

PIIMA LAAPUMIST MÕJUTAVAD TEGURID

Kirjanduse ülevaade

K. Mihhejev, O. Kärt, M. Henno

Sissejuhatus

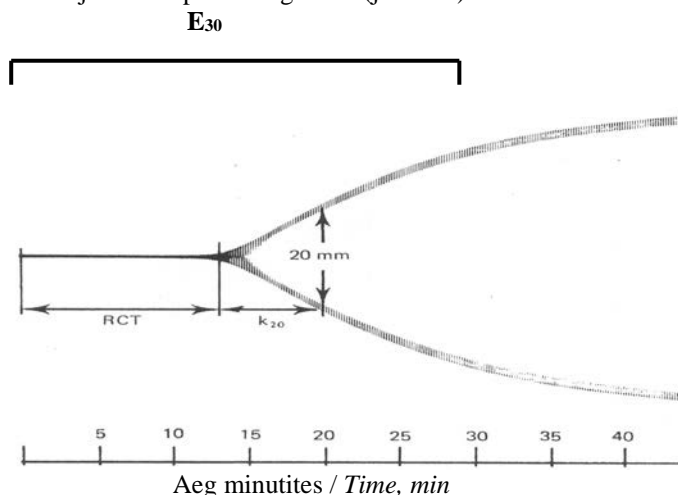
Piimatoodete mitmekesisel reas on juustul eriline koostis. Ta sisaldab kontsentreeritult suurema osa piima väärtuslikest koostisainetest, mida on võimalik säilitada kuid ja isegi aastaid. Juustu suur populaarsus tarbijaskonna hulgas tuleneb tema headest maitseomadustest ja laialdasest kasutusvaldkonnast. Rahvusvahelise Piimandusföderatsiooni andmetel (IDF, 1999) suureneb juustu tarbimine aastas keskmiselt 1,5%, USA-s isegi 2%. Soomes kasvas juustu kodune tarbimine üheksakümnendatel aastatel ligi 20%, kusjuures käesoleval ajal töödeldakse Soomes varutavast piimast juustuks 40%. Eestis töödeldi 2000. aastal varutavast piimast juustuks ligikaudu 24%.

Mitmetes riikides on täheldatud aretustöö tulemusena suurenenud piimatoodangu kasvuga kaasnevat piima laapumisomaduste halvenemist ja halvasti laapuvat piima tootvate lehmade osakaalu suurenemist karjas. Arusaadavalt tehakse suuri jõupingutusi piima laapumisomaduste parandamiseks, kuna see on võtmeküsimus juustutootmise efektiivsuse suurendamisel.

EPMÜ Loomakasvatuse instituudi piimanduslaboratooriumis alustati käesoleval aastal uurimistööd, mille esimese etapi ülesandeks on selgitada järgmiste faktorite mõju piima laapumisomadustele: tõug, laktatsiooni järk, sesoonsus, piima pH, somaatiliste rakkude arv, söödaratsioon.

Piima laapumisomadusi iseloomustavad näitajad

Piima ensümaatiline koagulatsioon e. laapumine on kolmest üksteisega seotud etapist koosnev protsess (Brown, Ernstrom, 1988), mida kirjeldab laapumisdiagramm (joonis 1).



Joonis 1. Piima laapumisdiagramm ja diagrammilt mõõdetavad piima laapumist iseloomustavad parameetrid: **RCT** – piima laapumise aeg; **K₂₀** – kalgendi moodustumise intensiivsus, **E₃₀** – kalgendi maksimaalne tugevus 30 minutit pärast laapensüümi lisamist

Figure 1. Diagram produced by a milk-coagulation meter, and the three milk-coagulation parameters calculated from the diagram: **RCT**, milk coagulation time; **K₂₀**, curd-firming time; **E₃₀**, maximum curd firmness 30 min after addition of the clotting enzyme

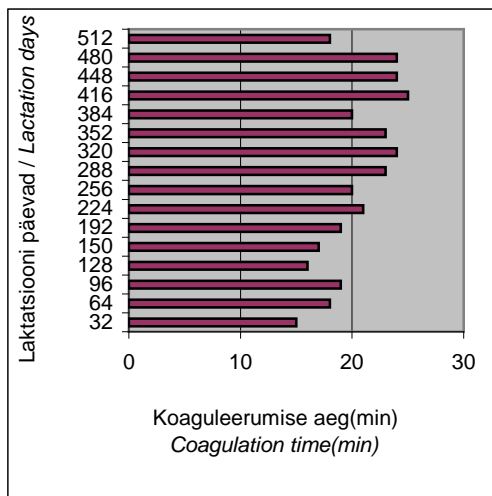
Esimese ensümaatilise etapi jooksul (RCT joonisel 1) lõhub kümosiin (vasika maost eraldatud laapensüüm) κ -kaseiini Phe₁₀₅-Met₁₀₆ vahelise sideme, mille tulemusel moodustub kaks ebavõrdset fragmenti: fragment 1-105 – para- κ -kaseiin; fragment 106-169 – kaseiin-makropeptiid. Kaseiin-makropeptiid vabaneb ja läheb seerumisse. Para- κ -kaseiin koos α_s - ja β -kaseiini fraktsioonidega jäävad kaseiin mitselli (Brown, Ernstrom, 1988). Teine, mitte-ensümaatiline koagulatsiooni etapp algab enne, kui kogu κ -kaseiin on lõhustunud. Koagulatsiooni kolmandas etapis moodustab kaseiini mitsell nõrgema või tugevama kalgendi. Kalgendi moodustumise intensiivsus (K₂₀) iseloomustab aega kalgendi moodustumise algusest kuni ajani, mil kalgend on küllalt tugev lõikamiseks. Kalgendi maksimaalne tugevus (E₃₀) iseloomustab kalgendi tugevust 30 minutit pärast laapensüümi lisamist. Piima laapumisomadusi mõõdetakse 30 kuni 40 minuti jooksul, sest enamikus juustutööstustes toimub kalgendi lõikamine 30 minutit pärast laapensüümi lisamist (Ikonen, 2000).

Piima laapumisomadused, mida kirjeldavad diagrammilt mõõdetavad parameetrid, mõjutavad oluliselt juustu valmistamise tehnoloogilist protsessi ja juustu omadusi. Piimast, mille kalgendumine algab varsti pärast laapensüümi lisamist ja mis moodustab tugeva kalgendi optimaalse ajaga, saadakse suurema kuivainesisaldusega

juust kui halbade laapumisomadustega piimast (Riddell-Lawrence, Hicks, 1989; Ikonen, 2000). Mida kiiremini piim kalgendub, seda suurem on kuivaine väljatulek, seda rohkem kaseiini ja rasva seotakse kalgendisse enne selle lõikamist. Kaseiin ja rasv moodustavad umbes 90% juustu kuivainest, seega mida rohkem kaseiini ja rasva läheb vadakusse, seda väiksem on juustu väljatulek. (Ng-Kwai-Hang, 1990).

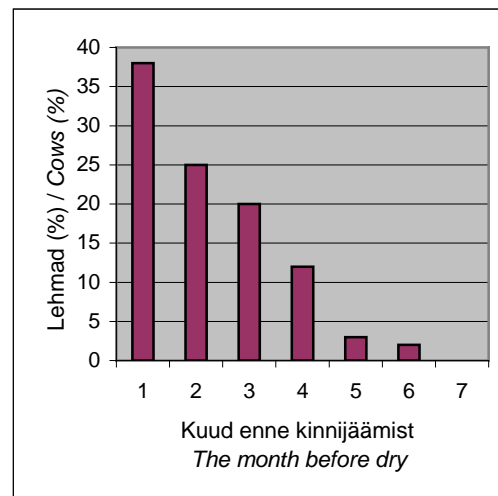
Piima laapumisomadusi mõjutavad tegurid

Laktatsiooni järk ja sesoonsus. Laktatsiooni järgu ja sesoonsuse mõju piima laapumisomadustele tuleneb peamiselt nii kvalitatiivsetest kui ka kvantitatiivsetest muutustest piima koostises. Okigbo jt. (1985) andmetel pikeneb piima laapumise aeg (RCT) laktatsiooni jooksul samaaegselt piimatoodangu vähenemisega (joonis 2). Esimesel kolmel laktatsioonikuul oli RCT suhteliselt lühike (6–12 min.), kuid kalgend tugevnes aeglaselt. Laktatsiooni keskel (3...6. kuu) RCT pikenes (9...17 min.), kalgend tugevnes aga kiiremini kui laktatsiooni alguses. Laktatsiooni lõpukuudel (7...10. kuu) pikenes RCT kuni 25 minutini ja moodustunud kalgend oli väga nõrk või ei moodustunud 30 minuti jooksul üldse. Viimasel laktatsioonikuul ei kalgendunud 38% lehmade piim (joonis 3).



Joonis 2. Piima RCT sõltuvus laktatsiooni järgust (Okigbo jt., 1985)

Figure. 2. Variations in coagulation time with stage of lactation of individual cow milk samples



Joonis 3. Piimad mis ei kalgendunud viimastel laktatsiooni kuudel (Okigbo jt., 1985)

Figure. 3. Milk samples that did not coagulate for several consecutive months before the end of their lactation period

Ikonen jt. (1999) andmetel on piima laapumisomadused parimad esimesel poegimisjärgsel kuul, hakkavad seejärel langema, kuid paranevad uuesti alates üheksandast kuust (>240 päeva pärast poegimist). Schaari (1984) andmetel ei mõjuta laktatsiooni järk piima laapumisomadusi.

Et Okigbo jt. (1985) uurimuses langes enamikul lehmadest laktatsiooni keskepaik suve- ning lõpp talvekuudele, siis leiavad autorid, et ühesugune laapumise aeg jaanuarist märtsini (joonis 3) võib olla põhjustatud aastaaja ja laktatsiooni järgu vahelisest interaktsioonist. Sesoonsuse ja laktatsiooni järgu vahelisest interaktsioonist võivad olla põhjustatud ka erinevused laktatsiooni järgu ja piima laapumisomaduste vahelisi seoseid käsitlevates uurimustes (Ikonen jt., 1999).

Piimavalkude geneetiline polümorfism. Ülevaateartiklis piimavalkude geneetilise polümorfismi mõjust piima toodangunäitajatele (väljalüpsi koostis) ja tehnoloogilistele omadustele märgib Grosclaude (1995), et neljakümne aasta uurimisöö tulemusena on üldist kinnitust leidnud kaks seisukohta:

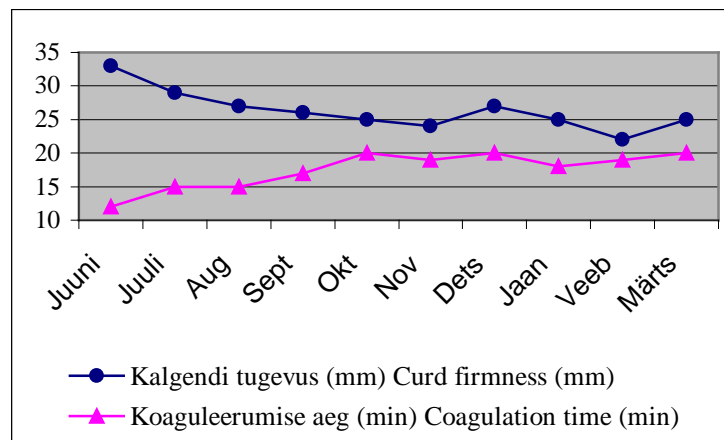
- β -laktoglobuliini A-alleeliga kaasneb piima suurem β -laktoglobuliini sisaldus ja väiksem kaseiinisisaldus kui B-alleeliga,
- võrreldes κ -kaseiini A-alleeliga lühendab B alleel piima laapumise aega ja parandab kalgendi omadusi, muutes seega piima juustutootmisele sobivamaks.

Mitmed uurimused (Ng-Kwai-Hang, 1990; Lodes jt., 1996; Ikonen jt., 1999) kinnitavad piimavalkude geneetilise polümorfismi otsest mõju piima laapumisajale ja kalgendi omadustele. Lodesi jt. (1996) andmetel on statistiliselt oluline seos α_{s1} -kaseiini, β -kaseiini ja κ -kaseiini genotüüpide ja piima laapumisaja (RCT) ning kalgendi tugevuse vahel.

Piimavalkude geneetilise polümorfismi otsest mõju juustutootmise efektiivsusele iseloomustavad uuringud, kus käsitletakse piimavalkude polümorfismi seoses juustu väljatulekuga. Itaallased uurisid κ -kaseiini polümorfismi mõju Parmesani juustu väljatulekule. Selgus, et κ -kaseiini B-alleel suurendas juustu saagist

võrreldes A-alleeliga 8% võrra. Kanada McDonald kolledžis läbi viidud uuringute põhjal suurendas κ -kaseiini B-alleel võrreldes A-alleeliga Cheddari juustu saagist 5% (Ng-Kwai-Hang, 1990).

Piima laapumisomaduste parandamiseks arvestatakse Itaalias, Šveitsis ja Austrias veiste selektsiooni- ja aretustöös κ -kaseiini B-alleeli esinemissagedust (Ng-Kwai-Hang, 1998).



Joonis 4. Sesooni mõju piima laapumisomadustele
Figure.4. The Season impact on the milk coagulation properties

Mastiit. Mastiit põhjustab nii piima hulga kui koostise muutusi. Veresoonte permeaabluse suurenedes satub piima üha rohkem vere komponente. Suureneb ka piima ensümaatiline ja biokeemiline aktiivsus. Piima biokeemiliste omaduste muutumisega kaasneb füüsiliste omaduste muutumine, näiteks tõuseb tugeva põletiku korral piima pH 6,6-lt üle 7,0. Mastiitse piima muutunud koostis ja omadused mõjutavad ka piima laapumisomadusi – soomaatiliste rakkude arvu suurenemisega kaasneb piima laapumisaja pikenemine ja kalgendi tugevuse vähenemine (Politise, Ng-Kwai-Hang, 1988a). Juustutööstuses põhjustab piima soomaatiliste rakkude arvu suuremine juustu väljatuleku vähenemist. Politise ja Ng-Kwai-Hangi (1988b) andmetel vähendab soomaatiliste rakkude arvu suuremine milliliitris piimas 100 000-lt 500 000-ni juustu väljatulekut ligikaudu 5%, soomaatiliste rakkude arvu suuremine kuni miljonini – 8,7%.

Söödaratsioon. Üleminekuga lüpsilehmade talviselt söödaratsioonilt suvisele karjamaarohule kaasnevad muutused nii piima koostises (suureneb kaseiinisisaldus) kui ka laapumisomadustes (suureneb kalgendi tugevus) (Gradison jt., 1984). Oluline on seejuures ka karjamaa tüüp. Võrreldes raiheinaga suurendab valge ristik nii piima kaseiinisisaldust (suureneb α_s - ja β -kaseiini sisaldus) kui ka kalgendi tugevust (Grandison jt., 1986). Silotüübilise söödaratsiooni mõju selgitamisel piima laapumisomadustele võrdlesid Kreuzer ja Beverborg (1996) kahe erineva söödaratsiooni mõju piima laapumisomadustele. Selgus, et aastaringelt põhisöödana silo saanud lehmade grupi piima laapumisomadused olid oluliselt halvemad kui suveperioodil karjamaarohu saanud grupil. On täheldatud, et Ca ja P defitsiit söödaratsioonis halvendab piima laapumisomadusi (Krylov, 1985).

Kreutzeri jt. (1996) andmetel võimaldab mõõdukas söödaratsiooni kuivaine netoenergia kontsentratsiooni (energeetilise tiheduse) suurendamine (kas jõusööda osatähtsuse suurendamisega või rohusöötade kvaliteedi tõstmisega) parandada peamisi piima laapumisomadusi iseloomustavaid näitajaid 20 kuni 30% ulatuses.

Tõug ja piima pH. Ikoneni (2000) andmetel olid soome friisi tõugu lehmade piima laapumisomadused paremad kui soome äärširi tõugu lehmadel. Karjades, mis tootsid hästi laapuvat piima, oli friisi tõugu lehma 86%, ja halbade laapumisomadustega piima tootvates karjades 18%. Põhjastena toob autor esile tõugudevahelise mittelaapuva piima osakaalu ja piima pH erinevuse. Piima pH olulist mõju laapumisomadustele rõhutavad ka Okigbo jt. (1985) ja Lodes jt. (1996). Kreuzeri jt. (1996) andmetel oli džörsi tõugu lehmade piima laapumise aeg (RCT) 28% lühem ja kalgendi moodustumise intensiivsus (k_{20}) 55% suurem kui holsteini tõugu lehmadel. Piima pH olulist erinevust tõugude vahel Kreuzer jt. (1996) ei täheldanud.

Tehnoloogilised faktorid. Piima laapumisomadusi mõjutavad mitmed tehnoloogilised faktorid nagu kuumtöötlemine, homogeniseerimine, standardiseerimine, laapensüümi tüüp ja aktiivsus, lisatava kaltsiumi kogus, valmistamise aeg ja temperatuur. Oluliselt võivad piima laapumisomadusi mõjutada ka piima farmis säilitamise aeg ja temperatuur. Piima säilitamine pikema aja jooksul madalal temperatuuril suurendab soolade lahustuvust ja kaseiini (peamiselt β -kaseiini) dissotsiatsiooni mitsellist seerumisse (Pierre, Brule, 1981).

Kirjandus

- Brown, R. J., Ernstrom, C. A. Milk clotting enzymes and cheese chemistry. Part I-milk clotting enzymes. Fundamentals of dairy chemistry, 3rd edition, p. 609...633, 1988.
- Grandison, A. Causes of variation in milk composition and their effects on coagulation and cheesemaking. – Dairy Industries International, vol. 51, No. 3, p. 21, 1986.
- Grandison, A. S., Ford, G. D., Millard, D., Owen, A. J. Chemical composition and coagulating properties of renneted milks from cows during early lactation. – J. Dairy Res., vol. 51, p. 407...416, 1984.
- Grosclaude, F. Genetic Polymorphism of milk proteins. – Bulletin of the International dairy federation, No. 304, p. 2...3, 1995.
- IDF. World dairy situation. – Bulletin of the International dairy Federation, No. 339, 1999.
- Ikonen, T., Ahlfors, K., Kempe, R., Ojala, M., Ruottinen, O. Genetic Parameters for the Milk Coagulation Properties and Prevalence of Noncoagulating Milk in Finnish dairy Cows. – J. Dairy Sci., No. 9, p. 205...214, 1999.
- Ikonen, T. Possibilities of genetic improvement of milk coagulation properties of dairy cows. – Academic dissertation, p. 2...3, 2000.
- Kreuzer, M., Von Siebenthal, A. M., Kaufmann, A., Rätzer, H., Jakob, E., Sutter, F. Determination of the relative efficacy to enhance milk renneting properties of alterations in dietary energy, breed and stage of lactation. – Milchwissenschaft, Bd. 51, Nr. 11, S. 633...637, 1996.
- Kreuzer, M., Beverborg, M. Variation im Labgerinnungsverhalten von einzelbetrieblichen Milchmischproben: Einfluss von Herdenniveaueh und ganzjähriger Silagefütterung. – Züchtungskunde, vol. 68, No. 3, p. 200...201, 1996.
- Krylov: Крылов В. М. Справочник по производству молока и говядины. – Лениздат, с. 51, 1985.
- Lodes, A., Buchberger, J., Krause, I., Aumann, J., Klostermeyer, H. The influence of genetic variants of milk proteins on the compositional and technological properties of milk. 2. Rennet coagulation time and firmness of the rennet curd. – 10, S. 543...548, 1996.
- McLean, D. M., Graham, E. R. B., Ponzoni, R. W., McKezie, H. A. Effects of milk protein genetic variants on milk yield and composition. – J. Dairy Res., vol. 51, p. 531...546, 1984.
- Ng-Kwai-Hang, K. F. Protein composition of milk and cheesemaking. – Modern Dairy, Feb, p. 14...15, 1990.
- Ng-Kwai-Hang, K. F. Genetic polymorphism of milk proteins: Relationships with production traits, milk composition and technological properties. – Can. J. Anim. Sci., vol. 78, (Suppl.), p. 131...147, 1998.
- Okigbo, L. M., Richardson, G. H., Brown, R. J., Ernstrom, C. A. Variation in coagulation properties of milk from individual cows. – J. Dairy Sci. vol. 68, p. 822...828, 1985.
- Pierre, A., Brule, G. Mineral and protein equilibrium between the colloidal and soluble phases at low temperatures. – J. Dairy Research, vol. 48, p. 417...428, 1981.
- Politis, I., Ng-Kwai-Hang, K. F. Effects of somatic cell count and milk composition on cheese composition and cheese making efficiency. – J. Dairy Sci., vol. 71, p. 1711...1719, 1988a.
- Politis, I., Ng-Kwai-Hang, K. F. Effects of somatic cell count and milk composition and cheese-yielding capacity. – J. Dairy Sci., vol. 71, p. 1720...1727, 1988b.
- Riddell-Lawrence, S., Hicks, C. L. Effect of curd firmness on stirred curd cheese yield. – J. Dairy Sci., vol. 72, p. 313...321, 1989.
- Schaar, J. Effects of κ -casein genetic variants and lactation number on the renneting properties of individual milks. – J. Dairy Res., vol. 51, p. 397...406, 1984.

The Factors Affecting Milk Coagulation Properties – A Review

K. Mihhejev, O. Kärt, M. Henno

Summary

Current knowledge of the factors affecting milk coagulation properties is reviewed. The topics discussed include the breed, milk protein polymorphism, stage of lactation and season, somatic cell count, pH of milk, and feeding.