

MINERAALAINED PIIMAS

I. Kübarsepp, M. Henno, O. Kärt, A. Karus

Piim ja piimatooted on ühed kõige olulisemad kaltsiumi, fosfori ja magneesiumi allikad meie toidus. Piimas leiduvad mineraalained on inimesele hästi omastatavad. Eestis ei ole toidus probleemiks mitte valgu puudus nagu arengumaades, vaid sarnaselt arenenud riikidega eeskätt kaltsiumi ja vitamiinide vähesus. Piim ja piimatooted peaksid rahuldama 75% kaltsiumi, 35% fosfori ja 20% magneesiumi igapäevasest vajadusest (Karelson jt., 1997). Mitmete uuringute põhjal on selgunud, et piimatoodete tarbimine Eestis on vähenenud ja toiduga ei saada vajalikku hulka mineraalaineid (Pällin, Lepiku, 1998; Kolk, Veeroja, 2000).

Kaltsiumil on meie organismis vaja täita palju funktsioone (Zilmer jt., 1996):

- luude ja hammaste moodustamine;
- paljude hormonaalsete signaalide toime vahendamine;
- osalemine lihastöös;
- osalemine vere hüübimisel;
- osalemine vitamiin D metabolismis;
- mitmete ensüümide aktiveerimine;
- osalemine vere osmootse rõhu tagamisel koos NaCl-ga.

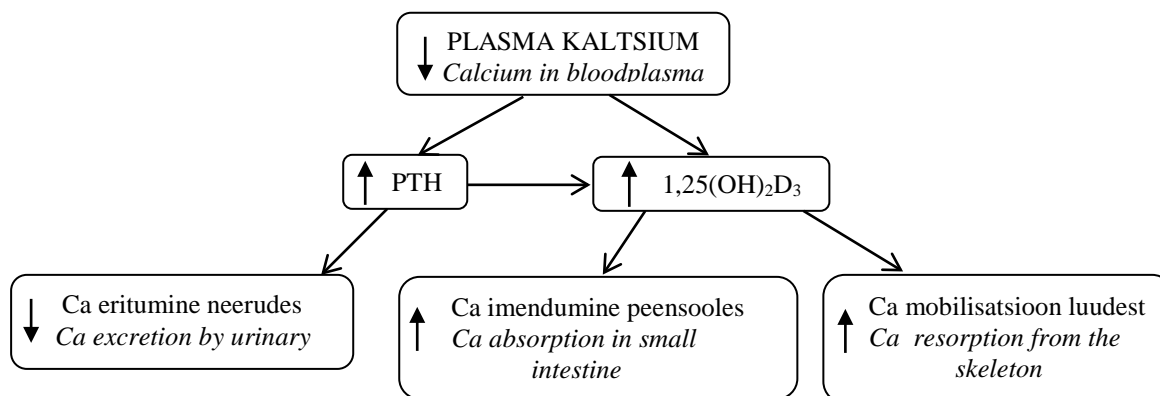
Kaltsiumil ja fosforil on ka oluline roll mitmete raskete haiguste nagu osteoporoosi, hüpertoonia, jämesoolevähi ning neerukivide tekke riski vähendamisel.

Organismi vajaduste paremaks rahuldamiseks, on oluline, et toorpiim sisaldaks võimalikult palju kaltsiumi ja teisi mineraalaineid. Lisaks sellele avaldavad juba väikesed kõikumised piima mineraalainete sisalduses, eriti kaltsiumi, fosfori ja tsitraadi osas, suurt mõju piima tehnoloogilistele omadustele (Fox, McSweeney, 1998).

Kaltsiumi ja fosfori sekretsioon piima. Enamik piima kaltsiumist ja fosforist on seotud kaseiiniga. Vähem kui üks kolmandik kaltsiumist on seotud anorgaaniliste anioonidega, põhiliselt tsitraadi ja fosfaadiga. Kaltsium ja fosfor eritatakse piima põhiliselt piimanäärme raku Golgi kompleksi eksotsütoosi kaudu. Kaltsiumi assotsieerumine kaseiiniga on oluline mitselli moodustumiseks. Stabiilne kaseiini mitsell moodustub, kui kaltsiumi kontsentratsioon ületab 1,4 mM. Enamikus rakkudes on kaltsiumi kontsentratsioon väiksem kui 1 μ M. Kaltsiumi kontsentreerimine toimub Golgi kompleksiga ühenduses olevas endoplasmaatilises retiikulumis. IP₃ (inositool-1,4,5-trifosfaat) initsieerib kaltsiumi vabanemise kaltsiumikanalite kaudu ja kaltsiumi kontsentratsiooni enam kui 1000-kordse tõusu. Kaltsium omakorda aktiveerib Ca-sõltuva kaseini kinaasi (Lehninger jt., 1993; Zilmer jt., 1996). On teada, et tsütoplasma kaltsiumi kontsentratsiooni tõus stimuleerib piima sekretsiooni. Oletatakse, et piima sekretsioon piimanäärmes on reguleeritud Golgi aparati transporditud kaltsiumi hulga (Newille jt., 1983). Piima sünteesil vajaminevad mineraalained saadakse verest.

Kaltsiumi ja fosfori imendumine. Kaltsiumi tase organismis on reguleeritud kolme organi koostöös (Zilmer jt., 1996):

- peensooles toimub kaltsiumi imendumine,
- neerudes sünteesitakse vitamiin D hormonaalne vorm 1,25-dihüdroksükolekaltsiferool (1,25(OH)₂D₃) ja kaltsium ning fosfaatioon reabsorbeeritakse,
- luud on kaltsiumi reserviks organismile.



Joonis 1. Vastused kaltsiumi taseme langusele vereplasmas
Figure 1. Answers to decreasing of calcium level in bloodplasma

Kaltsiumi ja fosfori metabolismid on omavahel tugevasti seotud ja seda reguleerivad kilpnäärme sünteesitud parathormoon (PTH), kaltsitoniin ja $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$. PTH koostöös $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ -ga suurendab kaltsiumi imendumist peensooles, aidates kaasa kaltsiumi siduva valgu sünteesile, vähendab eritumist neerude kaudu, suunab luudest kaltsiumi verre (vt. joonis 1) ja samaaegselt suurendab fosfori eritumist neerude kaudu. Kaltsiumi kontsentratsiooni tõustes veres väheneb PTH süntees. Kaltsitoniini toime kaltsiumi metabolismile on vastupidine PTH-le.

Antibiootikumid, mida kasutatakse loomade raviks, võivad moodustada seedetraktis kaltsiumi ja teiste kahevalentsete ioonidega kelaate, mis takistavad nii antibiootikumide kui ka kaltsiumi imendumist. Ka kiul on võime siduda kahevalentseid ioone ja takistada nende imendumist (Spallholtz, 1989).

Piima mineraalainete sisaldust mõjutavad tegurid. Mineraalainete sisaldus piimas ei varieeru suuresti, kuna see on määratud mitmete faktorite poolt (Fox, McSweeney, 1998):

- piim on elektriliselt neutraalne;
- piim on isotooniline verega, selle tulemusena on korrelatsioon laktoosi, Na^+ , K^+ , ja Cl^- kontsentratsioonide vahel;
- kaseiini mitsellide moodustumiseks vajatakse kaltsiumfosfaadi komplekseerumist kaseiiniga.

Piima mineraalainete sisaldust mõjutavad:

- tõug,
- laktatsiooni järk, sesoonsus,
- udara tervislik seisund,
- söötmine.

Tõu mõju. Foxi ja McSweeney (1998) andmetel on holsteini tõugu lehmade piimas rohkem naatriumi ja kloriidioone, aga vähem kaltsiumi ja fosforit võrreldes dzörši tõuga. Äärširi tõugu lehmade piimas on rohkem magneesiumi ja kaltsiumi kui holsteini tõul (Fisher jt., 1970).

Laktatsiooni järgu ja sesooni mõju. (Fisher jt., 1970; Koegh jt., 1982; O'Brien jt., 1999). Naatriumi hulk piimas suureneb laktatsiooni kestel. Kaaliumisisaldus väheneb laktatsiooni jooksul. Samuti on täheldatud Ca-sisalduse vähenemist laktatsiooni kestel. Fosfori ja kloriidiooni sisaldus on olnud kõrgem laktatsiooni alguses ja lõpus. Kaltsiumi tase piimas on muutunud ka sesoonselt. Ca sisaldus piimas on olnud suurem talvel, kui lehmad on laudas. Ioonset kaltsiumi on olnud tunduvalt rohkem detsembris ja jaanuaris. Magneesiumisisaldus on olnud samuti suurem talvel. Tsitraadisaldus on vähenenud aprillis lehmade karjamaale minekuga ja hakanud taas kasvama juulis, kui rohu kiudainesaldus on tõusnud. Mangaani-, koobalti- ja vasesisaldus talvel ja suvel oluliselt ei erine. Ka krooni-, raua-, molübdeeni-, nikli- ja tsingisisalduste kõikumistes ei ole täheldatud kindlat tendentsi. Joodi on piimas aga talvel tunduvalt rohkem ($510 \pm 66 \mu\text{g/l}$) kui suvel ($180 \pm 51 \mu\text{g/l}$).

Mastiidi mõju. Mastiidahaige lehma piimas on võrreldes terve looma piimaga tunduvalt rohkem klooriidioone ja naatriumi. Mastiidi korral on udara epiteeli läbilaskvus suurenenud ja piima mineraalainete koostis sarnaneb verega. Kaaliumi ja kaltsiumi tasemes Aulditi jt. (1995) andmetel olulisi muutusi ei esine. Harmoni (1995) andmetel on aga mastiidahaige lehma piima kaltsiumisisaldus tunduvalt väiksem kui tervel loomal. See on tingitud kaseiini sünteesi vähenemisest.

Lüpsikordade mõju. Mineraalainete sisaldus piimas on suurem, kui lehma lüpsatakse vähem kordi päevas. Samas väheneb aga päevane toodang, ka koostiscomponentide osas (Lacy-Hulbert jt., 1999).

Söötmise mõju. Tsitraadi sisaldus piimas väheneb koresööda koguse vähenedes (Fox, McSweeney, 1998). Fisheri jt. (1994) uurimuste järgi väheneb kaltsiumi imendumine ja sekretsioon piima kaaliumi osakaalu suurendamisel söödas. Kaaliumisisalduse suurendamisel söödaratsioonis vähenes piimatoodang vastavalt tabelis 1 esitatud andmetele.

Fisheri ja Batesi (1986) andmetel korreleeruvad piima kaltsiumi-, magneesiumi- ja fosforisisaldused negatiivselt sööda happedetergentkiuga ning positiivselt sööda proteiinisaldusega. Odra baasil valmistatud jõusööda söötisel lehmadele täheldati suuremat piima kaltsiumisisaldust kui kaera baasil valmistatud jõusööda söötisel.

Mittevalgulise lämmastiku sisalduse suurenemine söödaratsioonis avaldab positiivset mõju piima kaseiinisaldusele, kuid Todorova (1998) väitel vähenes selle mõjul kaltsiumi kontsentratsiooni piimas.

Tabel 1. Sööda kaaliumisisalduse mõju piima toodangule ja koostisele (Fisheri jt. 1994)
Table 1. Influence of level of dietary potassium on milk yield and composition (Fisher et al., 1994)

Piim Milk	Kaaliumisisaldus sööda kuivaines Level of dietary potassium in DM		
	1,6%	3,2%	4,6%
Toodang, kg päevas / Yield, kg d ⁻¹	31,6	31,5	29,8
Rasv / Fat, %	3,60	3,72	3,79
Valk / Protein, %	3,24	3,26	3,23
Kaalium / Potassium, g/kg	1,64	1,63	1,54
Naatrium / Sodium, mg/kg	444	449	428
Kaltsium / Calcium, g/kg	1,22	1,08	1,06
Magneesium / Magnesium, mg/kg	9,6	9,7	9,5
Som. rakud, tuh/ml / SCC, 10 ³ cells mL ⁻¹	85	126	212

Katse lühimetoodika. Eestis on siiani vähe uuritud piima mineraalainete sisaldust ja seda mõjutavaid tegureid. LKI piimanduslaboratooriumis läbiviidavate katsete eesmärgiks on uurida, millised faktorid mõjutavad piima kaltsiumi- ja fosforisisaldust piimas ning jälgida nende mineraalainete sisalduse sesoonset muutumist.

Piimaproove kogutakse AS Põlula katsefarmist kaks korda kuus aastaringelt. Põlula katsefarmis on moodustatud lehmadest viis katsegruppi: kolm eesti holsteini tõugu (mustakirju kõrgeima, mustakirju keskmise ja punasekirju kõrgeima aretusväärtusega) rühma, eesti punast tõugu kõrgeima aretusväärtusega rühm ja eesti maatõugu kõrgeima aretusväärtusega rühm. Igast grupist on valitud erineva piima valgusisalduse alusel viis lehma, kellelt piimaproove kogutakse. Määratakse kaltsiumi- ja fosforisisaldused piimas ning kasutatakse jõudluskontrolli andmeid piima valgu-, rasva-, laktoosi-, karbamiidi- ja soomatiiliste rakkude sisalduse kohta. Piima kaltsiumisisaldus määratakse titrimetriliselt, kasutades IDF standardit 36A:199. Piima fosforisisaldus määratakse spektromeetriliselt IDF standardi 42B:1990 järgi.

Ülevaate saamiseks Eesti Vabariigi üldisest piima kaltsiumi- ja fosforisisalduse tasemetest kogutakse toorpiimaproove kord kuus aasta jooksul viiest piimatööstusest. Sama tihedalt määratakse kaltsiumi- ja fosforisisaldused kaheksas erinevas tarbijani jõudvas linnapiimas (2,5%).

Esimesed katsetulemused on juba saadud. Need avaldatakse edaspidi koos andmeanalüüsiga.

Kirjandus

- Auldist, M. J., Coats, S., Rogers, G. L., McDowell, G. H. Changes in the composition of milk from healthy and mastitic dairy cows during the lactation cycle. – Australian J. Exp. Agric., vol. 35, p 427...436, 1995.
- Fisher, L. J., Bates, D. The relationships between mineral elements and quality factors in forages. – Can. J. Anim. Sci., vol. 66, p. 1198, 1986.
- Fisher, L. J., Dinn, N., Tait, R. M., Shelford, J. A. Effect of level of dietary potassium on the absorption and excretion of calcium and magnesium by lactating cows. – Can. J. Anim. Sci., vol. 74, p. 503...509, 1994.
- Fisher, L. J., Macintosh, A. I., Carson, R. B. Effects of *ad libitum* versus restricted intake of concentrate and stage of lactation on the mineral content of cow's milk. – Can. J. Anim. Sci., vol. 50, p. 121...127, 1970.
- Fox, P. F., McSweeney, P. L. H. Dairy Chemistry and Biochemistry. – Chapman & Hall, 1998.
- Harmon, R. Mastitis and milk quality. – Milk Quality. Ed. by Harding F. – Chapman & Hall, 1995, p. 25...39.
- IDF Standard 36A:199 – Milk. – Determination of calcium content. – Titrimetric method.
- IDF Standard 42B:1990 – Milk. – Determination of total phosphorus content. – Spectrometric method.
- Karelson, M., Teesalu, S., Tammisto, A. Piimast ja Eesti piimandusest. – Tartu, 1997. – 91 lk.
- Koegh, M. K., Kelly, P. M., O'Keefe, A. M., Phelan, J. A. Studies of milk composition and its relationship to some processing criteria. – Ir. J. Fd. Sci. Technol., vol. 6, p. 13...27, 1982.
- Kolk, K., Veeroja, P. Piimatooted Eesti laste toidus. – Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi toimetised 12, lk. 27...30, 2000.
- Lacy-Hulbert, S. J., Woolford, M. W., Nicholas, G. D., Prosser, C. G., Stelwagen, K. Effect of milking frequency and pasture intake on milk yield and composition of late lactation cows. – J. Dairy Sci., vol. 82, p. 1232...1239, 1999.
- Lehninger, A. L., Nelson, D. L., Cox, M. M. Principles of Biochemistry. Second edition. – New York, 1993.
- Newille, M. C., Allen, J. C., Watters, C. The Mechanism of Milk Secretion. – Lactation: Physiology, Nutrition and Breastfeeding. ed by Newille M.C., Neifert M.R. – Plenum Press, New York, 1983, p. 49...102
- O'Brien, B., Mehra, R., Connolly, J. F., Harrington, D. Seasonal variation in the composition of Irish manufacturing and retail milks. – Irish Journal of Agricultural and Food Research, vol. 38, p. 87...99, 1999.

- Pällin, R., Lepiku, T. Üliõpilaste toidu tasakaalustatusest. – Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi toimetised 7, lk. 87...90, 1998.
- Spallholz, J. E. Nutrition: Chemistry and Biology. – Prentice Hall, New Jersey, 1989. – 288 p.
- Todorova, D. Influence of the diet and season alteration on the cow's milk composition and properties. – Bulgarian Journal of Agricultural Science, vol. 4, p. 525...530, 1998.
- Zilmer, M., Karelson, E., Vihalem, T. Meditsiiniline biokeemia I. Biomolekulid: biokeemilised ja meditsiinilised aspektid. – Tartu, 1996.

Minerals in Milk

I. Kübarsepp, M. Henno, O. Kärt, A. Karus

Summary

Milk is a significant source of many minerals required for normal growth and development, for the maintenance of normal body functions, and metabolism throughout the life cycle.

Control of calcium absorption is achieved by parathyroid hormone (PTH) and the physiologically active form of vitamin D₃ 1.25 dihydroxycholecalciferol (1.25(OH)₂D₃). Calcium and phosphate excretions into milk mainly take place through the exocytosis of the Golgi vesicles. The casein is phosphorylated in the Golgi apparatus and calcium is ion-bound to the casein's phosphate groups (Newille et al., 1983).

Three factors must be considered when discussing the milk salts system:

- the need to maintain electrical neutrality;
- the need to maintain milk isotonic with blood;
- the need to form casein micelles which puts constraints on the pH and [Ca²⁺] and requires a complexation of calcium phosphate with casein.

The composition of milk salts is influenced by a number of factors, including breed, individuality of the cow, stage of lactation, season of the year, mastitic infection and feed (Fox, McSweeney, 1998). Milk Ca content was lower for cows fed with medium and high K level in diets, as compared to those fed with low K diet (Table 1) (Fisher et al. 1994). The Ca content in milk was significantly larger when the barley-based compared with the oat-based concentrate was fed (Fisher et al. 1970). The use of barley-based concentrate in feed resulted in significantly larger content of Ca in milk, as compared to that of oat-based concentrate.

Relatively small changes in the concentrations of milk salts, especially of Ca, P and citrate, have significant effect on the processing characteristics of milk. The milk minerals have been not intensively studied in Estonia. At the Dairy Laboratory of the Institute of Animal Science of Estonian Agricultural University since January 2001 the concentrations of calcium and phosphor in milk have been regularly determined. The data obtained and collected will be used in the studies on the factors influencing the contents of minerals in milk.