

Et gran salt



Slutrapport

for samarbejdsprojekter under Mejeribrugets ForskningsFond (MFF)

1. Projektets titel

Et gran salt / A pinch of salt

2. Projektleder

Lektor, Marianne Hammershøj,
Institut for Fødevarer (FOOD)
Science & Technology,
Aarhus Universitet (AU),
Blichers Allé 20,
8830 Tjele,
Tlf. 87 15 79 74,
Fax 87 15 48 91
email: marianne.hammershoj@food.au.dk

3. Øvrige medarbejdere

Ulla Kidmose, FOOD, AU, ulla.kidmose@food.au.dk
Line Ahm Mielby, FOOD, AU, lineh.mielby@food.au.dk
Barbara Vad Andersen, FOOD, AU, barbarav.andersen@food.au.dk
Marije Akkerman, FOOD, AU, marije.akkerman@food.au.dk

Lene Jespersen, Inst. for Fødevarevidenskab (IFV), Københavns Universitet (KU), lj@life.ku.dk
Lise Søndergaard Kristensen, IFV-KU, lisesoe@life.ku.dk
Nils Arneborg, IFV-KU, na@life.ku.dk

Søren Lillevang, ASIC, Arla Foods, sklv@arlafoods.com
Ulf Andersen, ASIC, Arla Foods, uan@arlafoods.com
Maria Kumpel Nørgaard, ASIC, Arla Foods, maria.kumpel.noergaard@arlafoods.com
Pernille Sølvhøj Roelsgaard, ASIC, Arla Foods, pernille.roelsgaard@arlafoods.com

Nick Nørreby Larsen, Thise Mejeri, nick.noerreby@thise.dk

Kim Ib Sørensen, Chr. Hansen A/S, dkksr@chr-hansen.com
Lene Tranberg Andersen, Chr. Hansen A/S, dkleta@chr-hansen.com
Mie Balling Ryssel, Chr. Hansen A/S, dkmiry@chr-hansen.com

Alan Mackie, Institute of Food Research (IFR), Norwich Research Park, UK, alan.mackie@bbsrc.ac.uk
nuværende affiliering: University of Leeds, UK.

4. Finansieringskilder

Mejeribrugets ForskningsFond (MFF) med finansiering fra Mælkeafgiftsfonden (MAF)

MFF – Tillægsbevilling

Future Food Innovation (FFI) ved Region Midtjylland

Arla Foods amba

Thise Mejeri

Chr. Hansen A/S

Københavns Universitet (KU)

Aarhus Universitet (AU), Graduate School Science & Technology (GSST).

5. Projektperiode

Projektperiode med MFF finansiering: 05/2012 – 10/2015

Evt. revideret: 05/2012 – 12/2017 (pga. 2 x barselsorlov)

Projektperiode i alt, hvis del af større projekt: ikke aktuelt

6. Projektresume

Formål

Hovedformålet er at undersøge effekten af reduceret saltindhold på semi-hårde ostes struktur, tekstur, smag og mikrobiologi, samt at undersøge hvordan teknologier, ingredienser og nye kulturer, der kan være alternativer til salt, påvirker disse parametre med henblik på at fremstille ost med lavere saltindhold.

Resultater

Teksturen af semi-hårde oste kunne korreleres til hhv. modningstiden, position i osten og saltkoncentrationen. Behandlingerne viste, at lagesaltningstiden var altafgørende for det endelige saltindhold i ostene. Et højere saltindhold gav signifikant fastere ost med en kortere struktur, hvor oste med laveste saltindhold var meget bløde og udflydende. Disse uønskede teksturændringer ved at sænke saltindholdet i ostene kunne samlet set imødegås af især to faktorer hhv. DL-starterkulturen og chymosintypen. En veldefineret starterkultur udmærkede sig ved at resultere i signifikant hårdere oste, således at oste med en specifik starterkultur opnåede samme fasthed ved et saltindhold på 1,1%, som de to øvrige kulturer ved et saltindhold på 1.75%. Typen af chymosin havde en signifikant effekt på ostenes tekstur, når lagesaltningstiden var kort (6 h) og saltindholdet tilsvarende lavt. Chymosin af kamel-oprindelse resulterede i signifikant fastere ostetekstur i forhold til chymosin af bovin-oprindelse.

To kommercielle DL-starterkulturer (begge bestående af flere stammer af arterne *Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *cremoris*, *Lc. lactis* ssp. biovar. *diacetylactis* og *Leuconostoc* spp.) blev undersøgt ved reduceret NaCl-niveauer for mikrobielle udvikling, autolyse, dannelsen af frie aminosyrer og fordelingen af DL-starterkulturene henover en 12 ugers modningsperiode. Antal bakterier faldt igennem hele modningsperioden, hvor den kraftigste reduktion for oste med højeste NaCl-indhold blev set efter 1 uges modning. Indholdet af NaCl i ostene havde en signifikant indflydelse på starterkulturenes overlevelse i starten af modningsperioden, hvor lavere NaCl-koncentration korrelerede omvendt med CFU (antal bakteriekim), men ved slutningen af modningen var der ingen signifikant effekt af NaCl. Autolysen øgedes gennem modningsperioden, hvor faldende NaCl-koncentration korrelerede omvendt med autolyse, hvilket ikke var forventet ud fra CFU data. Laboratorieforsøg med mikroskopi, genekspression og flow cytometri er udført til vurdering af indflydelsen af NaCl på mikrokolonidannelse, ekspression af autolyse- og stressrelaterede gener, samt måling af NaCl-sensitiviteten for enkeltstammer isoleret fra DL-starterkulturerne. Der blev fundet en markant forskel i NaCl-sensitiviteten af de inkluderede enkeltstammer.

Den kvantitative deskriptive sensoriske bedømmelse af ostene viste, at et reduceret saltindhold var forbundet med mindsket hårdhed, elasticitet og salthed samt en øget smeltehastighed. Der var ikke signifikante forskelle i intensiteten af salt smag mellem oste med ~1,3% salt og oste med normalt saltindhold ~1,7%. Et forbrugerstudie med 197 forbrugere bedømte graden af "liking" for udseende, lugt, tekstur, smag og mundfølelse såvel som intensiteten af salt og bitterhed. Selvom ostene var sensorisk forskellige, havde det ikke nogen indflydelse på forbrugernes "liking" af ostene.

Konklusion

Det er muligt at reducere saltindholdet i mellem-hårde, lagesaltede, danske ostetyper som Samsø og Danbo til ~1,3% NaCl og derved opfylde kravene til nøglehulsmærket på < 1.5% salt uden at gå på kompromis med ostens teksturegenskaber ved at anvende veldefinerede DL-starterkulturer og kamel-chymosin og uden stor betydning for intensiteten af salt smag og forbrugernes 'liking' af ostene. Projektets eksperimentelle arbejde udført i produktionsskala på mejerierne har givet relevant indsigt i, hvordan saltreducerede ostes kvalitet kan kontrolleres under produktionsforhold, som er direkte anvendelige af mejeriindustrien.

English summary

Purpose

The overall aim of the project is to study the effect of reduced content of salt (NaCl) on semi-hard cheeses and white cheeses structure, texture, flavor and microbiology. Furthermore, the aim is to investigate how technologies, ingredients and new starter cultures can be alternative aids to NaCl, when cheeses with reduced salt content are produced.

Results

The texture of semi-hard cheeses could be correlated to maturation time, position in the cheese and salt concentration. The treatments showed that brining time was significant for the resulting salt content. Higher salt content gave significantly harder cheeses with a more brittle structure, whereas cheeses with the lowest salt content were very soft and elastic. Such unwanted textural changes at low salt content could all-in-all be met by especially two factors; the DL-starter culture and type of chymosin. A well-defined starter culture excelled by resulting in significantly harder cheeses, hence, cheeses with a specified starter culture obtained the same hardness at 1.1% NaCl as the two other cultures at a NaCl content of 1.75%. The chymosin type had also a significant effect on the cheese texture, when brining was short and salt content correspondingly low. Chymosin originating from camel resulted in significantly more firm cheeses compared to bovine chymosin.

Two commercial DL-starter cultures (both composed of several strains of the species *Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *cremoris*, *Lc. lactis* ssp. biovar. *diacetylactis* og *Leuconostoc* spp.) were examined at reduced NaCl-levels for microbial succession, autolysis, formation of free amino acids and distribution of the DL-starter culture during a 12-week maturation period. The colony forming unit (CFU) was reduced during the total period, where the largest reduction for cheeses with highest NaCl-content was during the first week. Content of NaCl in the cheeses had a significant effect on the survival of bacteria in the beginning of the maturation period, whereas lower NaCl content correlated indirectly with the growth of the starter cultures, however, at the end of the maturation period, no significant effect of NaCl level existed. Autolysis was increasing during the maturation period, where lower NaCl concentration correlated inversely with level of autolysis, which was unexpected based on the CFU data. Laboratory experiments on microscopy, gene expression and flow cytometry are performed to evaluate the effect of NaCl on micro-colony formation, expression of autolysis- and stress related genes, as well as analysis of NaCl sensitivity for single strains isolated from the DL-starter cultures. A marked difference in this sensitivity was found.

The quantitative descriptive sensory evaluation of the cheeses showed that a reduced salt content was correlated with less hard, elastic, and salty flavor as well as a higher meltability cheeses. No significant differences in intensity of salty taste between cheeses with 1.3% and 1.6% salt were found. A consumer study with 197 participants evaluated the level of 'liking' for appearance, aroma, texture, taste, and mouthfeel as well as the intensity of salt and bitterness. Even though the cheeses were different sensory-wise, it did not affect the consumers' 'liking' of the cheeses.

Conclusion

It is possible to reduce the salt content in semi-hard, brined, Danish cheese types such as Samsøe and Danbo to ~1.3% NaCl and thereby fulfill the keyhole label requirements of <1.5% NaCl without compromising the cheese texture by using well-defined DL-starter cultures and camel chymosin and without a high impact on the salty taste intensity and consumer 'liking' of the cheeses. The project has performed experimental work in production-scale at the participating dairies, which has given highly relevant insight to how salt-reduced cheese quality can be controlled in practice, which makes the results directly applicable for the dairy industry.

7. Projektets formål

Hovedformålet er at undersøge effekten af reduceret saltindhold på gul og hvid osts struktur, tekstur, smag og mikrobiologi, samt at undersøge hvordan teknologier, ingredienser og nye kulturer, der kan være alternativer til salt, påvirker disse parametre med henblik på at fremstille ost med lavere saltindhold.

Projektet tager afsæt i kravet om at reducere befolkningens saltindtag, hvortil ost er en væsentlig kilde. Der fokuseres på tre fronter, hvor salt har stor betydning for ostens kvalitet og holdbarhed. Salt har indflydelse på ostens strukturelle opbygning, som er altafgørende for dens udseende, skærbarhed, mekaniske fasthed og sensoriske teksturoplevelse. Desuden betyder saltindholdet meget for forbrugerens sensoriske perception af ost og hele flavourprofilen, når ost spises. Endelig er saltkoncentrationen afgørende for ostens mikroflora – herunder den ønskede starterkultur, hvilket yderligere påvirker de sensoriske karakteristika. Der fokuseres på nye muligheder for vha. ingredienser og teknologier at producere høj kvalitets gule og hvide oste med 'et gran salt'.

The overall aim of the project is to study the effect of reduced content of salt (NaCl) on semi-hard cheeses and white cheeses structure, texture, flavor and microbiology. Furthermore, the aim is to investigate how technologies, ingredients and new starter cultures can be alternative aids to NaCl, when cheeses with reduced salt content are produced. The project is initiated as a response to the demand to reduce salt intake in the population, where cheese is a contributing source. The project focuses on three themes, where NaCl has an impact on the cheese quality and stability. Salt affects the structural formation of cheese, which is central for the appearance, firmness and textual sensation. Furthermore, the salt content has high impact on the consumer sensory perception of cheese and the overall flavor profile, when consuming cheese. Finally, the salt concentration is critical for the microbial flora of the cheese, including the wanted starter culture, which also has an effect on the sensory profile of the cheese. The project focuses on finding new ways for production of high-quality, semi-hard and white cheeses with less salt through solutions based on ingredients and technologies.

8. Projektets baggrund

I den vestlige verden indtages mellem 9-13 g NaCl/dag, hvilket er omkring dobbelt så meget som det anbefalede indtag på 6 g/dag (WHO, 2012; European Union, 2012). Højt saltindtag forbindes med forhøjet blodtryk og hjertekarsygdomme. EU-kommissionen har udarbejdet ernæringsprofiler, hvor der indgår et kriterium for saltindtag, og WHO advokerer for en reduktion i Na-indtag på mindst 30 % (NIZO food research, 2011). I EU-regi har der været iværksat et program, der skal nedsætte saltindholdet i kosten med 16 % over 4 år (Fødevarerministeriet, 2010). Især saltindholdet i brød, kødprodukter, ost og færdigretter ønskes reduceret (Fødevarerministeriet, 2010), da bidraget herfra udgør ~70% af indtaget. Derfor var det relevant for den danske mejeriindustri sammen med ingrediensindustrien at igangsætte nærværende projekt, for at undersøge mulighederne for at reducere saltindholdet i danskproducerede oste uden at gå på kompromis med kvalitet og holdbarhed. Projektet omhandler, hvordan et reduceret saltindhold i ost påvirker fødevarer kvaliteten. Formålet er at undersøge effekten heraf på osts struktur, tekstur, smag og mikrobiologi i form af starterkulturen, samt at finde alternative løsninger via ingredienser og/eller teknologier, der kan højne disse parametre i saltreduceret ost.

Salt er en vigtig ingrediens for smag, struktur/tekstur, fødevarer sikkerhed og det overordnede indtryk af ost. Salt anvendes i forbindelse med fremstilling og lagring af ost for at: 1) fremme synerese og kontrollere det endelige vandindhold i osten, 2) kontrollere metabolismen og overlevelsen af starterkulturen, 3) påvirke typen af sekundære mikroorganismer, som kan vokse og danne flavourkomponenter under modningen, 4) kontrollere enzymaktiviteten i den færdige ost, 5) kontrollere tekturen via den færdige osts mikrostruktur, og 6) bidrage til det forventede smagsindtryk af osten (Floury et al. 2009a; 2009b; Johnson et al. 2009, Pastorino et al., 2003; Saint-Eve et al. 2009; Cruz et al. 2011). Meget af den publicerede litteratur omkring saltindhold og ost har fokus på smagen, mens der er store udfordringer omkring gule og hvide osters tekstur samt starterkulturens vækst ved ændret saltindhold. Saltindholdet varierer meget fra ~1,4 g Na/100 g i blå ost, ~1 g Na/100 g i hvid ost til 0,72-0,75 g/100 g i Danbo og Havarti (Johnson et al. 2009; www.arla.dk). En 25 %-saltreduktion vil resultere i gul ost med 1,35-1,8 % salt, og ved projektets start i 2011 var ønsket fra mejeriindustrien på sigt at kunne komme helt ned til 0,7 % i gul ost og 1,25 % i hvid ost. Det meste af den foreliggende litteratur omkring saltreduktion i mellem-hårde oste omhandler Cheddar og Gouda (Grummer et al., 2012; Møller et al., 2012), og studier af konsekvenserne af at reducere saltindholdet i mellem-hårde oste som lagesaltes, som fx Danbo og Samsø, er stadig meget få ved projektets afslutning, hvor der udover publicerede resultater herfra (Søndergaard et al., 2015; Akkerman et al., 2017) kun findes ét meget nyt studie på Tybo ost, som også lagesaltes (Sihufe et al., 2018).

Referencer

- Akkerman, M., Kristensen, L.S., Jespersen, L., Rysse, M.B., Mackie, A., Larsen, N.N., Andersen, U., Nørgaard, M.K., Løkke, M.M., Møller, J.R., Mielby, L.A., Andersen, B.V., Kidmose, U. & Hammershøj, M. 2017. Interaction between sodium chloride and texture in semi-hard Danish cheese as affected by brining time, DL-starter culture, chymosin type and cheese ripening. Special Issue - International Dairy Journal, 70, 34-45.
- Cruz, A.G., Faria, J.A. F., Pollonio, M.A.R., Bolini, H.M.A., Celeghini, R.M.S., Granato, D., & Shah, N.P. 2011. Cheeses with reduced sodium content: Effects on functionality, public health benefits and sensory properties. Trends Food Sci. Techn., 22, 6, 276-291.
- European Union, 2012. Implementation of the EU salt reduction framework – Results of member states survey. Report, 15 pp, Luxembourg. ISBN: 978-92-79-23821-5.
- Floury J. Camier B., Rousseau, F., Lopez, C., Tissier, J.P. & Famelart, M.H. 2009a. Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationships. Food Science and Technology, 42, 1611-1620.
- Floury J., Rouaud, O. Poullennec, M.L. & Famelart, M.H. 2009b. Reducing salt level in food: Part 2. Modelling salt diffusion in model cheese systems with regards to their composition. Food Science and Technology, 42, 1621-1628.
- Fødevarerministeriet, 2010. EU program for salt skal medvirke til at nedsætte saltindtaget. www.altomkost.dk, 18/6.
- Grummer, J. Karalus, M. Zhang, K. Vickers, Z. & Schoenfuss, T.C. 2012. Manufacture of reduced-sodium Cheddar-style cheese with mineral salt replacers. Journal of Dairy Science, 95, 2830-2839.
- Johnson, M.E., Kapoor, R., McMahon, D.J., McCoy, D.R. & Narasimmon, R.G. 2009. Reduction of sodium and fat levels in natural and processed cheeses: Scientific and technological aspects. Comp. Rev. Food Sci. Food Safety, 8, 252-268.
- Møller, K., Rattray, F., Høier, E. & Ardö, Y. 2012. Manufacture and biochemical characteristics during ripening of Cheddar cheese with variable NaCl and equal moisture content. Dairy Science and Technology, 92, 515-540.
- NIZO food research, 2011. Dutch consortium cuts sodium in meat and cheese by 30 percent. www.npicenter.com/article/products, 31. januar 2011.
- Pastorino, A.J., Hansen, C.L. & McMahon, D.J. 2003. Effect of salt on structure-function relationships of cheese. J. Dairy Sci., 86, 60-69.
- Saint-Eve A., Lauerjat C., Magnan C., Déléris, I. & Souchon I. 2009. Reducing salt and fat content: Impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavoured model cheeses. Food Chemistry 116, 167-175.

- Sihufe, G.A., De Piante Vicín, D.A., Marino, F., Ramos, E.L., Nieto, I.G., Karlen, J.G., Zorrilla, S.E. 2018. Effect of sodium chloride reduction on physicochemical, biochemical, rheological, structural and sensory characteristics of Tybo cheese, *International Dairy Journal* (online), doi: 10.1016/j.idairyj.2018.02.006.
- Søndergaard, L., Ryssel, M., Svendsen, C., Høier, E., Hammershøj, M., Møller, J.R.; Arneborg, N. and Jespersen, L. 2015. Impact of NaCl reduction in Danish semi-hard Samsøe cheeses on development and autolysis of DL-starter cultures. *International Journal of Food Microbiology*, 213, 59-70.
- WHO, 2012. Guideline: Sodium intake for adults and children. Geneva, Switzerland: World Health Organisation.

Gennemførte aktiviteter:

AP1 – Strukturobygning og teksturegenskaber ved reduceret saltkoncentration

1.1 Modelsystemer til beskrivelse af effekt af saltkoncentration

Der er udført ostningsforsøg i alt 4 gange hos de deltagende mejerier med oste som er lagesaltet i 0-28 timer (NaCl slutkoncentration fra 0 til 1,9%). Ostene er analyseret for tekstur, udseende (formstabilitet) og vandbinding af osten både umiddelbart og over tid. Strukturen af ostenetværket er studeret ved kobling af mikroskopiske teknikker som Atomic Force Microscopy (AFM), Scannings Elektron Mikroskopi (SEM) og Confokal Fluorescence Laser Scannings Mikroskopi (CLSM). Saltdiffusionen fra kant/skorpe til midten af osten er målt. Ydermere er repræsentative SEM billeder blevet evalueret af et trænet sensorisk panel for at undersøge muligheden for kvantitativt at kunne måle forskellige SEM relaterede parametre.

1.2 Teknologiske muligheder for strukturdannelse ved lav saltkoncentration

Der er udført forsøg med højtrykshomogenisering (UHPH), og høj-intensiv ultralydsbehandling af ostemælk og studeret for koaguleringssegenskaber og tekstur.

1.3 Ingredienser som strukturdannere ved lav saltkoncentration

Effekten af forskellige ingredienser (starterkulturer, EPS-producerende kulturer, løbe-enzym) i oste med lav saltkoncentration.

1.4 Modelsteforsøg til applikationsrelevans, databehandling og formidling

Opskalering af resultater til mejeriskala hos Arla i Taulov. I samarbejde fremstilles modeloste ud fra 3-faktor forsøg med saltkoncentration * starterkultur * løbetype med reference som 'normalsaltet' ost med hhv. 1,25% NaCl (ønsket mål) og 1,8% NaCl (nuværende Danbo). Ostene er analyseret for de i 1.1. nævnte parametre og er koordineret med sensorisk eksponeringsanalyse af ostene i AP3.

AP2 – Udvikling og performance af starterkulturer i oste med reduceret saltindhold.

2.1 Mikrobiel succession og autolyse i afhængighed af reduceret salt-indhold

Der er i de to første ostningsforsøg produceret oste med to kommercielle DL-starterkulturer og varierende NaCl-koncentrationer (beskrevet i AP 1.1). Ostene blev analyseret i en 12 ugers lagringsperiode for at følge den mikrobielle udvikling, autolyse, fordeling af DL-starterkulturen (beskrevet i AP 2.3) og dannelsen af frie aminosyrer under modning. Den mikrobielle udvikling blev målt med CFU, autolyse ved måling af frigivelsen af det intracellulære enzym post-proline dipeptidyl aminopeptidase (PepX) og dannelsen af frie aminosyrer blev målt med GC-MS.

2.2 Fysiologiske og molekylærbiologiske ændringer under reduceret salt-indhold

Der er udført forsøg med mikroskopi af enkeltceller af *Lc. lactis* som udsættes for varierende NaCl-koncentrationer for at undersøges om cellestørrelsen målbart ændres under påvirkning af NaCl. Efterfølgende er vækst – og celledød under varierende NaCl-koncentrationer analyseret vha. mikroskopi og anvendelse af et cellekammer (CellASIC microfluidic system).

Der er vha. RT-qPCR målt, hvorledes gener involveret i autolysen og stress reguleringen af *Lc. lactis* påvirkes af varierende NaCl-koncentrationer (0,85 – 15 % (w/v)). Forsøget er udført på udvalgte enkeltstammer fra de to kommercielle DL-starterkulturer nævnt i AP 2.1.

2.3 Strukturelle ændringers betydning for starterkulturer

Fordeling, etablering og overlevelse af DL-starter kulturer i oste med varierende NaCl-koncentration er vurderet ved CLSM samt farvning med fluorescerende forbindelser (SYTO13 og propidium iodid).

2.4 Udvikling af nye starterkulturer til oste med lav saltholdighed med fokus på autolyseegenskaber, aromadannelse og positive mikrobielle interaktioner

Evalueret af NaCl-sensitiviteten vha. flow cytometri og farvning med SYTO13 og propidium iodid for udvalgte enkeltstammer fra de to kommercielle DL-starterkulturer nævnt i AP 2.1. Det vurderes, at viden om NaCl-sensitiviteten for de enkelte stammer kan være vigtig i sammensætningen af kulturer til fremstilling af oste med reduceret NaCl-indhold.

AP3 – Sensorisk effekt af reduceret saltindhold i oste.

3.1 Betydning af osts saltindhold for smagsoplevelsen

Ved AU FOOD og Arla Foods er der udført sensorisk bedømmelse (SB) på batches af gule oste fra Thise Mejeri med forskellig saltkoncentrationer ved brug af et trænet sensorisk panel som en sensorisk kvantitativ deskriptiv analyse (QDA). En ny deskriptiv sensorisk metode, Temporal Dominance of Sensations (TDS) er blevet testet og resultaterne er sammenlignet med QDA resultaterne. Ved TDS bliver de dominerende sensoriske oplevelser registreres over tid.

3.2 Forbrugerrespons på reduceret saltindhold

FOOD og Arla har i samarbejde gennemført et kvantitativt forbrugeracceptstudie med 197 forbrugere med fokus på bl.a. perceptionsevne, overordnet 'liking', og "liking" af sensoriske egenskaber, tilfredshed, demografi og købsintention. Studiet blev udført som et eksponeringsstudie med en prætest, en hjemmetest over 3 uger og en post-test. Ved præ- og posttesten blev alle fire oste bedømt, ved hjemmetesten blev forbrugerne inddelt i fire grupper som bedømte én type ost hver over en 3 ugers periode. Studiet foregik med Arlas forbrugerpanel og i Arlas forbrugerfaciliteter (præ- og posttest) samt hjemme hos forbrugerne (hjemmetest). Taulov Mejeri leverede Danbo 30+ oste med forskellige saltindhold (1,7%, 1,6%, 1,5% og 1,4%) (beskrevet i AP 1.4). Konklusionen var, at saltniveauet kan reduceres til 1,5% uden en reduktion i forbrugeraccept.

3.3 Kemisk analyse af modeloste

På et udvalg af de oste, som er bedømt sensorisk, er der udført MCA (multi compound analyse), analyse af aminosyrer og frie fedtsyrer. Identificerede metabolitter, der er ansvarlige for henholdsvis smagsdefekt og gode smagsmaskeringer, er korreleret til SB under 3.1 og 3.2.

10. Projektets resultater

Der er i alt gennemført fire ostningsforsøg i mejeriskala hos hhv. Brabrand Mejeri (to gange), Thise Mejeri og Taulov Mejeri, hvorfra der er analyseret en række parametre som beskrevet i pkt. 9.

I **AP1** er der analyseret tekstur- og strukturegenskaber i de ovenfor beskrevne ostningsforsøg ud over nogle mindre laboratorieforsøg og procesforsøg, med hhv. ExoPolySaccharid (EPS) i ost, højintensiv ultralydsbehandling (HIU) og ultrahøjtrykshomogenisering (UHPH). Disse sidstnævnte forsøg viste ikke nævneværdige eller relevante effekter, hvorfor der ikke fokuseres på disse her. I nedenstående Tabel 1 ses en oversigt over de fire ostningsforsøg på mejerierne, og de testede teksturparametre i AP1 har været hårdhed og struktur af ostene ved brud. Den instrumentale ostetekstur kunne korreleres til hhv. modningstiden, position i osten ved sampling og saltkoncentrationen. Hovedeffekterne af behandlingerne viste, at lagesaltningstiden var altafgørende for det endelige saltindhold i ostene, og at der også var en effekt på tørstofindholdet af osten, dog uden signifikant forskel mellem 6 h og 24 h lagesaltning. Kun oste med 0 h lagesaltning havde signifikant lavere tørstofindhold end oste saltet >12 h (Akkerman et al., 2017).

Tabel 1 Skematisk plan for 4 ostningsforsøg og hovedparametrene i disse, prøveudtagningstidspunkter ved forskellige modningstider og gentagelser (fra Akkerman et al., 2017).

Experiment	Chymosin type	DL-starter culture	Brining time (h)	Ripening time (weeks)	Cheese replicates	Positions for texture sampling
1	BC ^a	C1 ^c	0, 6, 12, 24	1, 2, 7, 12	3	12
Samsø, 30+		C2	0, 6, 12, 24	1, 2, 7, 12	3	12
2	BC	C1	0, 12, 24	1, 2, 7, 12	2	12
Samsø, 30+		C2	0, 12, 24	1, 2, 7, 12	2	12
3	BC	C3	6, 12, 24	1, 12	2	12
Danbo, 30+	CC ^b	C3	6, 12, 24	1, 12	2	12
4	BC	Commercial	0, 28	12	12	2
Danbo, 30+	CC	used at Taulov dairy	10, 15, 28	12	12	2

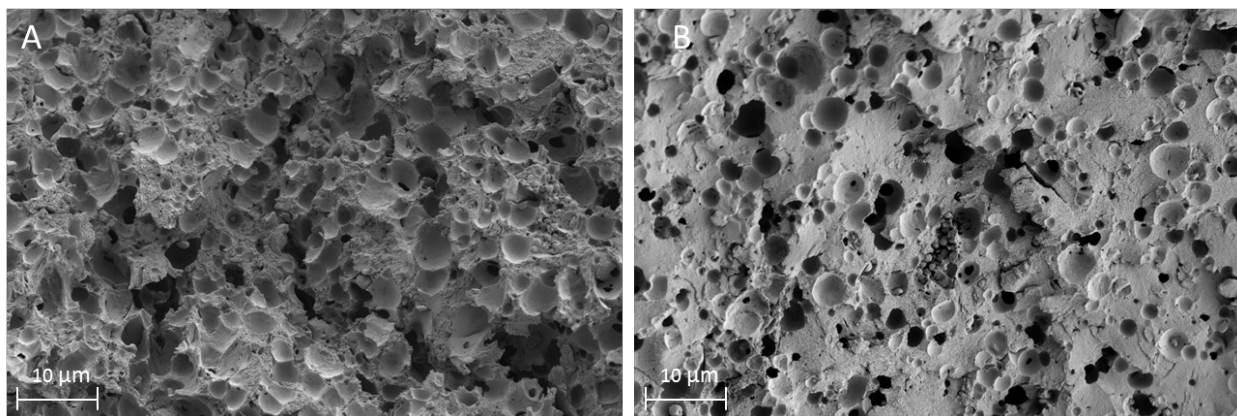
^a BC=Bovine chymosin, ^b CC=Camel chymosin, ^c DL-starterkulturer C1, C2 & C3 er fra Chr. Hansen A/S

Indholdet af NaCl i oste saltet hhv. 0, 6, 12 og 24 h var som gennemsnit over alle behandlinger hhv. ~0,2%, ~1,0%, ~1,3% og 1,8% (her regnet som NaCl/totalvægt). Saltfordelingen i ostene varierede mest i starten af modningstiden og for oste med lang lagesaltingstid mellem centrum og kanten af de lagesaltede oste. Gradienten mellem kanten af ostene (op til 3,0% NaCl) var helt op til 1,5% til ostenes centrum. Efter 12 ugers modning var denne gradient udlignet mellem kant og centrum for oste der var lagesaltet <12 h, men for referencebehandlingen på 24 h var der stadig en signifikant forskel mellem kant og centrum på ~0,4% NaCl.

Osternes tekstur ændrede sig under modning, hvilket er velkendt, således at ostene blev mindre faste (lavere stress ved brud) pga. proteolyse under modningsperioden. Osternes komprimerbarhed (strain), dvs. hvornår osten bryder, ændredes ikke signifikant som funktion af modning. Saltindholdet havde meget stor betydning for osteteksturen, således at højere saltindhold gav signifikant fastere ost med en kortere struktur (mindre strain), hvor oste med laveste saltindhold slet ikke opnåede brud, men var meget bløde (lav stress) og udflydende (høj strain).

For at imødegå disse – uønskede – teksturændringer ved at sænke saltindholdet i ostene viste resultaterne af de fire mejeri-ostningsforsøg samlet, at især to faktorer har en betydning; hhv. DL-starterkulturen og chymosintypen. Især starterkulturen C3 udmærkede sig ved at resultere i signifikant hårdere oste end kulturerne C1 og C2 i forsøg 1 (samme chymosintype, samme mejeri, samme saltningsforhold), således at oste med C3 starterkultur efter 6 h lagesalting opnåede samme fasthed ved et saltindhold på 1,1%, som de to øvrige kulturer efter 24 h lagesalting resulterende i 1,75% NaCl.

Typen af chymosin viste sig at have en signifikant effekt på osternes tekstur, når lagesaltingstiden var kort (6 h) og saltindholdet tilsvarende lavt ~1,1-1,2%. Chymosin af kamel-oprindelse resulterede i signifikant fastere ostetekstur i forhold til chymosin af bovin-oprindelse. Dette kunne ved SEM-billeder ses at korrelere med en struktur, som var mere finstrenget/finkornet og kompakt i forhold til oste med bovin chymosin (Figur 1, fra Akkerman et al., 2017), hvilket tidligere for andre protein-gelsystemer resulterer i lavere strain ved brud, dvs. en kortere struktur.



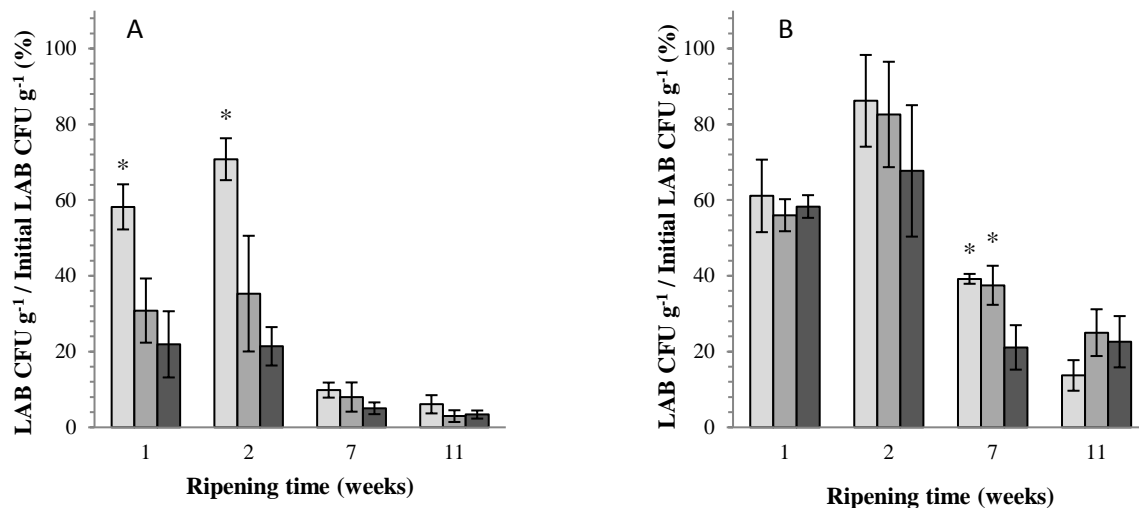
Figur 1 Scanning electron mikroskopi (SEM) (5000 x) af Danbo 30+ fra experiment 4 efter 28 h lagesaltning og 12 ugers modning med hhv. A) bovin chymosin og B) kamel chymosin (Akkerman et al., 2017).

De instrumentale teksturmålinger af forsøgsostene er korreleret til sensorisk tekstur ved deskriptiv analyse (DA) i AP3. Desuden blev visuel sensorik analyse implementeret som værktøj til at analysere SEM-billeder. Denne anvendelse viste, at det sensoriske panel var i stand til at differentiere SEM-billeder af osteprøverne ud fra starterkultur, saltindhold samt modningstid.

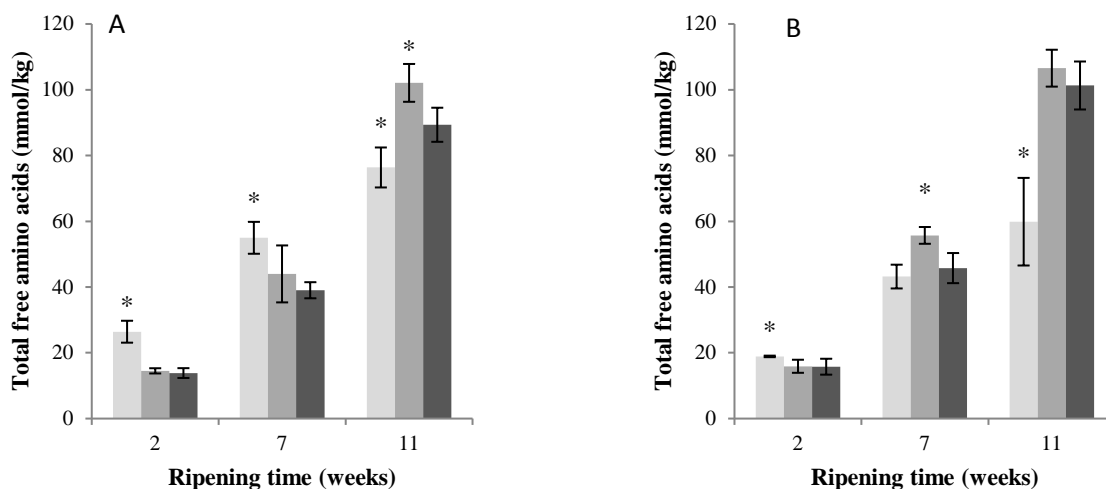
I AP2 er der analyseret oste fra de to første ostningsforsøg angivet i Tabel 1. Ostene havde varierende NaCl-indhold (her regnet som NaCl/vand w/v-%) (< 0,3% (usaltet), 1,8%, 2,3% (reduceret-salt), 3,4% (normalt-salt) (w/v)) og blev fremstillet med to kommercielle DL-starterkulturer, C1 og C2 (begge bestod af flere stammer af arterne *Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *cremoris*, *Lc. lactis* ssp. biovar. *diacetylactis* og *Leuconostoc* spp.). Målet var at undersøge effekten af NaCl-reduktion for den mikrobielle udvikling, autolyse, dannelsen af frie aminosyrer og fordelingen af DL-starterkulturene henover en 12 ugers modningsperiode. Resultaterne fra forsøget er publiceret i Søndergaard et al., 2015.

Den mikrobielle udvikling blev målt med CFU (kimalt for starterkulturen) og resultatet ses i Figur 2. Der var en reduktion i CFU igennem hele modningsperioden, hvor den kraftigste reduktion for oste med 3,4% (w/v) NaCl blev observeret efter 1 uges modning. Indholdet af NaCl i ostene havde en signifikant indflydelse på starterkulturenes overlevelse i starten af modningsperioden, hvor faldende NaCl-koncentration korrelerede omvendt med væksten af starterkulturene, men efter 11 ugers modning var der ingen signifikant effekt af NaCl. Generelt var der en større påvirkning af NaCl-reduktionen på starterkulturens overlevelse for oste produceret med DL-starterkultur C1 sammenholdt med C2.

Autolysen blev evalueret under modning ved at måle frigivelsen af det intracellulære enzym, post-proline dipeptidyl aminopeptidase (PepX). Der var en stigning i aktiviteten af PepX under modningsperioden, hvor faldende NaCl-koncentration korrelerede omvendt med aktiviteten af PepX, hvilket ikke var forventet ud fra data for CFU (Figur 2). Generelt var der en større indvirkning af NaCl-reduktionen på aktiviteten af PepX for oste produceret med DL-starterkultur C1 sammenholdt med C2.



Figur 2. Lactic acid bacteria (LAB) (CFU/g) (M17 agar with 0.5% (w/v) lactose) for the ripened semi-hard Samsøe cheeses compared to the initial number of LAB in the cheeses i.e. before brining ($8.9 \cdot 10^8$ cfu/g for C1 and $1.7 \cdot 10^9$ cfu/g for C2). Cheeses with $< 0.3\%$ w/v (\square), 2.3% w/v (\square), and 3.4% w/v (\blacksquare) NaCl and two DL-starter cultures i.e. A) C1, and B) C2 are shown. The mean value was calculated from duplicated samples of triplicated batches. Asterisks denote the values significantly different ($P < 0.05$) from the normal-salted cheeses (i.e. 3.4% (w/v) NaCl).



Figur 3. Total free amino acid content during ripening of semi-hard Samsøe cheeses. Cheeses with $< 0.3\%$ w/v (\square), 2.3% w/v (\square), and 3.4% w/v (\blacksquare) NaCl and two DL-starter cultures i.e. A) C1, and B) C2 are shown. Values presented are the means of two measurements of single samples from triplicated batches. Asterisks denote the values significantly different ($P < 0.05$) from the normal-salted cheeses (3.4% (w/v) NaCl).

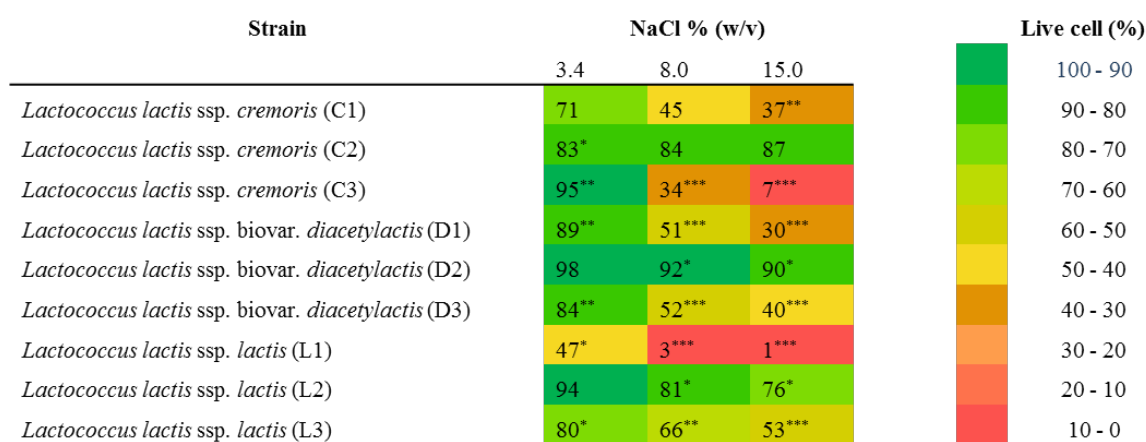
I Figur 3 ses indholdet af frie aminosyrer i ostene under modning. Der var som forventet en stigning i koncentrationen af frie aminosyrer i gennem hele modningsperioden, hvor indholdet af frie aminosyrer korrelerede positivt med NaCl-koncentrationen i ostene efter 11 ugers modning.

Resultaterne af fordeling, etablering og overlevelse af DL-starterkulturerne i ostene vurderet ved CLSM samt farvning med fluorescerende forbindelser viste overordnet de samme tendenser som for CFU (Figur

2). Ydermere blev det observeret, at reduktionen i andelen af levende celler hovedsagelig kom fra bakterier organiseret i grupper med fire celler eller mere.

Der er udført flere laboratorieforsøg med mikroskopi, genekspression og flow cytometri til vurdering af indflydelsen af NaCl på mikrokoloni-dannelse, ekspression af autolyse- og stressrelaterede gener, samt måling af NaCl-sensitiviteten for enkeltstammer isoleret fra DL-starterkultur C1 og C2.

I nedenstående Figur 4 ses et heatmap, som illustrerer andelen af levende celler målt med flowcytometri for ni *Lc. lactis*-stammer efter NaCl-eksponering. Der blev fundet en markant forskel i NaCl-sensitiviteten af de inkluderede enkeltstammer. Dog var der ikke nogen tydelig trend i NaCl-sensitiviteten inden for hver af de tre inkluderede underarter.



Figur 4. Heatmap displaying the percentage of live cell measured with flow cytometry after 24 hours in solution with either 3.4% (w/v), 8.0% (w/v) or 15% (w/v) NaCl compared to the control samples with physiological NaCl level (0.85% (w/v)) for nine *Lactococcus lactis* strains isolated from DL-starter cultures. Mean values were calculated from single samples from three biological replicates. Asterisks denote the values significantly different from the sample with 0.85% (w/v) NaCl where * ≤ 0.05 , ** ≤ 0.01 , *** ≤ 0.001 .

I AP3, hvor ostenes sensoriske egenskaber blev studeret, blev TDS anvendt til at bedømme sensoriske forskelle på ost fra eksperiment 3, med inkludering af en starterkultur mere ud over den i Tabel 1 skitserede. Ved hjælp af TDS var det muligt at differentiere ostene baseret på saltningstid, løbe samt starterkultur. Efterfølgende blev fem oste fra eksperiment 4 (Tabel 2) bedømt af et trænet sensorisk panel og et forbrugerpanel. Ved den sensoriske deskriptive test bedømte det trænede og testede sensoriske panel, bestående af ni panelister, de fem oste. I alt blev 17 attributter, herunder intensitet af salt smag og hårdhed, vurderet på en 15-cm skala (0 = lav intensitet; 15 = høj intensitet). Resultaterne fra den kvantitative deskriptive sensoriske bedømmelse viste, at et reduceret saltindhold var forbundet med en mindsket hårdhed, elasticitet og salthed samt en øget smeltehastighed. Ost 4, med laveste saltindhold, var karakteriseret ved at være mindst hård, elastisk, salt og bitter sammenlignet med ost 1, 2A og 2B med normalt saltindhold. Der var ikke nogen signifikante forskelle i intensiteten af salt smag mellem ost 3 og ostene med normalt saltindhold, selvom nogle af teksturattributterne (hårdhed, elasticitet) var forskellige. Smeltehastigheden for ost 3 var ikke signifikant forskellig fra ost 1, 2a og 2b.

Til forbrugerstudiet var prøve 2 repræsenteret ved prøve 2A. I forbrugerstudiet med 197 forbrugere blev graden af "liking" for udseende, lugt, tekstur, smag og mundfølelse bedømt på en 9-punkts skala såvel som intensiteten af salt og bitterhed. Andre responsvariable inkluderede harmonisk smag, sensorisk tilfredsstillelse og lyst til at smage igen.

Table 2. Osteprøver til de deskriptive sensoriske tests og forbrugerstudiet fra eksperiment 4.

Cheese type	Production batch	Brining time	Aimed salt concentration	Actual salt concentration	Rennet
1	1	28 h	1.6-1.7 %	1.67 %	Bovin chymosin (Chy-Max Plus)
2A	2a	28 h	1.6-1.7 %	1.54 %	Camel chymosin (Chy-Max M)
2B	2b	28 h	1.6-1.7 %	1.59 %	Camel chymosin (Chy-Max M)
3	2a	15 h	1.4-1.5 % (Nordic Keyhole)	1.29 %	Camel chymosin (Chy-Max M)
4	2b	10 h	1.2-1.3 %	1.23 %	Camel chymosin (Chy-Max M)

Selvom ostene var sensorisk forskellige, havde det ikke nogen indflydelse på forbrugernes "liking" af tekstur, smag, mundfølelse og udseende af ostene. "Liking" af lugt blev dog vurderet til at være lavere for ost 4 sammenlignet med ost 1. Herudover vurderede forbrugerne ost 4 til at have den laveste intensitet af salt smag, hvorimod ost 3 ikke adskilte sig signifikant i forhold til forbrugernes saltopfattelse sammenlignet med ost 1 og 2A. Gentagne eksponeringer resulterede i et fald i "liking" af smag og lugt for ost 3, samt et fald i "liking" af udseende for ost 2A og 4. Endvidere vurderede forbrugerne, at smagen af ost 3 var mindre harmonisk, og deres lyst til at smage osten igen var signifikant lavere ved posttesten sammenlignet med prætesten. Herudover forblev forbrugernes "liking" og accept af ostene mere eller mindre stabil gennem eksponeringsperioden.

Konklusioner

Projektet har frembragt ny viden om effekten af NaCl, DL-starterkultur og chymosintype på teksturegenskaberne og den kemiske sammensætning af danske mellem-hårde oste; Samsø og Danbo. Kortere lagesaltningstid reducerer saltindholdet med en signifikant indflydelse på hårdhed, elasticitet og kemisk sammensætning af ostene. Hårdheden af oste stiger og elasticiteten falder lineært med stigende indhold af NaCl. De tre forskellige DL-starterkulturer, som har været studeret, påvirker teksturegenskaberne af ostene. Den kultur, som samtidig er mest veldefineret, resulterer i signifikant fastere oste samtidig med, at den bevarer en relativt god elasticitet af ostestrukturen. Samtidig er ostene hårdere, når kamel-chymosin anvendes ved lavt saltindhold, end for oste fremstillet med bovin-chymosin. Elasticiteten er ikke signifikant påvirket af chymosin-typen. Dog kan DL-starterkulturen interagere med chymosin-typen i relation til ostens tekstur. NaCl-indholdet i mellem-hårde oste påvirker de inkluderede DL-starterkulturer i varierende grad. En reduktion af NaCl-indholdet ændrer modningsprofilen, hvor starterkulturens udvikling, autolyse, indholdet af frie aminosyrer og i sidste ende den færdige osts smagsprofil påvirkes. NaCl-sensitiviteten blandt enkeltstammer fra DL-starterkulturene varierer, hvilket påvirker DL-starterkulturens udvikling, autolyse og frigivelse af enzymer under modning. Starterkulturen er en essentiel del af osteproduktionen og påvirker ikke kun smagsprofilen, men også tekturen. Viden om NaCl-sensitiviteten, herunder autolyse, for de enkelte stammer bør anvendes under udvikling, udvælgelse, sammensætning og propagering af DL-starterkulturer til

fremstilling af mellemfaste oste med et reduceret NaCl-indhold. Herved er det muligt at påvirke og kontrollere autolyse og aromadannelse i ostene.

Konklusionen af sensorikstudierne er, at visuel sensorisk analyse er en brugbar metode til bedømmelse af SEM billeder. Temporal Dominance of Sensations (TDS) er en meget anvendelig sensorisk metode til at bedømme forskelle i ostes sensoriske profil, og en reduktion i saltindholdet i ost påvirker den sensorisk bedømte tekstur og smag af ost. Specifikt designede DL-starterkulturer til Samsø oste med et reduceret NaCl-indhold vil kunne bidrage til, at forbrugeren ikke oplever en forringelse af den NaCl-reducerede variant.

Det er muligt at reducere saltindholdet i mellem-hårde, lagesaltede, danske ostetyper som Samsø og Danbo til ~1,3% NaCl og derved opfylde kravene til nøglehulsmærket (< 1,5% salt) uden at gå på kompromis med ostens teksturegenskaber ved at anvende veldefinerede DL-starterkulturer og kamel-chymosin og uden stor betydning for intensiteten af salt smag og forbrugernes 'liking' af ostene. Projektets eksperimentelle arbejde udført i produktionsskala på mejerierne har givet relevant indsigt i, hvordan saltreducerede osts kvalitet kan kontrolleres under produktionsforhold, som er direkte anvendelige for mejeriindustrien.

11. Afgivelser

11.1 Fagligt

Der var oprindeligt planlagt to ph.d.-projekter for hhv. AP1 og AP2, hvor ph.d.-studiet i AP1 ikke blev gennemført pga. lang tids sygdom, hvilket betød, at en del af AP1-forsøgene ikke kunne gennemføres, da tid og ekspertise manglede. Herved kunne visse strukturstudier af ostene og aktiviteter omkring hvide oste (fetatyper) ikke gennemføres i projektet. Primært for en del af AP1.2 og 1.3 omkring hhv. teknologier og ingredienser blev de forventede resultater således ikke opnået. Projektet fik mulighed for at ansætte en videnskabelig assistent til at gennemføre den sidste del af AP1.4 omkring modelsteforsøg med applikationsrelevans for mejerierne.

11.2 Økonomisk

Den samlede økonomi i projektet har ikke afvejet væsentligt fra det planlagte. Der har været nogle forskydninger mellem projektårene, men har totalt set ikke ændret økonomien. Dog betyder forlængelsen angivet i pkt. 11.3., at KU har egenfinansieret den sidste del af ph.d.-studiet i AP2.

11.3 Tidsplan

Tidsplanen var oprindeligt et 3½-års projekt fra maj 2012 til oktober 2015. Projektet er blevet forlænget af et par gange til december 2017 pga. to perioder med barselsorlov. Dette har betydet, at primært AP2 her strakt sig over en længere tidsperiode end AP1 og AP3, se Gantt diagram i pkt. 9.

12. Resultaternes betydning, herunder for mejeribrug

Mejerierne kan anvende projektets resultater omkring starterkulturer og løbeenzym til at producere mellemfaste oste (Samsø og Danbo) med et reduceret saltindhold, der opfylder nøglehulskriteriet (<1,5% salt). Fra ingrediensvirksomhedens side vil der være brug for endnu mere viden omkring løben og starterkulturens indflydelse på smag og tekstur af osten med lavere saltindhold, for at øge brugeranvendelsen. Et yderligere studie omkring ostens holdbarhed, samt den lavere salts indflydelse på væksten af NSLAB vil være nødvendig for at øge brugeranvendelsen.

De danske ostemejeriers primære gevinst ligger i projektets nye viden om effekten af at reducere saltindholdet i danske ostetyper på hhv. ostens tekstur, sensorik og mikrobiologi. Der er peget på løsninger i form af specifikke starterkulturer og osteløbetyper, der understøtter en god ostekvalitet (smag og fasthed) ved produktion af saltreducerede oste. Smagen af ostene er vigtig for at kunne sælge produktet og de opnåede effekter/viden kan anvendes til at udvikle nye osteprodukter, der kan opnå nøglehulsmærket. Sådanne oste er fra projektstart udmeldt at kunne være nye varianter, som ikke ligner nøjagtigt dem, vi kender i dag. Videreudvikling af nye ostevarianter er således affødt af projektet. Mejerierne vurderer, at projektet næppe skaber nævneværdig meromsætning, men resulterer måske i, at forbrugerne tilbydes lidt sundere oste. Samfundsmæssigt har projektet sigte på at kunne producere fødevarer, her oste, med et lavere saltindhold, hvor effekten på længere sigt er at reducere saltindtaget hos forbrugerne. Betydningen af salt for forbrugernes sundhed har stået og står stadig højt på den politiske og forskningsmæssige dagsorden i den vestlige verden. Et for højt saltindtag forbindes med forhøjet blodtryk og hjertekarsygdomme, hvorfor både EU-kommissionen, WHO og Fødevarerministeriet har fokus på kriterier for salt i fødevarer, herunder ost. Hvad saltreduktion i mellemfaste oste af typerne Samsø og Danbo betyder for samfundet som helhed er vanskeligt at beregne, da der er flere bidragende faktorer til de nævnte sundhedsmæssige effekter. Dog er effekten af projektets resultater et skridt i den rigtige retning for at mindske saltindtaget. Komplexiteten i saltindtag hos forbrugerne stor, så effekten af saltreduktion i de nævnte oste alene er næppe synlige førend på meget langt sigt, og under betingelse af at produkterne på markedet slår igennem hos forbrugerne.

13. Formidling og vidensdeling vedr. projektet

Artikler i internationale tidsskrifter: 2 artikler med peer-review og 1 bogkapitel

Populærvidenskabelige artikler: 4

Studenteropgaver: 4

Indlæg ved faglige kongresser, symposier etc.: 5 mundtlige indlæg og 6 postere

Mødeindlæg: 8 ved MFF Teknologi styregruppe, 1 ved MAF bestyrelse, 1 ved Fødevarerministeriet

Andet: 1 ph.d.-afhandling (planlagt 2018), 1 præsentation ved Food Festival Aarhus, 1 video.

Nedenfor er disse listet kronologisk:

2012

Mødeindlæg ved MFF Teknologi styregruppemøde, 24. april 2012.

Mødeindlæg ved MFF Teknologi styregruppemøde, 9. oktober 2012.

2013

1. Møller, J.R., Søndergaard, L., Mielby, L.H., Rysse, M., Jespersen, L., Arneborg, N., Kidmose, U., Mortensen, G. and Hammershøj, M. 2013. Et gran salt. Reduktion af salt i ost. Mælkeritidende, 26, no. 6, 10-11.
2. Hammershøj, M. 2013. Et gran salt – Udfordringer for osts struktur, smag og mikrobiologi. Mejeriforskningens dag – Forskning der nytter. 11. april 2013, Billund, s. 59-62.
3. Møller, J.R., 2013. A Pinch of Salt – Texture and microstructure of Danish cheese with a reduced salt content. 'FHN Structuring Food for Health Cluster' – Food & Health Network cluster meeting. 1. maj 2013, Colworth Science Park, Sharnbrook, Bedfordshire, UK, England.
4. Postere og præsentation ved medarbejdere fra AU-FOOD ved Food Festival 2013 'Oste med lavt saltindhold - hvorfor nu det?' 6.-9. september 2013, Tangkrogen, Aarhus.
5. Andersen, C.J. and Dam, L.E.R. 2013. The effect of sodium concentrations on the growth of *Lactococcus lactis* strains investigated in a Danbo cheese model system. Bacheloropgave ved Institut for Fødevarervidenskab, KU.

6. Hammershøj, M. 2013. 'Blessed are the cheesemakers – Worth its salt', interviewartikel af Andy Ex-tance om 'Et gran salt'-projektet, Chemistry World, 10, 12, 44-47.

Mødeindlæg ved MFF Teknologi styregruppemøde, 2. maj 2013.

Mødeindlæg ved MFF Teknologi styregruppemøde, 12. november 2013.

2014

7. Møller, J.R., Andersen, U., Mortensen, G., Løkke, M.M. and Hammershøj, M. 2014. Effect of starter culture and rennet type on semi-hard cheese with reduced salt content. Poster abstract. The 2nd Symposium on Microstructure of Dairy Products, 3.-4. marts 2014, Melbourne, Australien.
8. Lamichhane Santosh, Yde CC, Mielby LH, Kidmose U, Møller JR, Hammershoej M, and Bertram HC. 2014. High-resolution magic-angle spinning studies of semi-hard Danbo (30+) cheese - impact of processing conditions and relation to sensory perception. Mundtligt indlæg ved MRFood Conference, 20-23. maj 2014, Cesena, Italien.
9. Rasmussen, Pierre. 2014. Sensorisk bedømmelse af saltreduceret gule oste ved brug af deskriptiv analyse og TDS- Temporal Dominance af Sensation. Professionsbachelor afgangsrapport. Vejledere Susanne Lier Hansen Cold College, Ulla Kidmose og Line Holler Mielby, AU.
10. Ryssel, M., Søndergaard, L., Arneborg, N. & Jespersen, L. 2014. Exploring the influence of variable NaCl content on microbial viability, autolysis and cell distribution during maturation of semi-hard cheese. Poster abstract. 11th International Symposium on Lactic Acid Bacteria, 31. august – 4. september 2014, Egmond aan Zee, Holland.
11. Søndergaard, L., Ryssel, M., Møller, J.R., Arneborg, N. & Jespersen, L. 2014. Viable counts, autolysis and cell distribution during ripening of semi-hard cheese with reduced NaCl content. Mundtlig præsentation. Food Micro, 1. – 4. september 2014, Nantes, Frankrig.

Mødeindlæg ved MFF Teknologi styregruppemøde, 6. maj 2014.

Mødeindlæg ved MAF Bestyrelsesmøde, 8. maj 2014.

Mødeindlæg ved Fødevareministeriet-møde, 29. august 2014.

2015

12. Søndergaard, L., Ryssel, M., Svendsen, C., Høier, E., Hammershøj, M., Møller, J.R.; Arneborg, N. and Jespersen, L. 2015. Impact of NaCl reduction in Danish semi-hard Samsøe cheeses on development and autolysis of DL-starter cultures. International Journal of Food Microbiology, 213, 59-70.
13. Lamichane, S., Yde, C.C., Mielby, L.H., Kidmose, U., Møller, J.R., Hammershøj, M. and Bertram, H.C. 2015. High-Resolution Magic Angle Spinning Studies of Semi-Hard Danbo (30+) Cheese-Impact of Processing Condition and Relation to Sensory Perception. Chapter 17. In: Capozzi, F., Laghi, L. & Belton, P.S. (eds.): Magnetic Resonance in Food Science: Defining Food by Magnetic Resonance, s.171-180. Royal Society of Chemistry, London. ISBN 978-1-78262-031-0.
14. Hammershøj, M. 2015. Effekten af reduceret saltindhold på gul osts tekstur, smag og mikrobiologi. Mundtligt indlæg og Poster ved Mejeriforskningens Dag, 23. april 2015, Billund.
15. Schou, S. 2015. Laboratorietekniker opgave om salt i ost. KU. Sofie Blaabjerg Schou afleverede en afsluttende opgave i forbindelse med færdiggørelsen af laborantuddannelsen hos KU.

Mødeindlæg ved MFF Teknologi styregruppemøde, 9. juni 2015.

2016

16. Hammershøj, M., Akkerman, M., Løkke, M.M., Andersen, B.V., Mielby, L.H., Kidmose, U., Søndergaard, L., Jespersen, L., Andersen, U. and M.K. Nørgaard. 2016. Salt content in yellow cheese as result of brining and the effect on salt distribution and textural properties during cheese ripening. Abstract & Poster: IDF Parallel Symposia Cheese Science & Technology, 11.-13. april 2016, Dublin, Irland.

17. Hammershøj, M. 2016. Gul ost med mindre salt. Perspektiv Årsberetning 2016, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, s. 58.
18. Hemmingsen, A. 2016. Salt reduction in cheese – Impact on sensory properties and consumer acceptance. Master Thesis i Molekylær Ernæring og Fødevareteknologi ved Institut for Fødevarer, AU, 68 s.
19. Christensen A. M. 2016. Saltreduktion i gul ost – sensoriske forskelle, forbrugeraccept og betydningen af socio-demografiske faktorer for forbrugernes accept. Master Thesis i Molekylær Ernæring og Fødevareteknologi ved Institut for Fødevarer, AU, 63 s.
20. Andersen, B.V., Kidmose, U., Mielby, L.H., Christensen, A.M., Hemmingsen, A., Nørgaard, M.K., Akkerman, M., Foged, B. & Hammershøj, M. 2016. Reduce salt content in yellow cheese without compromising consumers' acceptance -an approach and results from a mere exposure study. Abstract & Poster. Seventh European Conference on Sensory and Consumer Research, 11.-14. september 2016, Dijon, Frankrig.
21. Kidmose U., Andersen B.V., Mielby L.H., Hemmingsen A., Christensen A.M., Nørgaard M.K., Akkerman M., Foged B. & Hammershøj M. 2016. Salt content in yellow cheese –the effect of salt reduction on sensory properties and consumer acceptance. Abstract & Poster. Seventh European Conference on Sensory and Consumer Research, 11.-14. september 2016, Dijon, Frankrig.
22. Hammershøj, M. & Hermansen, N. 2016 Til kamp mod den salte ost. 21. november 2016. Nyhedsbrev & video <http://dca.au.dk/aktuelt/nyheder/vis/artikel/til-kamp-mod-den-salte-ost/>

Mødeindlæg ved MFF Teknologi styregruppemøde, 6. oktober 2016.

2017

23. Akkerman, M., Kristensen, L.S., Jespersen, L., Ryssel, M.B., Mackie, A., Larsen, N.N., Andersen, U., Nørgaard, M.K., Løkke, M.M., Møller, J.R., Mielby, L.A., Andersen, B.V., Kidmose, U. & Hammershøj, M. 2017. Interaction between sodium chloride and texture in semi-hard Danish cheese as affected by brining time, DL-starter culture, chymosin type and cheese ripening. Special Issue - International Dairy Journal, 70, 34-45.
24. Mielby, L.A., Hammershøj, M., Mackie, A., Akkerman, M. Andersen, U., Nørgaard M.K., Andersen, B.V. & Kidmose U. 2017. Sensory descriptive analysis – the best microscope image analysis tool there is? Abstract. 12th Pangborn Sensory Science Symposium, 20.-24. august 2017, Rhode Island, USA.

Mødeindlæg ved MFF Teknologi styregruppemøde, 9. oktober 2017.

2018

25. Hammershøj, M., Jespersen, L. & Kidmose, U. 2017. God tekstur og smag af gul ost med lavere saltindhold. Mælkeritidende (*under forberedelse*).
26. Kristensen, L.S. 2018. Impact of NaCl reduction in semi-hard cheese on development and performance of DL-starter cultures. ph.d.-afhandling, Københavns Universitet (*afleveres i sommeren 2018*).

14. Bidrag til kandidat og forskeruddannelse

Projektet har bidraget til 2 kandidatuddannelser, hhv. Anne-Mette Hemmingsen i 2016, Molekylær Ernæring og Fødevareteknologi, AU: "Salt reduction in cheese – Impact on sensory properties and consumer acceptance", og Annika Methmann Christensen i 2016, Molekylær Ernæring og Fødevareteknologi, AU: "Saltreduktion i gul ost – sensoriske forskelle, forbrugeraccept og betydningen af socio-demografiske faktorer for forbrugernes accept".

Projektet bidrager til 1 forskeruddannelse, Lise Søndergaard Kristensen i 2018, ph.d. i Fødevarevidenskab, KU: " Impact of NaCl reduction in semi-hard cheese on development and performance of DL-starter cultures".


15. Nye kontakter/projekter

Analyse af NaCl har været anvendt i en myndighedsopgave for Fødevareministeriet udført på AU: "Saltop-tag i kartofler, grøntsager og stivelsesholdige produkter under tilberedning som kogning" af Mielby, L.A., Kidmose, U., Akkerman, M. og Hammershøj, M., rapport, december 2016.

Kontakten til projektdeltager Alan Mackie ved IFR og efterfølgende Leeds University har indirekte affødt ansøgning af projektet DAIRYMAT ved Arla For Health, 2017-2020, om ostematricens struktur og betydning for fedtoptag. Deltagere: AU, KU, Arla Foods.

16. Underskrift og dato

Projektet er formeldt afsluttet, når projektleder og MFF-repræsentant (fx styregruppeformanden for den respektive styregruppe) har underskrevet slutrapporten.

Dato: 21/3-2018 Projektleders underskrift: 

Dato: 2. april 2018 MFF-repræsentants underskrift: 
Grith Mortensen