

Afslutningsrapport

Regulering af den primære proteinaggregering
og -struktur i forbindelse med ostemodning

Mejeribrugets ForskningsFond

Rapport nr. 2002-46

December 2002



mejeriforeningen

danish dairy board

Afslutningsrapport til Mejeribrugets ForskningsFond for projektet

**Regulering af den primære proteinaggregering
og -struktur i forbindelse med ostefremstilling**

August 1999 – 30. juni 2002
Finansieret af MFF (Mælkeafgiftsfonden) og KVL

Professor Karsten Bruun Qvist (projektleder)
Lektor Stephen Euston
Lektor Helle Wium

Mejeri- og Levnedsmiddelinstitutet
Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole
Frederiksberg
2002

1. Sammendrag

Projektet har haft som mål at undersøge mulighederne for at styre konsistens og mikrostruktur i modeloste fremstillet af mælk, der er koncentreret ved ultrafiltrering. Modelostene var konstrueret så deres pH og NaCl-indhold svarende til oste som Feta, Camembert og Danbo. Resultaterne viste at både konsistens og mikrostruktur i den friske modelost i meget høj grad kan reguleres ved at variere dosering af løbeenzym og koaguleringsstemperatur, dvs. faktorer der er bestemmende for koaguleringshastigheden. Generelt fører en forøgelse af løbedosering og koaguleringsstemperatur til en hårdere ost, samtidigt med at forøgelse af løbedosering giver en kortere konsistens. Sammenligning af resultater på tværs af de tre ostemodeller viste endvidere, at det ikke udelukkende er koaguleringshastigheden, der bestemmer konsistensen; man må således også tilskrive kaseinpartiklernes egenskaber, som for en stor dels vedkommende bestemmes af pH og NaCl-koncentration, en væsentlig rolle.

Projektet har sammenfattende vist, at man ved fremstilling af ost af koncentreret mælk har omfattende reguleringsmuligheder mht. konsistens og mikrostruktur, som ikke eksisterer i traditionel ostefremstilling. Dette giver større muligheder for at frembringe forskellige former for konsistens, og sandsynligvis også for at løse nogle former for konsistensproblemer. Disse nye muligheder kan måske vise sig nyttige i forbindelse med forbedring af lavfedtholdig osts konsistens.

2. English summary

The purpose of the project was to evaluate the possibilities for controlling consistency and microstructure in model cheese systems made from milk concentrated by ultrafiltration. The model cheese systems were constructed such that their pH and NaCl-content spanned the variation covered by cheeses such as Feta, Camembert and Danbo. The results showed that both consistency and microstructure can be varied greatly by varying the dosage of rennet enzyme and the coagulation temperature, i.e. factors that determine the rate of coagulation. Increasing dosage of rennet enzyme and coagulation temperature generally resulted in harder cheese, while increasing rennet dosage also gave a shorter consistency. Comparisons of results across the three models systems showed that other factors than the rate of coagulation play an important role in determining the consistency. It appears that the properties of the casein particles, which are to a large extent determined by pH and NaCl-concentration, are also important.

In conclusion the project has discovered new principles that allow extensive control of consistency and microstructure when cheese is made from concentrated milk. These options are unique to cheesemaking from concentrated milk and have no direct equivalent in traditional cheesemaking. The results presented should increase the possibilities for engineering different types of consistency, and probably also for solving some types of consistency problems. The new principles may be useful in the pursuit of low fat cheese with improved consistency.

3. Formål

Projektets formål er at forbedre osts konsistens gennem belysning af mulighederne er for at regulere det først dannede kaseinnetværks struktur og konsistensmæssige egenskaber. Dette mål søges nået ved hjælp af undersøgelser på modelostesystemer baseret på mælk koncentreret ved ultrafiltrering.

Ved at studere rammerne for hvor meget det først dannede kaseinnetværks struktur og reologiske egenskaber kan reguleres, forventes det at nye muligheder for regulering af konsistens i f.eks. lavfedtholdige oste og i ost fremstillet af koncentreret mælk kan afdekkes.

4. Baggrund

Osts konsistens er vigtig for forbrugernes opfattelse af dens kvalitet, hvilket ikke mindst viser sig i forbindelse med lavfedtholdige oste, der har tendens til at blive for hårde/seje eller for 'flæskede', og UF-oste, der har tendens til at blive blødere end ønsket. Det er en velkendt erfaring at balancen mellem syring og valleafdræning er af afgørende betydning for ostens kvalitet (1, 2, 7, 10). Dette forhold tilskrives ofte, at balancen mellem syring og valleafdræning styrer afkalkningen af kaseinnetværket, kaseinpartiklernes størrelse og fysisk-kemiske egenskaber, og dermed det først dannede kaseinnetværks grundlæggende struktur og egenskaber. Endvidere defineres mængden af løbeenzym og starterbakterier, som overføres til ostemassen, samt bakteriernes fysiologiske tilstand. Samtidigt sættes rammerne, med hensyn til pH, salt og vand, for de proteolytiske enzymer virke i osten (chymosin, plasmin, enzymer fra mikroorganismer) hvilket i høj grad bestemmer hvorledes den først etablerede struktur, og dermed konsistensen, udvikler sig over tid (4).

Mens der næppe er tvivl om at der kvalitativt er en hel del sandhed i ovenstående beskrivelse, er disse forhold meget mangelfuldt belyst fra et kvantitativt synspunkt; der er snarere tale om en pædagogisk forklaringsramme end om en velunderbygget teori. Desuden findes der meget få data, der belyser mulighederne for at regulere konsistens ved fremstilling af ost ud fra koncentreret mælk. I de seneste år har tre ph.d.-projekter fra Mejeriområdet ved Mejeri- og Levnedsmiddelinstitutet på KVL dog beskæftiget sig med løbeoagulerings kinetik, både ved normal proteinkoncentration og i ultrafiltreret mælk (3, 5), og med UF-Fetas reologi og mikrostruktur (12). Dette arbejde viser bl.a. at både strukturen af de tidlige aggregater samt mikrostruktur og konsistens i færdig UF-Feta kan reguleres ganske betydeligt, selv under omstændigheder hvor den grov-kemiske sammensætning (protein, fedt, salt, pH, vand) holdes konstant. Et FØTEK II-samarbejdsprojekt med Mejeribrugets ForskningsFond har endvidere beskæftiget sig med synerese, dvs. udskillelse af valle fra det først dannede koagel. I ovenstående projekter er opnået værdifulde erfaringer og etableret en lang række værktøjer, der er relevante for dette projekt (lysspredning, reologi, mikroskopi/elektronmikroskopi, digital billedanalyse samt enzykinetiske og proteinkemiske metoder).

5. Metoder

Skummetmælk som var varmebehandlet til højst 74°C/15 s blev koncentreret 5.7 gange, svarende til et gennemsnitligt proteinindhold på 19.05% ved ultrafiltrering ved 55°C. Efter kølelagring til den følgende dag blev der fremstillet 3 typer modeloste med forskellig indhold af NaCl og forskelligt pH ved udstøbning af retentatet, jf. tabel 1. pH og NaCl-indhold i de tre modeller blev valgt med henblik på at svare til oste som Feta, Camembert og Danbo. Den ønskede pH-slutværdi blev opnået ved tilsætning af den nødvendige mængde glucono- δ -lacton.

Tabel 1. NaCl-indhold og pH i de tre modeloste fremstillet ved udstøbning af UF-retentat med ca. 19.1% protein.

Model	pH-slutværdi	NaCl (%)	Hovedsagelig effekt ved sammenligning mellem oste	
A ('Feta')	4.6	3.5	NaCl-effekt	pH-effekt
B ('Camembert')	4.5	1.5		
C ('Danbo')	5.2	1.8		

Hver af de tre modeloste blev fremstillet under anvendelse af 9 forskellige kombinationer af løbemængde (Chy-Max Ultra, Chr. Hansen, Danmark) og koaguleringsstemperatur, som vist i tabel 2.

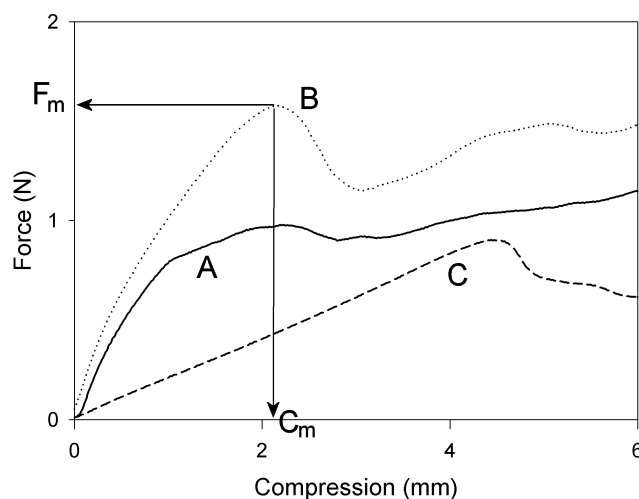
Tabel 2. Kombinationer (x) af løbemængde og koaguleringsstemperatur som blev anvendt på hver af de tre modeloste i tabel 1. Forsøget blev gentaget 4 gange.

Løbemængde (IMCU/kg retentat)	Koaguleringsstemperatur (°C)		
	25	30	35
0.0125	x	x	x
0.239	x	x	x
0.499	x	x	x

De udstøbte modelostes konsistens blev målt med en punkturmetode efter 2 og 9 døgns opbevaring ved 4°C. I denne metode blev en metalstav med en diameter på 3.21 mm presset ind i oste ved konstant hastighed med en Instron Universal Testing Machine. Fra de to døgn gamle oste blev der udtaget og fikseret prøver til transmissions elektronmikroskopi. Koaguleringsforløb i retentat efter tilsætning af løbeenzym blev målt med oscillationsmålinger på et Bohlin VOR reometer. Geleringstiden, t_g , blev defineret som tiden fra tilsætning af løbeenzym til G' og G'' have samme værdi. Yderligere detaljer vedr. de anvendte metoder fremgår af Euston *et al.* (2002).

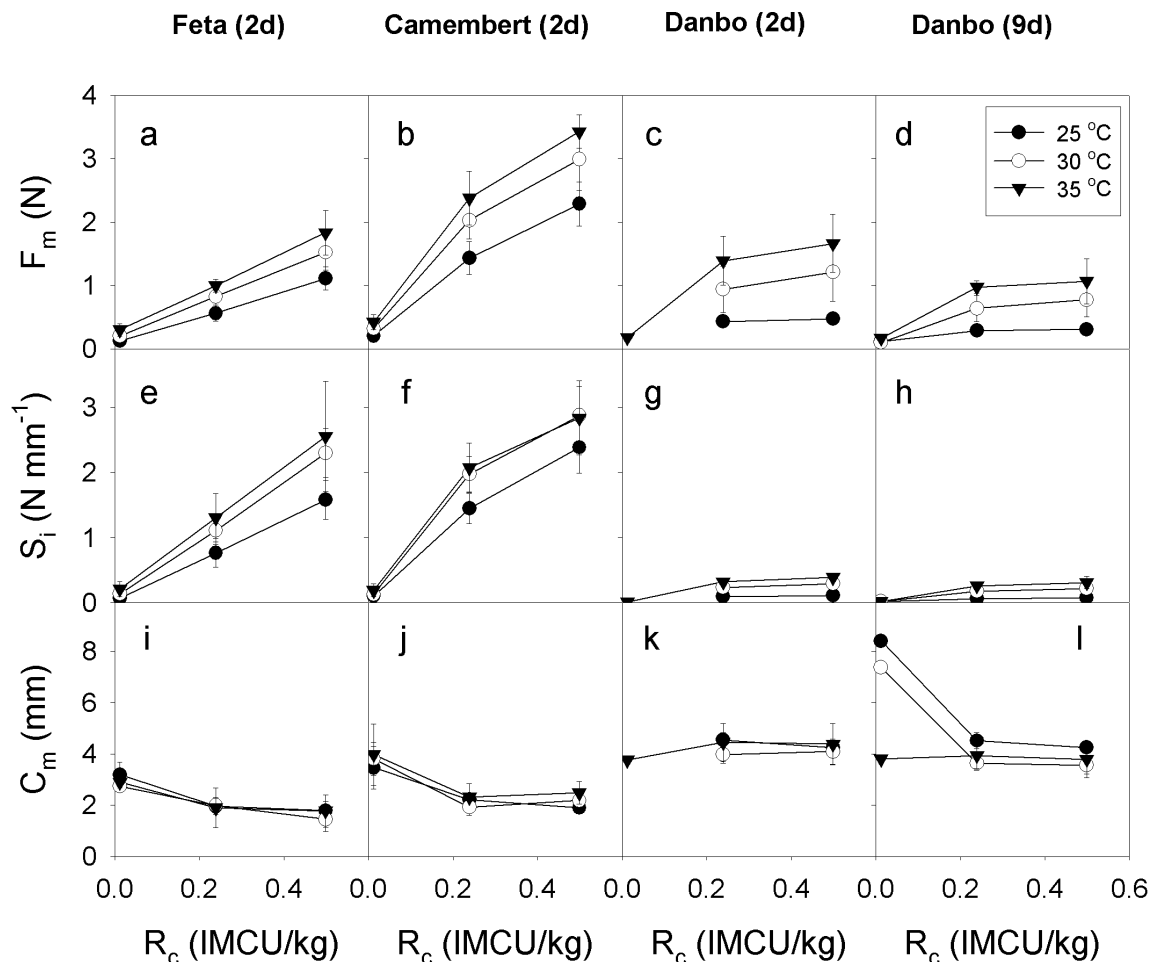
6. Resultater

Figur 1 viser typiske resultater fra punkturmålingen på de tre ostemodeller. Første maksimum på kurverne kan betragtes som et brudpunkt, hvis koordinater er kompression ved brud, C_m , og kraft ved brud, F_m . Kompression ved dette maksimum (C_m) er et udtryk for hvor 'lang' konsistensen er – jo mere der skal komprimeres før brud indtræder, jo 'længere' (eller mindre 'kort') er konsistensen. Kraft ved maximum (F_m) er et udtryk for hvor hård prøven er. Det fremgår således af figur 1 at model B har den højeste værdi af F_m , mens model C har den største værdi af C_m og den laveste værdi af F_m , under de givne omstændigheder. Model A havde ca. samme C_m som B, men væsentlig lavere kraft ved brud. Initialhældningen, S_i , af kurverne i figur 1 giver information, der er relateret til prøvernes kompressionsmodul.



Figur 1. Typiske resultater fra punktur målingen. Ost A: fuldt optrukket; Ost B: punkteret; Ost C: stiptet. Koaguleringsbetingelser 0.499 IMCU/kg retentat og 30°C. For ost B's vedkommende er vist definition på kraft ved første maksimum, F_m , og kompression ved første maksimum, C_m .

Figur 2 viser hvorledes F_m , C_m og S_i afhænger af koaguleringsbetingelserne for hver af de tre modeller. I figuren er vist data målt på 2 døgns gamle prøver for alle tre modeller, samt for 9 døgns gamle prøver for model C's vedkommende. For model A og B var resultaterne ens efter henholdsvis 2 og 9 døgns.



Figur 2. Reologiske data for de tre ostemodeller. Søjle 1 (a, e, i) viser data for model A målt 2 døgns efter fremstillingen. Søjle 2 (b, f, j) viser data for model B målt 2 døgns efter fremstillingen. Søjle 3 (c, g, k) viser data for model C målt 2 døgns efter fremstillingen. Søjle 4 (d, h, l) viser data for model C målt 9 døgns efter fremstillingen. Lodrette linestykker viser standardafvigelsen (4 gentagelser).

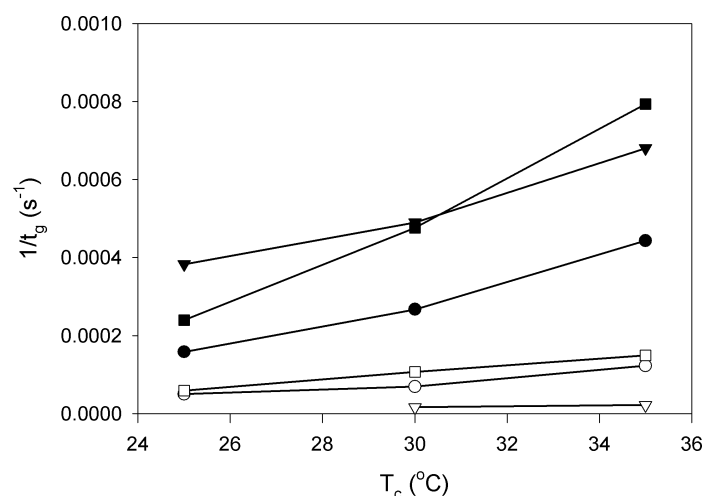
Resultaterne i figur 2 kan sammenfattes som følger. Hårdheden, F_m , af alle tre modeloste stiger med både stigende løbedosering og med stigende koaguleringsstemperatur. For ost A's vedkommende er stigningen stort set lineær med stigende løbedosering, mens den stiger mindre end lineært for model B's vedkommende, og endnu mindre for ost C's vedkommende. Mellem 2 og 9 døgns falder F_m i C oste, men ikke i A og B oste hvilket sandsynligvis skyldes at chymosin spalter α_{s1} -kasein mere effektivt ved pH 5.2 end ved de lavere pH-værdier i A og B (13, 14). Den relative effekt af stigende koaguleringsstemperatur på F_m er større for ost C, end for A og B. Kompressionskurvernes initialhældning, S_i , som er relateret til kompressionsmodulet, stiger ligeledes med stigende tilsætning af løbeenzym for alle tre ostes vedkommende. Forøgelse af koaguleringsstemperaturen fra 25 til 30°C bevirker en stigning i S_i , mens der er en yderligere meget beskedne stigning, når temperaturen øges fra 30 til 35°C. C_m , kompressionen ved det første maksimum i kraft-

kompressionskurven (figur 1) målt efter 2 døgn, der repræsenterer hvor 'lang' konsistensen er, falder med stigende løbeenzym dosering for ost A og B, mens den er stort set konstant ved ost C. Koaguleringstemperaturen har ingen nævneværdig indflydelse på C_m målt efter 2 døgn i de tre ostemodeller. Når ost C måles efter 9 døgn observeres at C_m falder med stigende koaguleringsstemperatur, når den laveste løbedosering anvendes. Dette skyldes at der var tale om meget specielle koaguleringsomstændigheder, idet ost C ikke var koaguleret efter 2 døgn, når den laveste løbedosering var kombineret med de to laveste koaguleringsstemperaturer.

Det er værd at bemærke, at forskellen i sammensætning/formulering mellem ost A og B stort set er en forskel i NaCl-indhold, mens forskellen mellem B og C stort set er en forskel i pH, således som det er markeret i tabel 1. Sammenligning af ost A og B (figur 2) tyder således på, at det højere saltindhold i A fører til en blødere ost (lavere F_m), men ca. samme værdier af S_i og C_m . Tilsvarende tyder en sammenligning af ost B og C (figur 2) på at den højere pH-værdi i ost C fører til en væsentlig blødere ost (lavere F_m), med væsentlig lavere S_i og lidt længere konsistens (større C_m).

Det overordnede budskab som kan aflæses i figur 2 er, at løbedosering og koaguleringsstemperatur er meget effektive midler til at regulere konsistens i alle tre modeloste, repræsenterende pH og saltindhold, som er typiske for et bredt spektrum af oste.

Figur 3 viser data fra undersøgelse af gelerings tiden, t_g , for de tre modeloste, fremstillet ved tre koaguleringsstemperaturer og to (mindste og største) løbedosering. Ud fra t_g er $1/t_g$ beregnet som et omtrentlig mål for en hastighedskonstant for geleringsreaktionen. Figur 3 giver således et billede af hvorledes geleringshastigheden afhænger af model, temperatur og løbedosering.



Figur 3. Geleringshastigheden, $1/t_g$, som funktion af koaguleringsstemperatur, løbedosering og ostemodell. Model A: cirkler; model B: firkanter; model C: trekanten. Høj løbedosering (0.499 IMCU/kg): fyldte symboler; lav løbedosering (0.0125 IMCU/kg): åbne symboler.

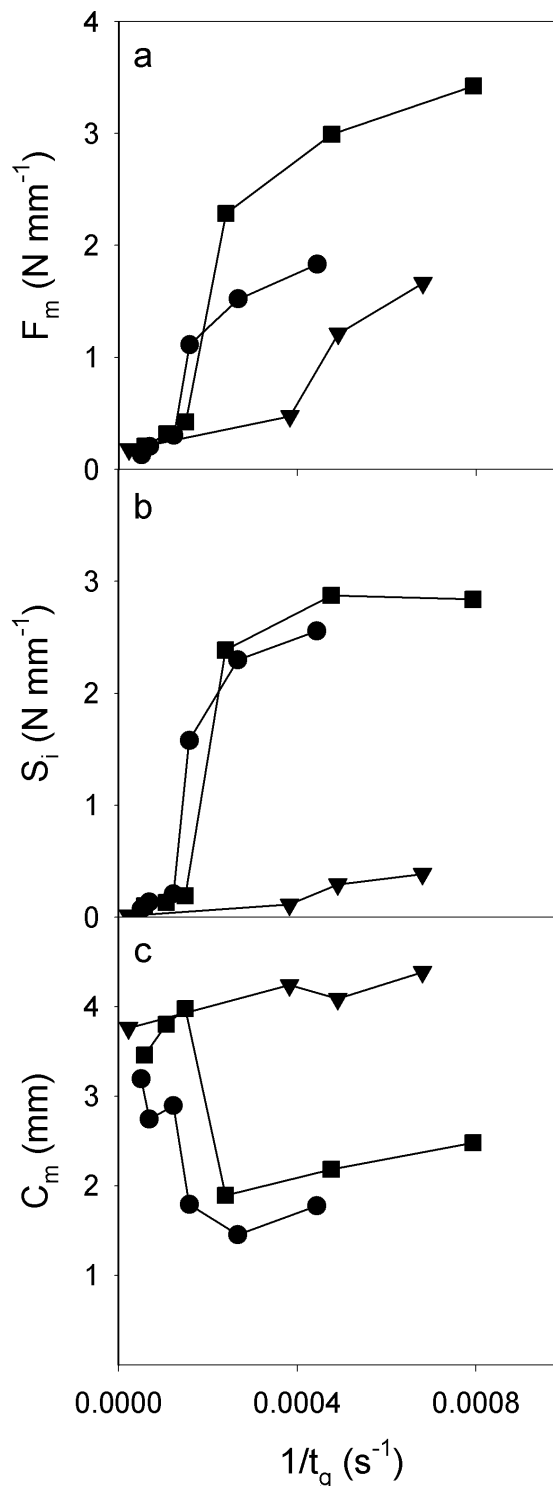
Koaguleringshastigheden (figur 3) stiger som ventet med stigende koaguleringsstemperatur og løbedosering. Ved høj løbedosering er koaguleringshastigheden i model A væsentlig lavere end i B og C, hvilket kan tilskrives det højere indhold af NaCl.

I figur 4 er sammenhængen mellem de reologiske parametre og geleringshastigheden, $1/t_g$, afbildet.

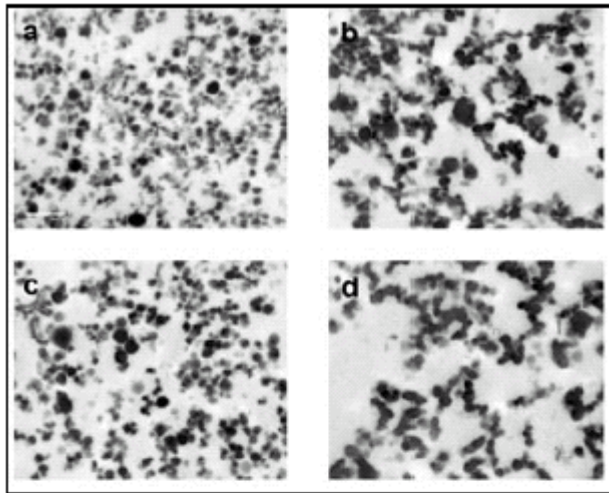
Af figur 4a fremgår tydeligt at i alle tre ostemodeller blev der opnået hårdere oste (større F_m), når geleringshastigheden blev øget, uanset om forøgelsen skyldtes forøgelse af koaguleringsstemperatur eller løbedosering, men også at der var en unik sammenhæng for hver af de tre ostemodeller. Af figur 4c ses at ost A og B i begyndelsen bliver kortere, når geleringshastigheden øges, mens dette ikke er tilfældet for ost C.

Figur 4a tyder således på at geleringshastigheden påvirker ostens fasthed, men også på at andre faktorer spiller en rolle. Formentlig skyldes en meget væsentlig del af forskellen på de tre kurver i figur 4a at proteinpartiklerne i ostene har forskellige egenskaber pga. af de forskellige værdier for pH og NaCl-indhold i de tre oste. Man kan således forvente at proteinnetværket i ost C er mere hydreret, på grund af den højere pH-værdi og det moderate NaCl-indhold, og dermed formentlig blødere end i ost A og B, hvilket stemmer godt overens med figur 4a og b.

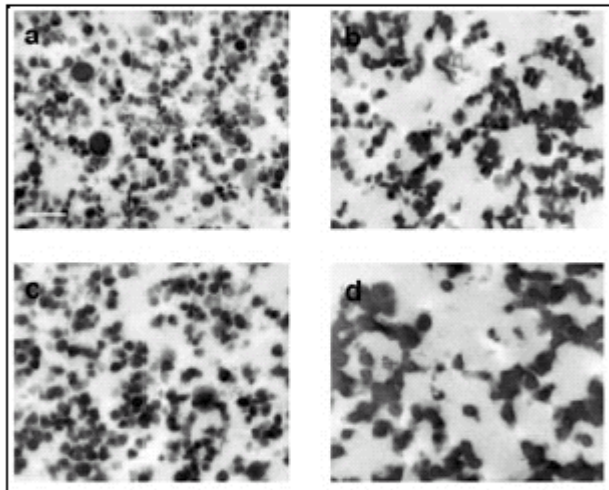
For at få indblik i hvorledes de store forskelle i reologiske egenskaber, som fremgår af figur 2 hænger sammen med ostens mikrostruktur blev der for hver ostemodell udført transmissionselektronmikroskopi, TEM, på 4 kombinationer af koaguleringsstemperatur (25, 35°C) og løbedosering (0.0125 og 0.499 IMCU/kg). Resultaterne fremgår af figur 5-7, hvor mørke områder er proteinnetværket i osten, og de lyse valledelen i osten.



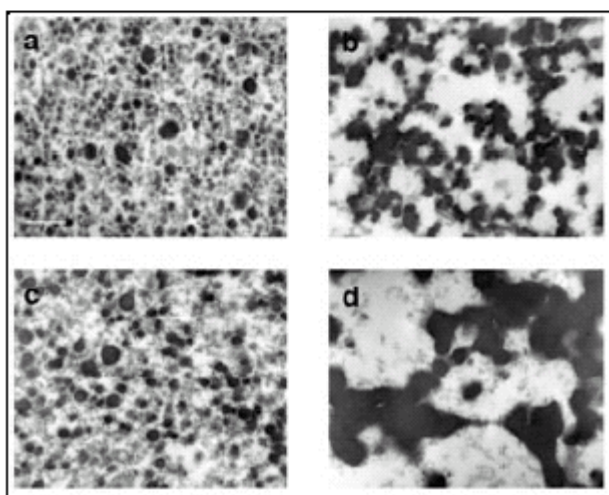
Figur 4. De reologiske parameters afhængighed af geleringshastigheden, $1/t_g$. Ost A: cirkler; ost B: firkanter; ost C: trekkanter. Baseret på kombination af data fra figur 2 og 3.



Figur 5. Transmissionselektronmikroskopi af ost A koaguleret under følgende betingelser: a: 0.0125 IMCU/kg og 25°C; b: 0.499 IMCU/kg og 25°C; c: 0.0125 IMCU/kg og 35°C; d: 0.499 IMCU/kg og 35°C. Den vandrette linie i felt a er 500 nm lang.



Figur 6. Transmissionselektronmikroskopi af ost B koaguleret under følgende betingelser: a: 0.0125 IMCU/kg og 25°C; b: 0.499 IMCU/kg og 25°C; c: 0.0125 IMCU/kg og 35°C; d: 0.499 IMCU/kg og 35°C. Den vandrette linie i felt a er 500 nm lang.



Figur 7. Transmissionselektronmikroskopi af ost C koaguleret under følgende betingelser: a: 0.0125 IMCU/kg og 25°C; b: 0.499 IMCU/kg og 25°C; c: 0.0125 IMCU/kg og 35°C; d: 0.499 IMCU/kg og 35°C. Den vandrette linie i felt a er 500 nm lang.

Et fælles træk for alle 3 ostemodeller (figur 5-7) er at både forøgelse af løbedosering og koaguleringsstemperatur bevirker at proteinnetværkets struktur bliver grovere og mindre homogent i sin opbygning. Mikrostrukturen i A og B-ostene minder meget om hinanden, dog således at proteinaggregaterne i gennemgående er lidt større i ost B end i ost A for ens kombinationer af løbedosering og koaguleringsstemperatur. Endvidere er der i B-oste sket lidt sammenflydning af proteinaggregater, således at de oprindelige partikler frem-

træder mindre distinkt i B-ostene end i A-ostene. Disse forskelle kan formentlig tilskrives det højere saltindhold i A-ostene. C-ostene er forskellige fra A og B-ostene først og fremmest ved at aggregeringen er langt mere udtalt, men også ved at de individuelle proteinpartiklers tab af identitet er langt mere omfattende. C-ostenes unikke struktur kan formentlig tilskrives den højere pH-værdi i disse oste, hvilket favoriserer omlejring til en mere kompakt struktur af det først dannede proteinnetværk

7. Publikationer

7.1 Internationale tidsskrifter

Euston, S.R., Piska, I, Wium, H. & Qvist, K.B. (2002): Controlling the structure and rheological properties of model cheese systems. The Australian Journal of Dairy Technology 57, 145-152.

Wium, H., Euston, S.R. & Qvist, K.B. (2002): Structure-texture relationships in model cheeses. The Australian Journal of Dairy Technology 57, 97.

7.2 Indlæg ved faglige kongresser, symposier o.l.

Qvist, K. B: Cheese from concentrated milk – control of the rheological properties and microstructure of model cheese systems. Inviteret foredrag ved Cheese Science 2002, Melbourne, Australien 10-12 Juli 2002.

Wium, H.: Structure-texture relationships in model cheese systems. Foredrag ved Cheese Science 2002, Melbourne, Australien 10-12 Juli 2002.

8. Forskeruddannelse

Ph.D. studerende Ivo Piska som var indskrevet ved Praghs tekniske universitet som ph.d. studerende var tilknyttet projektet fra 1. maj 2000 –15 december 2000.

9. Samarbejdsrelationer

Dr. Stanislaw Mleko fra Lubin Universitet arbejdede på projektet i juli – september 2001. Samarbejdet med Dr. Stephen Euston er fortsat efter han forlod projektet og tiltrådte en fast stilling ved Heriot-Watt University i Skotland i marts 2001. Lektor Helle Wium kom fra INRA i Rennes i Frankrig, da hun tiltrådte en stilling ved projektet.

10. Praktisk og videnskabelig betydning, samt nye problemstillinger

Fra en praktisk synsvinkel har projektet vist at det er muligt i særdeles udstrakt grad at styre konsistens og mikrostruktur i frisk ost fremstillet af koncentreret mælk ved hjælp af praktisk anvendelige reguleringsmidler som tilsat mængde løbeenzym og koagulerings-temperatur. Denne regulering er er mulig på tværs af et bredt spektrum af pH-værdier og saltindhold i typiske ostesorter. Disse reguleringsmuligheder i ost fremstillet af koncentreret mælk har ikke direkte nogen ækvivalent i traditionel ostefremstilling. Man kan derfor forestille sig at visse konsistensproblemer lettere kan løses i ost fremstillet af koncentreret mælk end i traditionelt fremstillede ost, idet reguleringsmulighederne er større. Dette kunne muligvis finde anvendelse ved fremstilling af lavfedtholdig ost med forbedret konsistens.

Fra en videnskabelig synsvinkel er det en udfordring at forstå hvorledes disse reguleringsmuligheder virker, f.eks. i hvilken grad de er baseret på kaseinpartiklernes fysisk-kemiske egenskaber, og på selve koaguleringskinetikken.

11. Relationer til andre projekter

Projektet er nær beslægtet med projektet *Styring af fysiske egenskaber i ostemodell på basis af koncentreret mælk*. Dette nye projekt, som startede i december 1991, er direkte affødt af udviklingen i det nærværende projekt, og er i øvrigt et samarbejde mellem MFF, Mejeri- og Levnedsmiddelinstittuttet og Avdelningen for Livsmedelsteknik ved Lunds Universitet. Dette projekt vil bl.a. søge at give en dybere belysning af mekanismerne bag det nærværende projekts resultater.

12. Referencer

1. Birkkjær, H. E., Sørensen, E. J., Jørgensen, J. & Sigersted, E.: Ostningsteknikkens indflydelse på ostens kvalitet. Statens Forsøgsmejeri, 128. Beretning, 1961.
2. Birkkjær, H. E., Thomsen, D., Forsingdal, K., Andersen, A. K. & Sigersted, E.: Nogle ostetekniske faktorerers indflydelse på ostens sammensætning og egenskaber. Statens Forsøgsmejeri, 212. beretning, 1975.
3. Hyldeg, G.: Teknologiske parametres indflydelse på den enzymatiske reaktion og gældannelse i mælk og UF-retentater. Ph.D. thesis, KVL, 1993.
4. Lawrence, R. C. & Gilles, J.: Cheese composition and quality. In 'Milk the vital force'. Proceedings of the XXII International Dairy Congress, The Hague, Sep. 29-Oct. 3, 1986.
5. Lomholt, S.B.: The kinetics of the aggregation of casein micelles by rennet. Ph.D. thesis, KVL, 1996.
6. Qvist, K. B., Thomsen, D. & Jensen, G. K.: [Production of open eyed cheese from milk concentrated 5-fold using ultrafiltration]. Fremstilling af opstikken ost ud fra mælk, der er koncentreret ca. 5 gange ved ultrafiltrering. Statens Mejeriforsøg, beretning nr. 266 (1985).
7. Qvist, K. B., Thomsen, D. & Jensen, G. K.: [Production of Havarti cheese from milk concentrated 5-fold using ultrafiltration]. Fremstilling af Havarti ost ud fra mælk, der er koncentreret ca. 5 gange ved ultrafiltrering. Statens Mejeriforsøg, beretning nr. 268 (1986).
8. Qvist, K. B., Forsingdal, K. & Jensen, G. K.: [Experiment with production of Danablu 50+ cheese from milk concentrated 3-5-fold using ultrafiltration. Forsøg med fremstilling af Danablu 50+ af mælk, der er koncentreret 3-5 gange ved ultrafiltrering. Statens Mejeriforsøg, forsøgsrapport nr. 21 (1986).
9. Qvist, K. B., Thomsen, D. & Jensen, G. K.: [Experiments with production of Danbo 45+ cheese from milk concentrated 5-fold using ultrafiltration]. Forsøg med fremstilling af Danbo 45+ af mælk, der er koncentreret 5 gange ved ultrafiltrering. Statens Mejeriforsøg, forsøgsrapport nr. 27 (1987).
10. Qvist, K. B.: Objective and sensory assessment of texture of Danbo cheese made from milk concentrated 2-fold using ultrafiltration. Statens Mejeriforsøg, beretning nr. 272 (1987).
11. Qvist, K. B., Thomsen, D. & Høier, E.: Effect of ultrafiltered milk and use of different starters on the manufacture, fermentation and ripening of Havarti cheese. Journal of Dairy Research 54 (1987), 437-446.
12. Wium, H.: Rheology of UF-Feta cheese. Ph.D-thesis, Department of Dairy and Food Science, KVL (1997).
13. De Jong, L. (1976), Protein breakdown in soft cheese and its relation to consistency. 1. Proteolysis and consistency of 'Noordhollandse meshanger' cheese. Neth. Milk Dairy J. 30, 242-253.

14. De Jong, L. (1977), Protein breakdown in soft cheese and its relation to consistency. 2. The influence of rennet concentration. *Neth. Milk Dairy J.* 31, 314-327.
15. Larsen LB, Wium H, Benfeldt C, et al. (2000): Bovine milk procathepsin D: Presence and activity in heated milk and in extracts of rennet-free UF-Feta cheese. *INT DAIRY J* 10 (1-2): 67-73
16. Wium H, Qvist KB (1998): Effect of rennet concentration and method of coagulation on the texture of Feta cheeses made from ultrafiltered bovine milk. *J DAIRY RES* 65 (4): 653-663
17. Wium H, Kristiansen KR, Qvist KB (1998): Proteolysis and its role in relation to texture of Feta cheese made from ultrafiltered milk with different amounts of rennet *J DAIRY RES* 65 (4): 665-674
18. Wium H, Qvist KB (1998): Prediction of sensory texture of feta cheese made from ultrafiltered milk by uniaxial compression and shear testing. *J TEXTURE STUD* 29 (2): 215-232
19. Wium H, Euston SR, Qvist KB (2002): Structure-texture relationships in model cheeses *AUST J DAIRY TECHNOL* 57 (2): 97-97
20. Euston SR, Piska N, Wium H, og Qvist, KB (2002): Controlling the structure and rheological properties of model cheese systems. *AUST J DAIRY TECHNOL* 57 (2): 145-152

