joogivesi oli pidevalt vabalt kättesaadav. Söömumäärati kõikidel põhiperioodi päevadel. Selleks kaaluti nii etteantavad söödad kui ka söödajäägid. Etteantavale jõusöödale lisati eelnevalt valmiskaalutud mineraalsöödad, mis seejärel väga hoolikalt käega segati.

Tabel 7. Katselehmadele päevas etteantud söödad, kg

Söödad	1 ja 3 katseperiood, kontrollgrupp		2 katseperiood, katsegrupp	
	lehmad 402, 422, 424	lehm 409	lehmad 402, 422, 424	lehm 409
Silo	27,6	32,4	27,6	32,4
Odrajahu	7,92	9,28	7,92	9,28
Sojasrott	1,80	2,16	1,80	2,16
Lubjakivi	0,360	0,422	—	—
Monokaltsiumfosfaat	0,068	0,080	0,068	0,078
Keedusool	0,150	0,150	0,150	0,150
Anioone mineraal	—	—	0,706	0,828
<i>Transi-fit® pur + E</i>	—	—	—	—

Etteantavast silost võeti analüüsiks igal söötmiskorral umbes 0,5...1,0 kg suurune osaproov, mida säilitati suletud kilekotis külmkapis 4 °C juures. Kogutud osaproovidest segati kokku ja toodi laboratooriumisse igal põhiperioodil 2 keskmist siloproovi. Ka jõu- ja mineraalsöötadest võeti proovid igal põhiperioodil. Katseloomade kehamass määrati iga põhiperioodi kahel viimasel päeval enne õhtust söötmist lindiga.

Söötade keemiline analüüs (ka kaltsiumi- ja fosforisisaldus), lähtudes Weende analüüsi skeemist ja kasutades Euroopas üldtunnustatud analüüsimetoodikaid, teostati EMÜ VL söötmissakonna keemialaboris. Saadus tulemustest lähtuvalt arvatati söötade metaboliseeruva energia ja proteiini sisaldus ning vatsa proteiinibilanss. Katioonide ja anioonide bilansi täpseks hindamiseks määrati söötade naatriumisisaldus Veterinaar- ja toidulaboratooriumis aatomabsorbtsiooni meetodil, kaaliumi ja väevli sisaldus Põllumajandusuuringute keskuse jääkide ja saasteainete laboratooriumis induktiivselt sidestatud plasma optilise emissioon spektromeetriga (ICP-OES) ning kloorisisaldus EMÜ VL söötmissakonna keemialaboris argentomeetriliselt.

Katselehmi lüpsiti kaks korda päevas, kell 3³⁰ ja 14³⁰. Piimaproovid võeti neljal viimasel põhiperioodi päeval, õhtuse ja hommikuse lüpsi ajal. Ühe lehma sama päeva proovidest moodustati ühendproov vastavalt lüpsikorra piimatoodangule. Ühendproov jagati kolmeks osaprooviks. Kaks osaproovi konserveeriti Bronopol'iga (Board Spectrum Microtabs®II, D&F Control Systems Inc., California, USA), milledest ühest määrati piima üldised koostisnäitajad (rasva-, valgu-, laktoosi- ja karbamiidisisaldus ning somaatiliste rakkude arv) Jõudluskontrolli Keskuse piimaanalüüsise laboratooriumis (Milk Analyser System 4000, Foss Electric, Hilleröd, Denmark) ja teisest järgmisel päeval piima pH (pH meter MP 220, Metler Toledo GmbH, Greinfensee, Switzerland) ning laapumisnäitajad. Kasutades Optigraafi registreeritakse 37°C juures kaks laapumisnäitajat: piima laapumisaeg (RCT) ja kalgendi tugevus (E₃₀) 30 minutit peale laapfermendi (Milase MRS, 750 IMCU/ml, CSK Food Enrichment B.V., Leeuwarden, The Netherlands) lahuse lisamisest. Konserveerimata piimaproovist määrati katseperioodide kahel viimasel päeval vastavalt IDF standardmetoodikatele piima happesus (081:1981) ning kaltsiumi- ja fosforisisaldused (036A:1992 ja 042B:1990).

Vereproovid võeti kägiveenist neljandal ja viiendal põhiperioodi päeval 4,5 tundi pärast hommikust söötmist, kell 10⁰⁰, kolme erinevasse katseklaasi. Anaeroobselt kogutud vereproovist määrati vere pH ja süsinik dioksiidi osarõhk (pCO₂) ning arvatati vesinik karbonaatiooni sisaldus (HCO₃⁻). Li-hepariini geeliga varustatud katseklaasi kogutud vereproovist määrati vere ioonilise kaltsiumi sisaldus. Li-hepariiniga varustatud katseklaasi kogutud vereproovist eraldati esmalt plasma, millest määrati üldkaltsiumi ja anorgaanilise fosfori sisaldus (PO₄³⁻).

Uriiniproovid koguti samaaegselt vereproovidega nn. „keskmisest joast“. Värskest uriinist määrati vahetult peale proovi võtmist uriini pH (pH meetriga MP 120) ja tiitritav happesus, mis näitab kui palju kulub 0,1n HCl lahust, et uriin hapestada pH 4,5-ni.

Katse esialgsed tulemused on esitatud tabelis 8. Ratsiooni põhisisöötade söömuse osas katsevariantide vahel erinevus puudus, küll oli aga katserühma suuremast mineraalsööda kogusest tingituna kuivaine kogusöömuse suurem kui kontrollrühmas. Metaboliseeruva energia, metaboliseeruva proteiini, taime rakukestainete söömuses kontroll ja katsegrupi lehmade vahel statistilist usutavat erinevust ei olnud. Katserühma ratsiooni katioonide ja anioonide bilanss oli aga anioonse mineraalsööda lisamisest 3,6 korda väiksem kui kontrollrühmas.

Katse planeerimisel eeldasime, et anioonne mineraalsööt muudab organismi happeluse tasakaalu happelisuse suunas. Seda muutust kinnitavad kõige paremini uriini pH ($p < 0,0001$), mis muutus happesuse suunas 0,36 ühikut, ja tiitritav happesus ($p = 0,0014$), mis näitas, et uriini pH 4,5-ni viimiseks kulus katserühmas 31 ml 0,1n HCl lahust vähem kui kontrollrühmas. Kontrollrühma lehmade organismi muutust happesuse suunas peegeldab ka piima pH ($p < 0,0001$) ning vere pCO₂ tõus ja HCO₃⁻ statistiliselt oluline ($p < 0,0061$) langus.

Seoses organismi happe aluse tasakaalu muutumisega happesuse suunas muutus ka vatsasisu pH happelisemaks. See vähendas eeldatavasti tsellulolüütiliste bakterite arvukust, mille tagajärjel tekkis vähem piima rasvasünteesiks vajaminevat prekursorit (äädikhapet) ja

piima rasvasisaldus langes katserühmas 0,23 ühiku võrra ($P = 0,001$), võrreldes kontrollrühmaga. Piima valgusisaldus, sh ka kaseiinisaldus oli seevastu suurem katserühma lehmadel, vastavalt 0,04 ($P = 0,0381$) ja 0,5 ($P = 0,0157$) ühikut. Katserühma lehmade piima efektiivsemat laapumise võimet näitab ka kaseiini fraktsioonide omavaheline muutus, kuivõrd α_{s1} ja α_{s2} -kaseiini vähenemine ning κ -kaseiini suurenemine katserühma loomade piimas loob paremad tingimused kalgendi tekkimiseks. Viimast peegeldavad hästi piima kalgendi tekkimiseks kulunud aeg, mis oli 4,5 % võrra väiksem ($P = 0,0077$), ning kalgendi tugevus 30 minuti möödudes pärast laapfermendi lisamist, mis oli 7,1 % suurem ($P = 0,0465$) just katserühma lehmade piimas.

Kokkuvõte: lehmade söötmisel anioonsema ratsiooniga on piima laapumisnäitajad juustutootmiseks sobilikumad. Ratsiooni koostamisel tuleb aga kindlasti täpselt jälgida kationide ja anioonide bilanssi, vältimaks ainevahetusliku atsidoosi teket (seda eriti laktatsiooni alguse lehmade söötmisel). Samuti tuleb tähelepanu pöörata mineraalelementide tarbe katmisele, kuivõrd organismi happelisem keskkond võib vähendada nende omastatavust. Piima laapumisomadusi silmas pidades tuleks vältida madala niiskuse- ning suure proteiini- ja ammoniaagisisaldusega silo söetmist lehmadele. Ammoniaak, mida vatsa mikroorganismid ei suuda ära kasutada, nihutab organismi happe-aluse tasakaalu alkaalsuse suunas.

Tabel 8. Kontroll- ja katsegrupi söömuse, piimatoodangu ja –koostise ning omaduste, uriini happesuse ja vere biokeemiliste näitajate vähimruutude keskmised

Näitajad	Kontroll-grupp	Katse-grupp	SE	P väärtus
<i>Söömus</i>				
kuivaine ¹ , kg	17,3	17,3	0,72	0,2138
kuivaine ² , kg	17,9	18,3	0,75	< 0,0001
proteiini, g	2890	2891	124,7	0,2138
metaboliseeruva proteiini, g	1716	1716	72,9	0,2138
metaboliseeruva energia, MJ	195	195	8,2	0,2138
neutraalkiud, g	6363	6367	264,5	0,2138
happekiud, g	3600	3602	149,9	0,2138
Ratsiooni KAB ³ , mekv/kg	4910	1358	160,3	< 0,0001
<i>Piima toodang, koostis ja omadused</i>				
piima toodang, kg	24,0	24,0	1,04	0,9484
rasv, %	3,90	3,67	0,093	0,0010
valk, %	3,21	3,25	0,104	0,0381
laktoos, %	4,81	4,79	0,042	0,1116
karbamiid, mg/L	303	337	25,6	< 0,0001
kaltsium, %	0,126	0,123	0,0023	0,0350
fosfor, %	0,096	0,096	0,0027	0,8733
RCT ⁴ , min	8,9	8,5	0,23	0,0077
E30 ⁵ , mm	27,6	29,7	1,41	0,0465
happesus, Th°	17,9	18,3	0,28	0,0985
pH	6,66	6,63	0,008	0,0001
kaseiini kokku, mg/ml	27,9	28,4	0,99	0,0157
sh. α_{s1} -kaseiin, mg/ml	9,4	9,2	0,33	0,0090
α_{s2} -kaseiin, mg/ml	1,9	1,8	0,06	0,0037
β -kaseiin, mg/ml	13,3	13,2	0,45	0,4473
κ -kaseiin, mg/ml	3,3	4,2	0,17	< 0,0001
<i>Uriini happesus.</i>				
tiitritud happesus, ml	8,27	7,91	0,087	0,0014
pH	54,2	23,2	3,51	< 0,0001
<i>Vere biokeemilised näitajad:</i>				
pH	7,43	7,41	0,021	0,2793
pCO ₂ , mmHg	42,4	44,0	3,97	0,7183
HCO ₃ ⁻ , mmol/L	29,0	26,6	0,74	0,0061
iooniline kaltsium, mmol/L	1,22	1,19	0,014	0,0393
kaltsium, mmol/L	2,53	2,51	0,046	0,5916
PO ₄ ³⁻ , mmol/L	1,79	2,26	0,128	< 0,0001

¹ ilma mineraalsöödata;² koos mineraalsöödaga;³ kationide ja anioonide bilanss;⁴ piima laapumisaeg;⁵ kalgendi tugevus 30 minutit peale laapfermendi lisamist

8. Söötmise mõju piima laapumisomadustele

Söötmise mõju selgitamiseks piima laapumisomadustele koguti neljast farmist üks kord kuus söötmisolukorda kajastavad andmed ja paralleelselt võeti farmi segutankist ka piimaproov. Farmid valiti katsesse eelnevate piimakoostist ja -laapumist iseloomustavate näitajate monitooringu alusel. Valikul arvestati veel, et lehmade jaotus erinevatesse laktatsioonijärkudesse oleks ühtlane, kuivõrd piima laapumisomadused on paremad nii laktatsiooni algul kui lõpus.

Katsesse valiti 2 (farm III ja IV) keskmisest paremate ja 2 (farm I ja II) keskmisest halvemate piima laapumisomadustega farmi. Andmebaasi lisati ka kahe kontrollitud söötmis- ja laapumisnäitajatega nn. kontrollfarmi (farm V ja VI) vastavad andmed. Keskmisest paremate piima laapumisomadustega ning kontrollfarmides kasutati täisratsioonilise segasööda söetmist ning olenevalt loomade arvust oli neis laktatsiooniperioodil moodustatud kaks kuni neli erinevat söötmisgruppi. Keskmisest halvemate piima laapumisomadustega farmides kasutati tavasöetmist kus põhisöödale söödetie olenevalt lehmade piimatoodangust käsitsi juurde jõusööta.

Valitud farmide söötmisolukorra hindamiseks ja väljendamiseks koostati nende küllastamise päeval kohapeal kasutuses olev(ad) söödaratsioon(id). Iga farmi kohta toodi välja keskmise söödaratsiooni(de) energeetiline tase, jõusööda osatähtsus ratsiooni kuivaines, proteiini ja metaboliseeruva proteiini sisaldus ning vatsa proteiinibilanss. Piimaandmetest märgiti üles farmi küllastuspäeva keskmine piimatoodang. Kogutud piimaproovidest määrati piima koostis ning laapumisomadused: piima laapumisaeg (RCT – aeg minutites laabi lisamisest kuni kalgendumise alguseni) ja kalgendi tugevus (E_{30} – diagrammi harude vaheline kaugus millimeetrites 30 minutit peale laabi lisamist).

Piima koostist (sh piima laapumist) mõjutavad paljud tegurid nagu loomade tõug ja geneetiline väärtus, keskkond, laktatsioon, laktatsiooni-staadium ja söötmine. Katsesse valitud farmides oli esindatud erineva aretusväärtusega nii eesti holsteini kui ka eesti punast tõugu lehmad. Samuti oli neis erinev loomade arv, mis tähendab erinevat pidamisviisi – keskkonda (tabel 9). Kuivõrd piima laapumine on parem laktatsiooni alguses ja lõpus ning tagasihoidlikum laktatsiooni keskpaigas on oluline, et farmides olevate lehmade jaotus laktatsiooni järguti oleks võrdne. Pea kõigis uuritavates farmides see nii ka oli, erandiks oli farm I, kus loomade ebaproportsionaalne jaotus oli tingitud loomade väikesest arvust.

Farmide söötmistase, mida väljendab lüpsvate lehmade keskmise söödaratsiooni energiakontsentratsioon (vt tabel 9), oli erinev. farmide ratsiooni kuivaines oli erinev jõusööda osatähtsus ning erinevate proteiininäitajate kontsentratsioon. Eeltoodust sõltuvadki uuritavate farmide piimatoodang ja -koostis ning piima laapumisomadused.

Piimas oleva lämmastiku võime üldjoontes jagada kolme kategooriasse: kaseiin (78%), vadaku valgud (17%) ja mittevalgulised lämmastikühendid (5%). Juustumassi struktuuri ja kalgendi tugevuse, samuti juustu väljatuleku määrab ära piima kaseiini sisaldus. Seepärast seostataksegi piima laapumisomadusi, eeskätt kalgendi tugevust (E_{30} , mm) aga ka aega laabi lisamisest kalgendi tekkimiseni (RCT, min) suurema piima kaseiinisaldusega (*resp* valgusisaldusega), mida näitab ka meie uurimuses leitud oluline korrelatiivne seos

(joonis 9). Kuivõrd erinevate söötmisolukorda ja piima laapumisomadusi iseloomustavate näitajate analüüsil leiti olulised seosed (ka tendentsid) eeskätt kalgendi tugevuse ja piima valgusisalduse vahel (joonised 10...14) käsitletakse edasises analüüsis, peamiselt söötmise mõju piima valgusisaldusele aga ka –toodangule.

Tabel 9. Farmide kuue kuu keskmised söötmisolukorda kajastavad ning piimakoostist ja –laapumist iseloomustavad näitajad

Näitajad	Farm I	Farm II	Farm III	Farm IV	Farm V	Farm VI
<i>Üldised näitajad:</i>						
Lüpsilehmade arv	23	231	136	301	947	510
Keskmiselt LP*, päeva	219	188	202	166	183	182
<i>Lüpsilehmade jaotus laktatsioonil, %</i>						
1...60 ja >240 LP*	70	51	50	53	47	45
61...239 LP*	30	49	50	47	53	55
<i>Söödaratsiooni iseloomustavad näitajad:</i>						
ME*, MJ kg ⁻¹	9,5	10,4	11,3	11,1	11,8	11,0
Proteiini, g kg ⁻¹	108	141	157	172	173	163
MP*, g kg ⁻¹	78	87	95	94	100	94
VPB*, g kg ⁻¹	-22	-4	2	18	11	10
<i>Jõusööta osatähtsus ratsiooni kuivaines, %</i>						
	26,2	36,8	46,8	49,5	56,7	51,0
<i>Piima toodang, koostis ja laapumisomadused</i>						
Piima toodang, kg	17,2	20,5	22,8	25,9	34,7	29,4
Valk, %	3,28	3,32	3,44	3,45	3,39	3,36
Rasv, %	4,03	4,41	4,07	4,26	3,95	4,102
Laktoos, %	4,72	4,77	4,82	4,83	4,90	4,76
Karbamiid, mg l ⁻¹	175	257	239	318	270	305
RCT*, min	11,7	12,3	11,7	11,0	11,0	10,9
E ₃₀ *, mm	22,0	24,4	28,0	27,3	27,7	26,7
pH	6,75	6,76	6,70	6,68	6,67	6,67

*märkus: LP – lüpsipäev; ME – metaboliseeruv energia; MP – metaboliseeruv proteiin;

VPB – vatsa proteiinibilanss; RCT – aeg laabi lisamisest kuni kalgendumise

alguseni; E₃₀ – kalgendi tugevus

Kirjanduse andmetel on viimastel aastakümnetel söötmisega seotud piima valgusisalduse ja –toodangu muutusi seostatud eeskätt ratsiooni kuivaine koresööda ja jõusööda suhtega, jõusööda seede kohaga mao-sooltraktis ning erinevate ratsioonis olevate proteiini- ja rasvaallikate ning nende kogustega. Siinkohal tuleb meil kindlasti eristada söötmise mõju piima valgusisaldusele ja –toodangule, kuivõrd neid võivad mõjutada erinevad faktorid. Sageli võib juhtuda nii, et me söötmisega suurendame nii piima toodangut kui ka

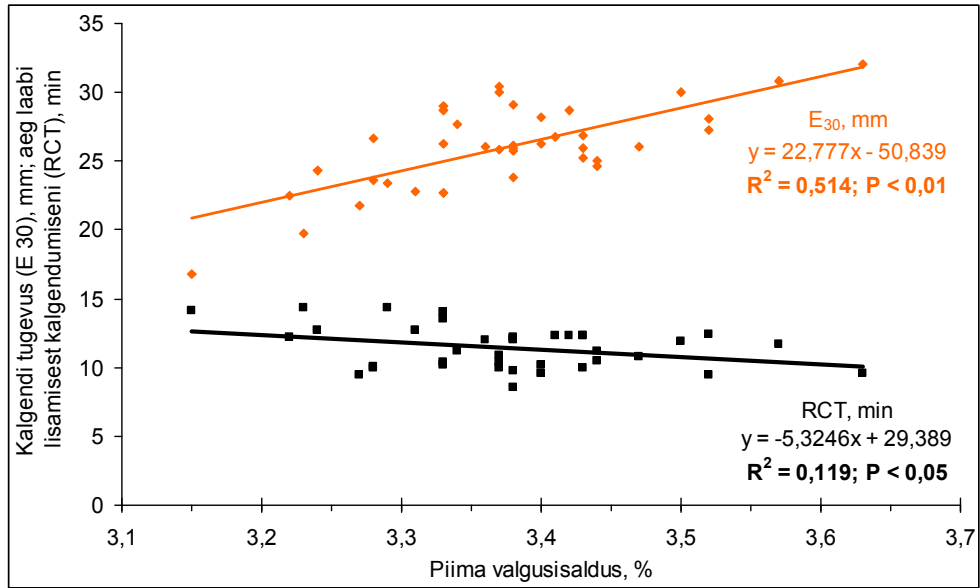
piima valgutoodangut, valgusisaldust aga vähendada. Enamalt jaolt aga soovitakse ikkagi suurendada just piima valgusisaldust.

Nii söödaratsiooni energiakontsentratsiooni kui ka jõusööda osatähtsuse suurendades söödaratsioonis suurenes meil nii piima valgusisaldus (vt joonised 10 ja 11) kui ka –toodang. Kirjanduse andmetel saame piima valgusisaldust suurendada 0,4 protsendiühiku võrra kui me vähendame ratsiooni kuivaines koresööda osatähtsuse 10%-ni, mis looma tervise seisukohast ennast aga ei õigusta (harilikult peab ratsiooni kuivaines koresööda olema vähemalt 40%). Meie uurimise all olevates farmides koresööda osatähtsus alla 40% ei langenud ning joonisel 11 toodud regressioonivõrrandi järgi saame piima valgusisalduse diferentsiks 0...60% jõusööda osatähtsuse korral ratsiooni kuivaines ainult 0,174%. Seega ratsiooni metaboliseeruva energiasisalduse suurenedes 1 MJ ja jõusööda osatähtsuse suurenedes 1 % võrra suurenes piima valgusisaldus vastavalt 0,049 ja 0,003%.

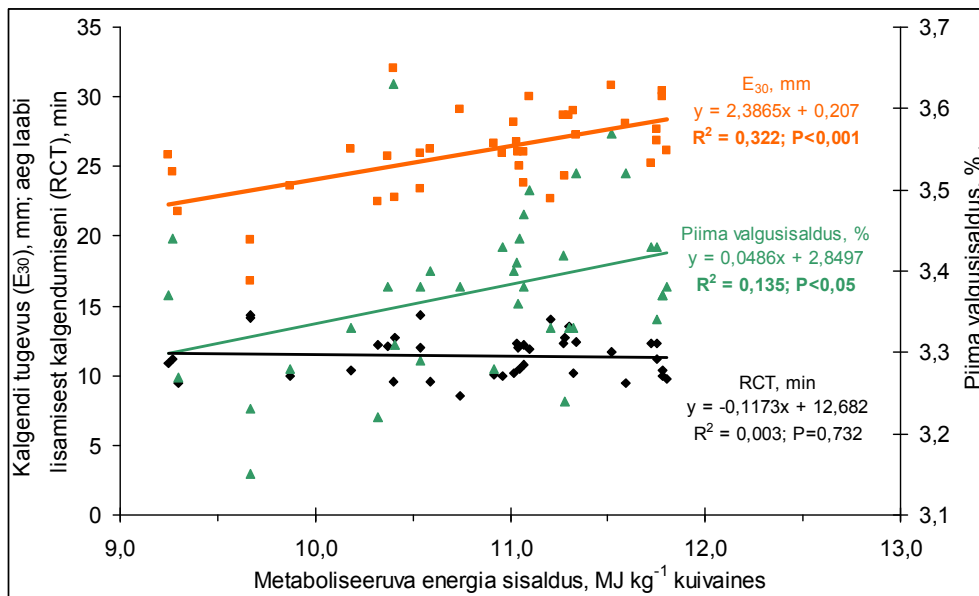
Positiivne efekt piima valgusisaldusele ja -toodangule on vatsas kiiresti lõhustuvate süsivesikute (*resp* tärklise) söötmisel. Selle tulemusena suureneb ühelt poolt vatsas propioonhappe osatähtsus ja teiselt poolt mikroobse proteiini süntees. Need kaks on lehmale nõ. signaaliks, et suurendada nii piima valgusisaldust kui ka –toodangut. Seetõttu peame me piima valgusisalduse suurendamise üheks peamiseks võimaluseks lugema mikroobse proteiini sünteesi efektiivsuse suurendamist vatsas. Viimase juures peame arvestama kahte asjaolu – vatsas peab olema vabalt saadaval nii proteiin kui energia. Kuivõrd Eestis on valdavalt kasutusel proteiini rikas (*resp* liblikõielisterikas) silo, siis on meil mikroobse proteiini sünteesi piiravaks faktoriks peamiselt vatsas mikroorganismidele kättesaadavate süsivesikute hulk (*resp* energia).

Kirjanduse andmetele tuginedes tuleb tõdeda, et olenemata proteiiniallika kogusest ja liigist on neil piima valgusisaldusele tagasihoidlik mõju, Söödaratsiooni erinevate proteiininäitajate suurendamisel 1% võrra suurenes piima valgusisaldus meiepoolt uuritud farmides 0,02...0,04% (vt joonis 12...14), langedes kokku kirjanduses tooduga. Seda, et erinevate proteiiniallikate (ka vatsas lõhustumatute) söötmisel piima valgusisaldus märkimisväärselt ei suurene võib seletada piimanäärme suutmatusega nõ kinni püüda sinna verega toodud aminohappeid.

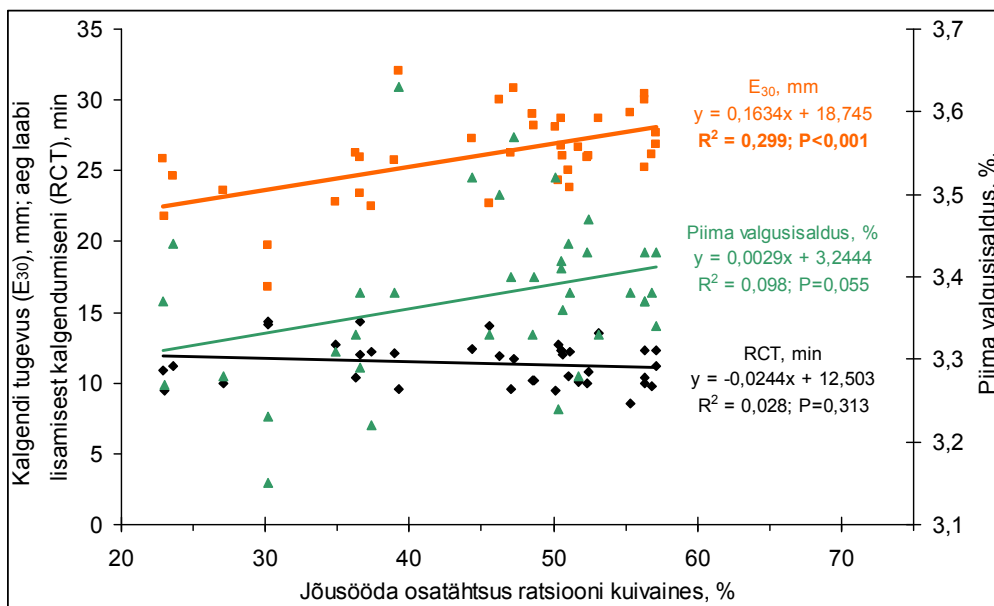
Kokkuvõte: Uuritud farmides oli erinev söötmistase (ehk erinev keskmine söödaratsiooni energiakontsentratsioon) ning see mõjutas nii piima kogust, koostist kui ka laapumisomadusi. Ratsiooni energeetilisel tihedusel, samuti jõusööda osatähtsusel ratsiooni kuivainest, oli piima laapumisomadustele suurem mõju kui ratsiooni proteiinisaldusel.



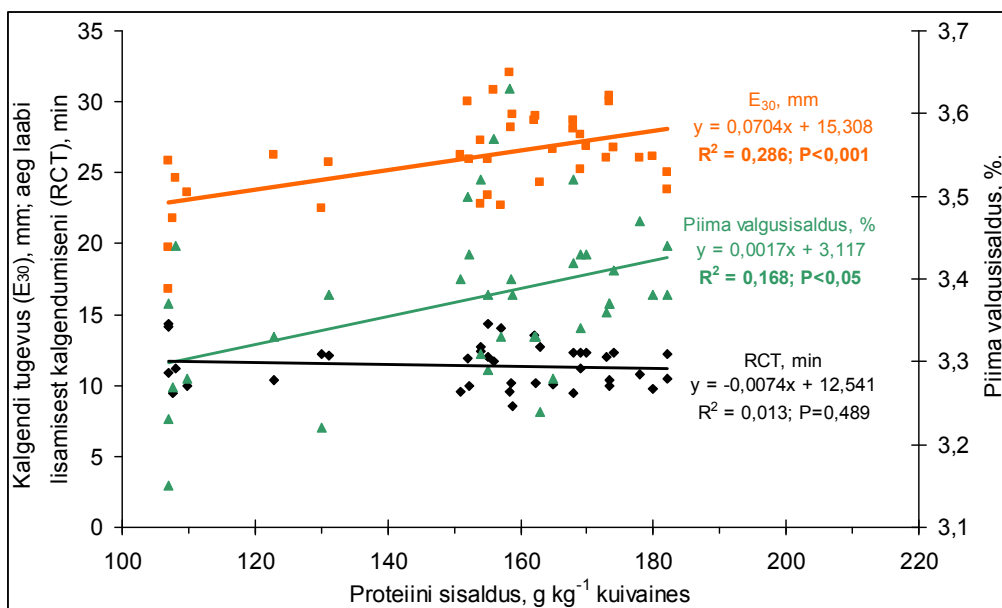
Joonis 9. Piima valgusisalduse seos kalgendi tugevuse (E₃₀, mm) ja aja laabi lisamisest kalgendumiseni (RCT, min) vahel



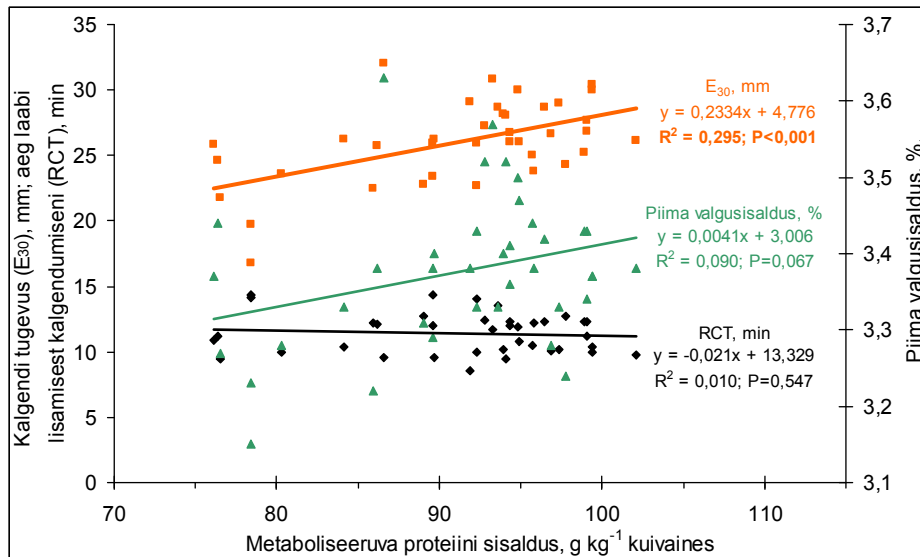
Joonis 10. Ratsiooni metaboliseeruva energia sisalduse (MJ kg⁻¹) seos kalgendi tugevuse (E₃₀, mm), aja laabi lisamisest kalgendumiseni (RCT, min) ja piima valgusisalduse (%) vahel



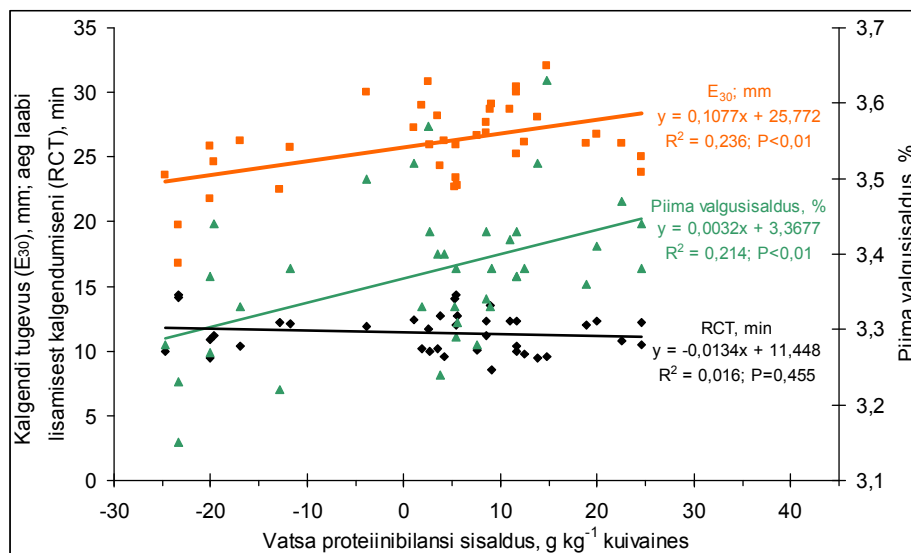
Joonis 11. Ratsiooni kuivaine jõusööda osatähtsuse (%) seos kalgendi tugevuse (E₃₀, mm), aja laabi lisamisest kalgendumiseni (RCT, min) ja piima valgusisalduse (%) vahel



Joonis 12. Ratsiooni proteiinisalduse (g kg⁻¹) seos kalgendi tugevuse (E₃₀, mm), aja laabi lisamisest kalgendumiseni (RCT, min) ja piima valgusisalduse (%) vahel



Joonis 13. Ratsiooni metaboliseeruva proteiini sisalduse (g kg⁻¹) seos kalgendi tugevuse (E₃₀, mm), aja laabi lisamisest kalgendumiseni (RCT, min) ja piima valgusisalduse (%) vahel



Joonis 14. Ratsiooni vatsa proteiinibilansi (g kg⁻¹) seos kalgendi tugevuse (E₃₀, mm), aja laabi lisamisest kalgendumiseni (RCT, min) ja piima valgusisalduse (%) vahel

II SOMAATILISTE RAKKUDE ARVU VÄHENDAMINE

1. Lüpsivõtete mõju piima somaatiliste rakkude arvule (SRA)

Katseandmed koguti viiest torusselüpsiga ja kolmest platsillüpsiga piimakarjafarmist. Kronometreeriti lüpsja tööoperatsioonid lehma kohta. Neis farmides oldi huvitatud lüpsjate töövõtete analüüsimisest ja vajati nõuannet. Kuues farmis lüpsiti De Livali ja kahes farmis Rezekne firma lüpsiseadmetega. Firma De Lival lüpsiaparaadid olid varustatud automaatse altvõtuseadmega. Andmete sisestamisel arvutisse ja nende statistilisel analüüsil kasutati tabelarvutussüsteemi MS Excel ja statistikaprogrammi SAS (*Statistical Analyze System*).

Andmete analüüsist selgus, et piima somaatiliste rakkude arvu mõjutavad kõik põhilised masinlüpsil tehtavad tööoperatsioonid. Oluline seos oli tühilüpsi aja ja somaatiliste rakkude arvu vahel ($P < 0,001$). Tühilüpsi täheldati ka vahetult peale aparaadi allapanekut, mis võib viidata lehma puudulikule ettevalmistusele lüpsiks. Mida lühemalt ja pealiskaudsemalt oli tehtud udara ettevalmistus, seda suuremaks osutus piima somaatiliste rakkude arv ($P < 0,001$). Lüpsiaparaatide allapanekuga hilinemisel oli mõju piima somaatiliste rakkude arvule ($P < 0,05$) ning mida enam aega kulutas lüpsja masinaga järellüpsile, seda suurem oli piima keskmine SRA ($P < 0,001$).

2. Nisaotsa muutusi mõjutavad faktorid

Materjali kogumist alustati kümnest farmist. Viis farmi langes vaatlusest välja teistkordseks piimaproovide ja nisaotste hindamiseks. Väljalangemise põhjused olid erinevad: vahetati välja lüpsiaparaat, vahetus põhilüpsja, muudeti loomade asukohta. Uurimisel kasutati järgmisi lüpsiseadmeid: Pulsatronic S, De Lival Duovac, ADM-8, Strangko Soffimat (automaatse altvõtmise seadmega), De Lival Milch Master (automaatse altvõtmise seadmega). Nisaotsi hinnati 152 esmapoeginud lehmale kaks korda laktatsiooniperioodi jooksul. SRA määrati 1216 udaraveerandi piimaproovist. Testiti lüpsiaparaadid ja koguti 52 pulsaatori tööprotsessi näitajad: töövaakum, pulsside arv minutis ja kestvus ml/sek, imemistakti ja puhketakti suhe protsentides ja ml/sek, imemistakti ja puhketakti kestus protsentides ja ml/sek. Igast farmist valiti välja 10...15 esimese laktatsiooni lehma, mille valikukriteeriumid olid järgmised: kliinilise mastiidita udar, poegimisest möödunud üks kuni kaks kuud, ei vahetu lüpsiseade, ei vahetu lüpsja. Uurimised viidi läbi kahes etapis. Esimeses etapis hinnati nisaotsi üks kuni kaks kuud peale poegimist ja võeti igast udaraveerandist piimaproov. Teises etapis hinnati nisaotsad, võeti igast udaraveerandist piimaproov ja viidi läbi lüpsjate tööajavaatlus (kronometraaž) üksikute tööoperatsioonide lõikes. Jälgiti minimaalselt 10 lehma lüpsiprotseduuri läbiviimist. Uurimistöö käigus praagiti kuus lehma udarapõletiku tõttu. Testiti kõik lüpsiaparaadid. Koguti lehmade esimese laktatsiooni 305 päeva toodang ja piima somaatiliste rakkude arv laktatsioonikuuti.

Üks kuni kaks kuud peale poegimist hinnati 610 nisaotsa, millest *muutusteta* (A1) oli 337 nisaotsa (55,2%), väheste muutustega- *aimatav õhuke ring* (A2) 218 nisaotsa (35,7%), märgatavate muutustega- *paksem sile ring* (A3) 44 nisaotsa (7,2%) ja tugevate muutustega - *kare ebatasane ring* (A4) 11 nisaotsa (1,8%). Uuritud nisaotste (305) uurimistulemused vahetult enne lehmade kinnijätmist olid vastavalt A1- 172 nisaotsa (56,4%), A2- 89 nisaotsa (29,2%), A3- 37 nisaotsa (12,1%) ja A4- 7 nisaotsa (2,3%). Piima somaatiliste rakkude arv SRA) uuritavates udaraveerandites (529) oli üks kuni kaks kuud peale poegimist alljärgnev: <100 000 - 350 udaraveerandi piimas (66,1%), 100 000-250 000- 81 udaraveerandi piimas (15,3%), 250 000-500 000- 34 udaraveerandi piimas (6,4%), 500 000-1 miljon- 12 udaraveerandi piimas (2,3%) ja üle 1 miljoni 52 udaraveerandi piimas (9,8%). Sama uuring 300 udaraveerandi piimast vahetult enne lehma kinnijätmist oli vastavalt: <100 000 - 192 udaraveerandi piimas (64%), 100 000-250 000- 36 udaraveerandi piimas (12%), 250 000-500

000 - 17 udaraveerandi piimas (5,6%), 500 000-1 miljon- 24 udaraveerandi piimas (8%) ja üle 1 miljoni - 31 udaraveerandi piimas (10,3%).

Nisaotsa hinnete ja udaraveerandite piima somaatiliste rakkude arvu seose statistilisel analüüsil (uuritud kahe seosekordajaga) selgus, et nisaotsa hinde muutudes suurenes ka piima SRA ($P < 0,05$). Kõige enam oli muutusi parema esimese udaraveerandi nisaotsal ($P < 0,001$), mis annab aluse järeldada, et see udaraveerand oli tühilüpsil (teistest udaraveeranditest varem tühjenenud) vaakumi kahjustava mõju all.

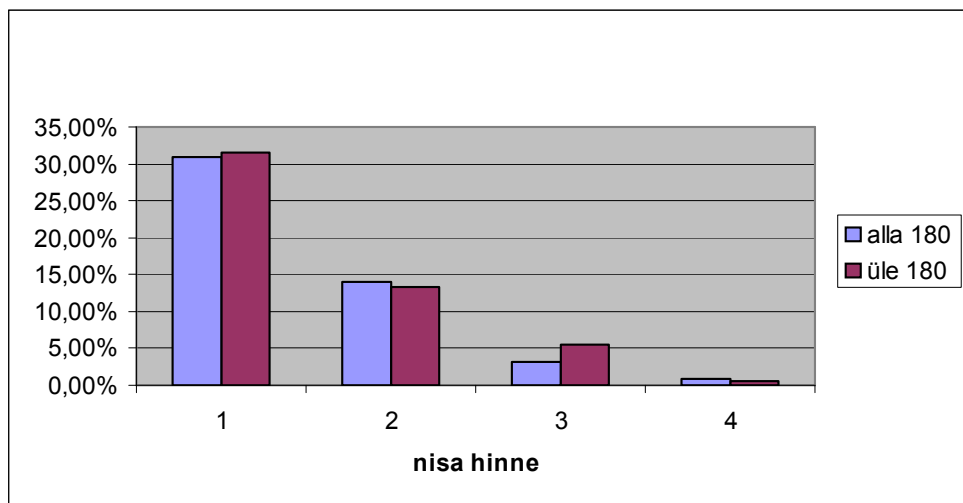
Lüpsiseadme mõjust nisaotsa hindele

Pulsatsioonitsükli sulgumisfaasi (c faas) mõju nisaotsa hindele ja somaatiliste rakkude arvule (SRA)

Piimavoolule avaldab otsest mõju lüpsiriista raskus, vaakumi tugevus, pulsisagedus, taktisuhe jm. (Leola 2001). Halb lüpsimasina kasutus võib viia nisaotsa ummistuseni, mis toob kaasa epiteelikohe vigastused.

Pulsatsioonitsükli sulgumisfaasis c algab atmosfääriõhu sissevool nisakannude vahelkambrisse ja jõuab normaalarõhuni.

Katse perioodil testiti kõik pulsaatorid (kokku 29), millega lüpsiti uuritavaid loomi. Pulsaatorite vaakumi pulsatsiooni c faasi mõõtmised jäid vahemikku 121 – 283 millisekundit. Võttes aluseks keskmise näitaja 180 millisekundit, selgus et pulsatsioonitsükli sulgumisfaasi pikkus ei mõjutanud nisaotsa hinnet $P = 0,2701$ (joonis 1).



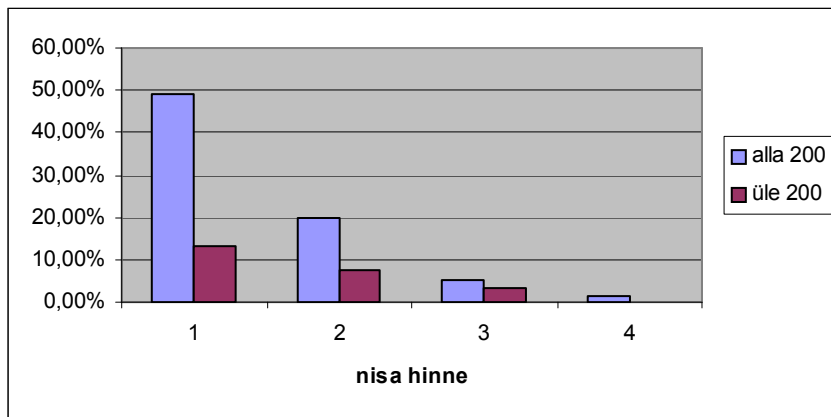
Joonis.1. Sulgumisfaasi mõju nisaotsa hindele

Oluliselt erines ($P = 0,0048$) SRA kui c faasis pikkus oli alla 180 millisekundi, (keskmine SRA= 337 000/ml), või üle 180 millisekundi (keskmine SRA = 296 000/ml). SRA tõus võis lühema c faasi korral olla tingitud sellest, et atmosfääriõhu sissevool vahelkambrisse oli liiga kiire, põhjustades järsku nisakummi kokkutõmmet normaalarõhuni jõudes. Soovituslik parameeter pulsatsioonitsüklist c faasile on 10%.

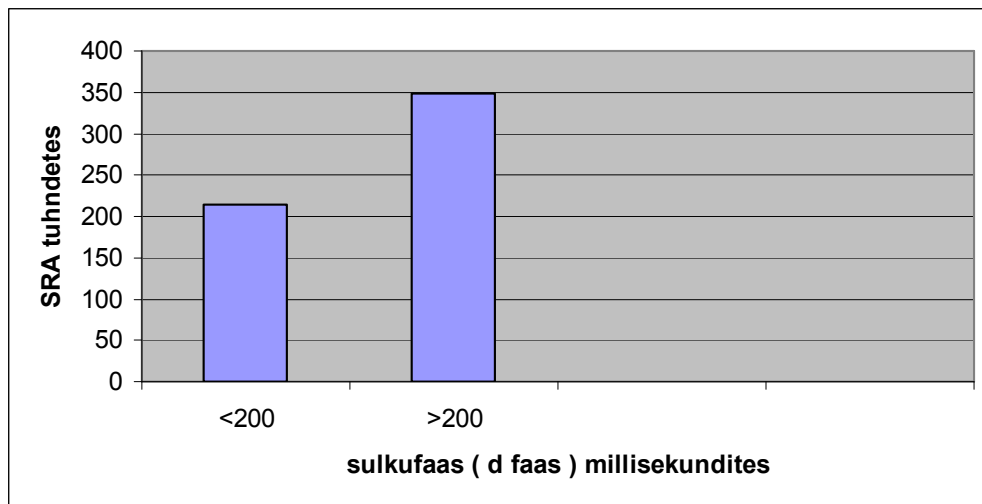
Pulsatsioonitsükli sulkufaasi (d faas) mõju nisaotsa hindele ja somaatiliste rakkude arvule

Sulkufaas on pulsatsioonitsükli suletud faasis normaalarõhul viibitud aeg. Testitud pulsaatorite vaakumi pulsatsiooni d faaside vahemikud olid 104 - 381 millisekundit (soovituslikuks peetakse 180 – 220 millisekundit).

Võttes aluseks keskmise näitaja 200 millisekundit ilmnes, et nisaotsa hinnet mõjutas ($P=0,014$) see, kas d faas oli alla 200 või üle 200 millisekundit. Seega võib väita, et nisahinnet halvemuse suunas mõjutab liiga pikk pulsatsioonitsükli d faas.



Joonis. 2. Pulsatsioonitsükli d faasi mõju nisaotsa hindele



Joonis. 3. Sulkufaasi mõju somaatiliste rakkude arvule

Sulkufaasi mõjutas oluliselt piima somaatiliste rakkude arvu ($P<0,0001$). Üle 200 millisekundit puhul oli keskmine SRA 348 000/ml ja kestusega alla 200 millisekundit oli keskmine SRA 214 000/ml (joonis 3).

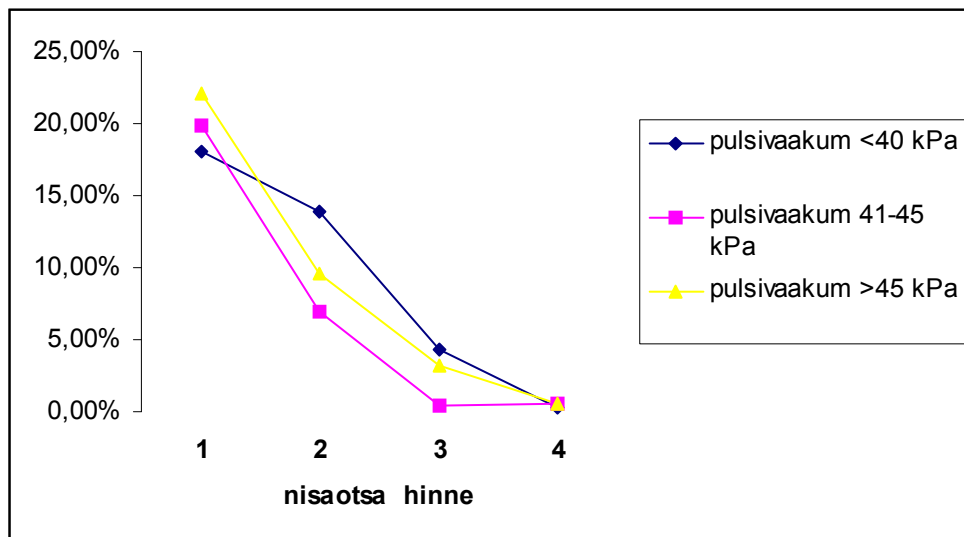
Pulsatsioonitsükli c ja d faas koos moodustavad pigistustakti, mõjudes nisadele massaažiefektina ja selle efektiivsus sõltub osaliselt selle kestusest. Efektiivsus sõltub vaakumist imemiskambris ja nisakummi jäikusest. Seega saab väita, et d faasi kestvus on üks nisaotsa mõjutavatest faktoritest.

Pulsivaakumi mõjust nisaotsa hindele ja somaatiliste rakkude arvule

Mõõtmisel esines pulsivaakumit 30 - 50,5kPa. Lüpsigrupi siseselt jäid pulsivaakumid kasutatavates pulsaatorites ühtlasele tasemele.

Pulsivaakum mõjutas oluliselt ($P<0,001$) nisaotsa keskmist hinnet. Kõige rohkem esines nisaotsa hinnet 2 (13,95%) ja 3 (4,36%) vaakumklassiga alla 40 kPa. Sarnane tendents oli pulsivaakumiga üle 45 kPa (joonis 4).

Parajalt tugev pulsivaakum tagab kiire udara tühjenemise optimaalse lüpsiajaga. Optimaalseks peetakse imemiskambris 40 kPa, mis tagab nisaajuha täieliku avanemise. Seega võime väita, et pulsivaakum alla 40 kPa ja üle 45kPa hakkab mõjutama oluliselt nisaotsa hinnet.

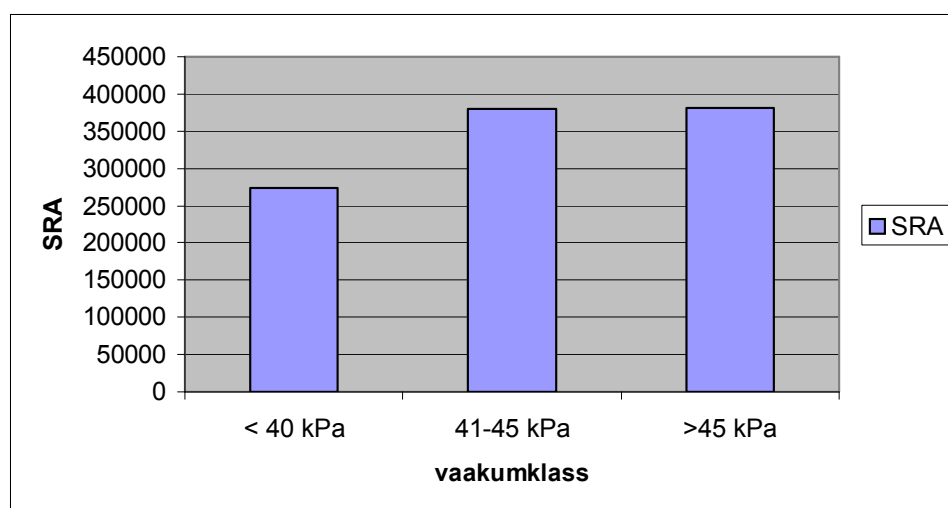


Joonis 4. Vaakumi mõju nisa hindele

Vaakumi mõju piima somaatiliste rakkude arvule (SRA)

Katses võrreldi erinevate pulsivaakumite mõju SRA. Esimesel ja teisel nisaotste hindamisel võeti paralleelset piimaproove SRA määramiseks. Kokku kahel mõõtmisel 826 proovi. Analüüsi tulemusena selgus, et erinevate vaakumklasside puhul oli SRA oluliselt ($p < 0,0001$) erinev ning seega vaakumklass mõjutab somaatiliste rakkude arvu (joonis 5).

Liiga kõrge vaakum lüpsi ajal põhjustab nisa tursumist ning soodustab nisas põletiku teket Zeccon (1992), Ebendorf ja Ziesack (1991); Kalmus (2001).



Joonis 4. Vaakumi mõju piima SRAle

III SOOVITUSED PIIMATOOTJALE

- Aastaringselt ühtlaselt stabiilse koostise ja heade laapumisomadustega piima tootmiseks tuleb vältida loomade sesoonset poegimist.
- Farmides, kus piim läheb juustutootmiseks tuleks loomade valikul eelistada neid:
 - kellel on geneetiliselt kõrge piima valgusisalduse aretusväärtus/põlvnemisindeks;
 - kes, on κ -kaseiini B alleeli kandjad või vältida neid, kes kannavad κ -kaseiini E alleeli.
 - karjas kasutatavate pullide valikul eelistada kõrge piima valgusisalduse potentsiaaliga ja/või κ -kaseiini B alleeli kandjaid.
- Piima heade laapumisomaduste saavutamiseks tuleb söötmise võtetega tagada piima kõrge valgusisaldus.
 - Ratsiooni energeetilise tiheduse, samuti jõusööda osatähtsuse suurendamine ratsiooni kuivainest suurendavad piima valgusisaldust ja parandavad laapumisomadusi.
 - Piima laapumisomadusi silmas pidades tuleks vältida madala niiskuse- ning suure proteiini- ja ammoniaagisisaldusega silo söötmist lehmadele. Ammoniaak, mida vatsa mikroorganismid ei suuda ära kasutada, nihutab organismi happe-aluse tasakaalu alkaalsuse suunas.
- Masinlüpsile esitatavate nõuete järgimine on üks viis vähendamaks piima somaatiliste rakkude arvu.
- Korralik udara ettevalmistus lüpsiks tagab udara kiire tühjenemise, vähendab tühilüpsi vahetult peale aparatuuride allapanekut ning samuti vähendab nisaotste kahjustusi.
- Soovitav oleks igapäevases praktilises töös aeg ajalt hinnata nisaotsi peale lüpsiaparatuuride eemaldamist.