



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2018 30 stp

Fakultet for Kjemi, Bioteknologi og Matvitenskap
Judith Narvhus

Konsistens i rømme; effekt av proteinanrikning og eksopolysakkarid-produserende syrekultur

Consistency of sour cream; effect of protein
enrichment and exopolysaccharide-producing
starter culture

Marius Pihl Frederiksen

Matvitenskap
Fakultet for Kjemi, Bioteknologi og Matvitenskap

Forord

Denne masteroppgaven ble gjennomført våren 2018 ved fakultetet for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (KBM) ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven utgjør 30 studiepoeng, og er avsluttende arbeid innenfor studieretningen matvitenskap – produksjon og utvikling av næringsmidler.

Først og fremst vil jeg takke hovedveileder professor Judith Narvhus og biveileder førsteamanuensis Anne-Grethe Johansen for god hjelp til forsøksoppsett og planlegging av analyser samt nyttige og konstruktive tilbakemeldinger under skriveprosessen, og en generell tilstedeværelse gjennom oppgavens utforming. Videre vil jeg takke Ola Tjøland og Geirfinn Lund for hjelp med den praktiske gjennomføringen på pilotanlegget samt hjelp ved sensoriske analyser. Jeg vil også takke May Helene Aalberg, Kari Olsen og Ahmed Abdelrahim for god hjelp på laboratoriet og til sensoriske analyser, Sara Mohamed Gaber og Raju Rimal for statistisk hjelp, og Hilde Kolstad for veiledning og hjelp ved bruk av elektron mikroskop.

Til slutt vil jeg takke TINE AS for økonomisk støtte og alle medstudenter for sosialt samvær og for en fin studietid her i Ås. En liten ironisk takk bør også rettes til værgudene som har velsignet de siste fire ukene av oppgavens utforming, med 30 varmegrader og strålende sol, optimale betingelser for skrivearbeid.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, 2018

Marius Pihl Frederiksen

Sammendrag

Rømme produseres i dag i flere ulike varianter bestående av ulikt fettinnhold. Ved økende innhold av fett vil teksturen av rømme påvirkes, delvis på grunn av ustabile fettkulemembraner etter homogenisering. Fettkulemembranen kan imidlertid mulig stabiliseres ved å berike melkebasen med protein. Eksopolysakkarider (EPS) fra melkesyrebakterier kan også mulig stabilisere og styrke teksturen av rømme. På bakgrunn av dette var det ønsket å undersøke hvordan ulike proteinkonsentrasjoner og hvordan ulik grad av EPS ville påvirke teksturen av rømme, samt om lettrømme med økt protein og EPS kunne imitere fetere varianter av rømme.

I denne studien ble lettrømme produsert ved pilotanlegget på NMBU. Rømmen ble standardisert til 18% fett og delt inn i tre nivåer av protein med berikning på +0%, +0,5% og +1% protein ved hjelp av mikrofiltrert (MF) melk. Produksjonen ble gjennomført i tre omganger. Under produksjonen ble også, det faktiske fettinnhold og proteininnhold registrert ved bruk av Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). Alle proteinnivåene ble inokulert med tre ulike syrekulturer; A, B og C, som skulle ha ulik grad av EPS produksjon. Dette ga ni varianter av lettrømme.

Etter produksjon ble rømmen analysert for organiske syrer og flyktige komponenter for den første batchen. Det ble også målt gelstyrke ved bruk av teksturanalysator og viskositet ved bruk av reometer for alle rømmevariantene. Sensoriske analyser ble også gjennomført samt observasjon av de ulike variantene ved bruk av scanning elektron mikroskop (SEM).

Helhetlig viste resultatene en klar økning i både viskositet og gelstyrke ved økning av protein, spesielt når nivået av protein var mer enn nivået som teoretisk er nødvendig for å dekke fettkulemembranen. Da vil også EPS ha en større funksjon for spesielt gelstyrke og i noen grad viskositet. Resultatene viste en signifikant økning i gelstyrke ved proteinberikning 2 og 3. Det var også signifikant økning i gelstyrke ved bruk av B kulturen. Resultatene viste også en signifikant økning i viskositeten ved proteinnivå 3, for rømmen produsert med MF-melk. Proteinberiket rømme med EPS produserende kultur viste imidlertid ingen effekt på helhetsinntrykk ved sensorisk vurdering og ble vurdert omtrent likt som normal lettrømme.

Abstract

Sour cream is produced in a wide variety of ways containing different amounts of fat. The texture of sour cream is affected by fat and will change with increasing amounts of fat, partly caused by unstable fat globule membranes post homogenization. By enriching the milk base with protein however, the fat globule membrane could stabilize. Exopolysaccharides (EPS) produced by lactic acid bacteria (LAB) could also possibly stabilize, and improve the texture of sour cream. Based on this, a study was conducted to research the effect of different protein concentrations and varying amounts of EPS on the texture of sour cream, and possibly imitating a sour cream of higher fat content in a sensory setting.

In this study, light sour cream was produced at the pilot plant at NMBU. The sour cream was standardized to 18% fat and was divided into three levels of protein at +0%, +0,5% and +1% protein by adding micro filtered (MF) milk, the production was conducted three times. During production, the actual fat and protein content was measured by Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). The different levels of protein was inoculated with starter cultures; A, B and C producing different amounts of EPS, giving nine different variations of sour cream in total.

After production, the first batch of sour cream was analysed for organic acids and volatile compounds. Gel strength was analysed with texture analyser and viscosity was measured with a rheometer for all batches of sour cream. Sensory testing was also conducted as well as observation through scanning electron microscopy (SEM).

The results show that there was an increase in both gel strength and viscosity by increasing the amount of protein, particularly when the protein level bypasses the theoretical need for protein in the fat globule membrane. At this point, the effect of EPS is also more prominent, especially in gel strength, and to some extent, viscosity. There was also a significant increase in gel strength by protein levels 2 and 3, as well as starter culture B. The increase in viscosity was also significant by protein level 3. However sour cream with protein enrichment and EPS-producing culture did not have any effect on the sensory analysis, and was considered to be approximately the same as normal light sour cream.

Innhold

Forord	I
Sammendrag	I
Abstract	II
1.0 Innledning	1
2.0 Teori	2
2.1 Mikrofiltrering	3
2.2 Melkesyre bakterier	4
2.2.1 Energi metabolisme.....	5
2.3 Syrekulturer	6
2.4 Eksopolysakkarider (EPS)	8
2.4.1 EPS syntese.....	9
2.5 Rømme	10
2.5.1 Produksjon av rømme.....	11
2.5.2 Standardisering	12
2.5.3 Homogenisering	12
2.5.4 Pasteurisering	14
2.5.5 Inokulering og inkubering	15
2.5.6 Geldannelse i rømme	15
2.6 Reologi	16
2.6.1 Rømmes reologiske egenskaper.....	20
2.6.2 Reologisk måle metodikk.....	20
2.7 Elektronmikroskopi	21
2.8 Statistiske metoder	22
2.9 Sensorisk analyse	23
3.0 Materiale og metode	24
3.1 Rømme produksjon	26
3.2 Gelfasthet	29
3.3 Viskositet	30
3.3.1 Viskositet på rømme tilsatt salt.....	30
3.4 Kjemiske analyser	31
3.4.1 Organiske syrer og karbohydrater	31
3.4.2 Flyktige forbindelser.....	32
3.5 Sensorisk analyse	33
3.6 Scanning Elektronmikroskopi (SEM)	36
3.7 Statistisk bearbeiding av resultater	37
3.8 Analyse av flyteegenskaper	38
4.0 Resultater	39
4.1 Kjemiske analyser og rømmens sammensetning	39
4.1.1 Fløtens sammensetning.....	39

4.1.2 Endelig pH	43
4.1.3 HPLC	43
4.1.4 HSGC.....	46
4.2 Gelstyrke	47
4.3 Viskositet	51
4.3.1 MF rømme.....	51
4.3.2 SMP rømme	52
4.3.3 Lagrede prøver	53
4.3.4 Salttilsatt rømme	54
4.3.5 Melkemiks uten syrekultur	55
4.3.6 Kommersielle rømmevarianter.....	56
4.3.7 Sammenligning av ulike varianter med MF rømme	56
4.4 Sensorisk analyse.....	57
4.5 Scanning elektronmikroskopi	61
4.6 Visualisering av flyteegenskaper (SMP varianter)	65
5.0 Diskusjon	69
5.1 Proteinkonsentrasjon	69
5.3 Syrekultur	71
5.4 Samspill mellom kultur og protein	72
5.5 Sensorisk vurdering.....	75
5.6 Oppsummering og konklusjon.....	75
5.7 Videre arbeid.....	76
6.0 Litteratur	77
7.0 vedlegg.....	82
A - ANOVA og Tukey gelstyrke.....	82
B - ANOVA og Tukey viskositet.....	85
C - Antall tester utført ved gelstyrke	94
D - Skjærhastighet med samsvarende viskositet, skjærspenning og moment.....	95
E - Sensoriske resultater for MF	1
F- Sensoriske resultater SMP rømme.....	2

1.0 Innledning

Rømme produseres i mange varianter i dag, felles for alle er at de gjennomgår en rekke prosessstrinn i produksjonen, der homogenisering er et viktig trinn. Under homogeniseringen vil fettkulenes overflateareal øke, og vil dermed få et proteinbehov med 0,2g protein per g med fett for å dekke membranen (Mulder and Walstra 1974). Med proteinberikning kan dette behovet dekkes for lettrømme med 18% fett, samt at overflødig kasein kan være med på å styrke gelnettverket. Proteinberikning kan gjøres ved filtrering av melken gjennom mikrofiltrering (MF). Det har vært et økt fokus på filtrering av melk som en standardiseringsmetode, men lite fokus på MF i forhold til produkter som rømme. EPS kan også ha en effekt på rømme ved å binde vann og redusere synerese, men også endre teksturen (Cerning 1990). Ved å styrke rømmegelen ved proteinberikning og endre teksturen ved EPS kan rømme med lavere fettprosent mulig imitere en rømme av høyere fettprosent sensorisk. Det er også av interesse å analysere viskositet av rømme tilsatt salt da store mengder av rømmen benyttes som dip, som ofte består av tilsatt salt.

Hensikten med denne oppgaven er å dokumentere hvordan økt proteinmengde i melkebasen, og valg av syrekultur under fermentering, påvirker konsistensen til ferdig lettrømme.

To hypoteser ble konstruert med bakgrunn i hensikten:

H₀₁ = økt kaseininnhold i melken gir en sterkere rømmegel, med høy viskositet

H₀₂ = økt EPS produksjon fra syrekultur gir en mer elastisk gel og lav viskositet

2.0 Teori

Melk er en råvare som har blitt benyttet av mennesker i mange tusen år, og har gjennom tidene vært en viktig kilde til animalsk protein (Bylund 1995). Melk defineres som et sekret produsert av brystkjertlene til pattedyr og er en næringstett og næringsrik væske som dekker det ernæringsmessige behovet til nyfødte pattedyr (Walstra, Wouters et al. 2006). Dyr som ku, geit, sau og bøffel produserer melk som benyttes av mennesker, enten som ren melk eller som et bearbeidet melkeprodukt.

Kumelk er en relativt kompleks råvare som består av vann (87,1% w/w) proteiner (3,3% w/w), fett (4,0% w/w), karbohydrater (4,7% w/w) samt mineraler og diverse organiske syrer (Walstra, Wouters et al. 2006). Karbohydratene i melk er hovedsakelig laktose, som er et reducerende sukker og et disakkarid bygget opp av glukose og galaktose. Triglyserider utgjør hovedandelen av fettene i melk, bestående av varierende fettsyrer med lengde på 2-20 karboner og metning med 0-4 dobbeltbindinger. I melken finnes også fett i form av fosfolipider, kolesterol, frie fettsyrer, di- og monoglycider. Av proteinet i melk er det Kasein det er mest av og utgjør hele 80% av proteinene. Kasein deles inn i α S1-, α S2-, β -, og κ -kasein. I mysefasen av melken finnes β -laktoglobulin, α -laktoglobulin, serum-albumin og immunoglobuliner samt en rekke enzymer utgjør de resterende proteinene i melk og kalles ofte for myseproteiner.

Som en væskeløsning er melk en kolloid der alle partiklene utøver Brownsk bevegelse grunnet en negativ elektrostatiske ladning ved melkens native pH (Walstra, Wouters et al. 2006). Melk er en olje-i vann emulsjon, dermed vil fettene som er uløselige i vandige løsninger være fordelt i små dråper og vil ofte være assosiert med annet organisk materiale, spesielt proteiner (Mulder and Walstra 1974). I løsningen er også kaseinproteinene fordelt i store kaseinmiceller bestående av de ulike kaseinproteinene, vann og salter, mens de globulære proteinene ofte er tilstede i sin molekylære form eller fordelt i små aggregater.

2.1 Mikrofiltrering

Det finnes mange ulike måter å prosessere melk på, felles for alle meieriprodukter er at de må pasteuriseres, utover det vil metodene som benyttes være avhengig av hva som er ønsket endeprodukt. Membranfiltrering er en metode som brukes på melk for å separere komponenter etter størrelse, og kan blant annet filtrere ut bakterier og sporer uten å påvirke smaken eller den biokjemiske sammensetningen av melken (Brans, Schroën et al. 2004, Verwijst, Baggerman et al. 2015). Det finnes mange ulike metoder for filtrering, som alle har ulikt bruksområde avhengig av porestørrelsen på filteret. Revers osmose (RO) kan separere salter og ioner og kan rense vann ved reversert osmose under trykk, nanofiltrering har noe større porer enn RO og kan separere ut monovalente ioner som natrium eller klor (Bylund 1995). Ultrafiltrering kan separere makromolekyler som laktose.

Mikrofiltrering (MF) er en type kryssfyllt-membranfiltrering, der en væskeløsning pumpes gjennom en membran under trykk (Bylund 1995). Flyten passerer membranen der partikler av en bestemt størrelse holdes igjen (retentat), mens resten av væsken samt mindre partikler (permeat) passerer og pumpes videre. Det som skiller ulike membranfiltreringsmetoder er trykket som brukes under prosessen, og størrelsen på porene i filteret. For MF er dette normalt mellom 10^{-1} - 10^1 μm . Filtrering ved denne porestørrelsen kan redusere bakterieceller og sporer med 3-6 log (Verwijst, Baggerman et al. 2015). Mikrofiltrering kan også benyttes til å få mer ut av melken ved å separere og fraksjonere de delene av melken som er ønsket. Ved mikrofiltrering av skummet melk kan blant annet kaseinkonsentrasjonen økes da mye av kaseinmicellene er større enn porene i filteret og vil dermed holdes tilbake i retentatet. Endeproduktet blir skummet melk med en økt konsentrasjon av kasein (Brans, Schroën et al. 2004)

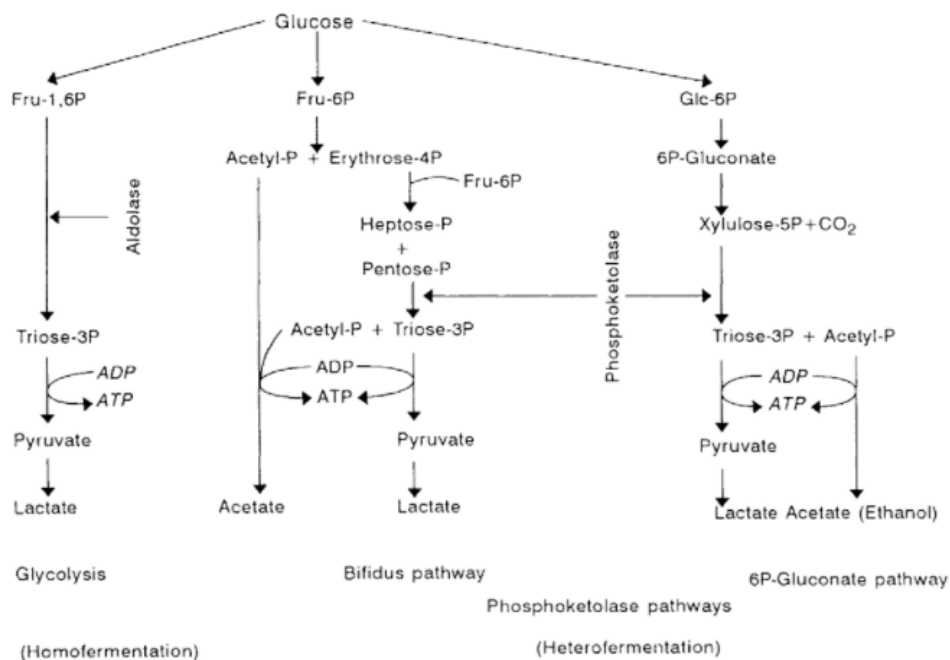
2.2 Melkesyrebakterier

Dersom ubehandlet melk blir stående i romtemperatur vil den bli sur etter relativt kort tid på grunn av melkesyrebakterier (MSB) som finnes naturlig i melken. MSB kan ødelegge kvaliteten og smaken på melk, men kan også under kontrollerte forhold danne nye smakskomponenter og endre teksturen i ønsket retning (Walstra, Wouters et al. 2006). Tilføring av melkesyrebakteriene gjør det også mulig å øke holdbarheten på produktene av flere ulike årsaker. Blant annet har bakteriene evne til å produsere bakteriosiner og peptider og proteiner som angriper liknende arter som kan være kvalitetsødeleggende, men den største årsaken er reduksjon av pH (Adams, Moss et al. 2016). Dette forårsakes av melkesyre og eddiksyre produsert under fermenteringen. Syrningen som gjøres av melkesyrebakterier er grunnlaget for de fleste typer syrnede melkeprodukter.

MSB er genetisk ulike, men fylogenetisk beslektet og alle er Gram-positive, ikke-sporedannende kokker eller staver (Adams, Moss et al. 2016). De fleste er anaerobe men aerotolerante, noen kan ta opp oksygen gjennom flavoprotein oksidase, dette er for å produsere hydrogenperoksid, eller for å reoksidere nikotinamid-adenin-dinukleotid (NADH). Melkesyre er hovedproduktet i fermenteringen til MSB som gjøres gjennom fermentering av ulike sukker. Det finnes 12 ulike slekter av MSB, hvorav 4 benyttes i meieriindustrien: *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Streptococcus* og *Lactobacillus*. I tillegg finnes det en femte MSB-slekt som finnes i noen udefinerte syrekulturer *Enterococcus* (Walstra, Wouters et al. 2006). Taksonomisk fenotyping av disse bakteriene gjøres på grunnlag av utseende, fermenteringsprodukter, karbohydratmetabolisme, temperaturer for optimal vekst, samt salttoleranse (Adams, Moss et al. 2016). Den cellulære energien til bakteriecellene anskaffes ved å omdanne sukker til energi. Dette gjøres via én av to metabolske retninger, homofermentering eller heterofermentering.

2.2.1 Energimetabolisme

Homofermentative bakterier følger Emden-Meyerhof-Parnas (EMP) veien for glykolyse, der seks-karbon molekylar av glukose fosforer og isomerer før de kan brytes ned av enzymet aldolase til glyceraldehyd-3-fosfat (Adams, Moss et al. 2016). Dette konverteres vidare til pyruvat som gjennom substratnivåfosforering danner ATP, for et totalt utbytte på 2 mol ATP per mol glukose samt laktat (Figur 1).



Figur 1 Metabolisme av glukose for hetero og homofermentative bakterier (Wood and Holzapfel 1995).

Ved heterofermentering dannes ekvimolare mengder med laktat, etanol/acetat og karbondioksid ved metabolisering av glukose (Adams, Moss et al. 2016). Heterofermentative bakterier mangler enzymet aldolase, slik at hexose og glukose omdannes til pentose gjennom en prosess som involverer oksydering og dekarboksylering. Pentosen splittes til glyceraldehyd, fosfat og acetyl-fosfat av enzymet fosfoketolase. Laktat dannes gjennom triose-3-fosfat veien som vist i figur 1, og gir 2 mol ATP.

Acetylfosfat vil ha ulike metabolske veier avhengig av tilgjengeligheten på oksygen. Dersom oksygen er tilstede, vil NAD^+ regenereres ved NADH oksidaser og peroksidaser, noe som gjør en overgang fra fosfat til acetat tilgjengelig (Adams, Moss et al. 2016). Når miljøet er helt anaerobt vil acetyl-fosfat reduseres til etanol.

2.3 Syrekulturer

Melkesyrebakterier har en rekke positive egenskaper som kan utnyttes dersom de får vokse under kontrollerte betingelser. Det er også mulig å velge flere ulike typer MSB og sette de sammen i en syrekultur. Ved å tilsette en syrekultur til et valgt produkt vil produktet gjennomgå en rekke endringer av både smak og tekstur som forårsakes av metabolisme til de ulike mikroorganismene (Law 1992).

Syrekulturer som benyttes i meieriindustrien er enten termofile eller mesofile kulturer som vokser ved hhv. 37-45°C og 20-30°C, og deles ofte inn i tre kategorier: melkesyrnings fermentering, gjær-melkesyrnings fermentering og mugg-melkesyrnings fermentering (Tamime 2006). I dag selges syrekulturer i konsentrerte, frysetørkede pellets, som kan tilsettes direkte i syrningskar (DVS eller DVI, Direct to Vat Inoculation). Dette gjør at syrekulturer enklere kan blandes, og at ulike bakteriestammer dermed kan tilsettes produktet for å endre struktur, konsistens eller smaksbilde, selv uten optimale temperaturer for vekst av hver enkelte stamme.

De vanligste mesofile kulturene som brukes er DL, O, L og O kulturer, baktariesammensetning av disse kulturene er vist i Tabell 1. Disse kulturene kan også deles inn i aromatiske og ikke aromatiske kulturer, der O kultur er den eneste som ikke blir betegnet som aromatisk.

Tabell 1 Bakterier i mesofile syrekulturer (Walstra, Wouters et al. 2006)

DL (aromatisk)	L (aromatisk)	O (ikke aromatisk)	D (aromatisk)
<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i>	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i>	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i>	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i>
<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>cremoris</i>	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>cremoris</i>	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>cremoris</i>	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>cremoris</i>
<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i>			<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i>
<i>Leuconostoc cremoris</i> / <i>Leuconostoc lactis</i>			

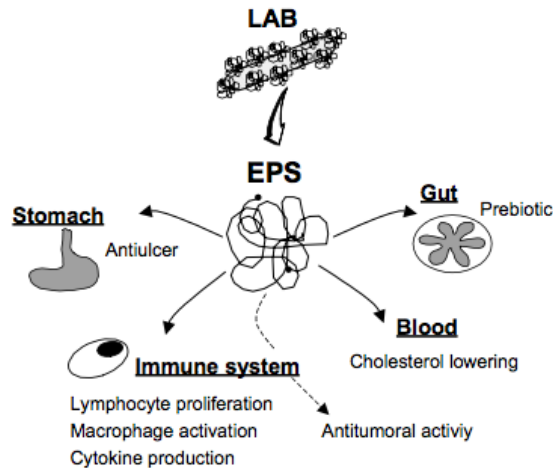
Både L og DL kultur er vanlig å bruke i rømme, som gir god smak og aroma (Walstra, Wouters et al. 2006). Diacetyl er en viktig komponent i henhold til smakssammensetningen av rømme, og produseres av *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar *diacetylactis* og *Leuconostoc* ssp. under sitratmetabolismen (Tamime 2006).

Sitrat benyttes ikke som energi men metaboliseres kun i nærvær av sukkerer som laktose (Walstra, Wouters et al. 2006). Under metabolismen dannes det pyruvat i større mengder enn det som er nødvendig for oksidering av NADH, slik at pyruvat isteden omdannes til diacetyl. Dette skjer ved at sitrat hydrolyseres til acetat, CO₂ og pyruvat i det det transporteres inn i cellen, deretter vil acetaldehyde og pyruvat kondeseres til α- acetolactat, som videre dekarboksyleres til acetoin, som oksyderes til diacetyl (Kandler 1983). En annen smakskomponent i rømme er acetaldehyd. Dette akkumuleres ved mangel på enzymet alkohol dehydrogenase hos MSB i melkeblandingen, slik at acetaldehyd ikke kan reduseres. Acetaldehydkonsentrasjonen er imidlertid mye høyere i yoghurt enn i rømme da termofile bakterier som *Lactococcus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* og *Streptococcus thermophilus* ofte benyttes i syrekulturen. Disse har en evne til å danne acetaldehyd via threonin-aldolase, som bryter ned den frie aminosyre threonin til glycin og acetaldehyd (Walstra, Wouters et al. 2006, Adams, Moss et al. 2016). Acetaldehyd vil ellers dannes av fra pyruvat av enzymet pyruvat formate lyase i metabolismen av glukose-enheten av laktose (Walstra, Wouters et al. 2006).

2.4 Eksopolysakkarider (EPS)

Mange meieriprodukter i dag blir ofte tilsatt økt melketørrstoff eller stabilisatorer for å bedre teksturen, munnfølelsen og viskositeten samt for å minimere synerese (Tamime 2006). Disse metodene er både dyre og krever en varedeklarasjon med gitt E nummer i europeiske land, som kan få noen forbrukere til å unngå kjøp av disse produktene. I nyere tid har imidlertid eksopolysakkarider (EPS) som produseres av melkesyrebakteriene fått en del oppmerksomhet. EPS kan fungere som naturlige fortykningsmiddel og gi bedre tekstur og munnfølelse på en lignende måte som tilsetningsstoffene, uten tilsetning av stabilisator (Cerning 1990, Tamime 2006). I tillegg kan det fungere som fettestater i produksjon av noen type oster samt at EPS kan ha positive helseeffekter (Madiedo, Salazar et al. 2009). En rekke melkesyrebakterier samt andre Gram-positive bakterier som bifidobakterier og propionsyrebakterier har evne til å produsere en rekke eksopolysakkarider i metabolismen. Noen av disse polysakkaridene har sin funksjon exocellulært og kalles derfor exocellulære polysakkarider, eller EPS (Raus-Madiedo, Hugenholtz et al. 2002, Madiedo, Salazar et al. 2009). Flere bakteriestammer produserer kapsulære polysakkarider, som danner et sammenhengende nett som sitter tett på bakteriecellen. Andre produserer lange tråder som slippes fra bakteriecellen og sekreses til melken og fører til en trådtrekkende effekt (Raus-Madiedo, Hugenholtz et al. 2002, Walstra, Wouters et al. 2006). De biologiske funksjonene til EPS fra bakterienes standpunkt er ikke fullstendig utforsket, men det kan tyde på at noen av funksjonene innebærer adhesjon mot overflater, dannelse av biofilm, cellegjenkjennelse. EPS kan også ha en beskyttende funksjon for bakteriene i forbindelse med for eksempel bakteriofagangrep (Raus-Madiedo, Hugenholtz et al. 2002).

I tillegg til de teknologiske egenskapene til EPS kan det også ha en helseeffekt, det har lenge vært kjent at probiotiske bakterier er gunstig for menneskets tarmflora (Raus-Madiedo, Hugenholtz et al. 2002). Noen av de probiotiske bakteriene produserer også EPS, som kan være helsefremmende ved den biologiske aktiviteten til bipolymerene (Figur 2). EPS spiller muligens en viktig rolle i tarmbakterienes evne til adhesjon og den kortvarige koloniseringen av tarmen (Madiedo, Salazar et al. 2009).



Figur 2 Mulige helseeffekter av EPS produsert av MSB (Raus-Madiedo, Hugenholtz et al. 2002).

2.4.1 EPS syntese

EPS produseres i to ulike varianter: homopolysakkarider (HoPS) eller heteropolysakkarider (HePS) (Raus-Madiedo, Hugenholtz et al. 2002). Førstnevnte består kun av én type monosakkarid, HePS derimot produseres av rekker som består av ulike monosakkarider, de kan være forgrenede strukturer og kan også inneholde ikke-sukker molekyler.

HoPS er ofte bygd opp av polygalactan, fruktaner, β -D-glukan og α -D-glukan og har en høy molekylær masse. HePS kan produseres i melk av en rekke mesofile og termofile bakterier og består oftest av en kombinasjon av D-glukose, D-galaktose, L-rhamnose og i noen tilfeller *N*-acetylglukosamin, *N*-acetylgalaktosamin eller glukuronsyre. De kan også inneholde ikke-sukkerforbindelser som fosfat, acetyl og glycerol.

HoPS syntetiseres i flere ulike glukaner som dextran (α -1,6 glykosidbinding), mutan (α -1,3 glykosidbinding), alternan (α -1,3 og α -1,6 glykosidbindinger) og reuteran av glukansukrase og fruktaner som inulin (β -2,1 glykosidbinding) og levan (β -2,6 glykosidbinding) (Patel, Majumder et al. 2012). Syntesen av homopolysakkaridene foregår ekstracellulært, der transglykosylaser syntetiserer polysakkaridene med sukrose som glykosyl donor (Tamime 2006).

Syntesen av HePS er mer kompleks enn den av HoPs og foregår delvis intracellulært og delvis ekstracellulært. Enzymet glykosyl-1-fosfat-transferase er det første enzymet i prosessen, enzymet forankrer et suktermolekyl til en fosforylert polyisoprenol del av en lipidtransportør intracellulært i cellemembranen (Madiedo, Salazar et al. 2009, Donot, Fontana et al. 2012). Videre bygges kjeden ved å feste aktiverte sukker nukleotider, som gjøres av spesifikke glykosyltransferaser, deretter translokeres kjeden ekstracellulært og polymeriseres utenfor cellen (Madiedo, Salazar et al. 2009).

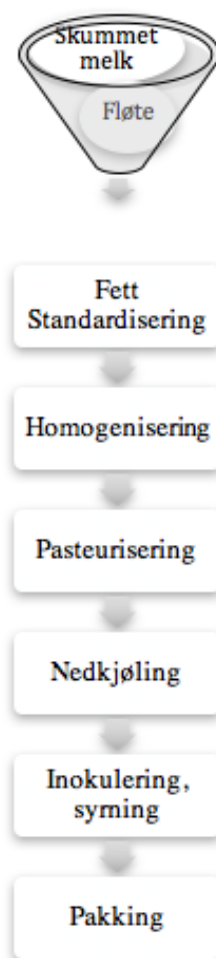
2.5 Rømme

Rømme er et melkeprodukt fremstilt ved pasteurisering og syrning av fløte med melkesyrebakterier (Goddik 2004). I utgangspunktet har rømme en syrlig smak, men i nyere tid har det vært økende fokus på smaken i rømme og andre syrnede produkter, slik at mildere og mer aromatiske varianter har blitt utviklet. Dette kan styres i stor grad ved å benytte ulike syrekulturer som produserer ulike organiske syrer og andre komponenter i metabolismen. Diacetyl, eddiksyre, acetaldehyd og dimetylsulfid har vist seg å være viktige smakskomponenter i rømme. En riktig produsert og god rømme bør være mildt syrlig, med en mild aroma av tidligere nevnte komponenter, samtidig bør den være blank i utseende, glatt og viskøs og ikke være preget av myseseparasjon (synerese)(Goddik 2004, Tamime 2006, Jervis, Gerard et al. 2014). En annen viktig sensorisk egenskap er kremet munnfølelse, Jervis et al. (2014) fant at rømme som hadde den høyest sensorisk skåren for kremet munnfølelse hadde også den høyeste totale skåren for liking.

På det norske markedet finnes det ulike varianter av rømme basert på fettinnholdet og de inneholder 10, 18, 35 eller 38 prosent fett (Melk.no 2016). I noen varianter benyttes ulike stabilisatorer for å styrke gelnettverket og for å forhindre synerese, som kan være et problem i rømme. I Norge blir dette imidlertid kun brukt i lettvariantene av Crème Fraîche med <18% fett (TINE 2018).

2.5.1 Produksjon av rømme

Rømme kan produseres på flere ulike måter, varmebehandlingsmetoden, homogeniseringen og inokuleringen kan variere noe mellom ulike produksjonsanlegg. Homogeniseringen kan gjennomføres ved et eller to trinns homogenisering, og inokuleringen kan gjøres i tank eller i enkeltbeger med rømme (Bylund 1995). Eksempel på produksjonslinje av rømme er vist i Figur 3.



Figur 3 Flytskjema for produksjon av rømme (Bylund 1995).

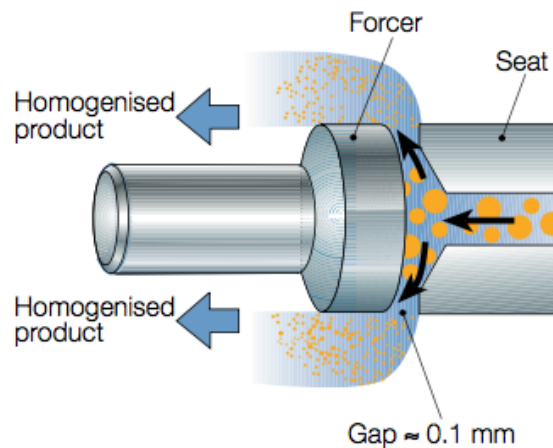
2.5.2 Standardisering

Ved produksjon av rømme standardiseres først en melkeblending til ønsket fettprosent. Dette gjøres ved at råmelken sentrifugeres i en separator slik at de tyngre molekyler som vann og proteiner vil separeres fra lettere molekyler som fettpartiklene (Bylund 1995). Melken vil dermed deles i to melkestrømmer som forlater separatoren i form av skummet melk og fløte, skummet melk vil normalt bestå av mellom 0,04-0,07 % fett. Fettinnholdet av fløten vil imidlertid være avhengig av flytraten ut av separatoren da fløtens fettinnhold vil være omvendt proporsjonal til flytraten. Dette gjør at noen standardiseringssystemer bruker flytraten som utgangspunkt for standardiseringen. Ofte er standardisering i dag en integrert del av melkebehandlingslinjen, men det kan også gjøres manuelt som beskrevet i avsnitt 3.1.

2.5.3 Homogenisering

Når ønsket fettprosent er oppnådd vil melkeblendingen varmes opp til mellom 40-75 °C før homogenisering, dette gjøres for at fettene skal være mindre rigide, og dermed unngå at fettkulene sprekker grunnet krystallisert fett som forekommer under 37 °C (Hinrichs and Kessler 1997, Walstra, Wouters et al. 2006). Homogenisering har flere konsekvenser for melken, blant annet vil det redusere fase separasjon og oppflytning av fett, redusere sensitiviteten mot fett oksidering og fører til en bedre munnfølelse samt bedre stabilitet for fermenterte melkeprodukter (Mulder and Walstra 1974, Bylund 1995). Viskositeten vil også øke på grunn av interaksjoner mellom fettkulene og kaseinmicellen. Ved produksjon av fløte vil homogenisering imidlertid ødelegge for kjernings og piske-egenskapene og dermed evnen til å danne smør eller krem. Melk som homogeniseres vil også være uegnet for produksjon av harde eller semi-harde oster grunnet skjørt koagel og det vil være umulig å separere melken (Bylund 1995).

Homogeniseringen settes i gang når melkemiksen er varmet opp, melkestrømmen vil da pumpes under høyt trykk mot en smal åpning som kalles homogeniserings-dyse (Figur 4) (Walstra, Wouters et al. 2006). Trykket på homogenisatoren justeres i forhold til hvor mye fett som er i blandingen, normale trykkverdier er ca. 150-200 bar for 10-12% fett og 100-120 bar ved 20-30% fett (Bylund 1995).



Figur 4 Væskestrøm mot dyse i homogenisator (Bylund 1995).

Homogeniseringsprosessen kan også gjennomføres på ulike måter avhengig av hva som skal homogeniseres. Melken kan enten homogeniseres én eller to ganger, produkter som har et høyt fettinnhold eller som krever en finfordelt fettfase i sluttproduktet bør homogeniseres i to trinn (Bylund 1995). Produkter som skal være mer viskøse bør homogeniseres i en omgang da noe aggregering av fett vil oppstå. Ved to-trinns homogenisering vil melken etter den er varmet opp passere homogeniserings-dysen for å bryte opp fettkulene ved mellom 100-300 bar (Truong, Palmer et al. 2016). Deretter vil melken passere en ny dyse ved lavere trykk (30-50 bar) for å separere potensielle aggregater av fettkuler.

Størrelsen på native fettkuler i melk varierer i henhold til rase av kuen, hvor mange dager melken har stått, sesong og laktasjonsperiode, men er i gjennomsnitt mellom 2,5-4,6 μm (Fleming, Schenkel et al. 2017). Under homogeniseringen vil fettkulene i melkestrømmen brytes opp og gjenoppstå som flere og mindre fettkuler (ca. 0,6-0,7 μm), størrelsen vil være avhengig av hva slags type homogenisator som brukes og hvor høyt trykk som benyttes (Walstra, Wouters et al. 2006, Köhler, Aguilar et al. 2007). Det totale overflatearealet av fettkulene vil være ca. 10 ganger større etter de har passert dysen, og det som var byggesteinene i den originale membranen vil ikke lenger være tilstrekkelig til å dekke overflaten på fettkulene (Mulder and Walstra 1974). Dette fører til proteinmigrering av kaseinmiceller og myseproteiner til membranen. De nye membranene vil bestå av en kombinasjon av 10-30% av intakt fettkulemembran og resten vil være melkeproteiner som blir adsorbent til overgangsskittet mellom fett og serum. Resultatet av homogeniseringen vil imidlertid være avhengig av melkens fettprosent. For å få et godt homogenisert produkt er det

nødvendig med 0,2 g protein per g med fett (Mulder and Walstra 1974, Bylund 1995). Dette betyr at melk med 9% fett eller mindre vil ikke kunne agglomerere, men dersom fettinnholdet overskrider 15 % vil det ikke lenger være tilstrekkelig med nativt protein til å dekke membranene (Mulder and Walstra 1974, Narvhus, Østby et al. 2018). Fettkulene vil kunne danne agglomerater umiddelbart etter homogeniseringen, grunnet hydrofobe interaksjoner mellom fettkulene samt en deling av det tilgjengelige kaseinet i melken (Narvhus, Østby et al. 2018). Dette fører til mindre stabile fettkuler og koalesens eller aggregering av fettkulene vil oppstå (Köhler, Aguilar et al. 2007). Mangel på protein kan kompenseres for til en viss grad ved å justere homogeniseringstrykket. Økt trykk vil gi mindre fettkuler mens reduksjon i trykket vil gi større fettkuler, lavt trykk benyttes ofte i fete meieriprodukter som fullfett fløte (Bylund 1995, Truong, Palmer et al. 2016, Narvhus, Østby et al. 2018). En mulig løsning på dette mangel på protein kan være å tilsette ekstra protein.

2.5.4 Pasteurisering

Etter homogeniseringen må blandingen pasteuriseres, dette er kanskje det viktigste punktet i prosessen, de teknologiske endringene i melken er viktige, men det viktigste er at dette er en varmebehandlingsmetode som er pålagt ved produksjon av alle typer meieriprodukter til kommersielt salg i henhold til norsk lov (Forskrift 2004, Ulleberg 2015). Varmebehandlingen vil drepe patogene mikroorganismer som *Mycobacterium tuberculosis*, *Coxiella burnetii*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni* samt flere arter av *Salmonella* (Walstra, Wouters et al. 2006). Det finnes mange ulike metoder for pasteurisering som brukes i ulike produkter med ulike teknologiske krav. Pasteuriseringen har en rekke andre effekter i tillegg til den bakteriedrepende effekten, som er avhengig av temperatur og tid som benyttes. Ved rømmeproduksjon varmes blandingen opp til 90-95°C i 5 minutter (Bylund 1995). Dette fører til utfolding og denaturering av globulære myseproteiner. Proteinene blir uløselige som videre også fører til økt viskositet (Walstra, Wouters et al. 2006). De denaturerte proteinene, spesielt β -lactoglobulin vil binde seg via svovelbindinger til κ -kasein i kaseinmiceller samt proteiner i fettkulemembranen (Tamime 2002).

2.5.5 Inokulering og inkubering

Når blandingen er pasteurisert kjøles den ned til 22-25 ° C før den kan inokuleres med syrekultur og blandes godt (Goddik 2004). Normalt tilsettes en DL kultur i mengde tilsvarende 1% av bulkkulturen, i noen tilfeller tilsettes også løpe for å unngå kornete tekstur, dette er imidlertid ikke vanlig prosedyre i Norge (Chandon 2014, Narvhus, Østby et al. 2018). Rømme kan produseres ved bulkfermentering i tank eller ved fermentering i enkeltbeger og inkuberes ved ca. 22 grader i 3-22 timer avhengig av kulturen, til rømmen får en pH på ca. 4,5 (Bylund 1995, Tamime 2002). Ved bulkfermentering må rømmen overføres fra tank til beger, noe som kan påføre skade til gelnettverket da dette vil være rigid etter fermenteringen. Videre vil begrene med rømme kjøles ned til 4 ° C frem til distribusjon og salg (Narvhus, Østby et al. 2018). Dersom rømmen inkuberes direkte i beger vil imidlertid skaden på gelnettverket unngås og produktet vil ende opp med en strammere og mer intakt gel.

2.5.6 Geldannelse i rømme

Gelnettverket som dannes i rømme er dynamisk og består av en kombinasjon av fettkulemembraner og kaseinmiceller med denaturerte myseproteiner som er festet til κ -kasein (Narvhus, Østby et al. 2018).

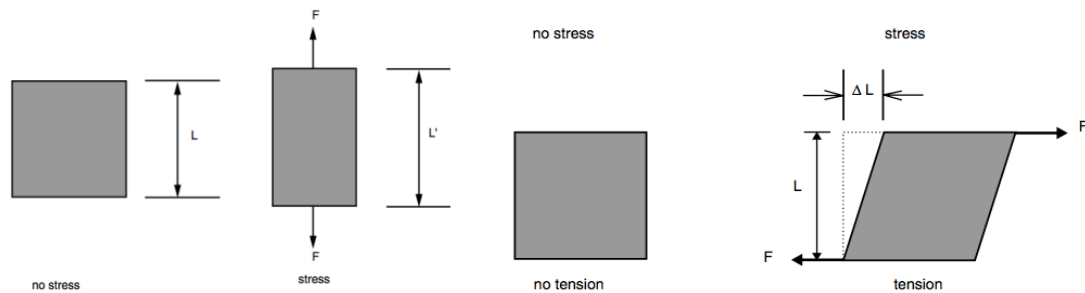
Under syrningsprosessen vil melkesyrebakteriene omdanne laktose til laktat, som sørger for reduksjon av pH. Dette fører blant annet til fysiokjemiske endringer i kaseinmicellene. I utgangspunktet har kaseinmicellene et relativt høyt zetapotensiale, dette vil imidlertid avta da pH i løsningen etter hvert vil nærme seg kaseinmicellens isoelektriske punkt (pI) ved pH 4,6 (Lucey 2004). Dermed oppstår det aggregering av kaseinmicellene gjennom hydrofobe og elektrostatiske interaksjoner og kaseinmicellene organiseres i et ordnet system (Goddik 2004, Lucey 2004). Kolloidalt kalsiumfosfat er en strukturell bestanddel av kaseinmicellen og under syrningsprosessen vil dette frigjøres og trekkes ut av micellen (Walstra, Wouters et al. 2006). Kaseinmicellene som utgjør en viktig del av gelnettverket vil dermed bli løsere og mer fleksibelt under syrning, og vil dermed nå holdes sammen av indre saltbroer og hydrofobe interaksjoner i fravær av kalsiumfosfat.

Geldannelsen i de fleste syrnede melkeprodukter foregår på den samme måten, strukturen på gelnettverket i rømme vil imidlertid variere i henhold til fettinnholdet, da rømme kan bestå av mellom 10-38% fett (Melk.no 2016, Narvhus, Østby et al. 2018). Etter homogenisering vil behovet for protein øke på grunn av den økte overflaten av fettkulene, og stadig mer av proteinet i gelnettverket vil, med økende fettprosent, bli en del av fettkulemembranen. En syregel av melk med 4% fett vil bestå av hovedsakelig kaseinmiceller med myseproteiner og fett inkorporert i nettverket som nevnt tidligere (Narvhus, Østby et al. 2018). Ved 10% fett vil gelen fremdeles bestå av hovedsakelig kasein, men vil være mindre tett da et større volum vil være fett. Ved en videre økning til 20% fett vil fettkulene øke noe i størrelse og dermed adsorbere mindre protein. Ved denne fettprosenten vil det imidlertid være lite øvrig protein tilgjengelig for geldannelse utover det som dekker fettkulene, slik at gelen vil for det meste bestå av fettkuler med membran av store deler protein. I gelen av en fullfett-rømme (35% fett) vil fettkulene være av dobbel størrelse sammenlignet med de som finnes i en syregel fra melk som for eksempel yoghurt. Alt av protein vil være tilknyttet fettkulemembranene og koalesens og aggregering av fettkulene vil oppstå.

2.6 Reologi

Reologi er vitenskapen som studerer hvordan faste stoffer og flytende væskers flyt- og deformasjon påvirkes av påført stress (Ibraz and Barbosa-Cánovas 2003). I reologien benyttes ofte reometri til å belyse nettopp disse problemstillingene samt bruksområder i industrien.

Reologiske egenskaper til et materiale eller en fluid kan bestemmes ved å måle kraft og deformasjon, som en funksjon av tid (Ibraz and Barbosa-Cánovas 2003, Tabilo-Munizaga and Barbosa-Cánovas 2005). Stress (σ) (kraft per område) og spenning (deformasjon per lengde) er viktige begreper i reologien. Disse måles alltid i kraft per enhet av område og benytter Pascal som benevning (Pa). Hva slags type stress materialet blir utsatt for er avhengig av i hvilken retning kraften påvirker overflaten. Når kraften er vinkelrett til overflaten vil materialet bli utsatt for normalt stress under kompresjon eller spenning (Figur 5).



Figur 5 Deformasjon ved spenningskraft (F) til venstre og skjær til høyre (Ibraz and Barbosa-Cánovas 2003).

Dersom normalt spenn påføres en stolpe med lengde L_0 vil lengden på baren øke slik at den endelige lengden vil være $L=L_0 + \Delta L$, og deformasjonen kan beskrives ved Cauchys deformasjonslikning:

$$\epsilon_c = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L}{L_0} - 1$$

Om den samme stolpen blir utsatt for tangentielt stress vil den deformeres av skjær. Kraften er parallell med overflaten og forskyver overflaten mens bunnen vil være urørt (Figur 5) (Ibraz and Barbosa-Cánovas 2003). Vinkelen ved skjær γ kan beregnes ved likningen:

$$\tan \gamma = \frac{\Delta L}{L}$$

Det finnes imidlertid mange ulike materialer og væsker som påvirkes ulikt av kraft og kan defineres ved dets deformasjonsegenskaper. Noen materialer er lineært elastiske og har ingen flyt, disse kalles for “Hookes solider” (Ibraz and Barbosa-Cánovas 2003). Stresset i disse materialene er konstant frem til deformasjonen blir avbrutt og materialet returnerer til sin opprinnelige form.

En annen type solid materiale er elastiske solider. Disse deformeres når de utsettes for strekkraft, men returnerer til sin opprinnelige form etter denne kraften er opphevet. Plastiske solider deformeres og kan ikke returnere til sin tidligere form. Elastoplastiske materialer er materialer som både har elastiske og plastiske egenskaper avhengig av hvor stor kraft det utsettes for. Under en bestemt verdi vil det deformeres som et elastisk materiale, men når kraften øker vil det ikke lenger kunne gjenoppta sin opprinnelige form og derfor oppføre seg som en plastisk solid.

Solide materialer beskrives ofte av Hookes lov, mens fluider beskrives av Newtons lov (Ibraz and Barbosa-Cánovas 2003). Det finnes imidlertid mange næringsmidler som befinner seg mellom disse ytterpunktene, og det er derfor nødvendig med reologiske begrep som forklarer nærmere hvordan disse produktene oppfører seg ved påført stress som vist i Tabell 2.

Tabell 2 Klassifisering av ikke Newtonske fluider (Ibraz and Barbosa-Cánovas 2003)

Tidsuavhengig oppførsel	Tidsavhengig oppførsel
Pseudoplastiske fluider / skjærtynnende	Tiksotropiske fluider
Dilatante fluider / skjærtykkende	Antitiksotropiske / reopektiske fluider
Plastiske fluider	

Tidsuavhengige fluider har en oppførsel som kun er en funksjon av skjær stress ved en gitt temperatur og har viskositet som er avhengig av skjær raten (Ibraz and Barbosa-Cánovas 2003). For tidsavhengige fluider vil viskositeten være avhengig av en hastighetsgradient og tiden det tar før gradienten settes i gang. Tidsavhengige fluider vil også kunne gjenoppta sin opprinnelige struktur etter en bestemt tid avhengig av materialet (Mezger 1998). Det finnes også fluider som både oppfører seg som viskøse fluider og elastiske solider, disse kalles viskoelastiske fluider (Ibraz and Barbosa-Cánovas 2003).

Væsker deles inn i newtonske og ikke newtonske fluider, newtonske fluider er væsker (og gass) som har reologiske egenskaper som kan forklares ved newtons viskositetslov.

En newtonsk væske har en konstant endring av belastning så lenge systemet opprettholder stress og er uavhengig av skjærlast, newtonske væsker har ideell viskøs flyt-oppførsel (Mezger 1998). Flyten til en newtonsk væske kan forklares av to-plate-modeller ved at væsken holdes mellom to parallelle plater og er i kontakt med den nedre og den øvre delen (Ibraz and Barbosa-Cánovas 2003). Den øvre platen er i bevegelse med hastighet v i henhold til bunnplaten som står stille. Hastigheten kommer fra en kraft F per enhet område. Fluiden vil flyte i flere lag og det laget som er i kontakt med platene vil bevege seg i samme hastighet som platene. Lagene nedover vil ha en hastighet som proporsjonal til avstanden av den nedre platen.

Newtonsk flyt finner sted i væskeløsninger som ofte består av korte polymerer med relativt få eller ingen molekylære interaksjoner, som sørger for en ideell viskøs oppførsel (Mezger 1998). Eksempler på newtonske væsker er vann, brus, kaffe, te, øl og vin (Ibraz and Barbosa-Cánovas 2003).

Ikke-newtonske er fluider som ikke kan forklares av newtons lov, disse fluidene deles inn i tidsavhengige og tidsuavhengige. Pseudoplastisk fluid er en tidsuavhengig fluid som har flyteegenskaper som avhenger av skjærlasten, viskositeten av pseudoplastiske fluider vil reduseres med økt belastning (Mezger 1998). Pseudoplastiske fluider vil ha ulike verdier av viskositet ved hvert punkt for endring av lasten, dermed vil verdien aldri være konstant og viskositetsverdien kalles derfor for "tilsynelatende viskositet". Eksempler på pseudoplastiske fluider er sjampo, lim og lakk. Ved dilatant flyt vil skjærviskositeten være avhengig av belastning på samme måte som pseudoplastisk flyt, men vil isteden øke viskositeten med økt belastning. Et klassisk eksempel på en dilatant løsning kan fremstilles ved å blande en suspensjon av maismel eller potetmel og vann.

For de tidsavhengige fluidene er det de tiksotropiske fluidene som forekommer oftest (Mezger 1998). Ved tiksotropisk oppførsel vil den strukturelle styrken brytes ned under skjærbelastnings-intervallet og bygges opp igjen fullstendig til sin originale struktur under avlastnings-intervallet. Denne prosessen er fullstendig reversibel. Ketchup, kremer, emulsjoner og skum er eksempler på tiksotropiske fluider. Det finnes imidlertid løsninger som oppfører seg tiksotropiske under skjærbelastning, men ikke kan gjenoppta sin originale struktur og gjennomgår en irreversibel strukturendring. Dette er produkter som yoghurt og rømme som er har et relativt skjørt gelnettverk som ødelegges under belastning (Mezger 1998, Walstra, Wouters et al. 2006). Reopekse fluider forekommer sjeldent i næringsmiddelindustrien, typiske reopektiske fluider kan være høykonsentrerte- latex løsninger, avstøpningslister eller plastisol. Reopektiske fluider vil øke strukturell styrke under belastningsfasen og bryter den ned igjen under utladningsfasen. Ved hvile vil den strukturelle forsterkningen forsvinne over tid. Prosessen er reversibel.

I prosessanlegg som benyttes i matindustrien er ofte produktene i væskefase i et eller flere trinn i prosessen (Ibraz and Barbosa-Cánovas 2003). Det er da viktig å ha kjennskap til produktets fysiske sammensetning og karakterisering for å kunne optimalisere prosesseringen av produktet, samt eventuelt utformingen av prosesslinjen.

2.6.1 Rømmes reologiske egenskaper

Rømme er et sammensatt medium som består av en rekke ulike lipider, karbohydrater og proteiner samt vann etablert i et gelnettverk, som gir et interessant reologisk produkt (Walstra, Wouters et al. 2006). Rømme utøver ikke-newtonske flyteegenskaper og viser en redusert viskositet ved økende skjærhastighet, som betyr at den er skjærtynnende eller pseudoplastisk (Lorenzi, Pricl et al. 1995, Duboc and Mollet 2001). Dette er av organoleptisk betydning da tygging og svelging av matvarer foregår ved skjærhastighet på 30-50 s⁻¹ (Duboc and Mollet 2001). Rømme har også en tiksotropisk tidsavhengig oppførsel, men vil ikke kunne gjenoppta sin opprinnelige form etter at det labile gelnettverket er brutt (Lorenzi, Pricl et al. 1995, Mezger 1998, Walstra, Wouters et al. 2006). Noe av bindingene vil gjenoppstå, men skadene på gelen under skjær vil være irreversible (Mezger 1998).

2.6.2 Reologisk målemetodikk

Det finnes mange ulike metoder for måling av reologiske faktorer. For viskositet brukes ofte rotasjonsviskosimeter (reometer) som består av to deler, der den ene er stille stående (ofte målebegeret) mens den andre roterer (Mezger 1998). Reometeret består av en måleprobe som roterer med kontrollert skjær, og den er festet til en sensor som registrerer kraftmomentet. Under kontrollerte tester vil en bestemt kraft påføres systemet, og hastigheten til rotasjonen eller avskjæringsvinkelen av prøven registreres. Det finnes to ulike prinsipper for rotasjonstester: Coucettes prinsipp, der måleproben er fast og målebegeret roterer og Searles prinsipp, der proben roterer og målebegeret er fast, sistnevnte er den vanligste metoden. Systemene for disse målingene er ofte konsentriske sylindrer, som vil si at målebegeret og proben er orientert slik at de er på den samme rotasjonale eller symmetriske akselen.

Vanlige reologiske parametere kan også benyttes i disse testene da overflaten på sylindere kan betraktes som mange uendelig små flater, slik at det i prinsippet vil være uendelig mange overflater som kan overføres til to-plate- modeller.

En annen type test som ofte benyttes for å danne en spenning-tøyningskurve for faste og semifaste matvarer, og motstand i materialer generelt er punkteringstester (Tabilo-Munizaga and Barbosa-Cánovas 2005). Disse testene måler ikke endringer i produktet og kan dermed ikke gi oversikt av hvordan den reologiske oppførselen til produktene er. Testene er imidlertid nyttige verktøy for å registrere styrken av teksturen. Testene er relativt enkle og gjennomføres ved at en probe penetrerer en prøve og presses ned til en bestemt dybde, kraften multipliseres med distansen av punkteringen for å danne et bilde av styrken i materialet.

2.7 Elektronmikroskopi

For å forstå strukturelle nettverk kan det være nyttig med visuelle fremstillinger, og i noen tilfeller er det tilstrekkelig med bilder eller enkle overblikk. Når strukturer skal observeres på mikronivå er det imidlertid begrenset med informasjon som kan hentes ved bruk av normal fotografi eller menneskets øyne. Mennesker har et begrenset syn med øyne som kun er sensitive for stråling med bølgelengde mellom 300-700 nm og kan dermed kun se i dagslys (Egerton 2016). Så lenge det som skal observeres befinner seg innenfor disse bølgelengdene vil mennesker kunne observere detaljer og kunne differensiere objekter fra hverandre med diameter helt ned til 75 μm . Dette vil være tilstrekkelig til å kunne observere enkelte sandkorn (1mm) eller menneskehår (150 μm), men ikke til å se bakterier (1 μm) eller virus (20 nm).

Tidlig på 1600-tallet ble lysmikroskop oppfunnet, og mot slutten av 1600-tallet var blodceller, bakterier og flere cellulære strukturer oppdaget (Egerton 2016). Siden den gang har stadig kraftigere mikroskop med forbedret forstørrelse blitt konstruert. Blant de kraftigste mikroskopene i dag er scanning elektron mikroskop (SEM) med opp til 100 ganger bedre forstørrelse enn kommersielle optiske mikroskop (Khurshid 2007). SEM består ofte av en elektron emitter, elektromagnetiske linser, scan spoler og aperturer.

Mikroskopet består av to ulike elektromagnetiske linser, en kondenserlinse som plasseres rett etter elektron emitteren og en objektivlinse som plasseres rett over prøven. Mikroskopisten styrer parameterne som utgjør primærstrålen: energien er normalt mellom 0,1-30 kiloelektronvolt (KeV), diameter normalt mellom 0,5 nm - 1 μm og strålestrøm mellom 1 picoampere (pA) og 1 mikroampere (μA) (Khursheed 2007, Goldstein, Newbury et al. 2017). Inne i mikroskopet vil det være et vakuum med kammertrykk på under 10^{-3} Pa, slik at tettheten av gjennværende atomer blir så lav at elektroner fra strålen trolig ikke treffer atomer langs den 25 cm lange veien fra emitteren til prøven (Goldstein, Newbury et al. 2017). Det som skiller scanning elektronmikroskop fra andre elektronmikroskop er at elektronene fra primærstrålen fokuseres på en smal diameters elektronprobe i flere lag nedover (Egerton 2016). Denne strålen skannes på tvers av prøven ved elektrostatiske eller magnetiske felt, som endrer retningen av innfallsstrålen. Ved å samtidig skanne i to vinkelrette retninger ved raster skanning vil atomer innenfor et fokusert område av prøven sende ut sekundære elektroner, som videre kan fanges opp av en sensor, og det dannes et bilde på en tilkoblet PC. Ved å benytte lagvis scanning nedover i prøven vil det gi bedre dybdefokus til bildene og tykkere prøver kan fikseres og det vil likevel være mulig å få gode bilder.

2.8 Statistiske metoder

For å forstå årsakssammenhengen mellom ulike faktorer i et system er det nødvendig å endre variablene i systemet og observere endringer som forårsakes av endringen (Montgomery 2013). Observasjoner kan føre til hypoteser og teorier om hvorfor systemet endres slik det gjør, disse teoriene kan testes. For å bestemme om resultatene fra testene er tilfeldige resultater eller om de faktisk betyr at det er en effekt av testfaktorene må statistiske verktøy benyttes. For å undersøke ulike behandlinger benyttes ofte analyse av variansen (ANOVA). Observasjonene beskrives da ofte ved hjelp av en model som $\gamma_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij}$, der γ_{ij} er ij observasjon, μ_i er gjennomsnittet av i faktor eller nivå av behandling og ε_{ij} er tilfeldig error. Ved bruk av ANOVA kan en finne ut av om det er effekt av ulike faktorer mot en bestemt respons. Etter en ANOVA er gjennomført kan det undersøkes om det er statistisk forskjell mellom ulike gjennomsnitt, dette kan gjøres ved Tukey's Test. Tukey's test benytter "studentized range statistic" som sannsynlighetsfordeling.

2.9 Sensorisk analyse

Sensorisk vurdering av matvarer er nødvendig både i produktviklingssammenheng og ved kvalitetssikring av produkter. Ved sensorisk analyse benyttes teknikker som måler menneskers respons av mat samt minimerer risikoen for bias ved merkevarer eller annen informasjon (Lawless and Heymann 2010). Sensorisk vurdering er definert som vitenskapelig metode benyttet til å fremkalle, måle, analysere og tolke responsen av et produkt som oppfattes gjennom sansene: syn, lukt, føling, smak og hørsel. Allerede tidlig på 1800 tallet ble det utført kvantitative tester fokusert på menneskers oppfatning og evne til å ta valg (Schiano, Harwood et al. 2017). Disse forsøkene banet vei for videre forskning, spesielt rettet mot forbrukere og deres oppfatning av matvarer. I dag finnes det en rekke ulike tester som gjennomføres ved bruk av menneskers sanser, både kvalitative og kvantitative. Da mennesker ikke er like kalibrerte som maskiner, er det desto viktigere å redusere forskjellene så mye som mulig (Lawless and Heymann 2010). Dette utføres ved å isolere den sensoriske responsen som er av interesse, samt ved å kontrollere betingelsene for forsøket som blant annet kontrollert presentasjon og preparering av prøvene.

Sensoriske vurderingen deles ofte inn i tre typer tester: forskjellstester, deskriptive tester og affektive tester (Lawless and Heymann 2010). Forskjellstesting brukes ofte når alternative ingredienser eller metoder brukes ved fremstilling av produktet, og det undersøkes om det er en merkbar sensorisk forskjell mellom nytt og gammelt produkt (Pecore, Stoer et al. 2006). Dette kan ofte gjennomføres av forbrukere. Ved deskriptive tester kvantifiseres den oppfattede intensiteten av den sensoriske attributen som vurderes (Lawless and Heymann 2010). Ved disse testene sitter panelet først samlet og blir enige om hva slags egenskaper som er fremtredende i produktet, slik at alle har en oppfatning av hva som skal graderes og det blir fastsatt referanseverdier for de ulike egenskapene. Analysene gjennomføres ofte av et trent panel bestående av 4-6 personer, og kan brukes til blant annet å oppdage feil og usmak i produkter (Johansson 1965, Lawless and Heymann 2010). Den siste typen vurdering er affektiv testing. I disse testene er det grad av liking eller ikke liking som skal kvantifiseres, der to eller flere prøver settes opp mot hverandre og vurderes etter liking (Stone and Sidel 2004). Ofte benyttes en kombinasjon av flere ulike sensoriske tester i ulike stadier av en produktviklingsprosess, og resultatene kan ofte settes opp mot resultater fra andre analyser for å danne et bedre helhetsbilde.

3.0 Materiale og metode

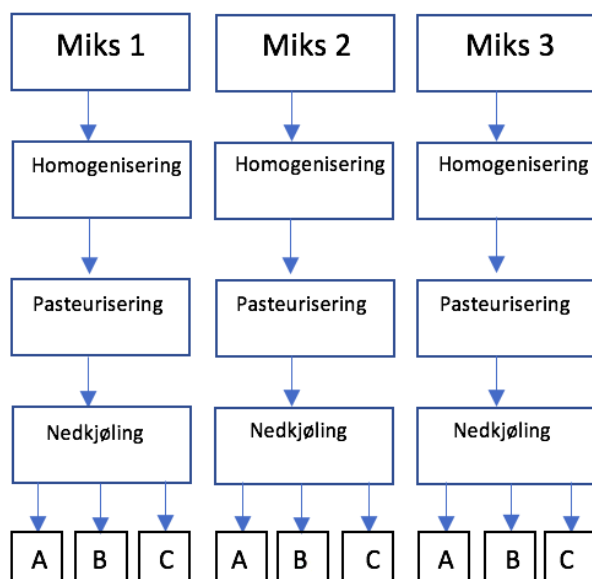
Det ble i forsøket produsert rømme ved bruk av (mikrofiltrert) MF melk i tre omganger, denne ble produsert på pilotanlegget ved NMBU. Den første batchen med rømme ble analysert ved HPLC og HSGC. Det ble analysert gelstyrke og viskositet samt salttoleranse for alle prøvene, og sensorisk vurdering av batch 2 og 3, samt elektron mikroskopi av batch 2. Det ble også gjennomført en produksjon med rømme som ble proteinberiket med Skummet melkepulver (SMP) som alternativ til MF. Sensorisk analyse, viskositet og gelstyrke ble analysert av denne batchen. Forkortelser og koder som ofte er brukt i oppgaven er satt i Tabell 3.

Tabell 3 Forkortelser og forklaring på ord og koder ofte brukt gjennom oppgaven.

Forkortelse	Betydning
MF	Mikrofiltrert
SMP	Skummetmelkepulver
EPS	Eksopolysakkarider
1A	Rømme med proteinnivå 1 og syrekultur A
CF	Crème Fraîche
QR	Q-meierienes Lettrømme
TR	TINE Lettrømme
SR	TINE Seterrømme

Rømme ble produsert i fire omganger med ni ulike kombinasjoner av ulike syrekultur og ulikt proteininnhold, der tre ulike mikser med ulikt proteininnhold ble varmebehandlet og inokulert med ulike kulturer som illustrert i Figur 6. Ved de tre første produksjonene ble hver av disse kombinasjonene produsert i 7 paralleller med ulike mål, Tabell 4 viser oversikt over de ulike analysene. I den siste produksjonen ble det benyttet skummet-melkepulver som alternativ til MF melk for oppkonsentrering av protein, med kun de fire første parallellene som vist i Tabell 4.

Råmelk fra ås gård ble separert inn i fløte og skummet melk, skummet melken ble også mikrofiltrert for å øke kaseininnholdet, for en økt proteinkonsentrasjon til rømmeproduksjon.



Figur 6 Prosesskjema for de ulike rømmevariantene.

Samtlige mikser ble blandet før prosessering for deretter å varmes opp før homogenisering en miks av gangen. Pulverblandingene ble også varmet opp til ca. 50 °C før pulveret ble tilsatt, for deretter å stå i ca. én time før videre behandling.

Tabell 4 Bruk av de ulike parallellene av rømme med 1A som eksempel, alle testene ble gjennomført for alle variantene..

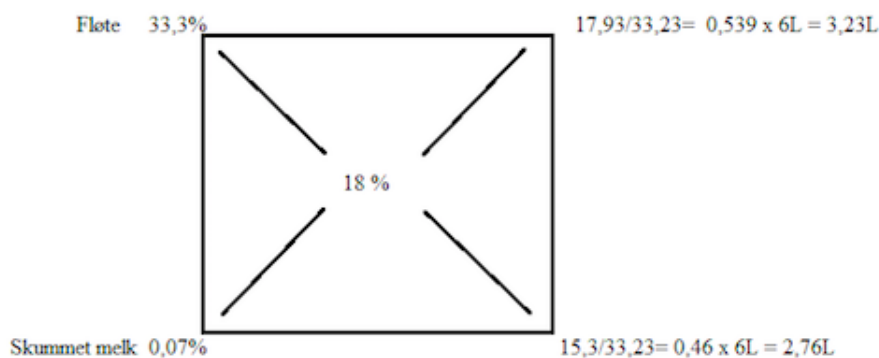
Miks	Parallell	Prøve
1 A	1	pH
	2	Gelfasthet, viskositet (myseutslipp)
	3	Gelfasthet, viskositet (myseutslipp)
	4	saltstabilitet
	5	sensorisk
	6	varmestabilitet/ lagrede prøver (3 uker)
	7	SEM, gelfasthet, viskositet for 3 melken

Glass 1 ble brukt til å måle utviklingen i pH frem til ønsket pH ble oppnådd. Både 1A2 og 1A3 ble brukt til å måle gelfasthet ved hjelp av Texture Analyzer (TA) først, og deretter viskositet. Saltstabilitet og sensorisk analyse ble kun vurdert for batch 2 og 3, mens for SEM ble kun batch 3 vurdert.

3.1 Rømmeproduksjon

Fløte ble standardisert til 18 % fett med tre ulike proteinkonsentrasjoner på 2,8, 3,3 og 3,8% protein ved å blande skummetmelk, fløte og MF melk fremstilt ved pilotanlegget.

Blandingsforholdet for ønsket fettprosent i de ulike miksene ble funnet ved å benytte pearsons square method (Figur 7) og ble beregnet med utgangspunkt i fettprosent.



Figur 7 Pearsons square test med verdier benyttet for testproduksjon.

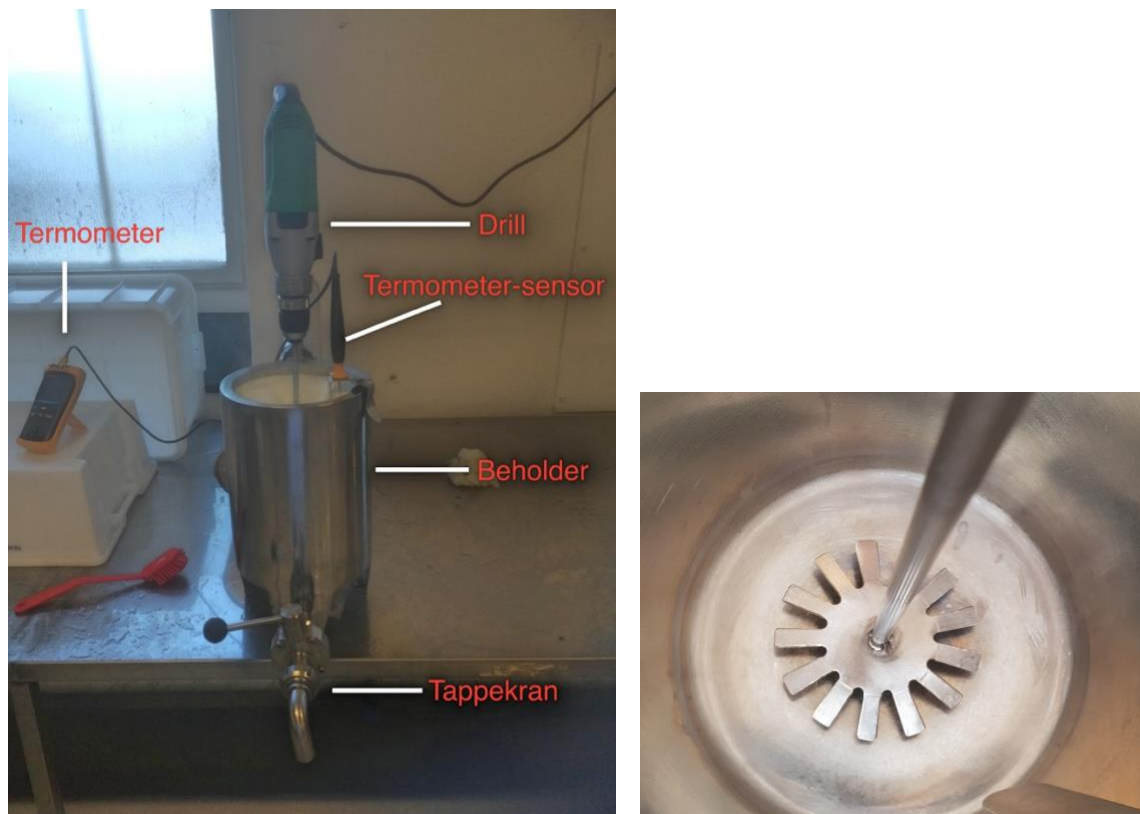
Modellen i Figur 7 er benyttet med utgangspunkt i fettprosenten til de ulike blandingsene og blandet sammen for en ønsket fettprosent på 18 og mengder av de ulike melkevariantene for et totalt volum på 6L.

Ca. 20L av hver miks ble blandet sammen og sammensetningen på blandingsene ble kontrollert ved bruk av MilkoScan FT1 (FOSS, Danmark) som utfører Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). Dersom resultatene fra milkoscan ikke samstemte med ønskede konsentrasjoner ble ytterligere mengder melk av de ulike variantene tilsatt til ønsket konsentrasjon ble oppnådd.

Under produksjon 3 ble det brukt fløte av to ulike sammensetninger da den første ble tom før tilfredsstillende sammensetning av miks 3 ble oppnådd.

Ved produksjon 4 ble skummet melkepulver (SMP)(TINE) benyttet for å øke proteinkonsentrasjonen istedenfor MF-melk, 12L av hver miks blandet sammen. miksene med SMP ble først varmet opp til 50 °C og ulik mengde skummet melkepulver ble tilsatt. Miksene fikk én time henstand for at proteinpulvere skulle hydratisere.

For både MF og SMP ble Blandingene varmet opp til 55 °C og homogenisert ved 160 bar ved bruk av Rannie Homogenizer (X type, SPXFLOW, NC, USA) 10L av gangen. Deretter ble blandingsene varmebehandlet i to 5L rustfri-beholdere formet som sylindere med kapp til sirkulerende vann/damp for temperaturkontroll. Festet til beholderen er en avtagbar tappekran samt et feste for en drill (Hitachi DV18V/Hitachi DV20B2) med rørverk (Figur 8). Melkeblandingsene ble varmet opp til 95 °C og holdt ved denne temperaturen i 5 minutter før nedkjøling til 22°C.



Figur 8 Utstyret benyttet for pasteurisering til venstre, hodet på drillen til høyre.

Blandingene ble deretter tappet på 3 x 7 sterile syltetøyglass på 750 ml via tappekran tilknyttet pasteureren. Beholderen og tappekranen ble vasket og desinfisert med varmt vann mellom hver omgang av varmebehandlingen.

De tre ulike miksene ble inokulert med tre ulike syrekulturer med ulik eksopolysakkarid (EPS) produksjon, i følge produsenten. Alle kulturene ble fremskaffet fra Christian Hansen (Tabell 5).

Tabell 5 Ulike kulturene benyttet i rømmeproduksjonen samt kulturens EPS produksjon.

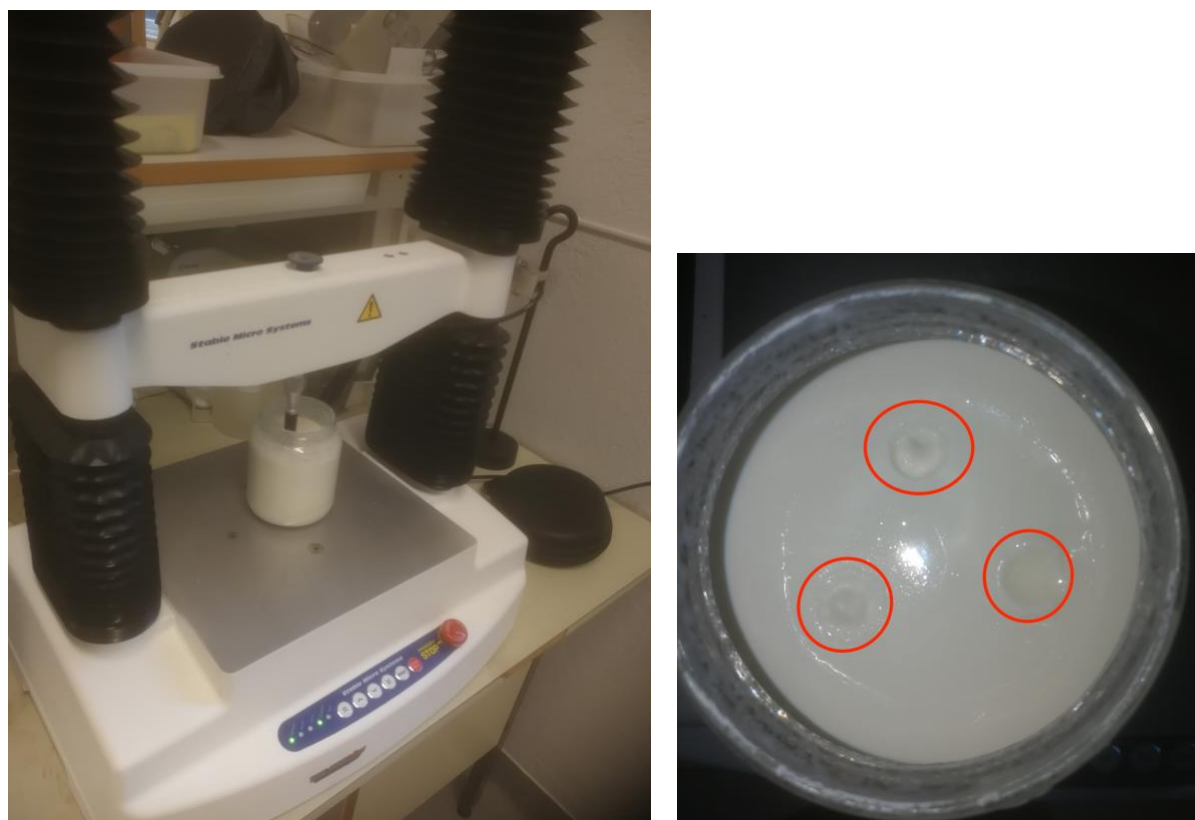
Kultur kode	Kultur ID	EPS produksjon
A	Probat	Uten EPS
B	XT-304	Svak EPS
C	X-T313	Sterk EPS

140 µl tint kultur ble pipetert i hvert glass av fløteblanding, for deretter å vendes for blanding av kulturen inn i fløten. Syltetøyglassene ble deretter inkubert i vannbad ved 25°C frem til en pH på mellom 4,38 - 4,66 ble oppnådd (mellom 16,5 - 24 timer), deretter ble rømmen satt på kjølerom ved 4 °C.

3.2 Gelfasthet

På dag 6 etter produksjon ble gelfasthet analysert ved bruk av teksturanalysator TA.HD*plus* (TTC, Hamilton MA, USA).

Urørte rømmeglass ble plassert under en probe, proben ble deretter ført inn i gelen med en utløskraft på 0,049 N og hastighet på 1,00mm/sek i 20 sek (Figur 9). Motstand i gelstyrken ble registret i gram. Analysene ble gjort med tre gjentak per prøve (Figur 9) .



Figur 9 TA.HDplus måler gelstyrke i rømme, samt punkter i rømmen for penetrering av proben.

Etter teksturmåling av rømmegelen ble prøvene satt kjølig frem til viskositetstester som ble gjennomført én dagen senere. Resultatene ble samlet på en PC med program for tekstur analyse medfølgende maskinen.

3.3 Viskositet

Viskositet ble målt på 7 og 8 dager etter produksjon samt 21 dager for lagrede prøver. Det ble også målt viskositet av rømmemiksene uten inokulering av syrekultur, der rømmemiksene ble lagt på kjølerom direkte etter pasteurisering. Målingene ble utført ved bruk av “MCR 301” rheometer (Anton Paar Physica, Austria).

Prøvene ble oppbevart i kjøleskap ved 4 °C frem til preparering. For preparering av prøvene ble rømmegelen brutt ved moderat (avhengig av gelstyrken) omrøring i 30 sekunder ved bruk av en spiseskje i en sirkulær bevegelse langs kanten på glasset. Rømmen ble deretter overført til et C-CC27/T200/TI beger (Anton Paar) ved bruk av en avklippet engangspipette. Begeret med prøven ble plassert i målecellen C-PTD200 (Anton Paar) og kjølt ned til 4 °C, videre ble proben CC27/TI (Anton Paar) ført ned i begeret til 0 mm avstand.

Deretter ble det utført rotasjonstester med maks skjærspenning på 3762,69 Pa og maks skjær rate på 3855,28 1/s. viskositeten ble registrert over 25 målepunkter med gradert skjærhastighet (fullstendig oversikt er vist i vedlegg D). Rheoplus (Anton Paar) ble benyttet til å bearbeide data samt samspille med reometeret og PC. analysene ble gjort med to gjentak per prøve.

3.3.1 Viskositet på rømme tilsatt salt

Viskositet ble analysert på rømme tilsatt salt, 100 g rørt prøve (brutt gel) ble veid opp i 250 ml begerglass og blandet med 1,5 g salt (veid opp i et 30 ml medisinbeger). Det ble rørt sammen i ca. 10 sekunder med teskje og satt på kjølelagring i 20 minutter. Videre ble det utført rotasjonstester på samme måte som de foregående testene, for måling av viskositet.

3.4 Kjemiske analyser

Det ble utført kjemiske analyser for å kartlegge flyktige komponenter og ulike organiske syrer produsert av de ulike kulturene ved bruk av Head space gass chromatography (HSGC) og High performance liquid chromatography (HPLC). Det ble også utført pH målinger for rømmevariantene under produksjon samt enkle tørstoffanalyser ved FTIR analyse vha. av MilkoScan. Analysene for HPLC og HSGC ble kun utført på rømmen fra produksjon 1.

3.4.1 Organiske syrer og karbohydrater

Analyse av innholdet av organiske syrer og karbohydrater ble gjennomført ved bruk av HPLC i meieribygget ved NMBU. Metoden benyttet er beskrevet av Grønnevik et al (Grønnevik, Falstad et al. 2011) med noen modifikasjoner som beskrevet under.

Rømmeprøvene ble godt blandet med ved omrøring i beholderen ved bruk av en spiseskje i ca. 30 sekunder, deretter ble 1,00 g tilsatt i et 10 ml rør. Prøvene ble så tilsatt 2,5 ml ionebyttet vann, 200 μ l 0,5 M H₂SO₄ (Merck, Tyskland) og 8 ml acetonitril (Merck). Videre ble prøvene ristet for hånd, for så å blandes i en vendemaskin i 30 minutter (MultiRS-60 BIOSAN (Montebello, Diagnostics A/S, Oslo, Norge). Prøvene ble deretter sentrifugert i romtemperatur i 15 min ved 1470 x g (3400 rpm) i en Kubota 2010 sentrifuge (Kubota corporation, Tokyo, Japan).

Etter sentrifugering ble supernatanten filtrert gjennom en 0,2 μ m PTFE membran (Acrodisc CR 13 mm Syringe Filter, PALL, Storbritannia) over i et HPLC-rør. Analysen ble gjennomført ved bruk av HPLC-instrumentet Agilent Technologies 1260 Infinity II (Agilent Technologies, Singapore), bestående av pumpe (Agilent Technologies), autosampler (Agilent Technologies) og RI-detektor (Agilent Technologies). Programvaren benyttet var OpenLab CDS (Agilent Technologies). 25 μ l av prøven ble injisert og separert med en Aminex HPX-87H kolonne (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA). For beskyttelse av kolonnen ble prøvene først kjørt gjennom en forkolonne av typen Cation-H refill (Bio-Rad Laboratories. Temperaturen på kolonnen var satt til 32°C, den benyttede mobile fasen var 5 mM H₂SO₄ (Merck), med en flowhastighet på 0,4 mL/min.

Standardløsninger for kalibrering ble preparert på samme måte som de analyserte prøvene. Komponentene i prøvene ble identifisert og kvantifisert ved hjelp av retensjonstid og integrert areal sammenlignet med standardløsningene. Karbohydrater benyttet for standardløsning var maltose, fruktose, glukose, galaktose og laktose (Merck). Av organiske syrer ble orotinsyre, sitronsyre, ravsyre, pyrodruesyre, eddiksyre, melkesyre, urinsyre, pyroglutaminsyre, maursyre og propionsyre (Sigma-Aldrich, Kina) benyttet til standardløsninger. Karbohydratene og eddiksyre ble detektert ved hjelp av en RI-detektor, mens organiske syrer ble detektert ved hjelp av en DAD-UV detektor.

3.4.2 Flyktige forbindelser

Analyse av innholdet av flyktige forbindelser ble gjennomført. Prøvene ble analysert ved bruk av HSGC etter en metode beskrevet av Grønnevik et al. (Grønnevik, Falstad et al. 2011) med noen modifikasjoner beskrevet under.

Rømmen ble blandet godt med spiseskje i ca. 30 sekunder før innveiling av 10,00 g prøve i headspace -flasker (Machery, Nagel, Dueren, Tyskland). Headspace flaskene ble forsegle med teflonbelagt septa med aluminiumring (PFTA/Si septa, Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA). Prøvene ble plassert i en Agilent Technologies 7679A automatisk headspace sampler med et 6890GC system (Agilent Technologies) og en flamme ioniseringsdetektor. Programvaren benyttet var Open lab EZChrom (Agilent Technologies).

Helium (Aga, Norge) ble benyttet som bæregass, med en total flow på 11,1 mL/min. Analysebetingelsene for prøvene i headspaceflaskene var 50 °C med en forvarmingstid på 45 minutter, de ble deretter mikset med 70 rist/min. Headspace flaskene var trykksatt til 10 PSIG i 1,50 min før injeksjon, injeksjonstiden var på 0,5 min.

For kromatografisk separasjon av komponentene ble det benyttet en CP-SIL 5CB GC kolonne (Variann, Middelburg, Nederland). Kolonnene hadde en lengde på 25 m med indre diameter på 0,53 mm og filmtykkelse på 0,5 µm. Det ble benyttet følgende temperaturprogram under analysen: 53 °C i 1 min; økning med 15 °C min⁻¹ til 70 °C, 70°C i 2 min; økning med 22 °C min⁻¹ til 130 °C, 130 °C i 3 min.

De flyktige komponentene ble separert basert på komponentenes ulike flyktighetsgrad og affinitet til kolonnens stasjonærfase. Identifisering og kvantifisering av de ulike forbindelsene ble gjennomført ved kalibrering med standardløsninger av kjent konsentrasjon av følgende komponenter: acetaldehyd, diacetyl, etylacetat, 2-butanon, 2-metyl- butanal, 2-metyl- 1-butanol, 2-metyl- 1-propanal, 3-metyl- butanal, 3-metyl- 1-butanol, 2-metyl- 1-propanol (Sigma-Aldrich), acetoin, aceton, etanol, 1-butanol, 2-butanol og 2.3-pentadion (Merck, Tyskland).

3.5 Sensorisk analyse

Det ble gjennomført en sensorisk analyse der et semitrent panel bestående av 8 personer ble benyttet, analysen ble gjennomført med to gjentak for rømme produsert med MF og en vurdering av rømme produsert med SMP.

Panelet fikk utdelt en referanseprøve (Tine letrømme), samt skjema for attributter av rømmen som ble vurdert og gradert i felleskap for å standardisere en referanseverdi for de videre analysene. Deretter ble panelistene plassert i båser med temperert vann. Panelet fikk 13 ulike rømmevarianter bestående av de 9 ulike testvariantene produsert på pilotanlegget samt letrømme (TINE), Q-meierienes letrømme, lett Crème Fraîche (TINE) og seterrømme (TINE). Rømmen ble vurdert etter kriteriene: blank i utseende, glatt i utseende, kremet munnfølelse, trådtrekkende, fet munnfølelse, syrlighet, bi-smak og helhetsinntrykk, der hver attributt ble gradert mellom 1-7 (Figur 10).

Sensorisk vurdering av rømme

Sett kryss over opplevd verdi.

prøve: _____

blank i utseende

Matt	1	2	3	4	5	6	7	meget blank
------	---	---	---	---	---	---	---	-------------

Glatt i utseende

Ruglete	1	2	3	4	5	6	7	meget glatt
---------	---	---	---	---	---	---	---	-------------

Kremet munnfølelse

Lite kremet	1	2	3	4	5	6	7	meget kremet
-------------	---	---	---	---	---	---	---	--------------

Trådtrekkende

Kort	1	2	3	4	5	6	7	meget trådtrekkende
------	---	---	---	---	---	---	---	---------------------

Fet munnfølelse

Lett	1	2	3	4	5	6	7	Fet
------	---	---	---	---	---	---	---	-----

Syrlighet

Lite	1	2	3	4	5	6	7	meget syrlig
------	---	---	---	---	---	---	---	--------------

Bi-smak

Lite	1	2	3	4	5	6	7	mye bismak
------	---	---	---	---	---	---	---	------------

Helhetsinntrykk

Lite bra	1	2	3	4	5	6	7	meget bra
----------	---	---	---	---	---	---	---	-----------

Eventuelle Kommentarer:

Figur 10 Vuderings skjema for sensorisk vurdering av rømmeprøvene det sensoriske panelet fikk utdelt. Det ble fylt ut ett skjema per rømmevariant per dommer.

Ved preparering av prøvene ble rømmen rørt i ca. 30 sek med en spiseskje for bryting av gelnettverket. Deretter ble ca. 1 ss med rømme ved ca. 4°C overført til 30 ml klart medisinfølsomt beger med kontrollerte randomiserte numre utført ved bruk av liste-randomiserer (random.org). Prøvene ble levert til panelet fortløpende under analysen, numrene med korresponderende prøver er satt inn i Tabell 6.

Tabell 6 Nummer på de ulike rømmevariantene for forsøk 1, 2 og 3.

Rømmevariant	Forsøk 1	Forsøk 2	Forsøk 3
1A	2	6	1
1B	7	11	8
1C	12	13	10
2A	5	3	9
2B	9	10	5
2C	3	1	13
3A	10	7	7
3B	1	4	2
3C	4	8	4
Creme fraiche - Tine	6	9	3
Lettrømme - Q-meieriene	11	5	11
Seterrømme - Tine	8	12	12
Lettrømme - Tine	13	2	6

De ulike rømmevariantene ble randomisert ved bruk av en internettside dedikert for randomisering (random.org).

3.6 Scanning Elektronmikroskopi (SEM)

De 9 ulike rømmevariantene samt lett Crème Fraîche (TINE), Lettrøme (TINE) og Seterrømme (TINE) ble fiksert og undersøkt under elektronmikroskop. Urørt rømme ble sugd opp til ca. 1 cm i en engangspipette med avklippet tupp. endene av pipetten ble kuttet med barberblad på begge sider og forseglet med (enkelt) linsepapir og sytråd. Sytrådene ble også benyttet som fargekode for merking av prøvene.

Sylindren ble lagt i et dramglass med 2,5% glutaraldehyd i 0,5M PIPES buffer pH 7 i avtrekk over natten under kontinuerlig svak risting. Videre ble fikseringsvæsken sugd ut med vakuu under avtrekk, tilsatt ny 0,5M PIPES buffer med pH 7 og satt under avtrekk og risting i 20 minutter, utvaskingen med buffer ble gjennomført i 3 omganger (20 min x 3).

Én parallell av prøvene ble fiksert med osmiumtetroksid (OsO_4), for disse prøvene ble sylindren lagt i dramglass med 0,05% OsO_4 i 3 timer. Videre ble prøvene vasket ut i 0,05M PIPES buffer pH 7 i 3 omganger på samme måte som uten osmium, for deretter og legges over natten i PIPES løsning i 4 °C.

Videre ble løsningen sugd ut med vakuu og tilsatt 30% EtOH og ristet i 30 minutter (både for osmiumtetroksid og glutaraldehyd fikserte). Dette ble gjennomført videre med hhv. 50%, 70%, 90%, 96% EtOH med 30 min for hver under risting og tilslutt 100% EtOH i 4 omganger med risting (30 min x 4).

Etter fikseringen ble rømmen dyttet ut av plastsylindren med en tannpirker over i en petriskål med 100% EtOH, sylindrene ble kuttet med barberblad, prøvene ble også kuttet til slik at de ble jevne for deretter å bli overført til holderen til kritisk punkt tørkeren (CPD). CPD som ble benyttet var BAL-TEC-CDP 030 (BAL-TEC AG, Balzers, Germany) og tørkingen ble gjennomført etter protokoll for maskinen.

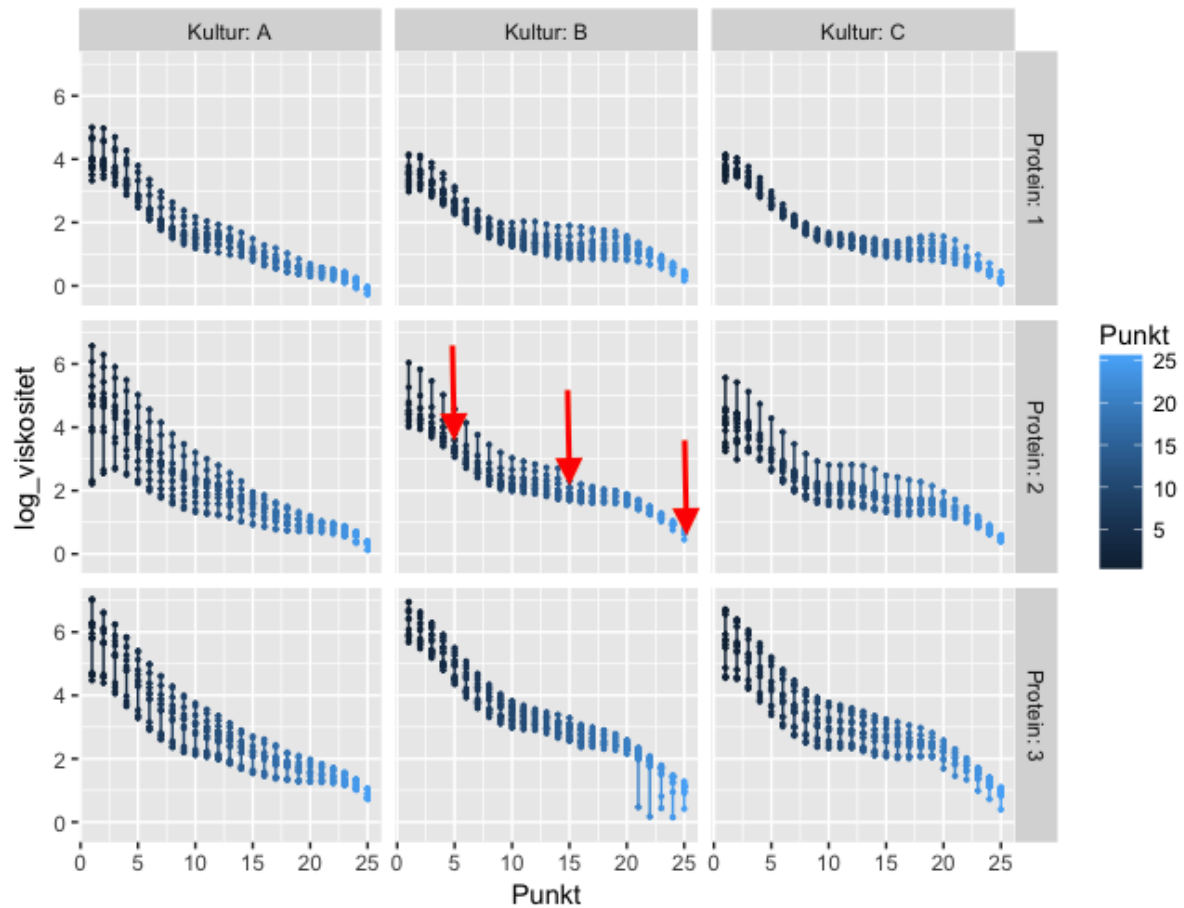
Da prøvene var tørket, ble de delt opp i 2-3 mm tykke skiver, montert på en stubb med karbon-tape og - paste, og tilslutt belagt med tungmetall (argon), ved bruk av Polaron SC 7640, Sputter Coater (Quorum Technologies Ltd, Ringmer, East Sussex, UK).

Etter fullstendig preparering ble prøvene studert under scanning elektron mikroskopet Zeiss EVO-50-EP (Carl Zeiss SMT Ltd, Cambridge, UK).

3.7 Statistisk bearbeiding av resultater

Bearbeidingen av data og klargjøring for statistiske programmer samt utregning av standardavvik ble gjort i Microsoft Excel.

Datapunkter benyttet for analysen ble valgt ut etter vurdering av resultatene fremstilt grafisk i Figur 11. Prøver fra batch 3 ble ekskludert fra statistisk analyse da denne dataen produserte støy for det totale datasettet. Videre ble data importert til R-Commander og RStudio for analyse. Type 2 ANOVA i R-Commander ble brukt med modeller: Fit: `lm(formula = viskositet ~ Protein * Kultur, data = Dataset)` og `lm(formula = viskositet ~ Protein + Kultur + Protein * Kultur, data = Viskositet.tmp)` for viskositet. Modellen benyttet for gelstyrke: `mdl <- lm(Gram ~ Culture * Protein, data = dta)` ble skrevet og analysert i RStudio.



Figur 11 Alle målepunktene for viskositet for alle prøvene av MF-rømmen i x-aksen (1-25). Logaritmisk fremstilling av viskositet i y-aksen. Pilene indikerer utvalgte punkter for statistisk bearbeiding. Figuren er hentet fra RStudio.

Figuren viser alle data for alle målingene gjennomført av MF rømme samt de utvalgte punktene 5, 15 og 25 ved skjærhastighet av hhv. 0.0464 1/s, 2.15 1/s og 100 1/s. 2A har spesielt store standardavvik, og 3B har flere uteliggere mellom punkt 20-25.

3.8 Analyse av flytegenskaper

De ulike rømmevariantene produsert med SMP samt Crème Fraîche (TINE), Q-meierienes lettrømme, lettrømme (TINE) og seterrømme (TINE) ble rørt på lik måte som beskrevet i 3.3. Videre ble 1ss overført til en petriskål, der det ble tatt bilder ved 0, 5, 10 og 15 minutter.

4.0 Resultater

Forsøkene ble utført på lettrømme produsert med MF melk for å finne en eventuell effekt av proteinberikning og EPS på viskositet og gelstyrke. Det ble også testet sensorisk og kjemisk for sammenligning av ulike syrekulturer og melkesammensetning. Lettrømme produsert med SMP ble også analysert for å analysere forskjeller i proteinberikning mellom MF og SMP. Alle rømmevariantene med kontrollerte forsøksfaktorer ble også sammenlignet med utvalgte kommersielle varianter.

4.1 Kjemiske analyser og rømmens sammensetning

Kjemiske analyser ble gjennomført av rømmen produsert med MF fra produksjon 1 samt CF, QR og TR. Det ble utført både HPLC og HSGC for hhv. Organiske syrer og flyktige komponenter, samt pH og tørstoffanalyse ved bruk av FTIR.

4.1.1 Fløtens sammensetning

Fløten til produksjon av rømme ble blandet sammen og standardisert før prosessering. Sammensetningen av ulike mengder fløte, skummetmelk og MF er vist i Tabell 8. Sammensetningen av de ulike melketyperne benyttet til blanding av fløte til rømmeproduksjon er vist i Tabell 7.

Tabell 7 Sammensetning av melketyper som ble brukt til å fremstille rømmeblandinger med ulikt proteininnhold. 1, 2, 3 og 4 (4 = SMP) er de ulike produksjonsdagene.

Melketype	Fett %	Protein %
Skummet melk 1	0,07	3,58
Fløte 1	35,89	2,13
Mikrofiltrert melk 1	0,18	6,95
skummet melk 2	0,07	3,38
Fløte 2	40 ,01	2,03
Mikrofiltrert melk 2	0,11	6,94
Skummet melk 3	0,08	3,60
Fløte 3	39,92	2,05
Mikrofiltrert melk 3	0,13	6,96
Skummet melk 4	0,10	3,31
Fløte 4	43,26	1,82

De ulike melketyperne hadde en relativt lik sammensetning for de ulike produksjonsdagene, med størst variasjon i fløtens fettprosent som varierer mellom 35,89% og 43,26%.

Tabell 8 Mengde av ulike melkevarianter blandet for riktig konsentrasjon av fett og protein for de ulike produksjonsdagene (1,2,3 og 4, 4=SMP).

Melkemiks	Skummet melk (g)	Fløte (g)	MF melk / SMP** (g)
Miks 1,1	9858g	10014g	-
Miks 2,1	10038g	5026g	5000g
Miks 3,1	10052g	-	10074g
Miks 1,2	11002g	9016g	-
Miks 2,2	6486g	9120g	4138g
Miks 3,2	2148g	10088g	9996g
Miks 1,3	11020g	9004g	-
Miks 2,3	6514g	9028g	4970g
Miks 3,3	1516g	3994g F1+ 5732g F2*	10976g
Miks 1,4	6986g	4986g	-
Miks 2,4	7110g	4956g	340g**
Miks 3,4	7006g	6072g	637g**

*F1 og F2 er to ulike fløtevarianter med ulikt fettinnhold, F2 har 41,77% fett og 1,97% protein, F1 har 39,92% fett og 2,05% protein. Begge er produsert på pilotanlegget. **Disse mengdene SMP tilsatt i pulverform. 1,1 – Melkemiks 1 produksjonsdag 1.

Sammensetningen av de tre første ulike miksene er relativt like, men noe variasjon grunnet ulikt fettinnhold i fløte fra de ulike produksjonsdagene. Ved produksjonsdag 3 ble det brukt fløte fra to ulike spann. De endelige konsentrasjonene av melkeblandingen til rømmeproduksjon er satt inn i Tabell 9.

Tabell 9 Sammensetning av de ulike miksene ved samtlige produksjonsdager, resultatene er hentet fra MilkoScanp.

Miks	Protein %	Fett %	Tørrstoff %
1,1	2,84	17,83	26,05
2,1	3,35	17,83	24,57
3,1	3,85	17,89	23,17
1,2	2,85	17,64	25,95
2,2	3,29	18,15	24,95
3,2	3,85	17,77	23,06
3,1	2,87	18,07	26,16
3,2	3,30	17,93	24,80
3,3	3,73	17,90	23,52
1,4	2,73	18,16	26,40
2,4	3,23	16,41	24,12
3,4	3,51	17,21	24,38

1,1 - miks 1 og produksjonsdag 1 (produksjonsdag 4 = SMP).

De endelige konsentrasjonene av miksene ble relativt like for både fett og protein av planlagt konsentrasjon for blandingene med MF. Konsentrasjonen for SMP hadde noe mer variasjon for protein og fett, tørrstoffinnholder var imidlertid innenfor de samme rammene som for rømmevariantene produsert med MF.

4.1.2 Endelig pH

Det ble målt pH i glass 1 av parallellene for hver produksjon, den endelige pH verdien er vist i Tabell 10, etter endelig pH var nådd, ble glassene satt på kjølerom.

Tabell 10 pH oppnådd for de ulike variantene.1,1 – produksjonsdag 1 og proteinkonsentrasjon 1.

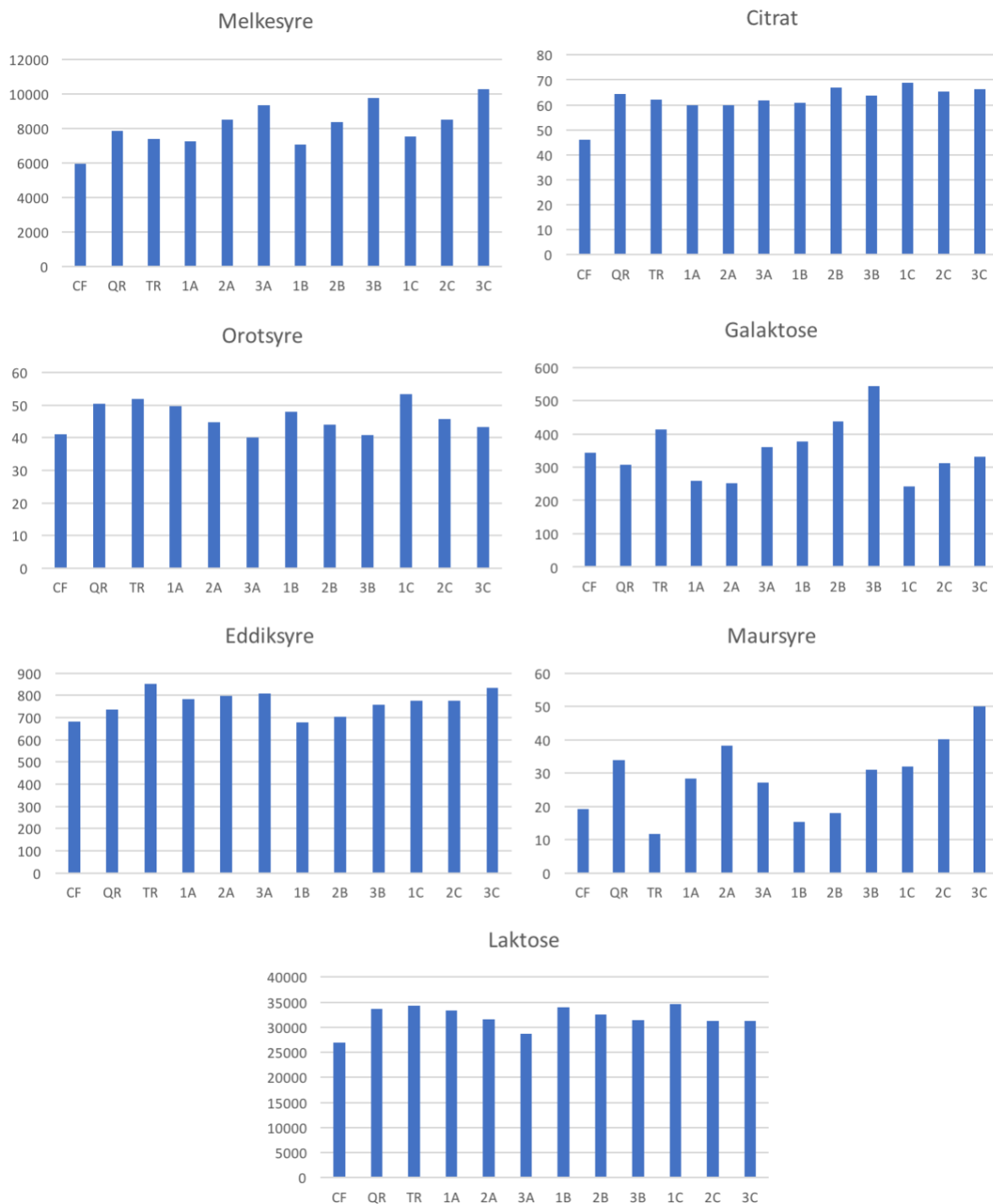
	1,1	1,2	1,3	2,1	2,2	2,3	3,1	3,2	3,3	4,1*	4,2*	4,3*
A	4,51	4,60	4,60	4,65	4,62	4,66	4,53	4,54	4,52	4,61	4,53	4,53
B	4,50	4,57	4,50	4,54	4,51	4,57	4,52	4,38	4,50	4,28	4,51	4,43
C	4,50	4,60	4,63	4,54	4,64	4,62	4,65	4,54	4,53	4,32	4,49	4,48

*Rømmevarianter med SMP.

De ulike variantene oppnådde ulik pH. 1A hadde nærmere pH 4,5 ved produksjonsdag 1 og 3 enn produksjonsdag 2 med pH 4,62. Prøve 2,3B hadde en pH på 4,38 ved første måling og var dermed inkubert kortere tid enn flere av de andre prøvene samt at den hadde den laveste pH verdien. Ved produksjon 4 med SMP nådde 1B en lav pH etter første måling (16,5 timer).

4.1.3 HPLC

Det ble gjennomført HPLC analyse av organiske syrer og karbohydrater i rømme fra den første produksjonen av rømme proteinanriket med MF melk, samt én prøve hver av utvalgte kommersielle rømmevarianter, resultatene er vist i Figur 12.



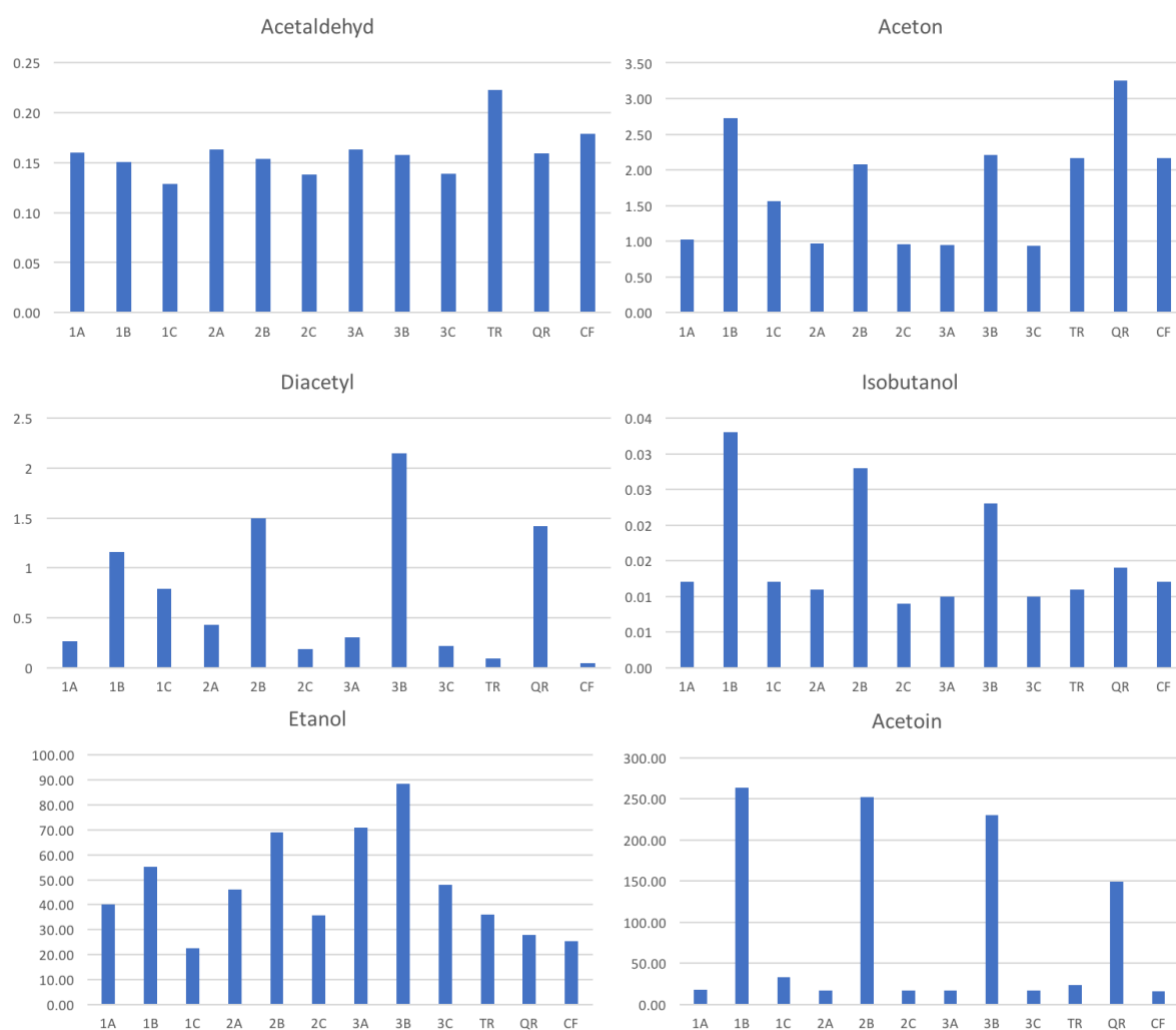
Figur 12 Ulike organiske syrer i rømme registrert ved HPLC, verdier er oppgitt i ppm. Verdiene i y-aksen er ulike i de ulike søylediagrammene.

Melkesyre er det minst av i CF, og mest av i variantene av proteinnivå 3 i økende grad for hhv. 3A, 3B og 3C der A og B er relativt like. Melkesyren viste en jevn økning fra 1-3-variantene for alle kulturene og varierer mellom ca. 7000-10000 ppm.

Sitrat innholdet i de ulike variantene er lite varierende, 1C har mest med 69 ppm, mens intervallet for de resterende er mellom ca. 60-69 ppm med unntak av CF med 46 ppm. For orotsyre er det variantene av proteinnivå 1 som inneholder mest av MF rømmevariantene, 3A har lavest innhold med 40 ppm og 1C med høyeste på 53 ppm. Galaktose innholdet ser ut til å være større med tilsvarende økt proteininnhold for B og C kulturen, men for A kulturen er det kun protein 3 som skiller seg ut. 3B har det høyeste innholdet og 1C har det laveste. Innholdet av eddiksyre varierer mellom 678ppm (1B) og 851ppm (TR). Innholdet av maursyre er veldig lavt for alle variantene, mest finnes i 3C og minst i TR. Laktose er det mye av i alle variantene og varierer mellom ca. 27000-34000 ppm, der 1C inneholder mest og CF inneholder minst.

4.1.4 HSGC

Det ble også gjennomført HSGC for analyse av flyktige komponenter i MF rømmen produsert i første batch, samt de kommersielle variantene. Resultatene er vist i Figur 13.



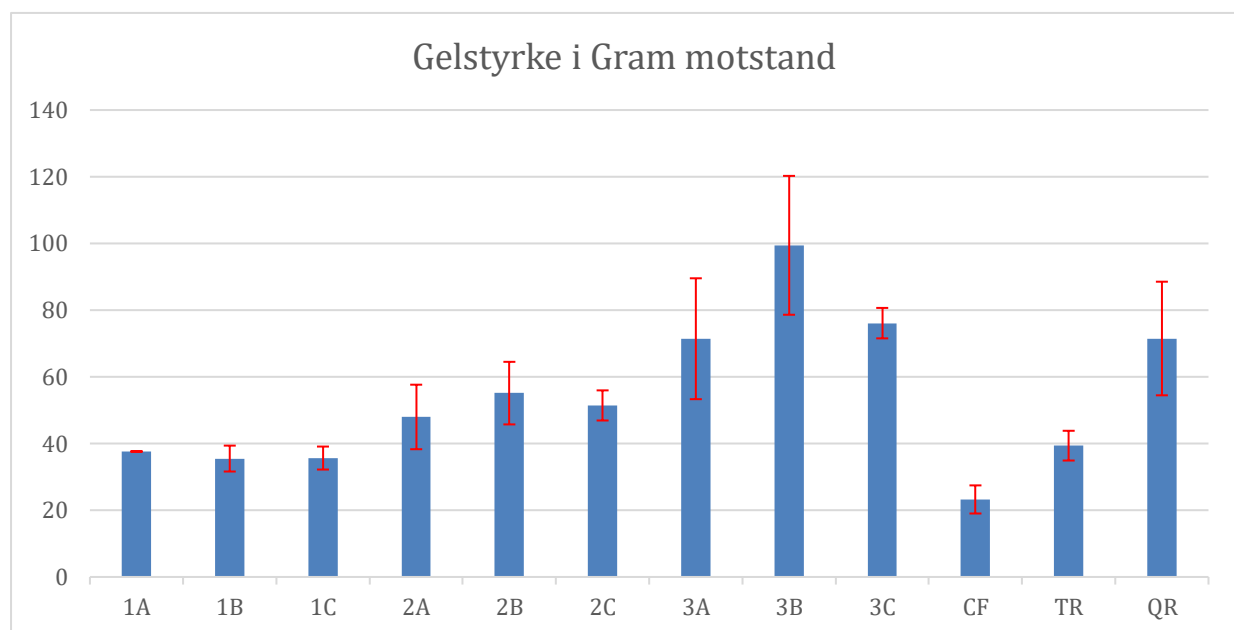
Figur 13 Flyktige komponenter i rømme registrert ved HSGC, verdier er oppgitt i ppm. Verdiene i y-aksen er ulike i de ulike søylediagrammene.

Av MF variantene er det A kulturen som produserer mest acetaldehyd men TR (0,22 ppm) har mest av alle variantene. Lavest innhold har variantene med C kultur der 1C (0,13 ppm) har det aller laveste innholdet. For aceton er det variantene som består av B kulturen som inneholder mest av MF variantene, QR har det høyeste innholdet av alle variantene mens 3C har det laveste. 3B har det høyeste innholdet av diacetyl, B kulturen generelt produserer mye diacetyl sammenlignet med de andre kulturene.

QR inneholder omtrent like mye diacetyl som 2B, og CF har det laveste innholdet. Det er også B kulturen som produserer mest isobutanol, men produserer imidlertid mindre ved økt proteinkonsentrasjon, og det er dermed 1B som inneholder mest isobutanol, og 2C som inneholder minst. Etanolinnholdet er også størst for B-variantene i økende grad med økt protein, 3B inneholder mest og 1C inneholder minst. Innholdet av acetoin er også høyest for B-variantene, med høyest innhold for den laveste proteinkonsentrasjonen, QR inneholder også store mengder acetoin sammenliknet med de resterende variantene som alle har <40 ppm.

4.2 Gelstyrke

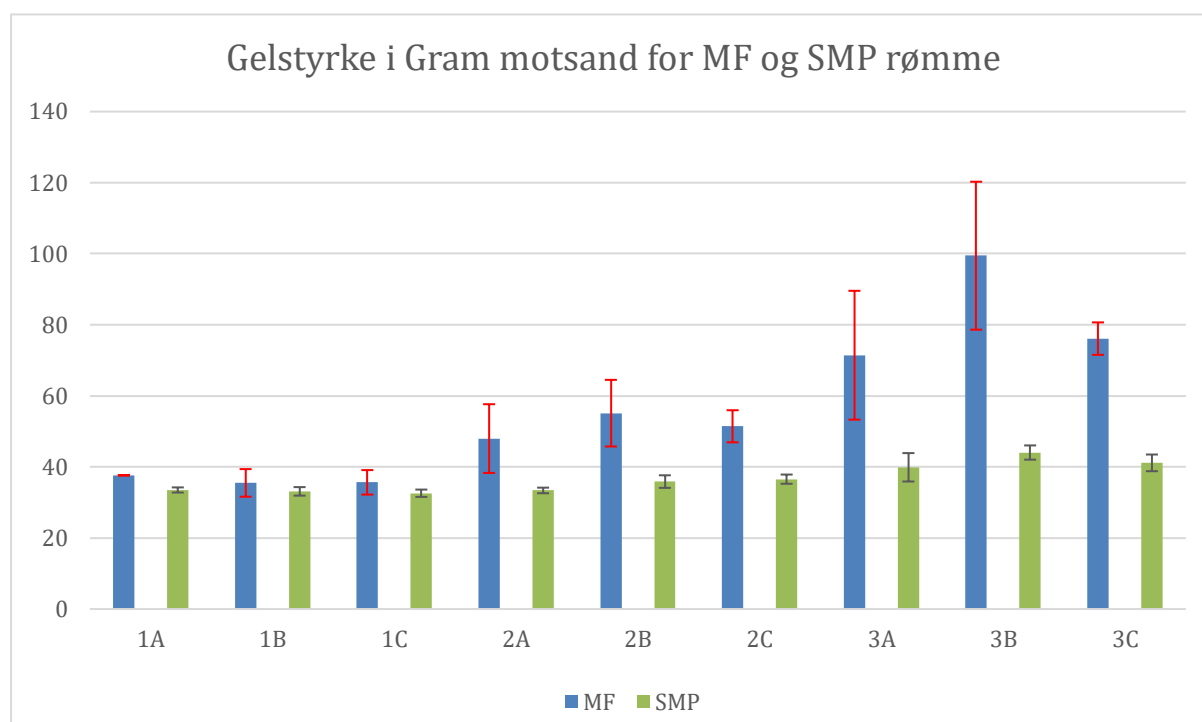
Det ble målt gelstyrke i form av motstand mot press for de ulike rømmevariantene, dette ble gjennomført ved punkteringstest der en probe ble ført 20mm inn i rømmegelen med samtidig registrering av motstand i gram. Testene ble gjennomført i flere faser av forsøket med noen prøverunder og tester (antall tester for de ulike er vist i vedlegg C). Alle verdier er oppsummert i Figur 14. der gjennomsnittet til alle prøvene er plottet inn sammen med samsvarende standardavvik.



Figur 14 Forskjeller mellom gjennomsnittsverdier av gelstyrke i rømme til ulike rømmevarianter målt i gram med standardavvik antall målinger. Standardavviket er beregnet ut ifra antall gjentak.

Resultatene viser en klar fordeling mellom de ulike proteinkonsentrasjonene. Alle variantene av proteinnivå 1 uten økt protein har relativt like verdier, men noe høyere motstand i A kulturen med 37g mot 35g i C kulturen. C kulturen har dermed også er den lavest verdien for rømmevariantene av proteinnivå 1. Det er større variasjon mellom de ulike kulturene i variantene av proteinnivå 2, 2A har lavest med 48g etterfulgt av 2C med 51g og 2B tilslutt med 55g. Den største variasjonen ligger imidlertid mellom variantene av proteinnivå 3, disse prøvene har også de største standardavvikene, med unntak av 3C. 3A har en motstand på 71g og 3C har 76g, mens 3B viser den største motstanden av alle produktene med 99g. Blant de kommersielle produktene er både Tine og Q-rømme lettrømme varianter, med en relativt stor forskjell i motstand, der Tine- rømme har 39g mens Q-rømme har 71g. Creme Fraiche har imidlertid den aller laveste gelstyrke av alle produktene med 21g.

De samme prøvene ble gjennomført med rømme produsert med SMP og er sammenlignet med rømme produsert med MF(Figur 15).



Figur 15 Forskjeller mellom gjennomsnittsverdier av gelstyrke i rømme til ulike rømmevarianter målt i gram med standardavvik antall målinger. Standardavviket er beregnet ut ifra antall gjentak. Både for SMP og MF rømme

Resultatene viser en gjennomgående lavere motstand for rømmevariantene produsert med SMP sammenlignet med rømmen produsert med MF. Ved variantene av proteinnivå 1 har C kulturen den laveste verdien med 32g, mens 1B og 1C begge har 33g. Når det gjelder variantene av proteinnivå 2 viser også 2A en motstand på 33g, mens 2B og 2C har hhv. 35 og 36g. Motstanden i variantene av proteinnivå 3 varierer heller ikke så mye der 3A viser 39g, 3C viser 41g og 44g ved 3B. Sammenlignet med MF rømmen har spesielt variantene av proteinnivå 3 lavere motstand i gelstrukturen. MF rømmen hele veien har en jevn økning i motstand som samsvarer med økt protein og resultatene viser at rømmen produsert med SMP kun øker med 12g fra den svakeste gelstyrken til den sterkeste, mens MF rømmen varierer med 64g.

Resultatene ble analysert i Rstudio og det ble utført ANOVA for å analysere effekt av protein og kultur og samspillet mellom kultur og protein med gelstyrke som respons. Det var signifikant effekt ($P < 0,001$) av samtlige faktorer mot gram. Det ble også utført Tukeys test for å finne forskjeller mellom de ulike faktorene, resultatene fra Tukey er satt inn i Tabell 11.

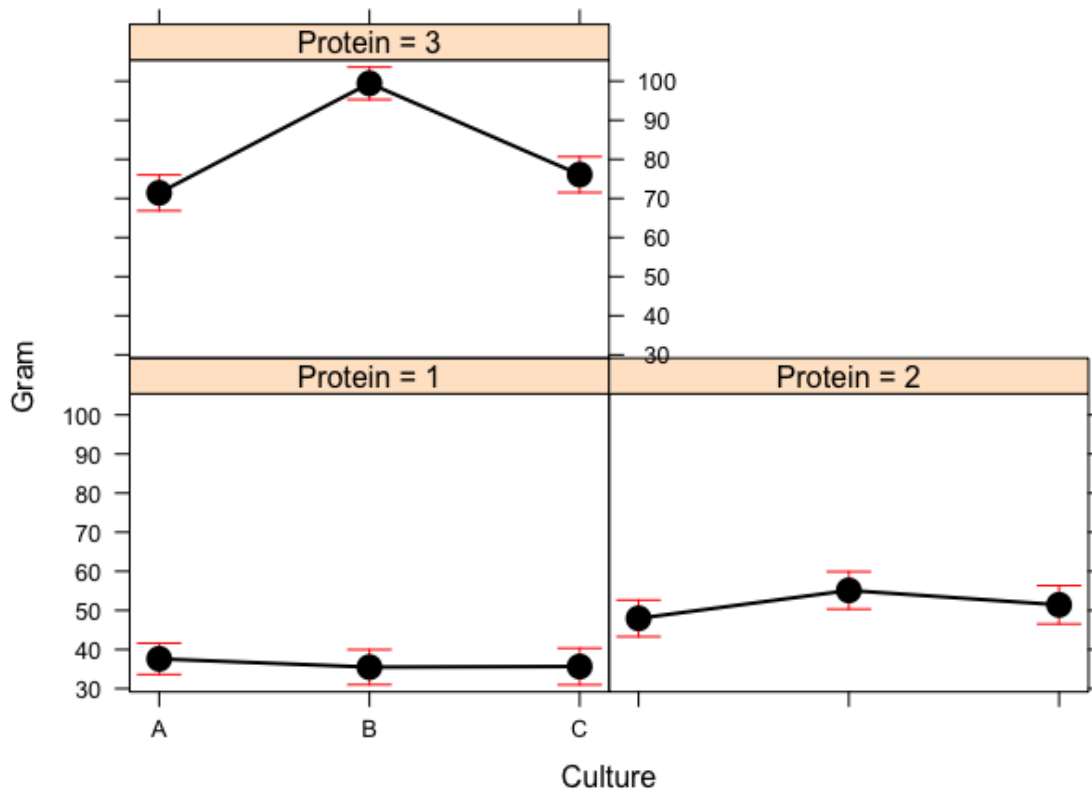
Tabell 11 Forskjeller mellom kulturer A, B og C og forskjeller mellom proteinnivå 1, 2 og 3 fra Tukey's test.

Faktor	B-A	A-C	C-B	3-1	3-2	1-2
P-verdi	<0,001	0,1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
P-verdi*	<0,05	0,29	0,47	<0,001	<0,001	<0,05

* Gjelder SMP variantene.

Alle de ulike kombinasjonene med unntak av A-C var signifikant ulike for rømme produsert med MF melk, verken kombinasjonene A-C eller C-B var signifikant ulike for rømmen produsert med SMP. Tukeys test viste også at det var signifikant forskjell mellom 3MF-3SMP ($P < 0,001$) og 2MF-2SMP ($P < 0,001$). Visuell fremstilling av effekten for de ulike faktorene er vist i Figur 16.

Culture*Protein effect plot



Figur 16 Gelstyrken til rømme som effekt av ulike proteinkonsentrasjoner og kulturene med standardavvik for rømmevarianter produsert med MF melk med signifikant forskjell mellom proteinnivåer ($P < 0,001$) og mellom 3B-3C og 3B-3A ($P < 0,001$) (vedlegg A).

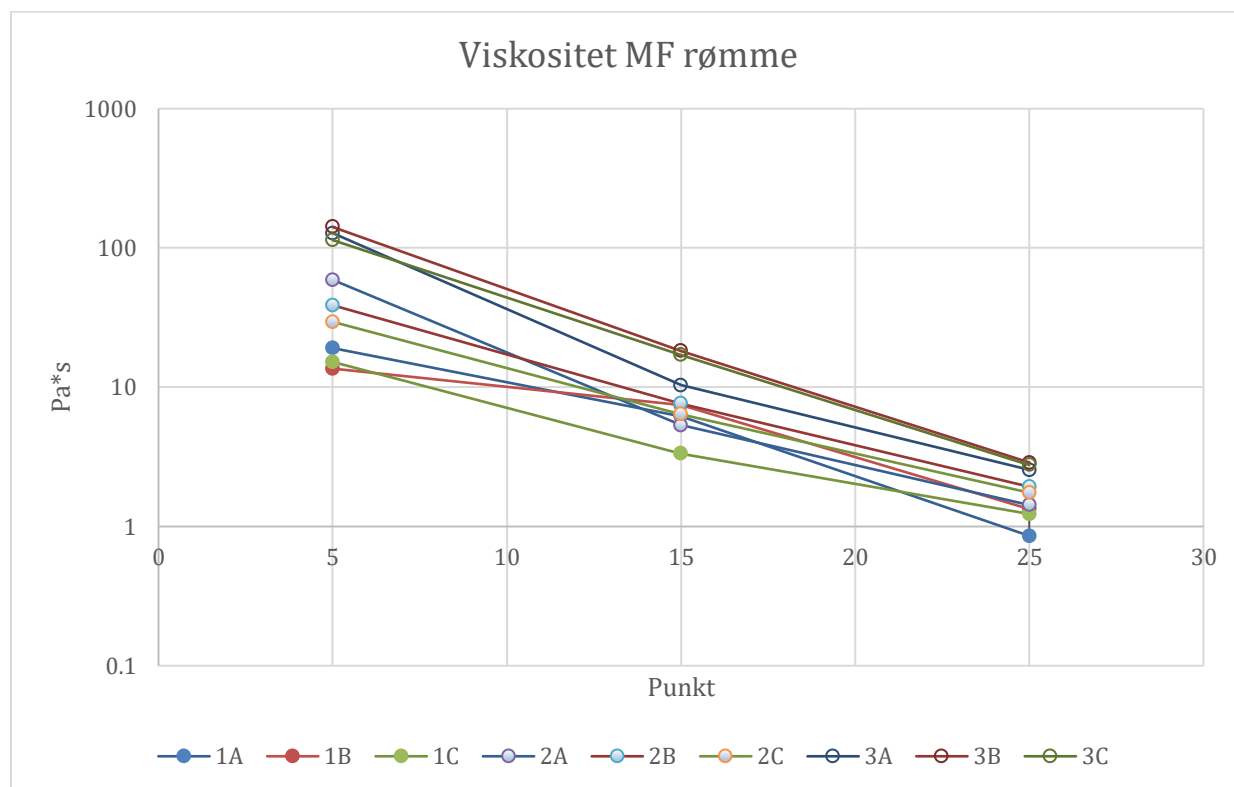
Figuren viser en økning i forskjeller mellom de ulike kulturene med en økt proteinkonsentrasjon. For proteinnivå 1 er motstanden for de ulike kulturene relativt lik, mens for protein 3 er det en stor forskjell dersom A og C sammenlignes med B.

4.3 Viskositet

Det ble målt viskositet for alle de ulike rømmevariantene med MF-melk, og SMP, samt lagrede varianter av MF-rømme (21 dager etter produksjon) og MF-rømme med salttilsetning. Viskositeten ble målt ved bruk av reometer med en punktvis registrering over 25 punkter med økende skjærhastighet fra 0,1 til 100 1/s. Av de 25 målepunktene ble punkt 5, 15 og 25 valgt ut og analysert statistisk.

4.3.1 MF rømme

Viskositeten til MF rømme ble analysert med reometer med økende skjærhastighet og skjærspenning, resultatene fra analysene er vist i Figur 17.

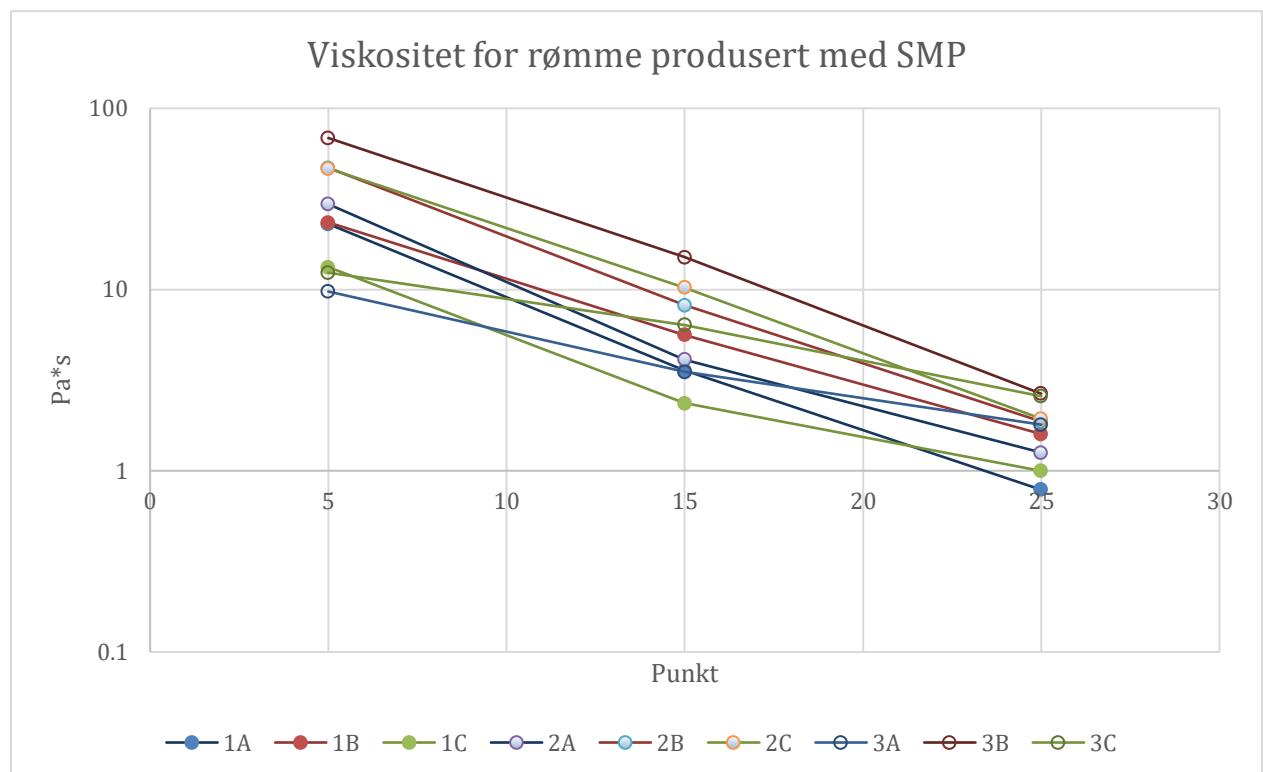


Figur 17 Viskositetsutvikling av rømme produsert med MF. Log Pa*s i y-aksen og målepunkter i x-aksen, 5, 15 og 25. Tallene er gjennomsnittsverdier for rømmevariantene med standardavvik for punkt 5: 1A:9.95, 1B:4.48, 1C:2.32, 2A:41.6, 2B:23.0, 2C:29.5, 3A:59.55, 3B:59.50, 3C:49.97. For punkt 15: 1A:1.41, 1B:2.88, 1C:0.55, 2A:0.92, 2B:2.17, 2C:2.08, 3A:2.65, 3B:4.51, 3C:4.56. For punkt 25: 1A:0.06, 1B:0.09, 1C:0.14, 2A:0.15, 2B:0.13, 2C:0.06, 3A:0.31, 3B:0.51, 3C:0.17.

Figuren viser en gruppering av proteinnivåene ved punkt 5, der varianter av proteinnivå 3 har høyest viskositet, etterfulgt av proteinnivå 2 og 1. For proteinnivå 3 er gruppen hele veien øverst, men proteinnivå 2 og 1 overlapper ved punkt 15. Viskositeten ser ut til å være mindre preget av kultur enn av proteinnivå. 3B har den høyeste viskositeten ved alle punktene, 1B har lavest for punkt 5, 1C har lavest for punkt 15 og 1A har lavest for punkt 25. ANOVA viste en signifikant effekt av protein på viskositet ($P < 0,001$), Tukey viste også at det var også signifikant forskjell mellom protein 1-3 ($P < 0,001$) og protein 2-3 ($P < 0,001$).

4.3.2 SMP rømme

Det ble i tillegg produsert én batch med rømme proteinberiket med SMP, viskositetsutviklingen av denne rømmen er vist i Figur 18.

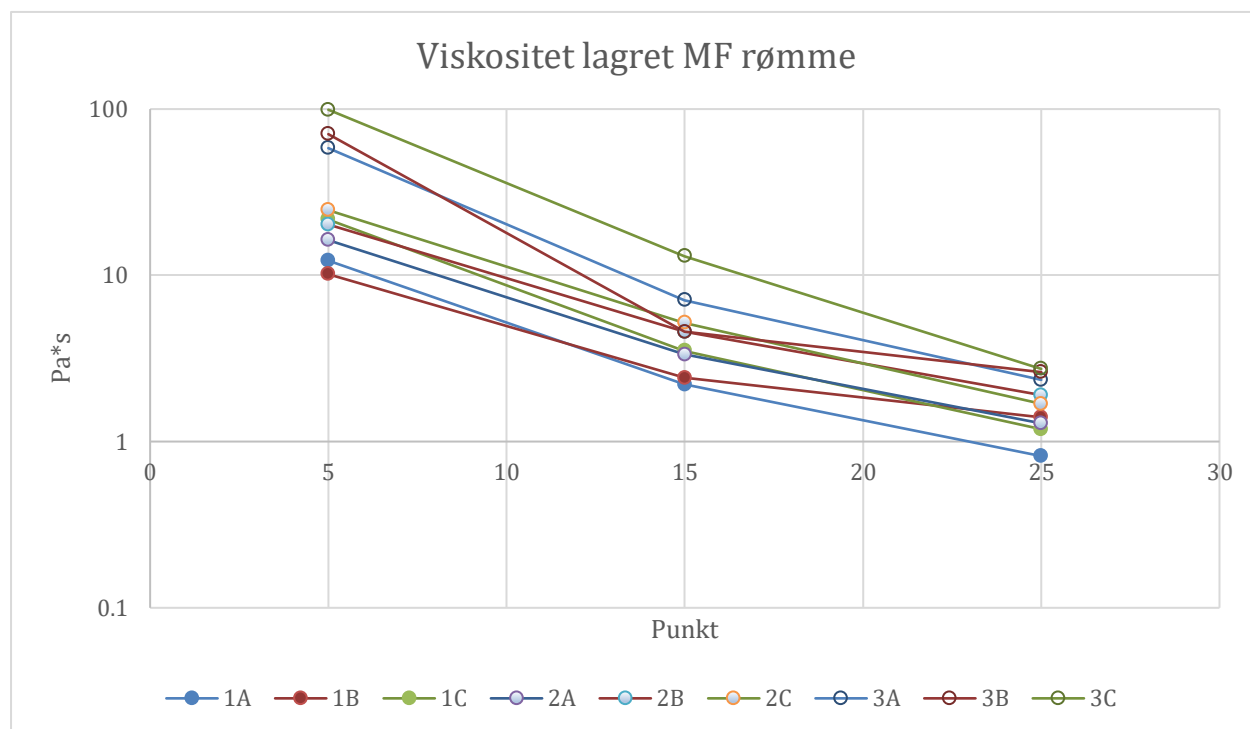


Figur 18 Viskositetsutvikling av rømme produsert med SMP. Log Pa*s i y aksen og målepunkter i x aksen, 5, 15 og 25. Tallene er gjennomsnittsverdier for rømmevariantene med standardavvik for punkt 5: 1A:10.25, 1B:14.55, 1C:12.68, 2A:8.16, 2B:18.52, 2C:15.64, 3A:1.51, 3B:31.38, 3C:4.96. For punkt 15: 1A:4.94, 1B:4.54, 1C:0.36, 2A:0.40, 2B:1.61, 2C:3.25, 3A:0.16, 3B:6.10, 3C:1.93. For punkt 25 1A:0.01, 1B:0.14, 1C:0.08, 2A:0.02, 2B:0.13, 2C:0.11, 3A:0.09, 3B:0.21, 3C:0.05.

Figuren viser en mer variert distribusjon av proteinvariantene, 3B har den høyeste viskositeten for alle punktene, 3A har lavest for punkt 5, 1C har lavest for punkt 15 og 1A har lavest ved punkt 25. Ved bruk av SMP viste ANOVA en signifikant interaksjons effekt av protein og kultur ($P < 0,05$) og av Kultur på viskositet ($P < 0,01$). Tukey viste signifikant forskjell mellom kultur A-B ($P < 0,05$) og C-B ($P < 0,05$).

4.3.3 Lagrede prøver

Det ble også analysert viskositetsutvikling for lagrede rømmevarianter produsert med MF melk, resultatene er vist i Figur 19.



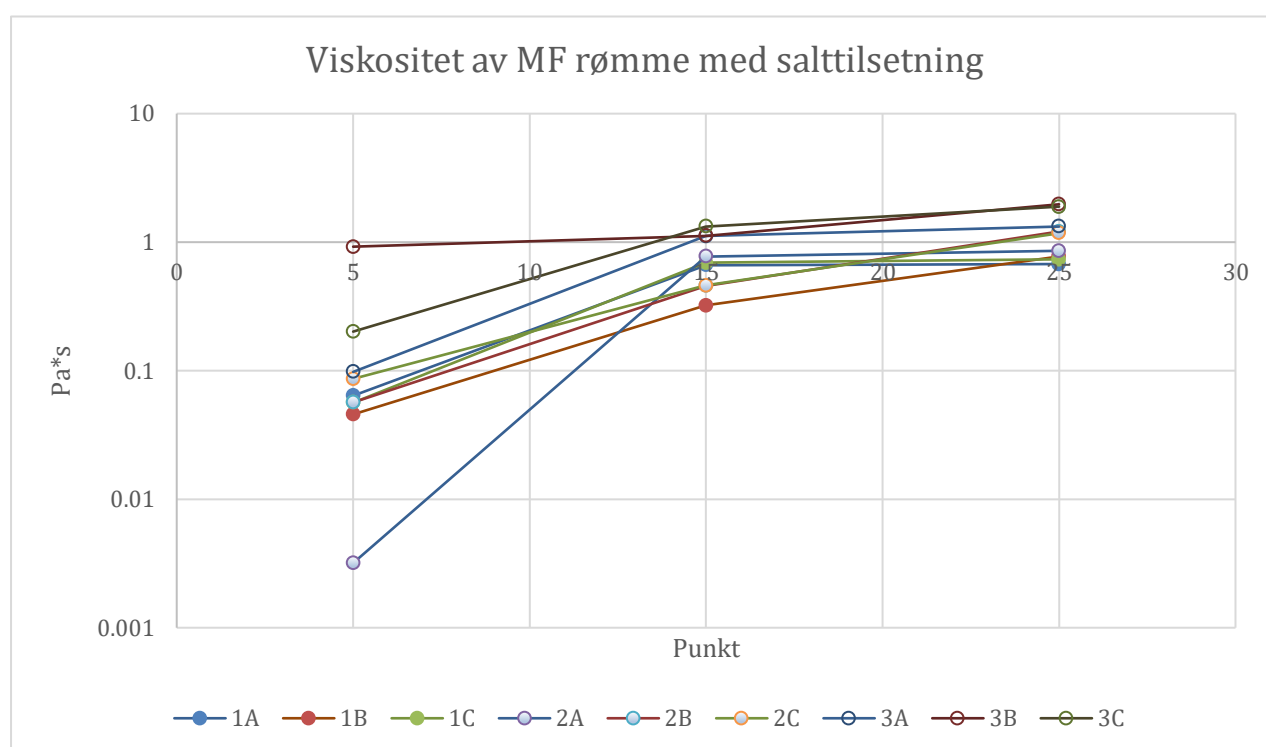
Figur 19 Viskositetsutvikling av lagret rømme produsert med MF. Log Pa*s i y aksen og målepunkter i x aksen, 5, 15 og 25. Tallene er gjennomsnittsverdier for rømmevariantene med standardavvik for punkt 5: 1A:4.01, 1B:0.7, 1C:14.48, 2A:7.55, 2B:6.84, 2C:7.10, 3A:43.78, 3B:22.22, 3C:104.05. For punkt 15: 1A:0.37, 1B:0.28, 1C:1.97, 2A:0.93, 2B:1.98, 2C:0.84, 3A:2.84, 3B:1.96, 3C: 7.96. For punkt 25: 1A:0.06, 1B:0.11, 1C:0.13, 2A:0.13, 2B:0.33, 2C:0.05, 3A:0.22, 3B:0.34, 3C:0.21.

For de lagrede produktene er proteinnivå 3 samlet i gruppe ved punkt 5, med høyest viskositet, proteinnivå 2 er også samlet i samme gruppe i tillegg til 1C, nederst er 1A og 1B. 3C har den høyeste viskositeten ved alle punktene, 1B har lavest ved punkt 5 og 1A har lavest ved punkt 15 og punkt 25.

ANOVA viser at det er en signifikant effekt av protein på på Viskositet av de lagrede variantene ($P < 0,001$). Tukey viser en signifikant forskjell mellom protein 1-3 og 2-3 ($P < 0,001$)

4.3.4 Salttilsatt rømme

Viskositet ble også analysert for rømmevarianter produsert med MF melk med tilsatt salt. Det ble rørt inn 1,5g salt til 100g prøve og lagt i kjøleskap 20 min før viskositet ble analysert, resultatene er vist i Figur 20.

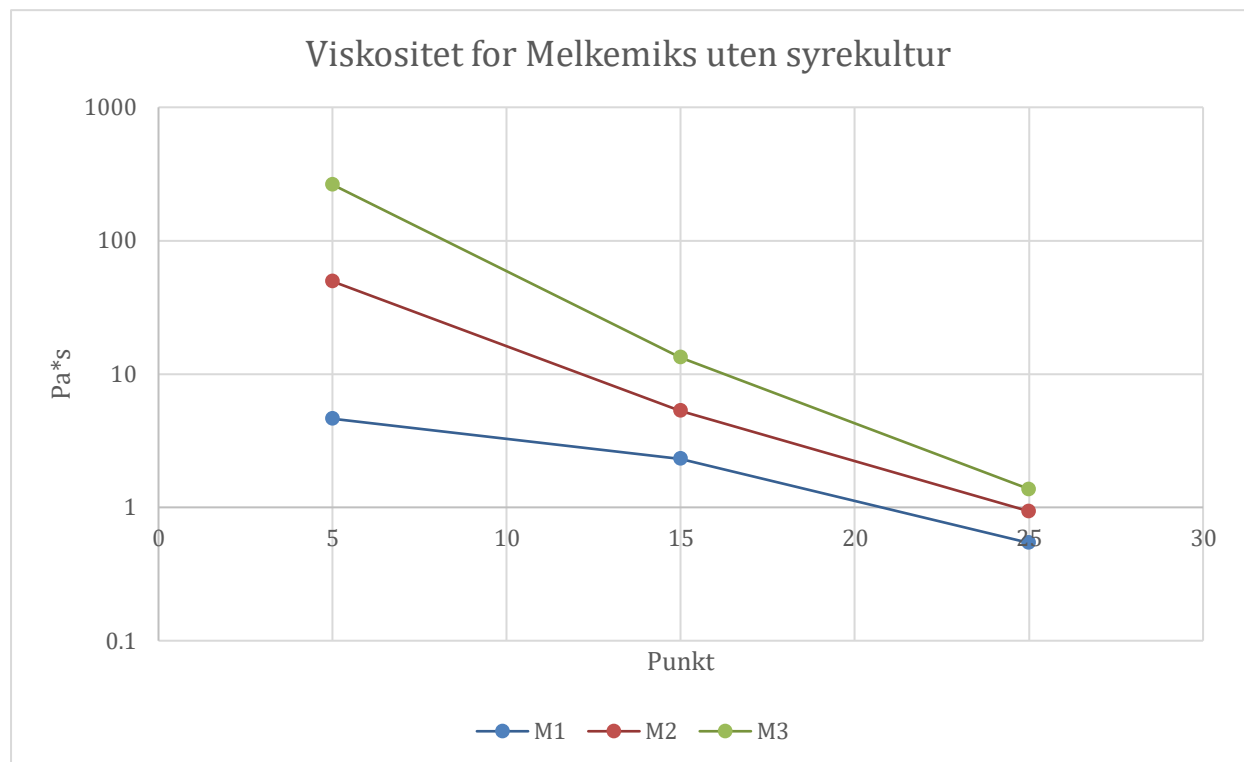


Figur 20 Viskositetsutvikling av rømme produsert med MF med salttilsetning. Log Pa*s i y-aksen og målepunkter i x-aksen, 5, 15 og 25. Tallene er gjennomsnittsverdier for rømmevariantene med standardavvik for punkt 5: 1A:0.06, 1B:0.03, 1C:0.06, 2A:0.01, 2B:0.03, 2C:0.07, 3A:0.10, 3B:1.65, 3C:0.07. For punkt 15: 1A:0.21, 1B:0.07, 1C:0.60, 2A:0.42, 2B:0.2, 2C:0.2, 3A:0.10, 3B:0.31, 3C:0.31. For punkt 25: 1A:0.15, 1B:0.01, 1C:0.15, 2A:0.23, 2B:0.06, 2C:0.02, 3A:0.6, 3B:0.33, 3C:0.04.

Utviklingen av viskositet ved salttilsetning ser ut til å være motsatt av de resterende rømmevariantene med en økt viskositet ved økt skjærspenning-og hastighet. Alle prøvene ligger under 1 Pa*s ved punkt 5. Høyest viskositet har igjen 3B ved punkt 5, 3C har høyest ved punkt 15 og 3B ved punkt 25. 2A har lavest viskositet ved punkt 5, 1B har lavest ved punkt 15 og 1A har lavest ved punkt 25. For saltprøvene er det også signifikant effekt av protein på viskositet ved ANOVA ($P < 0,001$). Tukey viser at det også er signifikant forskjell mellom proteinnivå 2-3 og 1-3 ($P < 0,001$).

4.3.5 Melkemiks uten syrekultur

Det ble også analysert viskositeten til melkemiksene uten tilsatt syrekultur. Etter pasteurisering av de ulike miksene ble de lagt på kjølerom uten inokulering av syrekultur og det ble målt viskositet etter 14 dager. Resultatene er vist i Figur 21.

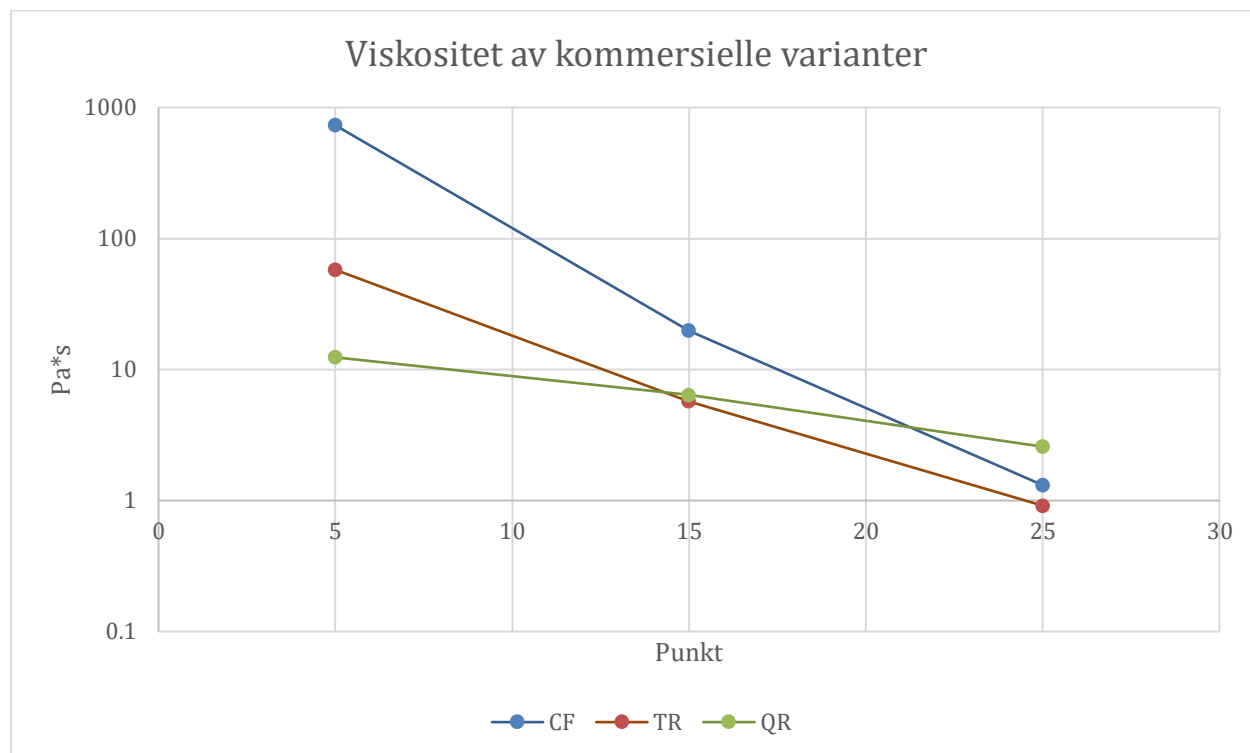


Figur 21 Viskositetsendring av pasteurisering melkemiks uten tilsatt syrekultur. Log Pa*s i y aksen og målepunkter i x aksen, 5, 15 og 25. M1= Proteinnivå 1, M2 = proteinnivå 2, M3 = proteinnivå 3. Tallene er gjennomsnittsverdier med standardavvik for punkt 5: M1:4.96, M2:40.31, M3:150.73. For punkt 15: M1:0.46, M2:1.24, M3:2.55. For punkt 25: M1:0.031, M2:0.078, M3:0.47.

Figuren viser en klar forskjell mellom de ulike proteinberikningene. Melkemiks 3 har høyest viskositet etterfulgt av hhv. miks 2 og miks 1. Signifikant forskjell mellom miks 3-2 og 3-1 ($P < 0,001$) ble funnet ved Tukeys test.

4.3.6 Kommersiell rømmevarianter

Det ble også analysert viskositeten av utvalgte kommersielle rømmevarianter, resultatene er vist i Figur 22.



Figur 22 Viskositetsendring av utvalgte kommersielle rømmevarianter, CF= Crème Fraîche, TR= TINE letrømme, QR= Q-meierienes letrømme. Log Pa*s i y aksen og målepunkter i x aksen, 5, 15 og 25. Tallene er gjennomsnittsverdier med standardavvik for punkt 5: TR:8.97, QR:46.04, CF:34.85. For punkt 15: TR:0.49, QR:0.75, CF:0.77. For punkt 25: TR:0.03, QR:0.02, CF:0.03.

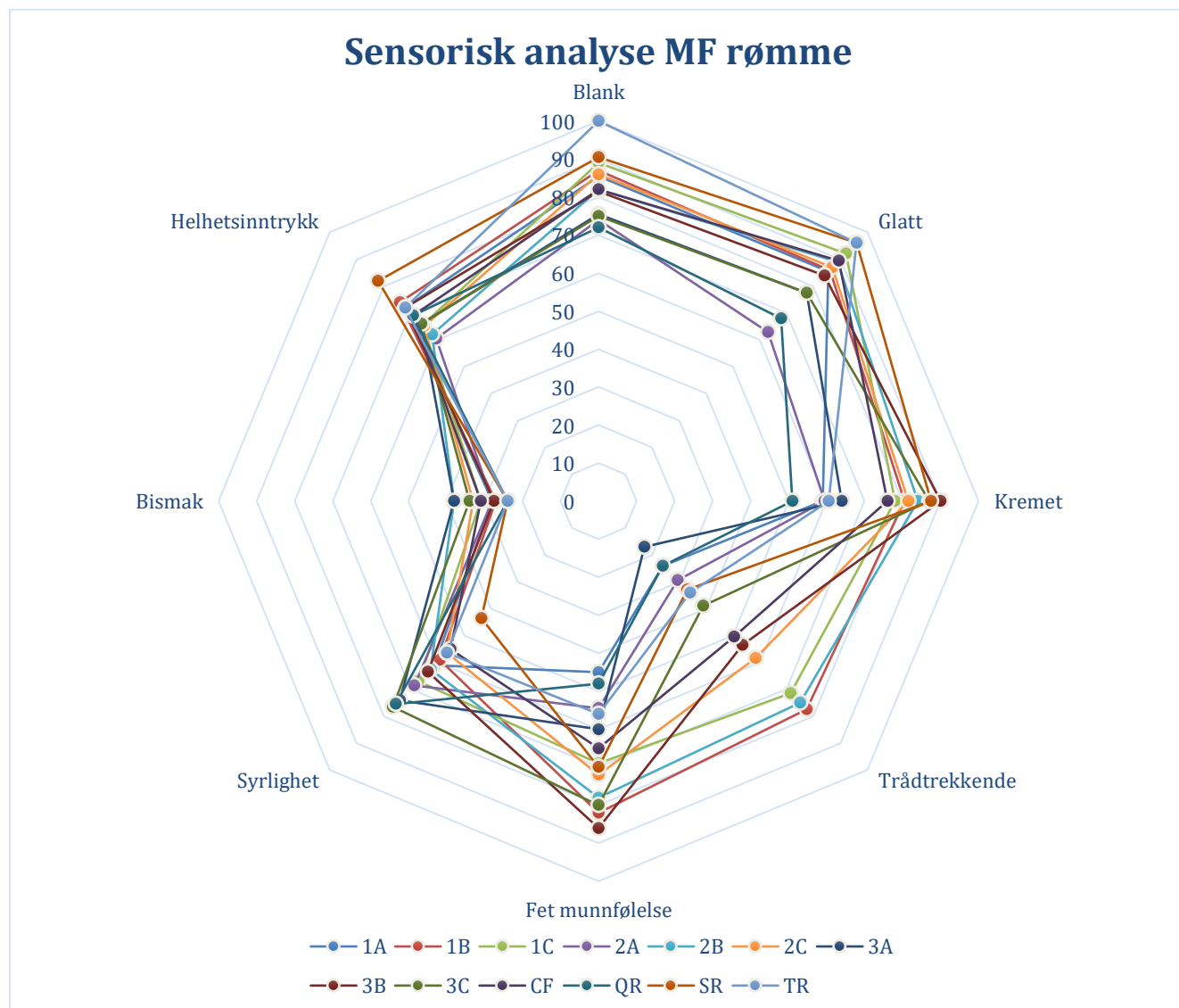
CF har høyest viskositet ved punkt 5 og 15, men også den skarpeste nedgangen ved økt skjærspenning. TR har lavest viskositet ved punkt 25, og er nærmest overlappende med QR ved punkt 15. QR har den laveste viskositeten ved punkt 5 men høyest viskositet ved punkt 25.

4.3.7 Sammenligning av ulike varianter med MF rømme

Ved å sammenligne MF og SMP viskositet ved bruk av Tukey contrast er det en signifikant forskjell mellom proteinnivå 3 ved MF-rømmen og proteinnivå 3 ved SMP-rømmen ($P < 0,001$). Det var også signifikant forskjell mellom lagrede og ikke lagrede for protein 3 ($P < 0,05$). Det var imidlertid ikke signifikant forskjell mellom proteinnivå 1, proteinnivå 2 og proteinnivå 3 for MF-rømmen og hhv. Melkemiks 1, 2 og 3 (vedlegg E).

4.4 Sensorisk analyse

Den sensoriske analysen ble først gjennomført i to omganger med rømme fra produksjon 2 og 3 med proteinberikning av MF-melk, sammen med utvalgte kommersielle produkter. Deretter ble det gjennomført en sensorisk analyse med rømme fra produksjon 4 der de samme syrekulturene som ved tidligere produksjonsdager ble benyttet, men skummetmelkepulver ble benyttet til å øke proteinnivået som alternativ til mikrofiltrert melk. Resultatene fra den sensoriske analysen av mikrofiltrert melk er vist i Figur 23. Den første analysen er sammensatt poengsum fra de to første vurderingene, der høyest mulig poengsum per attributt var 112 (7 mulige poeng *8 dommere *2 forsøk).

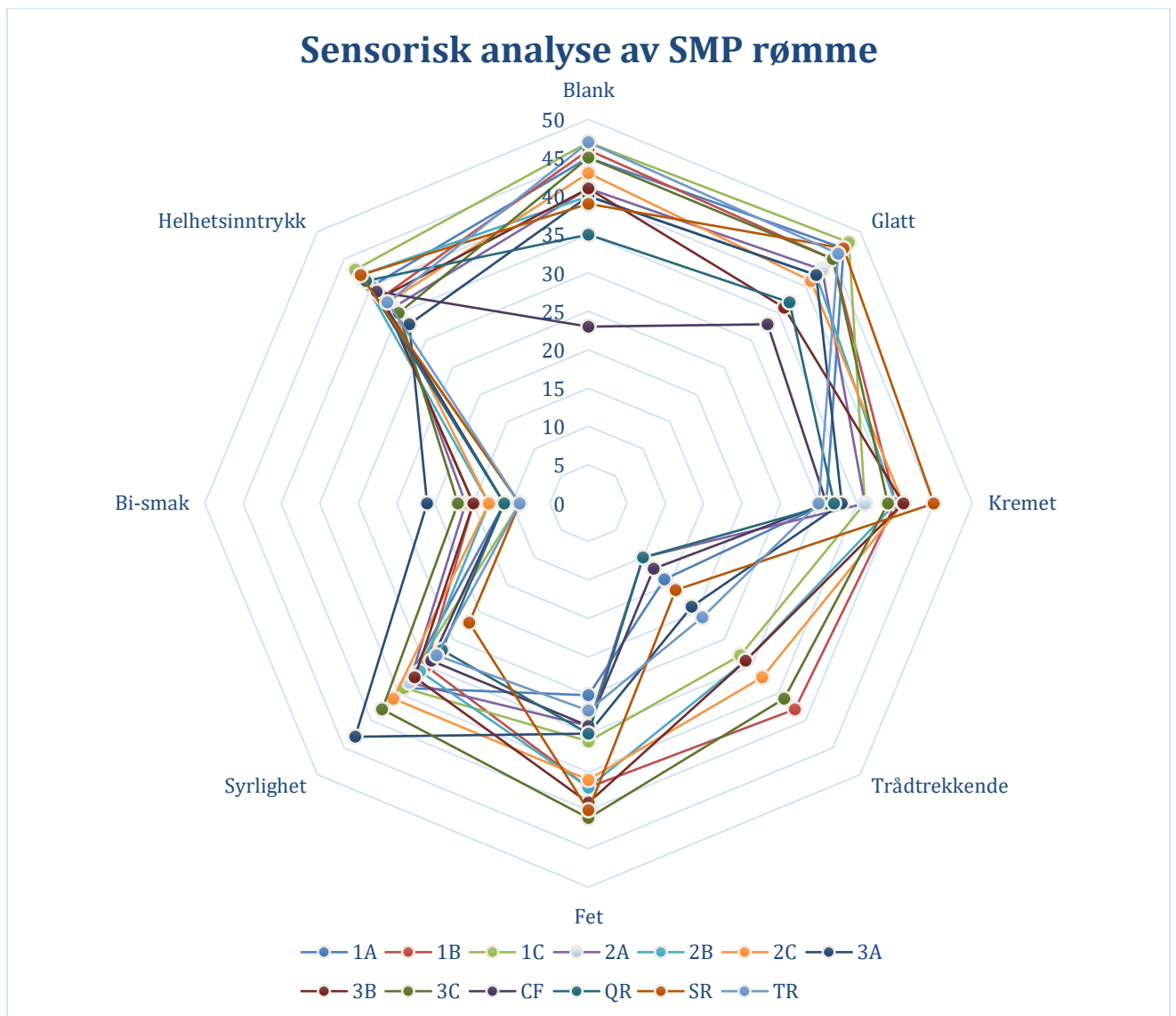


Figur 23 Sensorisk analyse av rømme produsert med MF melk. TR - Tine letrømme, QR - Q meierienes letrømme, CF – Lett Creme fraiche, SR – Seterrømme, maksimalt oppnåelig poengsum per attributt er 112 poeng.

Ingen av rømmevariantene viste seg å ha en fremtredende bismak, for egenskapen syrlighet var de fleste variantene samlet, med unntak av seterrømme som hadde den laveste verdien (43,5p) mens den høyeste verdien tilhørte 3C med 76,5 poeng tett etterfulgt av Q-rømme (75,5p). Det er stor spredning i verdiene for fet munnfølelse, 3B (86p), 1B (82p) og 3C (80p) hadde de høyeste verdiene mens 1A(45p) og Q-rømme (48p) hadde de laveste verdiene. ”Trådtrekkende” var den attributten som hadde størst spredning blant variantene med nesten ingen overlappende verdier. Den laveste verdien for trådtrekkende var 3A med 17 poeng, mens de tre variantene som opplevdes mest trådtrekkende var hhv. 1B (77,5p), 2B (75p) og 1C (71,5p). For kremet ser det ut til å være to grupperinger, der Q-rømme (51p), 2A (59,5p), 1A (59p), TINE rømme (60,5p) og 3A (64p) opplevdes minst kremet, mens de resterende variantene ligger mellom Creme fraiche og 3B med hhv. 76 og 90 poeng. Attributtene glatt og blank hadde relativt like grupperinger med omtrent den samme rangeringen av varianter. TINE rømme hadde høyest verdi for både blank (100p) og glatt (96p), 2A (63p) og Q-rømme (68p) hadde de laveste verdiene glatt. De samme variantene hadde også de laveste verdiene for blank men har imidlertid byttet plass da Q-rømme har 72 poeng mens 2A har 74 poeng for blank.

Helhetsinntrykket til panelet av seterrømme var best (82p) med klar margin, med kommentarer som: mild smak og kjent, veldig bra, hadde en veldig god ettersmak og typisk rømmesmak. Den som ga dårligst helhetsinntrykk var 2A (60,5p) med kommentarer som: rar munnfølelse, bismak, litt seig, maltsmak og dette var det eneste produktet jeg kjente en bismak.

Det ble også gjennomført en sensorisk vurdering av rømmevariantene som ble produsert med SMP, disse variantene ble testet med de samme kommersielle variantene som tidligere. Resultatene fra analysen er satt inn i Figur 24, der den høyeste mulige poengsummen per attributt var 56 poeng (7 mulige poeng *8 dommere).



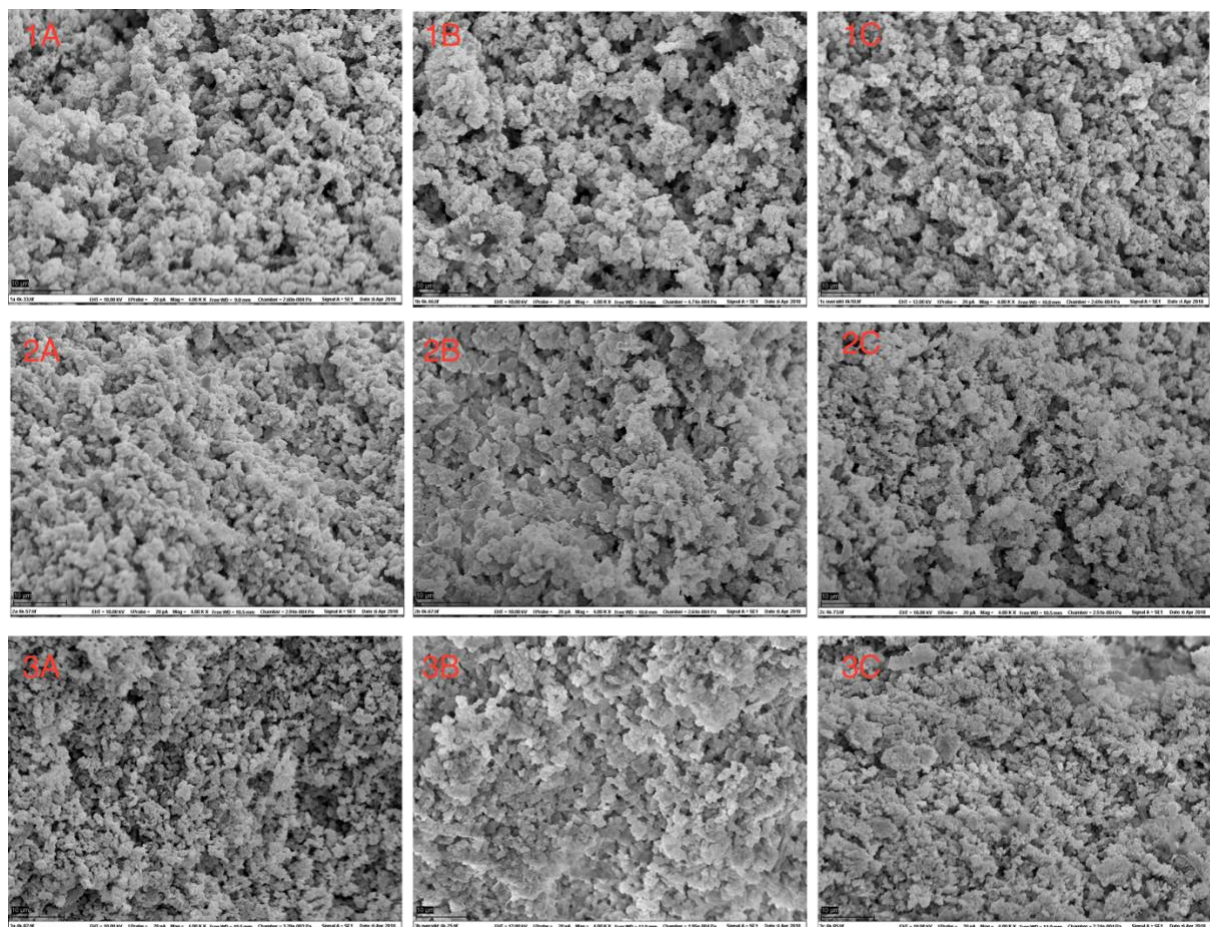
Figur 24 Sensorisk vurdering av rømme produsert med SMP. TR – Tine lettømme, QR - Q meierienes lettømme, CF – lett Creme fraiche, SR – Seterrømme. Maksimalt oppnåelig poengsum per attributt er 56 poeng.

Av resultatene fra den sensoriske vurderingen med SMP rømme var det stort sett lave verdier for Bi-smak med de laveste ved SR, TR og 1C (9 poeng). Resten av variantene var samlet med jevn stigning med unntak av 3A som skilte seg ut med den høyeste verdien (21p). Det samme gjalt for syrlighet der 3A skilte seg ut med flest poeng (43p). Ved de lave verdiene for denne attributten var det imidlertid SR som skilte seg ut med færrest poeng (22p). Resultatene viste en gruppeinndeling for fet munnfølelse, der 1A (25p), 1C, 2A, TR og CF har de laveste verdiene, mens de resterende variantene er delt inn i en gruppe med høyere verdier, der 3C har høyest (41p). Ved trådtrekkende viste resultatene en liknende spredning som ved MF rømmen, der ingen av variantene hadde like verdier med en stor spredning. Igjen var det også 1B som oppleves mest trådtrekkende med 38 poeng, mens QR denne

gangen opplevdes som den minst trådtrekkende med 10 poeng. Ved attributten kremet var det SR (45p) som hadde den høyeste verdien, mens TR (30p) hadde den laveste verdien. Glatt og blank har de samme variantene ved topp og bunnplassingene, men har mer spredning og varierte resultater for midtseksjonene. Det er 1C som hadde de høyeste verdiene for både glatt (48p) og blank (47), TR fikk imidlertid den samme poengsummen som 1C for blank, mens det er CF som ligger på den nedre skalaen for blank og glatt med hhv. 23 og 33 poeng. Helhetsinntrykk var den attributten med lavest differanse mellom høyeste og laveste poengsum. Panelet ga flest poeng til 1C med en verdi på 43 med en kommentar: bra. Den varianten som hadde den laveste verdien for helhetsinntrykk var 3A med kommentarer som: stikker på tunga, veldig syrlig, prikker på tunga og syrligheten ødelegger litt.

4.5 Scanning elektronmikroskopi

Det ble utført scanning elektronmikroskopi (SEM) på samtlige av rømmevariantene produsert med MF melk samt CF, SR og TR. For hver av prøvene ble det tatt bilder på tre ulike områder vurdert optimale for gode bilder (flate områder midt i prøven). For sammenligning av de ulike prøvene er tverrsnitt av alle rømmevariantene produsert med MF melk vist i Figur 25.

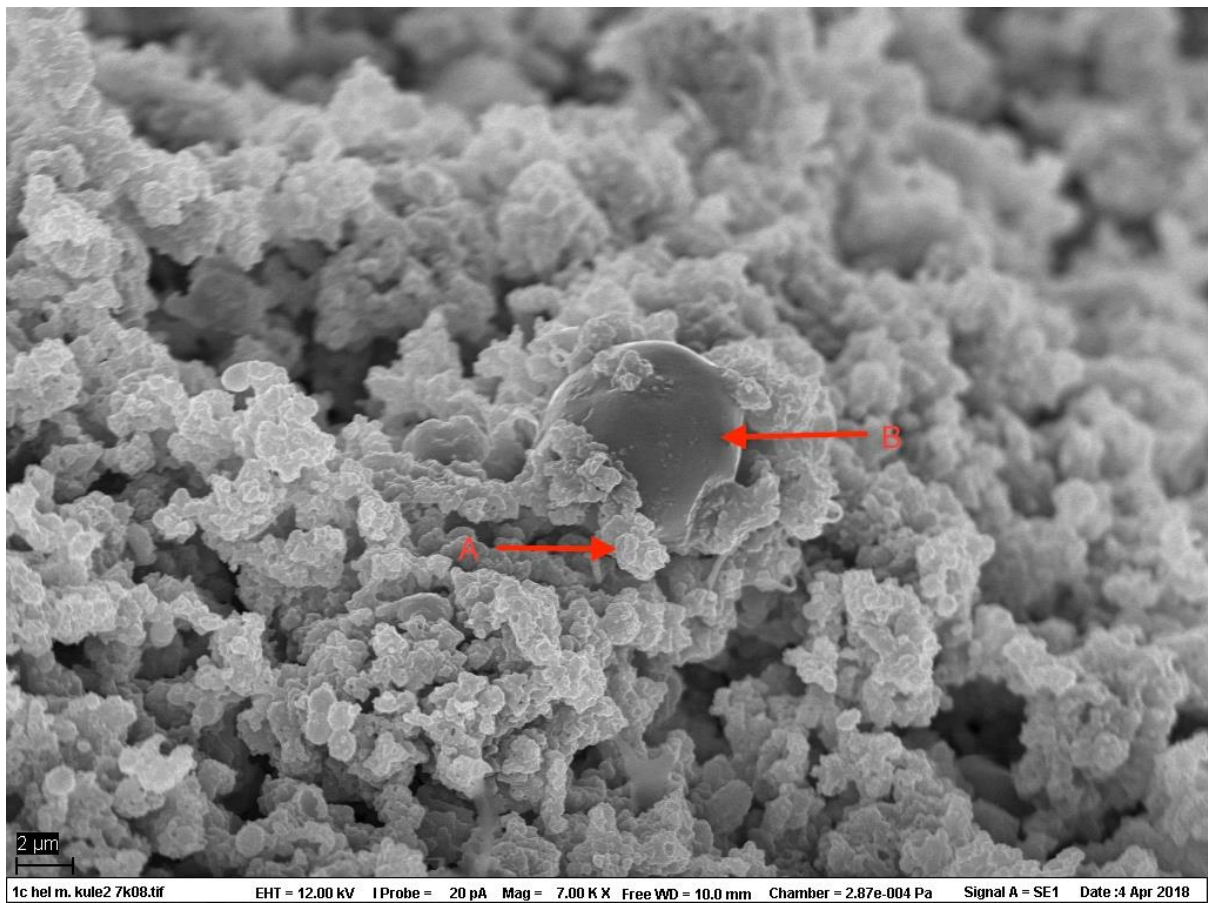


Figur 25 SEM bilde av rømmenettverk av 1A-3C, oversiktsbilder over strukturen, med 4000 ganger forstørrelse.

Oversiktsbildet viser alle de 9 kombinasjonene av rømme. Det ser ut til at 1 variantene har noe løsere gel og mellomrom mellom kaseinaggregater i større grad enn de resterende variantene samt større aggregater.

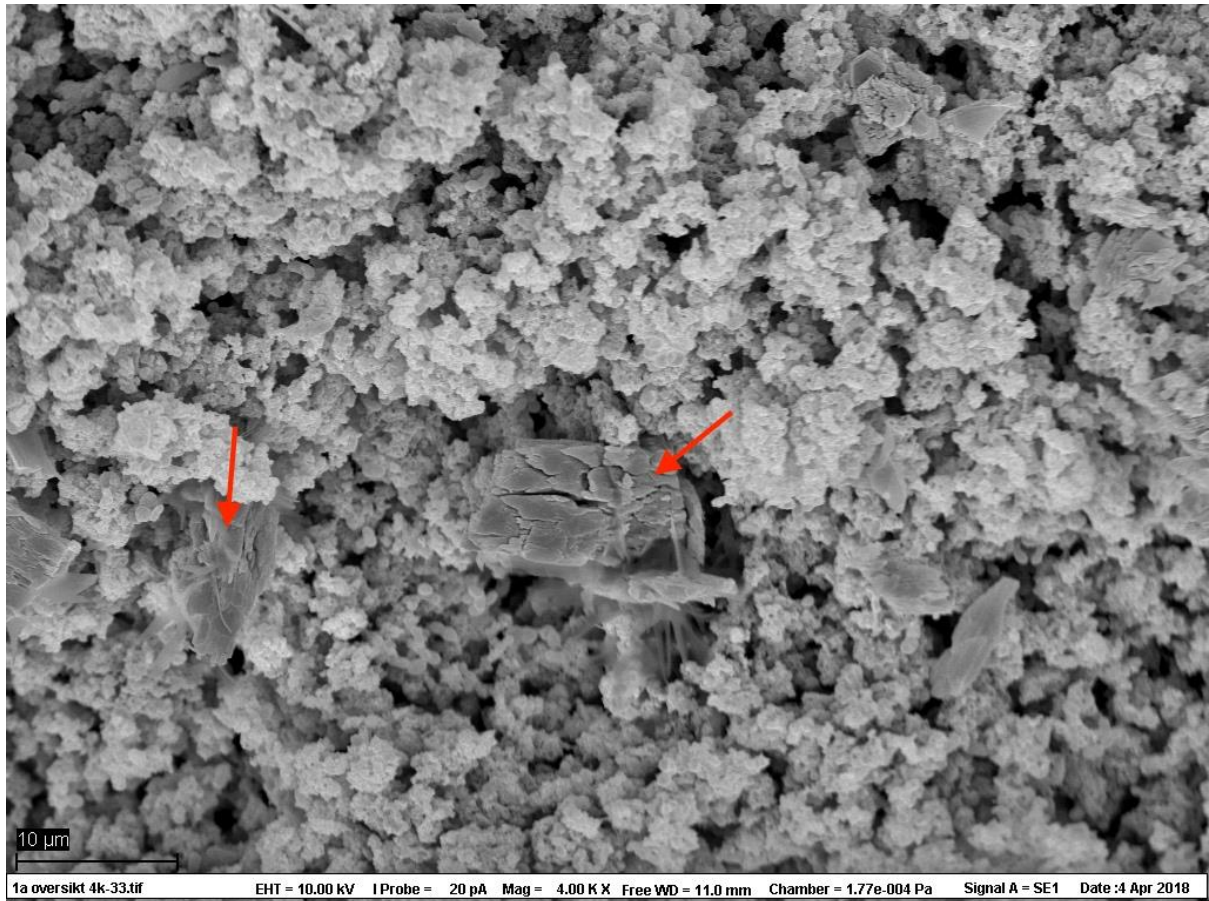
De andre variantene ser ut til å være mer sammenhengende og ha et noe tettere nettverk i økende grad fra 1-3 med stadig mindre og flere kaseinaggregater. Ytterligere forskjeller mellom de ulike variantene kan ikke observeres på bildene.

Det ble observert nettverk bestående av kasein samt nakne fettkuler i noen av prøvene som vist i Figur 26.



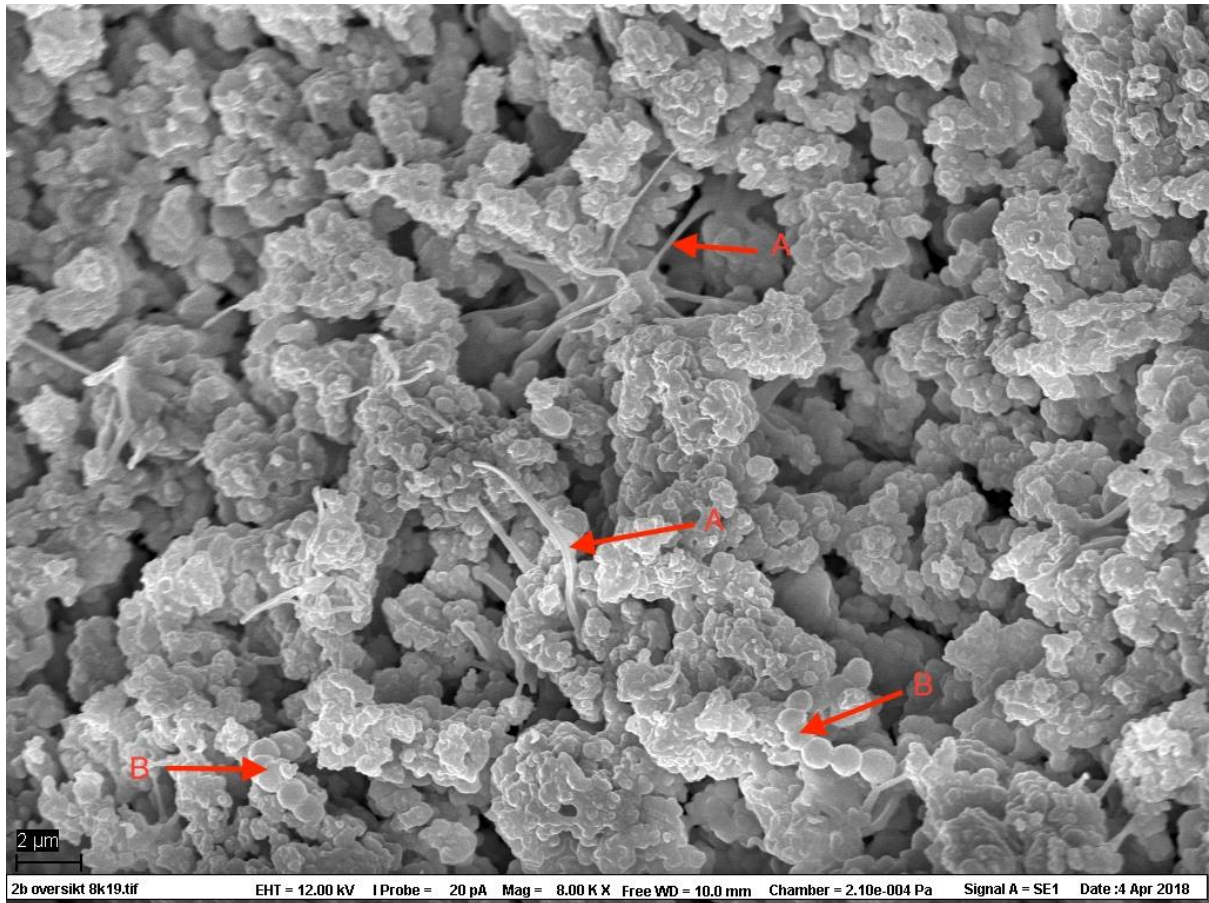
Figur 26 SEM bilde av rømmenettverk av 1C med 7000 ganger forstørrelse. A - kasein aggregat, B - fettkule delvis dekket med kasein.

Flere av prøvene ble observert med nakne fettkuler som kun er delvis dekket med kasein, noen av prøvene viste imidlertid artifakter som kan være ødelagte fettkuler som vist i Figur 27.



Figur 27 SEM bilde av rømmenettverk av 1A med 4000 ganger forstørrelse. Pilene peker mot artefakter, som mulig er sprukne fettkuler.

Fenomenet ble observert i flere av bildene, men forekom imidlertid kun i bilder fra prøvene av 1A og TINE lettrømme. Det ble også observert bakterier i nærheten av tråder som trolig kan være EPS (Figur 28). Forekomsten av trådene ble observert i ulike prøver med ulik grad av forgrening og lengde.



Figur 28 SEM bilde av rømmenettverk av 2B med 8000 ganger forstørrelse. A – EPS , B – kjeder med MSB.

Bakterieceller ble observert i samlinger i de tilfellene det var visuelt synlige bakterier, men sjeldent i kjeder som på Figur 28.

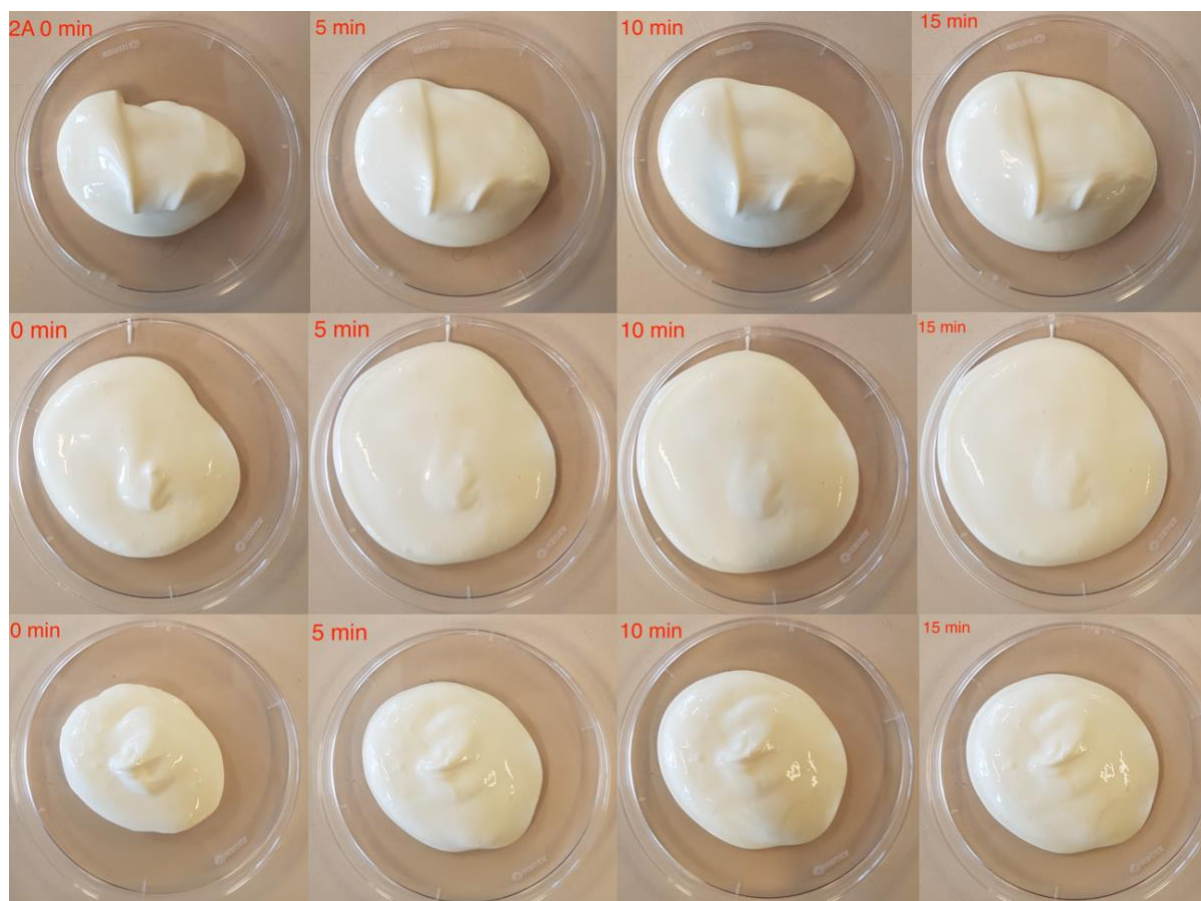
4.6 Visualisering av flytegenskaper (SMP varianter)

Rømmevariantene fra produksjonen av rømme med tilsatt SMP samt kommersielle produkter ble lagt i petriskåler og tatt bilder etter 0, 5, 10 og 15 min henstand ved romtemperatur, Rømmen av lavest proteinnivå er vist i Figur 29.



Figur 29 1A på øverste rekke, 1B på andre rekke og 1C på nederste rekke. Vannrett er tiden for de ulike bildene.

Figur 29 viser størst utflytning for 1B og relativt lik utvikling for 1A og 1C med mindre utflytning, den største endringen ser også ut til å foregå mellom 0 og 5 min henstand. Resultatene fra rømme med proteinnivå 2 er vist i Figur 30.



Figur 30 2A på øverste rekke, 2B på andre rekke og 2C på nederste rekke. Vannrett er tiden for de ulike bildene.

Liknende oppførsel kan observeres fra bildene av rømmen med proteinnivå 2, der 2B flyter mest utover. Både 2A og 2C flyter også i dette tilfelle relativt like mye utover, med mest utvikling mellom 0 og 5 minutter. Resultatene fra rømme med proteinnivå 3 er vist i Figur 31



Figur 31 3A på øverste rekke, 3B på andre rekke og 3C på nederste rekke. Vannrett er tiden for de ulike bildene.

For rømmen med proteinnivå 3 ser det ut til at 3A flyter mest utover, i motsetning til de lavere proteinkonsentrasjonene. 3B ser ut til å flyte minst, men er relativt lik 3C også her. Det er også lite utvikling mellom 5 og 15 minutter for disse variantene. Bilde med sammenligning av de kommersielle variantene er vist i Figur 32.



Figur 32 Fra øverst til venstre QR 0 min, nedover er CF, SR og TR. Vanrett er tiden for de ulike bildene.

De kommersielle variantene holdt bedre på fasongen enn rømmevariantene produsert med SMP. Etter 15 min, så CF ut til å være nesten urørt, SR hadde sunket noe, men har fortsatt den samme fasongen. QR er noe utvidet men har fortsatt de samme bulkene i overflaten, TR har derimot sunket noe og mistet den originale fasongen.

5.0 Diskusjon

Hensikten med denne oppgaven var å dokumentere hvordan en økt proteinmengde i melkebasen og valg av syrekultur under fermentering, kan påvirke konsistensen til lettrømme. Dette er noe som er lite utforsket, spesielt i henhold til proteinmangelen etter homogenisering av fløte med >15% fett. Akal et al. (2016) fant en økt viskositet i rømme med økt proteininnhold ved bruk av skummet melkepulver (Akal and YetiŞEmiYen 2016). Dette øker imidlertid også det totale fettfrie tørrstoffinnholdet og påvirker mer enn bare proteinkonsentrasjonen i produktet. Ved mikrofiltrering (MF) kan kaseinandelen oppkonsentreres uten ytterligere tørrstofføkning fra andre komponenter (Bylund 1995). En annen måte å påvirke konsistensen på er ved bruk av trådtrekkende eksopolysakkarider (EPS) produsert av melkesyrebakterier (MSB). I yoghurt er det observert en mer homogen struktur i gelnettverket med bedre fordeling av hulrom i kaseingelen, når gelen er produsert ved hjelp av EPS-dannende MSB enn med MSB uten EPS-produksjon (Duboc and Mollet 2001). EPS vil også være med på å øke viskositet ved å binde mer vann i serum fasen. En kombinasjon av trådtrekkende EPS og økt proteinnivå ville også mulig imitere en rømmevariant av høyere fettinnhold sensorisk. I denne oppgaven er det produsert rømme med tre nivåer av proteininnhold og tre ulike kulturer som gir totalt ni ulike rømmevarianter. Proteinberikningen ble gjennomført ved bruk av retentat fra mikrofiltret (MF) og skummet melkepulver (SMP). Rømmevariantene har videre blitt analysert kjemisk, reologisk ved både viskositet og gelstyrke under ulike forhold, og sensorisk samt observert ved hjelp av SEM.

5.1 Proteinkonsentrasjon

Proteinkonsentrasjon er av stor betydning for rømme, og proteinberikning har kanskje større betydning i rømme enn i andre fermenterte produkter, på grunn av fettinnholdet. Rømmen i dette forsøket har 18% fett, dette betyr i teorien at melkens naturlige proteinnivå ikke er tilstrekkelig for å dekke fettkulemembranen etter homogenisering (Mulder and Walstra 1974). Dette kan også observeres i resultatene fra SEM der rømmevariantene med proteinnivå 1 hadde tydelige ”nakne” fettkuler.

For å kunne dekke proteinbehovet vil det i teorien være nødvendig med 3,6% protein for å dekke fettkulemembranen i rømme med 18% fett, som et sted mellom proteinnivå 2 og 3 (hhv. 3,3% og 3,8% protein) i dette forsøket (Narvhus, Østby et al. 2018). Resultatene fra dette forsøket viste en gradvis økning i gelstyrke ved en gradvis økning av protein og en signifikant forskjell mellom de ulike proteinnivåene. Dette samsvarer med teorien og kan bety at gelnettverket er ”strammere” da stadig mer protein er tilgjengelig for geldannelse. Dette fremmer aggregering av kaseinmiceller, da behovet for protein i fettkulemembranene er dekket (Girard and Schaffer-Lequart 2007). Den økte gelstyrken kan også antydes ved observasjon av SEM bildene der rømmevariantene av proteinnivå 3 har en strammere struktur. Proteinnivå hadde også en signifikant effekt på viskositeten av rømmevariantene produsert med MF, og det var en signifikant forskjell mellom proteinnivå 3-1 og 3-2. Dette betyr at proteinnivå 3 hadde størst effekt på viskositet, noe som også var forventet. Proteinnivå 3 inneholder ca. 3,8% protein som gir 0,2% protein utover det som kreves for å stabilisere fettkulemembraner i rømme med fettinnhold på 18% (Bylund 1995). Dette vil føre til mer partikler i serum fasen som videre fører til en økt motstand av rømmen mot skjærspenning av reometeret. Opplevd kremet og fet munnfølelse var også økt i henhold til økning av protein for de sensoriske vurderingene av MF rømmen. Dette var også noe som var forventet da disse variantene har gradvis tykkere konsistens, som kan assosieres med et produkt med høyere fettprosent enn det faktisk har.

Analysene av viskositetsmålingene for MF miksen uten fermentering viste ingen signifikant forskjell mellom rømme med gelnettverk og melkemiks uten gelnettverk. Det var forventet en høyere viskositet av rømmen enn av melkemiksen da rømmen tilsynelatende var mye tykkere enn miksen. Pasteuriseringen som ble gjennomført på begge variantene fører til denaturering av myseproteiner, og dannelse av svovelbindinger mellom κ -kasein i kaseinmicellen og β -laktoglobulin (Walstra, Wouters et al. 2006). Rømmegelen vil være på sitt strammeste ved pI, som er ved ca. pH 4.6 noe som ikke oppnåes uten fermentering (Lucey 2004). Rømmegelen ble imidlertid brutt før den ble overført til målecellen i reometeret, dermed vil gelnettverk ha liten betydning for viskositeten. Forskjellene mellom fermentert og ufermentert miks kan også være noe større enn det som fremgår av resultatene. Ved lavere skjærspenning har rømmen med proteinnivå 3 høyere viskositet enn melkemiksen, det er imidlertid ikke utført statistisk beregning for sammenligning av enkeltpunktene, men det kan tenkes at forskjellene er større dersom forskjeller ved alle målepunkter hadde blitt analysert.

Kasein vil være aggregerte i større grad ved den fermenterte rømmen i motsetning til den ufermenterte melkemiksen. Det ble ikke målt pH av melkemiksen men den oppførte seg som en væske før røring, det er derfor nærliggende å tro at ingen geldannelse hadde funnet sted.

Viskositet og gelstyrke ble også testet ved bruk av SMP som proteinberikning i rømme som alternativ til MF. Gelstyrken av rømme produsert med SMP var signifikant lavere ved proteinnivå 2 og 3 enn rømme produsert med MF. Resultatene fra viskositeten viste også en signifikant forskjell mellom proteinnivå 3 for MF og SMP. Dette var ikke forventet da proteinberikning ved bruk av SMP tidligere har vist seg å bedre konsistensen i yoghurt og øke viskositet i rømme (Lucey 2004, Tamime 2006, Iličić, Milanović et al. 2013). Noe av årsaken kan være utilstrekkelig tid for hydratisering av SMP før blandingen ble varmebehandlet. Melkemiksene iblandet SMP hadde også et lavere innhold av både protein og fett sammenlignet med melkemiksene produsert med MF melk. Trolig skyldes dette at standardiseringen av melkens sammensetning var noe vanskelig ved bruk av FTIR. Avvik i protein og fett er av stor betydning for produktets sammensetning og dermed også flyteegenskapene og geldannelsen. Ved visualisering av flyteegenskaper i SMP rømme ser det også ut til at 3A flyter mer utover enn både 2A og 1A for SMP variantene, noe som ikke var forventet. Dette sammen med kommentarer fra den sensoriske vurderingen av SMP rømmen der 3A er vurdert lavest med kommentarer om bismak, kan det tyde kontaminering av mugg eller gjær (Adams, Moss et al. 2016, M. and Wang 2017).

5.3 Syrekultur

Sammensetningen av syrekulturer som benyttes i rømme kan variere noe, men DL kultur er ofte utgangspunktet (Walstra, Wouters et al. 2006). Ved å benytte en DL kultur bestående av ulike *Lactococcus* og *Leuconostoc* arter dannes ulike aromastoffer samt en lavere pH som er nødvendig for geldannelse (Tamime 2006). Av de ulike kulturene benyttet i forsøket har rømmevariantene relativt like syrekomposisjoner, men B kulturen produserte mest av aceton, diacetyl, isobutanol, acetoin og etanol av rømmevariantene produsert med MF. Dette betyr at B kulturen er den mest aromatiske. Til tross for høyest innhold av aromastoffer i rømme som ble syrnnet av B-kulturen var det ikke stor forskjell i helhetsinntrykk mellom de ulike rømmevariantene, rømme med B kulturen hadde noe høyere verdier for helhetsinntrykk men

TR og 1A fikk omtrent det samme, som begge hadde lave verdier for aromastoffer. Dette kan tyde på at aromastoffer ikke har så stor effekt på det totale helhetsinntrykket.

5.4 Samspill mellom kultur og protein

I forsøket ble det benyttet tre ulike kulturer produsert av Christian Hansen, med ulik grad av EPS produksjon og i følge databladene fra produsenten skulle kultur C produsere mest EPS. EPS kan ha mange ulike funksjoner og kan fungere som prebiotika og benyttes ofte som en naturlig stabilisator for å binde vann og redusere synerese (Duboc and Mollet 2001, Raus-Madiedo, Hugenholtz et al. 2002, Madiedo, Salazar et al. 2009). Fokuset i denne studien var hvordan grad av trådtrekkende EPS påvirker teksturen i rømme reologisk og sensorisk. Resultatene viste en stor forskjell mellom de ulike kulturene ved proteinnivå 3 i gelstyrke, der kultur B hadde signifikant høyest gelstyrke, samtidig var det mindre forskjell mellom de ulike kulturene i produktene med mindre protein (proteinnivå 2 og 1). Dette gjenspeiles i resultatene for viskositet der rømme av proteinnivå 3 hadde signifikant høyest viskositet, og var høyest ved kultur B. Det er få publikasjoner som belyser hvordan interaksjoner mellom EPS og protein i rømme foregår. Resultatene fra forsøket kan imidlertid tyde på at interaksjonene utøves i større grad i rømme av høyere proteinnivå. Når behovet for protein i fettkulemembranen er dekket (>3,6% protein), gir det muligheten for øvrig protein til å danne forbindelser med EPS, som i tilfelle av kultur B ga en signifikant økning i gelstyrke. For viskositeten ser det ut til at EPS har mindre effekt. B kulturen av MF rømmen viser en tendens for høyere viskositet, men ikke signifikant. I teorien skal EPS Binde vann og dermed øke viskositeten ved å oppta store volum i løsningen (Duboc and Mollet 2001). Vannbindingsevnen til EPS vil være avhengig av en rekke faktorer som: struktur, forgrening, oppbygningen av ryggraden og ladning av polysakkaridkjeden (Gentès, St-Gelais et al. 2013). Polysakkarider som fremstår som lineare øker viskositet ved å oppta et større volum i løsningen. Amatayakul et al. (2006) viste en økning i viskositet ved bruk av trådtrekkende EPS i yoghurt, men viste også en lavere gelstyrke (gelfirmness) ved bruk av EPS-produserende kultur i yoghurt, sammenliknet med yoghurt fremstilt uten EPS-produserende kultur (Amatayakul, Halmos et al. 2006). Forklaringen på den lave gelstyrken var inkompatibilitet grunnet lik ladning av EPS og protein. I dette forsøket med rømme viste resultatene fra gelstyrke imidlertid at bruk syrekulturer som produserer trådtrekkende EPS gir en sterkere gel enn ved bruk av syrekulturer som ikke produserer EPS. Dette kan tyde på god kompatibilitet mellom protein og EPS for B kulturen.

Forskjellene i viskositet mellom rømme med de ulike kulturene var ikke signifikant. Det bør bemerkes at prepareringen av rømmen til testene for gelstyrke og viskositet var ulike. Prøvene benyttet for gelstyrke var helt urørte, i motsetning til prøvene for viskositetsanalysene, som ble rørt relativt kraftig. Ved penetreringen av proben under gelstyrke-testene vil alle bindinger være intakt, og det som registreres er motstanden av ett trykk ned i gelen. Under røringen før viskositetsanalysene vil noe av bindingene mellom kasein-kasein og protein-EPS antakelig brytes, EPS vil fortsatt være bundet til vann, men flere av interaksjonene mellom ulike makromolekyler i løsningen vil være brutt. Hovedårsaken til at EPS øker viskositet er evnen det har til å binde vann, i yoghurt er dette muligens en viktigere egenskap enn i rømme da synerese er mer prevalent i yoghurt grunnet lavere totalt tørrstoff. I kontrollerte syrnede melkesystemer er det vist at tettere aggregater av kaseinnettverk dannes ved bruk av EPS, som fører til soner i gelen uten protein (Gentès, St-Gelais et al. 2013). Ved observasjon av SEM bildene var det lite åpne områder, og økt tetthet ved økende proteinnivå. Dette kan gjøre det noe vanskelig for en homogen spredning av EPS, samt at fordelingen av bakterier også var tilfeldig. Noen soner av gelen var det synlige kjeder med bakterier, mens andre var tilsynelatende frie for bakterier, som kan bety at EPS ble produsert i noen områder, med begrenset forgrening grunnet det tette nettverket.

En annen mulig forklaring på den fraværende variasjonen av viskositet mellom de ulike kulturene kan være produksjon av kapsulære EPS i kultur A. ved observasjon av SEM bildene ble det identifisert flere objekter av ukjent opphav, noen av disse kan mulig være EPS, enten ved kontaminasjon eller in situ produksjon av syrekulturen. Lignende "feil" har tidligere blitt oppdaget i andre forsøk, der Gentès et al (2013) fant EPS i kulturer som ikke skal produsere EPS. Metoden for rensning av polysakkarider i forsøket til Gentès var ikke spesifisert mot EPS (Gentès, St-Gelais et al. 2013). Dermed var det usikkerhet om det var tilstedeværelse av EPS eller om det var rest-laktose i forsøket til Gentès et al (2013).

Ved viskositetsanalysene for de lagrede variantene gjennomført 21 dager etter produksjon, var det C kulturen som hadde den høyeste viskositeten for proteinberikning 3. Forskjellene mellom kulturene er tilsynelatende større etter lagring enn uten, men ikke signifikant. EPS er noe som produseres kontinuerlig og kan dermed være økt etter en lengre lagringsperiode. Det kan være mulig at C kulturen produserer en variant av EPS som har mer tilgjengelig næringsstoffer benyttet for produksjon av polysakkaridkjedene.

Bruk av rømme til å lage dipp ble simulert, ved å tilsette salt (NaCl), for deretter å bli analysert for viskositet. Resultatene viste signifikant høyere viskositet for rømme med proteinnivå 3 for disse variantene også, sammenlignet med rømme produsert med proteinnivå 1 og 2. Alle målingene var imidlertid $<1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ i viskositet ved målepunkt 5, med en økning i viskositet ved økende skjærhastighet. Dette er en motsetning til alle andre varianter, og rømmen utøver en dilatant oppførsel. Endringene i viskositeten er allikevel så liten at å karakterisere væsken som dilatant vil være feil. Gelnettverket i rømmen vil i utgangspunktet være stabilt hovedsakelig på grunn av interaksjoner mellom kaseinproteiner, men kan også styrkes av EPS (Tamime 2006, Walstra, Wouters et al. 2006). Når proteiner er i nativ struktur ved melkens naturlige pH har de ofte en negativ ladning, dette forårsaker elektrostatiske repulsjoner som gjør det umulig for aggregering, noe som er nyttig for biologiske systemer (Lindman, Xue et al. 2006, Walstra, Wouters et al. 2006). Salt kan imidlertid påvirke ladningen av biopolymerer og dermed påvirke elektrostatiske interaksjoner mellom proteiner og polysakkarider (Vardhanabhuti and Allen Foegeding 2008). Normalt vil høye saltkonsentrasjoner redusere ladningen av biopolymerer, som fører redusert elektrostatiske repulsjon. Dersom proteinet allerede er ved sitt isoelektriske punkt (pI) vil ladningen av proteinet være minimal. Ved å tilsette salt til en løsning ved pI av proteinet vil dette kunne redusere pI og dermed føre til en nettoladning i proteiner som i utgangspunktet ikke har ladning (Lindman, Xue et al. 2006).

”Deaggregering” av kaseinmicellene kan være en mulig årsake til at gelnettverket i rømmen svekkes ved salttilsetning. Viskositeten til MF melken uten syrekultur var imidlertid ikke signifikant ulik MF-rømmen med syrekultur. Dette indikerer at aggregeringen av kasein ikke er det som gir den største viskositeten, men at en mulig sterkere repulsjon grunnet salttilsetningen forårsaker et fravær av strukturelle bindinger i rømmen. Alternativt kan salt i så store mengder (1,5g salt /100g prøve) mulig trekke væske fra de større vannbindende kompleksene, slik at vannet vil være fordelt gjennom hele væskefasen istedenfor i større volum fanget opp av polysakkarider og proteiner.

5.5 Sensorisk vurdering

Det var også ønskelig å produsere en lettørmme som kunne imitere fet rømme, og rømmen med MF og SMP ble derfor også sammenlignet med både TINE lettørmme og TINE seterrømme sensorisk. Økt protein viste også en økning i kremet munnfølelse for de sensoriske analysene som er assosiert med liking (Jervis, Gerard et al. 2014). Helhetsinntrykket for de ulike variantene var imidlertid relativt like, med unntak av Seterrømme som skåret høyest. Panelets vurdering av trådtrekkendhet var også veldig varierende mellom dommerene, dette kan tyde på panelet ikke kjente denne attributten godt, og det hadde mulig vært fordelaktig med en referanserømme som hadde vist mer utøvende trådtrekkendhet enn TINE lettørmme. For SMP variantene skåret 1C høyest i helhetsinntrykk, men resultatene fra disse forsøkene kan ikke vektlegges i så stor grad da resultatene fra andre analyser kan tyde på en feil i produksjonen. Likevel kan dette tyde på at tykkere og fetere varianter av rømme ikke nødvendigvis er ønskelig, fra testpanelets ståsted.

5.6 Oppsummering og konklusjon

Resultatene fra dette forsøket viser at en økning i proteininnhold av rømme (utover det som forekommer naturlig fra melk og fløte) vil gi en signifikant økning i gelstyrke for hvert nivå av proteinberikning (+0,5% og +1% for hhv. Nivå 2 og nivå 3) ved bruk av MF melk. Det er også forskjell mellom de ulike proteinberikningene for viskositet, og signifikant forskjell ved proteinnivå 3. Effekten av de ulike kulturene var mindre enn den av protein. Effekten var imidlertid mer fremtredende ved økende proteinberikning og var signifikant for proteinnivå 3. Det var spesielt kultur B som viste fremtredende viskositetsøkning, og gelstyrke med signifikant større verdier enn kultur A og C. Forsøkene ble også gjennomført med SMP for proteinberikning, resultatene fra disse prøvene viste liten effekt av protein for viskositet, men signifikant forskjell mellom de ulike proteinnivåene for gelstyrke. Forskjellen var stor mellom MF rømmen og SMP rømmen. Resultatene fra SMP rømmen er imidlertid basert på en liten ekstraøvelse, og med uventede resultater kan det derfor ikke trekkes noen konklusjon på grunnlag av det.

De sensoriske testene viste at høyere protein førte til en økt kremet munnfølelse, men ikke nødvendigvis et bedre produkt, og at EPS og proteinberikning av rømme kan føre til et mer "kremet" produkt, men helhetlig ikke bedre enn normal lettørmme fra TINE.

Ved å blande inn salt i rømmen ble viskositeten drastisk redusert med mulig brudd av de fleste bindingene som holder strukturen sammen. Tilsetning av protein økte viskositeten signifikant, men resultatene viste fortsatt at rømmen hadde en veldig lav viskositet med $<1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ i viskositet ved målepunkt 5.

På bakgrunn av resultatene og diskusjon kan ikke H_{01} eller H_{02} Forkastes da økt kasein ga en signifikant sterkere rømmegel med høyere viskositet, og forskjellene mellom EPS var lite signifikante for viskositet.

5.7 Videre arbeid

I denne studien er effekten ved bruk av mikrofiltrert melk på tekstur av rømme kartlagt. Sammenligningen mot skummet melkepulver er derimot lite dokumentert, og det ville være av interesse å undersøke forskjellene mellom disse berikningsmetodene nærmere. Dette ved å utarbeide en sikker metode for hydratisering av SMP, og sammenligne viskositet og gelstyrke ved flere paralleller for både SMP-rømme og MF-rømme. For å sikre riktig sammensetning av tørrstoff, protein og fettinnhold kan det også være nyttig å utføre dedikerte kjemiske analyser på et laboratorium da dette ble registrert ved FTIR. Sammensetningen av MF og SMP rømmen er ulik, og det å benytte det samme programmet ved FTIR kan produsere mindre korrekte resultater enn ved å utføre analyser på lab for de ulike komponentene.

Det vil også være nyttig å kartlegge hva slags type EPS som ble produsert av de ulike kulturene ved å rense og identifisere, samt kvantifisere mengde for å finne struktur og forgrening av EPS, og hvor mye som gir en effekt.

Det kan også være av nytte å utføre mer fokuserte sensoriske analyser med et trent panel eller forbrukere, der det trente panelet selv bestemmer attributter som skal vurderes før analysen. Eller forbrukerundersøkelser med kun liking skåre, ideelt en kombinasjon av begge for å kartlegge rømmens sensoriske sammensetning samt å koble dette opp mot den best likte ved forbrukertester.

6.0 Litteratur

Adams, M. R., M. Moss and P. McClure (2016). Food Microbiology, ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY.

Akal, C. and A. YetiŞEmiYen (2016). "Use of whey powder and skim milk powder for the production of fermented cream." Food Science and Technology **36**(4): 616-621.

Amatayakul, T., A. L. Halmos, F. Sherkat and N. P. Shah (2006). "Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharide-producing starter cultures and varying casein to whey protein ratios." International Dairy Journal **16**(1): 40-51.

Brans, G., C. G. P. H. Schroën, R. G. M. van der Sman and R. M. Boom (2004). "Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges." Journal of Membrane Science **243**(1-2): 263-272.

Bylund, G. (1995). Dairy processing handbook, Tetra Pak Processing Systems AB.

Cerning, J. (1990). "Exocellular polysaccharides produced by lactic acid bacteria." FEMS Microbiology Reviews **87**: 113-130.

Chandon, R., C. (2014). Dairy - Fermented Products. Food Processing: Principles and Applications. S. Clark, S. Jung and B. Lamsal, John Wiley & Sons, Ltd.

Donot, F., A. Fontana, J. C. Baccou and S. Schorr-Galindo (2012). "Microbial exopolysaccharides: Main examples of synthesis, excretion, genetics and extraction." Carbohydrate Polymers **87**(2): 951-962.

Duboc, P. and B. Mollet (2001). "Applications of exopolysaccharides in the dairy industry." International Dairy Journal **11**(9): 759-768.

Egerton, R. F. (2016). An Introduction to Micorscopy. Physical Principles of Electron Microscopy. P. Crozier, P. Hawkes, C. Jin et al. Edmond, Canada, Springer: 1-25.

Fleming, A., F. S. Schenkel, J. Chen, F. Malchiodi, R. A. Ali, B. Mallard, M. Sargolzaei, M. Corredig and F. Miglior (2017). "Variation in fat globule size in bovine milk and its prediction using mid-infrared spectroscopy." J Dairy Sci **100**(3): 1640-1649.

Forskrift (2004). Forskrifter om endring i forskrift om produksjon og frambud av rå melk, varmebehandlet melk og melkebaserte produkter m.v. H.-o. omsorgsdepartementet. <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2004-01-15-257>, Lovdata. **20**.

Gentès, M.-C., D. St-Gelais and S. L. Turgeon (2013). "Exopolysaccharide–milk protein interactions in a dairy model system simulating yoghurt conditions." Dairy Science & Technology **93**(3): 255-271.

Girard, M. and C. Schaffer-Lequart (2007). "Gelation and resistance to shearing of fermented milk: Role of exopolysaccharides." International Dairy Journal **17**(6): 666-673.

Goddik, L. M. (2004). Sour Cream and Crème Fraîche. Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology. Y. H. Hui, L. M. Goddik, Å. S. Hansen et al., Marcel Dekker, Inc.

Goldstein, J. I., D. E. Newbury, J. R. Michael, N. W. M. Ritchie, J. H. J. Scott and D. C. Joy (2017). Electron Beam - Specimen Interactions: interaction Volume. Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis, Springer: 1-14.

Grønnevik, H., M. Falstad and J. A. Narvhus (2011). "Microbiological and chemical properties of Norwegian kefir during storage." International Dairy Journal **21**(9): 601-606.

Hinrichs, J. and H. Kessler, G. (1997). "Fat content of Milk and Cream and Effects on Fat Globule Stability." Journal of Food Science **62**(5): 992-995.

Ibraz, A. and G. V. Barbosa-Cánovas (2003). Unit Operations in Food Engineering, CRC Press.

Iličić, M. D., S. D. Milanović, M. Đ. Carić, V. R. Vukić, K. G. Kanurić, M. I. Ranogajec and D. V. Hrnjez (2013). "The Effect of Transglutaminase on Rheology and Texture of Fermented Milk Products." Journal of Texture Studies **44**(2): 160-168.

Jervis, S. M., P. Gerard, S. Drake, K. Lopetcharat and M. A. Drake (2014). "The Perception of Creaminess in Sour Cream." Journal of Sensory Studies **29**(4): 248-257.

Johansson, B. (1965). The profile method for analysis of aroma and flavor.

Kandler, O. (1983). "Carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria." Antonie van Leeuwenhoek **49**: 209-224.

Khursheed, A. (2007). Scanning electron microscope, National University of Singapore.

Köhler, K., F. Aguilar, A. Hensel, K. Schubert, H. Schubert and H. P. Schuchmann (2007). "Design of a Microstructured System for Homogenization of Dairy Products with High Fat Content." Chemical Engineering & Technology **30**(11): 1590-1595.

Law, B. A. (1992). Microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk, BLACKIE ACADEMIC & PROFESSIONAL.

Lawless, H. T. and H. Heymann (2010). Sensory Evaluation of Food, Springer.

Lindman, S., W. F. Xue, O. Szczepankiewicz, M. C. Bauer, H. Nilsson and S. Linse (2006). "Salting the charged surface: pH and salt dependence of protein G B1 stability." Biophys J **90**(8): 2911-2921.

Lorenzi, L. D., S. Pricl and G. Torriano (1995). "Rheological Behaviour of Low-fat and Full-fat Stirred Yoghurt." International Dairy Journal **5**.

Lucey, J. A. (2004). "Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties." Journal of Dairy Technology **57**(2/3): 77-84.

M., L. and N. S. Wang (2017). Spoilage of Milk and Dairy Products. The Microbial Quality of Food. A. Bevilacqua, M. R. Corbo and M. Sinigaglia, Elsevier: 151-178.

Madiedo, P. R., N. Salazar and C. G. R. Gavilán (2009). Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria in food and probiotic applications. MICROBIAL GLYCOBIOLOGY. O. Holst, P. J. Brennan and M. V. Itzstein, Academic Press: 887-902.

Melk.no. (2016). "Rømme." 2016, from <https://www.melk.no/Meierileksikon/Meieriprodukter/Roemme2/Roemme>

Mezger, T. (1998). A little course in rheology. Stuttgart, Germany, PHYSICA Messtechnik GmbH.

Montgomery, D. C. (2013). Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, Inc.

Mulder, H. and P. Walstra (1974). The milk fat globule, emulsion science as applied to milk products and comparable foods. Northern Ireland at the Universities Press, Belfast, Centre for agricultural publishing and documentation.

Narvhus, J., A., N. Østby and R. Abrahamsen, K. (2018). "Review Technology of cultured cream products, with special focus on homogenisation of cream." Forberedes til publisering i International Dairy Journal.

Patel, S., A. Majumder and A. Goyal (2012). "Potentials of exopolysaccharides from lactic Acid bacteria." Indian J Microbiol **52**(1): 3-12.

Pecore, S., N. Stoer, S. Hooge, N. Holschuh, F. Hulting and F. Case (2006). "Degree of difference testing: A new approach incorporating control lot variability." Food Quality and Preference **17**(7): 552-555.

Raus-Madiedo, P., J. Hugenholtz and P. Zoon (2002). "An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria." International Dairy Journal **12**: 163-171.

Schiano, A. N., W. S. Harwood and M. A. Drake (2017). "A 100-Year Review: Sensory analysis of milk." J Dairy Sci **100**(12): 9966-9986.

Stone, H. and J. L. Sidel (2004). Sensory Evaluation Practices. Amsterdam, Academic Press.

Tabilo-Munizaga, G. and G. V. Barbosa-Cánovas (2005). "Rheology for the food industry." Journal of Food Engineering **67**(1-2): 147-156.

Tamime, A. Y. (2002). "Fermented milks: a historical food with modern applications--a review." Eur J Clin Nutr **56 Suppl 4**: S2-S15.

Tamime, A. Y. (2006). Fermented Milks, Blackwell Science Ltd.

TINE. (2018). "TINE Lett Crème Fraîche 18 %." from <https://www.tine.no/merkevarer/tine-cr%C3%A8me-fra%C3%A4che/produkter/tine-cr%C3%A8me-fra%C3%A4che-lett>.

Truong, T., M. Palmer, N. Bansal and B. Bheshi (2016). Effect of Milk Fat Globule Size on the Physical Functionality of Dairy Products, Springer.

Ulleberg, E. K. (2015). "Hva er pasteurisering?", from <https://www.melk.no/Kosthold-og-helse/Melk-og-helse/Hva-er-pasteurisering>

Vardhanabhuti, B. and E. Allen Foegeding (2008). "Effects of dextran sulfate, NaCl, and initial protein concentration on thermal stability of β -lactoglobulin and α -lactalbumin at neutral pH." Food Hydrocolloids **22**(5): 752-762.

Verwijst, T., J. Baggerman, F. Liebermann and C. J. M. van Rijn (2015). "High-frequency flow reversal for continuous microfiltration of milk with microsieves." Journal of Membrane Science **494**: 121-129.

Walstra, P., J. T. M. Wouters and T. J. Geurts (2006). Dairy Science and Technology. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, CRC press.

Wood, B. J. B. and W. H. Holzapel (1995). The Genera of Lactic Acid Bacteria, SPINGER-SCIENCE+BUSINESS MEDIA, BV.

7.0 vedlegg

A - ANOVA og Tukey gelstyrke

MF

ANOVA gelstyrke

```
> dta$Protein <- as.factor(dta$Protein)
> dta$Culture <- as.factor(dta$Culture)
> ggplot(dta, aes(x = Culture, y = Gram, fill = Protein)) + geom_boxplot()
> mdl <- lm(Gram ~ Culture * Protein, data = dta)
> anova(mdl)
Analysis of Variance Table
```

Response: Gram

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Culture	2	8462	4231	34.158	1.602e-13 ***
Protein	2	83022	41511	335.135	< 2.2e-16 ***
Culture:Protein	4	7000	1750	14.128	3.406e-10 ***
Residuals	204	25268	124		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tukey gelstyrke

```
> tky$Culture
      diff      lwr      upr      p adj
B-A 14.642618 10.3224820 18.962753 2.624567e-13
C-A  3.795745 -0.6570769  8.248566 1.117532e-01
C-B -10.846873 -15.3279252 -6.365821 1.153733e-07
> tky$Protein
      diff      lwr      upr      p adj
2-1 14.71031 10.23329 19.18733 1.207923e-12
3-1 46.10307 41.81184 50.39429 0.000000e+00
3-2 31.39276 26.88840 35.89712 0.000000e+00
> tky[[3]]
      diff      lwr      upr      p adj
B:1-A:1 -2.1259000 -11.682379  7.430579 9.987797e-01
C:1-A:1 -1.9664455 -11.761277  7.828386 9.994218e-01
A:2-A:1 10.3513273  0.556496 20.146159 2.949472e-02
B:2-A:1 17.5008381  7.572374 27.429302 3.503416e-06***
C:2-A:1 13.8111500  3.737737 23.884563 8.781468e-04***
A:3-A:1 33.8095130 24.138307 43.480719 1.310063e-14***
B:3-A:1 61.8197786 52.650364 70.989193 0.000000e+00***
C:3-A:1 38.4810348 28.809829 48.152241 0.000000e+00***
C:1-B:1  0.1594545 -10.140355 10.459264 1.000000e+00
```



```

A:2-B:1 12.4772273 2.177417 22.777037 5.890553e-03
B:2-B:1 19.6267381 9.199765 30.053711 5.274623e-07***
C:2-B:1 15.9370500 5.371965 26.502135 1.437080e-04**
A:3-B:1 35.9354130 25.753095 46.117731 7.549517e-15***
B:3-B:1 63.9456786 54.238695 73.652662 0.000000e+00***
C:3-B:1 40.6069348 30.424617 50.789253 0.000000e+00***
A:2-C:1 12.3177727 1.796436 22.839109 9.212133e-03*
B:2-C:1 19.4672835 8.821430 30.113137 1.247088e-06***
C:2-C:1 15.7775955 4.996434 26.558757 2.643311e-04**
A:3-C:1 35.7759585 25.369613 46.182304 2.131628e-14
B:3-C:1 63.7862240 53.844495 73.727953 0.000000e+00***
C:3-C:1 40.4474802 30.041134 50.853826 0.000000e+00***
B:2-A:2 7.1495108 -3.496343 17.795365 4.723837e-01
C:2-A:2 3.4598227 -7.321339 14.240985 9.849691e-01
A:3-A:2 23.4581858 13.051840 33.864532 8.791043e-10***
B:3-A:2 51.4684513 41.526723 61.410180 0.000000e+00***
C:3-A:2 28.1297075 17.723362 38.536053 2.167155e-13***
C:2-B:2 -3.6896881 -14.592400 7.213024 9.789583e-01
A:3-B:2 16.3086749 5.776452 26.840898 8.257164e-05***
B:3-B:2 44.3189405 34.245528 54.392353 0.000000e+00
C:3-B:2 20.9801967 10.447974 31.512419 8.628335e-08***
A:3-C:2 19.9983630 9.329391 30.667335 5.989605e-07***
B:3-C:2 48.0086286 37.792323 58.224934 0.000000e+00
C:3-C:2 24.6698848 14.000913 35.338857 3.042915e-10***
B:3-A:3 28.0102655 18.190313 37.830219 5.373479e-14***
C:3-A:3 4.6715217 -5.618548 14.961592 8.876651e-01
C:3-B:3 -23.3387438 -33.158697 -13.518791 9.229262e-11***

```

SMP

Tukey gelstyrke

```
> tky$Protein
```

```

      diff      lwr      upr      p adj
2 SMP-1 SMP 2.195000 0.3092145 4.080786 1.907829e-02
3 SMP-1 SMP 8.620611 6.7348256 10.506397 3.115286e-13
3 SMP-2 SMP 6.425611 4.5398256 8.311397 4.353395e-10

```

```
> tky$Culture
```

```

      diff      lwr      upr      p adj
B-A 2.0882778 0.2024923 3.9740633 0.02690595
C-A 1.1731667 -0.7126188 3.0589522 0.29694532
C-B -0.9151111 -2.8008966 0.9706744 0.47339324

```

```

      diff      lwr      upr      p adj
B:1 SMP-A:1 SMP -0.3903333 -4.7799374 3.999271 9.999982e-01
C:1 SMP-A:1 SMP -0.9138333 -5.3034374 3.475771 9.988458e-01
A:2 SMP-A:1 SMP -0.1330000 -4.5226041 4.256604 1.000000e+00
B:2 SMP-A:1 SMP 2.3643333 -2.0252708 6.753937 7.103970e-01
C:2 SMP-A:1 SMP 3.0495000 -1.3401041 7.439104 3.853238e-01
A:3 SMP-A:1 SMP 6.3830000 1.9933959 10.772604 6.870424e-04

```

B:3 SMP-A:1	SMP	10.5408333	6.1512292	14.930437	2.201053e-08
C:3 SMP-A:1	SMP	7.6338333	3.2442292	12.023437	3.263762e-05
C:1 SMP-B:1	SMP	-0.5235000	-4.9131041	3.866104	9.999822e-01
A:2 SMP-B:1	SMP	0.2573333	-4.1322708	4.646937	9.999999e-01
B:2 SMP-B:1	SMP	2.7546667	-1.6349374	7.144271	5.224817e-01
C:2 SMP-B:1	SMP	3.4398333	-0.9497708	7.829437	2.355697e-01
A:3 SMP-B:1	SMP	6.7733333	2.3837292	11.162937	2.701137e-04
B:3 SMP-B:1	SMP	10.9311667	6.5415626	15.320771	8.357309e-09
C:3 SMP-B:1	SMP	8.0241667	3.6345626	12.413771	1.230942e-05
A:2 SMP-C:1	SMP	0.7808333	-3.6087708	5.170437	9.996325e-01
B:2 SMP-C:1	SMP	3.2781667	-1.1114374	7.667771	2.922157e-01
C:2 SMP-C:1	SMP	3.9633333	-0.4262708	8.352937	1.058914e-01
A:3 SMP-C:1	SMP	7.2968333	2.9072292	11.686437	7.521474e-05
B:3 SMP-C:1	SMP	11.4546667	7.0650626	15.844271	2.306054e-09
C:3 SMP-C:1	SMP	8.5476667	4.1580626	12.937271	3.300244e-06
B:2 SMP-A:2	SMP	2.4973333	-1.8922708	6.886937	6.478459e-01
C:2 SMP-A:2	SMP	3.1825000	-1.2071041	7.572104	3.294220e-01
A:3 SMP-A:2	SMP	6.5160000	2.1263959	10.905604	5.009644e-04
B:3 SMP-A:2	SMP	10.6738333	6.2842292	15.063437	1.581298e-08
C:3 SMP-A:2	SMP	7.7668333	3.3772292	12.156437	2.343066e-05
C:2 SMP-B:2	SMP	0.6851667	-3.7044374	5.074771	9.998612e-01
A:3 SMP-B:2	SMP	4.0186667	-0.3709374	8.408271	9.650945e-02
B:3 SMP-B:2	SMP	8.1765000	3.7868959	12.566104	8.398836e-06
C:3 SMP-B:2	SMP	5.2695000	0.8798959	9.659104	8.553985e-03
A:3 SMP-C:2	SMP	3.3335000	-1.0561041	7.723104	2.719287e-01
B:3 SMP-C:2	SMP	7.4913333	3.1017292	11.880937	4.649854e-05
C:3 SMP-C:2	SMP	4.5843333	0.1947292	8.973937	3.460765e-02
B:3 SMP-A:3	SMP	4.1578333	-0.2317708	8.547437	7.594410e-02
C:3 SMP-A:3	SMP	1.2508333	-3.1387708	5.640437	9.900556e-01
C:3 SMP-B:3	SMP	-2.9070000	-7.2966041	1.482604	4.498078e-01

Tukey MF-SMP gelstyrke

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: lm(formula = Gram ~ Protein * Culture, data = TODataset)

Quantile = 2.872

Minimum significant difference = 7.6773

95% confidence level

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
1-1 SMP	-4.3657	3.3116	10.9888	2.6731	1.239	0.81731
1-2	-22.7507	-15.0734	-7.3961	2.6731	-5.639	6.90e-07 ***
1-2 SMP	-6.5607	1.1166	8.7938	2.6731	0.418	0.99836
1-3	-54.7778	-47.1005	-39.4232	2.6731	-17.620	2.56e-14 ***
1-3 SMP	-12.9864	-5.3091	2.3682	2.6731	-1.986	0.35323

```

1 SMP-2 -26.0623 -18.3850 -10.7077 2.6731 -6.878 7.32e-10 ***
1 SMP-2 SMP -9.8723 -2.1950 5.4823 2.6731 -0.821 0.96344
1 SMP-3 -58.0894 -50.4121 -42.7348 2.6731 -18.859 2.56e-14 ***
1 SMP-3 SMP -16.2979 -8.6206 -0.9433 2.6731 -3.225 0.01772 *
2-2 SMP 8.5127 16.1900 23.8673 2.6731 6.057 7.62e-08 ***
2-3 -39.7044 -32.0271 -24.3498 2.6731 -11.981 2.85e-14 ***
2-3 SMP 2.0871 9.7644 17.4417 2.6731 3.653 0.00424 **
2 SMP-3 -55.8944 -48.2171 -40.5398 2.6731 -18.038 2.56e-14 ***
2 SMP-3 SMP -14.1029 -6.4256 1.2517 2.6731 -2.404 0.15888
3-3 SMP 34.1142 41.7915 49.4688 2.6731 15.634 2.56e-14 ***

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Adjusted p values reported -- single-step method)

B - ANOVA og Tukey viskositet

ANOVA MF Viskositet

lm(formula = viskositet ~ Protein * Kultur, data = MFVisko.tmp)

Anova Table (Type II tests)

Response: viskositet

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Protein	82616	2	25.0283	1.276e-10 ***
Kultur	991	2	0.3004	0.7408
Protein:Kultur	1693	4	0.2564	0.9056
Residuals	406013	246		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tukey MF Viskositet (Rcommander)

Fit: lm(formula = viskositet ~ Protein * Kultur, data = Dataset)

Quantile = 2.358

Minimum significant difference = 14.7084

95% confidence level

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
P1-P2	-24.813	-10.105	4.604	6.238	-1.620	0.239
P1-P3	-56.720	-42.012	-27.303	6.238	-6.735	3.45e-10 ***
P2-P3	-46.615	-31.907	-17.199	6.238	-5.115	1.89e-06 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: lm(formula = viskositet ~ Protein * Kultur, data = Dataset)

Quantile = 2.358

Minimum significant difference = 14.7084

95% confidence level

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
A-B	-14.9937	-0.2853	14.4230	6.2377	-0.046	0.999
A-C	-11.0962	3.6121	18.3205	6.2377	0.579	0.831
B-C	-10.8109	3.8975	18.6058	6.2377	0.625	0.807

(Adjusted p values reported -- single-step method)

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: lm(formula = viskositet ~ Protein_Kultur, data = data)

Quantile = 3.1296

Minimum significant difference = 33.8623

95% confidence level

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
P1:A-P2:A	-48.1893	-14.3270	19.5354	10.8199	-1.324	0.923313
P1:A-P3:A	-73.2004	-39.3381	-5.4758	10.8199	-3.636	0.010048 *
P1:A-P1:B	-32.3898	1.4725	35.3348	10.8199	0.136	1.000000
P1:A-P2:B	-42.3671	-8.5047	25.3576	10.8199	-0.786	0.997166
P1:A-P3:B	-80.4323	-46.5699	-12.7076	10.8199	-4.304	0.000804 ***
P1:A-P1:C	-32.8419	1.0204	34.8828	10.8199	0.094	1.000000
P1:A-P2:C	-38.8063	-4.9440	28.9183	10.8199	-0.457	0.999948
P1:A-P3:C	-70.8508	-36.9885	-3.1261	10.8199	-3.419	0.020721 *
P2:A-P3:A	-58.8734	-25.0111	8.8512	10.8199	-2.312	0.339233
P2:A-P1:B	-18.0629	15.7995	49.6618	10.8199	1.460	0.872618
P2:A-P2:B	-28.0401	5.8222	39.6846	10.8199	0.538	0.999821
P2:A-P3:B	-66.1053	-32.2430	1.6194	10.8199	-2.980	0.075874 .
P2:A-P1:C	-18.5149	15.3474	49.2097	10.8199	1.418	0.889895
P2:A-P2:C	-24.4794	9.3830	43.2453	10.8199	0.867	0.994412
P2:A-P3:C	-56.5238	-22.6615	11.2008	10.8199	-2.094	0.479537
P3:A-P1:B	6.9482	40.8106	74.6729	10.8199	3.772	0.006225 **
P3:A-P2:B	-3.0290	30.8333	64.6957	10.8199	2.850	0.106596
P3:A-P3:B	-41.0942	-7.2319	26.6305	10.8199	-0.668	0.999110
P3:A-P1:C	6.4962	40.3585	74.2208	10.8199	3.730	0.007225 **

```

P3:A-P2:C 0.5317 34.3941 68.2564 10.8199 3.179 0.043341 *
P3:A-P3:C -31.5127 2.3496 36.2120 10.8199 0.217 1.000000
P1:B-P2:B -43.8396 -9.9772 23.8851 10.8199 -0.922 0.991551
P1:B-P3:B -81.9048 -48.0424 -14.1801 10.8199 -4.440 0.000457 ***
P1:B-P1:C -34.3144 -0.4521 33.4103 10.8199 -0.042 1.000000
P1:B-P2:C -40.2788 -6.4165 27.4458 10.8199 -0.593 0.999631
P1:B-P3:C -72.3233 -38.4609 -4.5986 10.8199 -3.555 0.013244 *
P2:B-P3:B -71.9275 -38.0652 -4.2029 10.8199 -3.518 0.014966 *
P2:B-P1:C -24.3371 9.5252 43.3875 10.8199 0.880 0.993812
P2:B-P2:C -30.3016 3.5607 37.4231 10.8199 0.329 0.999996
P2:B-P3:C -62.3460 -28.4837 5.3786 10.8199 -2.633 0.178671
P3:B-P1:C 13.7280 47.5904 81.4527 10.8199 4.398 0.000544 ***
P3:B-P2:C 7.7636 41.6259 75.4883 10.8199 3.847 0.004736 **
P3:B-P3:C -24.2808 9.5815 43.4438 10.8199 0.886 0.993560
P1:C-P2:C -39.8268 -5.9644 27.8979 10.8199 -0.551 0.999786
P1:C-P3:C -71.8712 -38.0089 -4.1466 10.8199 -3.513 0.015227 *
P2:C-P3:C -65.9068 -32.0444 1.8179 10.8199 -2.962 0.079701 .

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)

Lagrede Prøver MF Tukey

Fit: lm(formula = Viskositet ~ Protein * Kultur, data = Lagrede.tmp)

Quantile = 2.3632

Minimum significant difference = 12.5287

95% confidence level

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
1-2	-15.180	-2.651	9.877	5.302	-0.500	0.871361
1-3	-36.208	-23.679	-11.151	5.302	-4.466	4.14e-05 ***
2-3	-33.557	-21.028	-8.499	5.302	-3.966	0.000308 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)

Anova Table (Type II tests)

Response: Viskositet

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Protein	21252	2	11.9505	1.334e-05 ***
Kultur	1959	2	1.1015	0.3346
Protein:Kultur	1051	4	0.2954	0.8807
Residuals	160937	181		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Fit: lm(formula = Viskositet ~ Protein * Kultur, data = Lagrede.tmp)

Quantile = 2.3632

Minimum significant difference = 12.5287

95% confidence level

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
A-B	-14.677	-2.148	10.381	5.302	-0.405	0.914
A-C	-20.051	-7.522	5.007	5.302	-1.419	0.333
B-C	-17.903	-5.374	7.155	5.302	-1.014	0.569

(Adjusted p values reported -- single-step method)

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
1:A-2:A	-30.9602	-2.0994	26.7613	9.1921	-0.228	1.00000
1:A-3:A	-46.5378	-17.6771	11.1837	9.1921	-1.923	0.59875
1:A-1:B	-28.6526	0.2082	29.0689	9.1921	0.023	1.00000
1:A-2:B	-32.8905	-4.0298	24.8310	9.1921	-0.438	0.99996
1:A-3:B	-52.6116	-23.7509	5.1099	9.1921	-2.584	0.20080
1:A-1:C	-32.7754	-3.9147	24.9461	9.1921	-0.426	0.99997
1:A-2:C	-34.4988	-5.6380	23.2228	9.1921	-0.613	0.99952
1:A-3:C	-62.2993	-33.4385	-4.5777	9.1921	-3.638	0.01057 *
2:A-3:A	-44.4384	-15.5776	13.2831	9.1921	-1.695	0.74910
2:A-1:B	-26.5531	2.3076	31.1684	9.1921	0.251	1.00000
2:A-2:B	-30.7911	-1.9303	26.9304	9.1921	-0.210	1.00000
2:A-3:B	-50.5122	-21.6514	7.2093	9.1921	-2.355	0.31522
2:A-1:C	-30.6760	-1.8152	27.0455	9.1921	-0.197	1.00000
2:A-2:C	-32.3993	-3.5386	25.3222	9.1921	-0.385	0.99999
2:A-3:C	-60.1998	-31.3390	-2.4783	9.1921	-3.409	0.02228 *
3:A-1:B	-10.9755	17.8852	46.7460	9.1921	1.946	0.58308
3:A-2:B	-15.2135	13.6473	42.5080	9.1921	1.485	0.86137
3:A-3:B	-34.9346	-6.0738	22.7870	9.1921	-0.661	0.99917
3:A-1:C	-15.0984	13.7624	42.6231	9.1921	1.497	0.85564
3:A-2:C	-16.8217	12.0390	40.8998	9.1921	1.310	0.92737
3:A-3:C	-44.6222	-15.7614	13.0993	9.1921	-1.715	0.73683
1:B-2:B	-33.0987	-4.2380	24.6228	9.1921	-0.461	0.99994
1:B-3:B	-52.8198	-23.9590	4.9017	9.1921	-2.606	0.19125
1:B-1:C	-32.9836	-4.1229	24.7379	9.1921	-0.449	0.99995
1:B-2:C	-34.7070	-5.8462	23.0146	9.1921	-0.636	0.99937
1:B-3:C	-62.5074	-33.6467	-4.7859	9.1921	-3.660	0.00979 **
2:B-3:B	-48.5819	-19.7211	9.1397	9.1921	-2.145	0.44604
2:B-1:C	-28.7457	0.1151	28.9759	9.1921	0.013	1.00000
2:B-2:C	-30.4690	-1.6082	27.2525	9.1921	-0.175	1.00000
2:B-3:C	-58.2695	-29.4087	-0.5480	9.1921	-3.199	0.04211 *
3:B-1:C	-9.0246	19.8362	48.6970	9.1921	2.158	0.43771
3:B-2:C	-10.7479	18.1129	46.9736	9.1921	1.970	0.56591
3:B-3:C	-38.5484	-9.6876	19.1731	9.1921	-1.054	0.97976
1:C-2:C	-30.5841	-1.7233	27.1374	9.1921	-0.187	1.00000

1:C-3:C -58.3846 -29.5238 -0.6630 9.1921 -3.212 0.04060 *
 2:C-3:C -56.6612 -27.8005 1.0603 9.1921 -3.024 0.06888 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
 (Adjusted p values reported -- single-step method)

Salttilsetning ANOVA

Anova Table (Type II tests)

Response: Viskositet

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Protein	10.013	2	13.0203	8.323e-06 ***
Kultur	0.591	2	0.7691	0.4659
Protein:Kultur	1.345	4	0.8742	0.4819
Residuals	42.682	111		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Salttilsetning Tukey

Quantile = 2.3756

Minimum significant difference = 0.3296

95% confidence level

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
A-B	-0.51342	-0.18383	0.14576	0.13874	-1.325	0.384
A-C	-0.42242	-0.09283	0.23676	0.13874	-0.669	0.782
B-C	-0.23859	0.09100	0.42060	0.13874	0.656	0.789

(Adjusted p values reported -- single-step method)

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
1-2	-0.4424	-0.1121	0.2181	0.1390	-0.806	0.699809
1-3	-0.9830	-0.6528	-0.3225	0.1390	-4.695	2.27e-05 ***
2-3	-0.8709	-0.5407	-0.2104	0.1390	-3.889	0.000501 ***

SMP ANOVA

Anova Table (Type II tests)

Response: Viskositet

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Protein	1788	2	2.8963	0.058261 .
Kultur	3050	2	4.9399	0.008338 **
Protein:Kultur	4208	4	3.4074	0.010608 *
Residuals	47240	153		

SMP Tukey

Fit: lm(formula = Viskositet ~ Protein * Kultur, data = SMPvisko.tmp)

Quantile = 2.3667

Minimum significant difference = 8.0035

95% confidence level

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
1-2	-15.8925	-7.8891	0.1144	3.3816	-2.333	0.0543 .
1-3	-12.7740	-4.7706	3.2329	3.3816	-1.411	0.3379
2-3	-4.8849	3.1185	11.1220	3.3816	0.922	0.6271

Fit: lm(formula = Viskositet ~ Protein * Kultur, data = SMPvisko.tmp)

Quantile = 2.3667

Minimum significant difference = 8.0044

95% confidence level

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
A-B	-17.6801	-9.6757	-1.6714	3.3820	-2.861	0.0133 *
A-C	-9.4355	-1.4312	6.5732	3.3820	-0.423	0.9061
B-C	0.2402	8.2446	16.2490	3.3820	2.438	0.0419 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)

SMP-MF Viskositet Tukey

Fit: lm(formula = viskositet ~ Protein * Kultur, data = Kombovisko.tmp)

Quantile = 2.8636

Minimum significant difference = 16.802

95% confidence level

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
P1-P1SMP	-18.9058	-2.1037	14.6983	5.8674	-0.359	0.999
P1-P2	-26.9067	-10.1046	6.6974	5.8674	-1.722	0.518
P1-P2SMP	-26.7949	-9.9928	6.8092	5.8674	-1.703	0.531
P1-P3	-58.8137	-42.0117	-25.2096	5.8674	-7.160	3.88e-11 ***
P1-P3SMP	-23.6764	-6.8743	9.9277	5.8674	-1.172	0.850
P1SMP-P2	-24.8029	-8.0009	8.8012	5.8674	-1.364	0.749
P1SMP-P2SMP	-24.6911	-7.8891	8.9130	5.8674	-1.345	0.760
P1SMP-P3	-56.7100	-39.9080	-23.1059	5.8674	-6.802	5.49e-10 ***
P1SMP-P3SMP	-21.5726	-4.7706	12.0315	5.8674	-0.813	0.965
P2-P2SMP	-16.6903	0.1118	16.9138	5.8674	0.019	1.000
P2-P3	-48.7091	-31.9071	-15.1050	5.8674	-5.438	1.40e-06 ***
P2-P3SMP	-13.5717	3.2303	20.0324	5.8674	0.551	0.994
P2SMP-P3	-48.8209	-32.0189	-15.2168	5.8674	-5.457	1.27e-06 ***
P2SMP-P3SMP	-13.6835	3.1185	19.9206	5.8674	0.531	0.995
P3-P3SMP	18.3353	35.1374	51.9394	5.8674	5.989	7.07e-08 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)

MF-Lagrede Viskositet Tukey

Fit: lm(formula = viskositet ~ Protein * Kultur, data = MFlagrade)

Quantile = 2.8627

Minimum significant difference = 17.3249

95% confidence level

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
P1-P1L	-16.976	0.349	17.674	6.052	0.058	1.00000
P1-P2	-27.430	-10.105	7.220	6.052	-1.670	0.55269
P1-P2L	-19.130	-1.806	15.519	6.052	-0.298	0.99968
P1-P3	-59.337	-42.012	-24.687	6.052	-6.942	1.90e-10 ***
P1-P3L	-40.380	-23.055	-5.730	6.052	-3.810	0.00220 **
P1L-P2	-27.779	-10.454	6.871	6.052	-1.727	0.51442
P1L-P2L	-19.479	-2.154	15.171	6.052	-0.356	0.99925
P1L-P3	-59.685	-42.361	-25.036	6.052	-7.000	1.23e-10 ***
P1L-P3L	-40.729	-23.404	-6.079	6.052	-3.867	0.00176 **
P2-P2L	-9.026	8.299	25.624	6.052	1.371	0.74424
P2-P3	-49.232	-31.907	-14.582	6.052	-5.272	3.19e-06 ***
P2-P3L	-30.276	-12.951	4.374	6.052	-2.140	0.26881
P2L-P3	-57.531	-40.206	-22.881	6.052	-6.644	1.37e-09 ***
P2L-P3L	-38.575	-21.250	-3.925	6.052	-3.511	0.00652 **

P3-P3L 1.631 18.956 36.281 6.052 3.132 0.02269 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Adjusted p values reported -- single-step method)

Tukey av Melkemiks-MF

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: lm(formula = viskositet ~ Protein_Kultur, data = data)

Quantile = 3.2941

Minimum significant difference = 50.1577

95% confidence level

Linear Hypotheses:

	Lower	Center	Upper	Std.Err	t value	P(>t)
P1:A-P2:A	-64.4847	-14.3270	35.8308	15.2264	-0.941	0.998629
P1:A-P3:A	-89.4958	-39.3381	10.8196	15.2264	-2.584	0.293810
P1:A-P1:B	-48.6852	1.4725	51.6302	15.2264	0.097	1.000000
P1:A-P2:B	-58.6625	-8.5047	41.6530	15.2264	-0.559	0.999992
P1:A-P3:B	-96.7277	-46.5699	3.5878	15.2264	-3.058	0.097468
P1:A-P1:C	-49.1373	1.0204	51.1782	15.2264	0.067	1.000000
P1:A-P2:C	-55.1017	-4.9440	45.2137	15.2264	-0.325	1.000000
P1:A-P3:C	-87.1462	-36.9885	13.1693	15.2264	-2.429	0.389716
P1:A-P11:O	-45.0406	5.1171	55.2749	15.2264	0.336	1.000000
P1:A-P20:O	-61.1123	-10.9546	39.2032	15.2264	-0.719	0.999895
P1:A-P30:O	-135.0623	-84.9046	-34.7469	15.2264	-5.576	3.56e-06 ***
P2:A-P3:A	-75.1688	-25.0111	25.1466	15.2264	-1.643	0.891758
P2:A-P1:B	-34.3583	15.7995	65.9572	15.2264	1.038	0.996697
P2:A-P2:B	-44.3355	5.8222	55.9799	15.2264	0.382	1.000000
P2:A-P3:B	-82.4007	-32.2430	17.9148	15.2264	-2.118	0.610603
P2:A-P1:C	-34.8103	15.3474	65.5051	15.2264	1.008	0.997446
P2:A-P2:C	-40.7748	9.3830	59.5407	15.2264	0.616	0.999978
P2:A-P3:C	-72.8192	-22.6615	27.4962	15.2264	-1.488	0.942876
P2:A-P11:O	-30.7136	19.4441	69.6018	15.2264	1.277	0.981414
P2:A-P20:O	-46.7853	3.3724	53.5301	15.2264	0.221	1.000000
P2:A-P30:O	-120.7354	-70.5776	-20.4199	15.2264	-4.635	0.000329 ***
P3:A-P1:B	-9.3472	40.8106	90.9683	15.2264	2.680	0.241348
P3:A-P2:B	-19.3244	30.8333	80.9911	15.2264	2.025	0.676032
P3:A-P3:B	-57.3896	-7.2319	42.9259	15.2264	-0.475	0.999998
P3:A-P1:C	-9.7992	40.3585	90.5162	15.2264	2.651	0.256777
P3:A-P2:C	-15.7637	34.3941	84.5518	15.2264	2.259	0.508399
P3:A-P3:C	-47.8081	2.3496	52.5074	15.2264	0.154	1.000000
P3:A-P11:O	-5.7025	44.4552	94.6129	15.2264	2.920	0.139353
P3:A-P20:O	-21.7742	28.3835	78.5413	15.2264	1.864	0.780346
P3:A-P30:O	-95.7242	-45.5665	4.5912	15.2264	-2.993	0.115883
P1:B-P2:B	-60.1350	-9.9772	40.1805	15.2264	-0.655	0.999959
P1:B-P3:B	-98.2001	-48.0424	2.1153	15.2264	-3.155	0.074784

P1:B-P1:C	-50.6098	-0.4521	49.7057	15.2264	-0.030	1.000000	
P1:B-P2:C	-56.5742	-6.4165	43.7412	15.2264	-0.421	1.000000	
P1:B-P3:C	-88.6187	-38.4609	11.6968	15.2264	-2.526	0.327980	
P1:B-P11:O	-46.5131	3.6446	53.8024	15.2264	0.239	1.000000	
P1:B-P20:O	-62.5848	-12.4270	37.7307	15.2264	-0.816	0.999639	
P1:B-P30:O	-136.5348	-86.3771	-36.2194	15.2264	-5.673	2.15e-06	***
P2:B-P3:B	-88.2229	-38.0652	12.0925	15.2264	-2.500	0.344062	
P2:B-P1:C	-40.6325	9.5252	59.6829	15.2264	0.626	0.999974	
P2:B-P2:C	-46.5970	3.5607	53.7185	15.2264	0.234	1.000000	
P2:B-P3:C	-78.6414	-28.4837	21.6740	15.2264	-1.871	0.776406	
P2:B-P11:O	-36.5358	13.6219	63.7796	15.2264	0.895	0.999140	
P2:B-P20:O	-52.6075	-2.4498	47.7079	15.2264	-0.161	1.000000	
P2:B-P30:O	-126.5576	-76.3999	-26.2421	15.2264	-5.018	5.70e-05	***
P3:B-P1:C	-2.5674	47.5904	97.7481	15.2264	3.126	0.081231	.
P3:B-P2:C	-8.5318	41.6259	91.7837	15.2264	2.734	0.215072	
P3:B-P3:C	-40.5762	9.5815	59.7392	15.2264	0.629	0.999972	
P3:B-P11:O	1.5293	51.6871	101.8448	15.2264	3.395	0.036795	*
P3:B-P20:O	-14.5423	35.6154	85.7731	15.2264	2.339	0.451336	
P3:B-P30:O	-88.4924	-38.3347	11.8231	15.2264	-2.518	0.333068	
P1:C-P2:C	-56.1222	-5.9644	44.1933	15.2264	-0.392	1.000000	
P1:C-P3:C	-88.1666	-38.0089	12.1488	15.2264	-2.496	0.346381	
P1:C-P11:O	-46.0610	4.0967	54.2544	15.2264	0.269	1.000000	
P1:C-P20:O	-62.1327	-11.9750	38.1827	15.2264	-0.786	0.999748	
P1:C-P30:O	-136.0828	-85.9250	-35.7673	15.2264	-5.643	2.51e-06	***
P2:C-P3:C	-82.2022	-32.0444	18.1133	15.2264	-2.105	0.619958	
P2:C-P11:O	-40.0966	10.0611	60.2189	15.2264	0.661	0.999955	
P2:C-P20:O	-56.1683	-6.0105	44.1472	15.2264	-0.395	1.000000	
P2:C-P30:O	-130.1183	-79.9606	-29.8029	15.2264	-5.251	1.84e-05	***
P3:C-P11:O	-8.0521	42.1056	92.2633	15.2264	2.765	0.200555	
P3:C-P20:O	-24.1238	26.0339	76.1916	15.2264	1.710	0.862607	
P3:C-P30:O	-98.0739	-47.9161	2.2416	15.2264	-3.147	0.076541	.
P11:O-P20:O	-66.2294	-16.0717	34.0860	15.2264	-1.056	0.996164	
P11:O-P30:O	-140.1795	-90.0217	-39.8640	15.2264	-5.912	6.00e-07	***
P20:O-P30:O	-124.1078	-73.9500	-23.7923	15.2264	-4.857	0.000121	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)

C - Antall tester utført ved gelstyrke

Antall tester gjennomført på gelstyrke av de ulike rømmevarianter.

Rømmevariant	Antall tester gjennomført	Rømmevariant	Antall tester gjennomført
1A	30	1C SMP	6
1B	24	2A SMP	6
1C	22	2B SMP	6
2A	22	2C SMP	6
2B	21	3A SMP	6
2C	20	3B SMP	6
3A	23	3C SMP	6
3B	28	CF	9
3C	23	TR	9
1A SMP	6	QR	9
1B SMP	6		

CF- Creme Fraiche, QR-Q meierienes lettrømme, TR-Tine lettrømme, SMP- skummet melkepulver.

D - Skjærhastighet med samsvarende viskositet, skjærspenning og moment

Punkter, shear rate og speed er konstant, resterende er avhengig av prøven (Miks 3 uten fermentering i dette eksemplet)

Meas.

Pts.	Shear Rate [1/s]	Shear Stress [Pa]	Viscosity [Pa·s]	Speed [1/min]	Torque [μNm]
1	0.01	10.1	1 010	0.00778	535
2	0.0147	13.5	922	0.0114	719
3	0.0215	15.6	724	0.0168	829
4	0.0316	17.5	554	0.0246	930
5	0.0464	19	410	0.0361	1 010
6	0.0681	19.7	289	0.053	1 050
7	0.1	19.6	196	0.0778	1 040
8	0.147	19.7	134	0.114	1 050
9	0.215	20.1	93.3	0.168	1 070
10	0.316	20.9	66.2	0.246	1 110
11	0.464	22.6	48.6	0.361	1 200
12	0.681	25	36.7	0.53	1 330
13	1	27.3	27.3	0.778	1 450
14	1.47	29.9	20.4	1.14	1 590
15	2.15	34.4	16	1.68	1 830
16	3.16	42.8	13.5	2.46	2 270
17	4.64	54.2	11.7	3.61	2 880
18	6.81	73.1	10.7	5.3	3 880
19	10	89.4	8.94	7.78	4 750
20	14.7	104	7.12	11.4	5 550
21	21.5	118	5.5	16.8	6 300
22	31.6	133	4.19	24.6	7 040
23	46.4	147	3.16	36.1	7 810
24	68.1	162	2.37	53	8 590
25	100	177	1.77	77.8	9 410

E - Sensoriske resultater for MF

	Blank	Glatt	Kremet	Trådtrekkende	Fet munnfølelse	Syrlighet	Bismak	Helhetsinntrykk
1A	85.5	85.5	59	24	45	61	28	72
1B	87	86	80.5	77.5	82	59	27	74
1C	89	92	78	71.5	69	67	31	65.5
2A	74	63	59.5	29.5	54.5	68.5	28	60.5
2B	82	89	84	75	78	62.5	38	62
2C	86	87	81.5	58.5	72	56.5	33	65
3A	75.5	77.5	64	17	60	74	38	66
3B	81.5	84	90	53.5	86	63.5	27.5	72
3C	75	77.5	87	39	80	76.5	34	66
CF	82	89.5	76	50.5	65	55	31	69
QR	72	68	51	24	48	75.5	24	69
SR	90.5	96	87.5	33	70	43.5	24	82
TR	100	96	60.5	34	56	56.5	24	72

F- Sensoriske resultater SMP rømme

	Blank	Glatt	Kremet	Trådtrekkende	Fet	Syrlighet	Bi-smak	Helhetsinntrykk
1A	45	47	31	14	25	34	11	40
1B	46	45	40	38	37	30	15	38
1C	47	48	36	28	31	34	9	43
2A	41	43	36	10	29	33	16	36
2B	40	42	40	29	37	31	13	42
2C	43	41	41	32	36	36	13	37
3A	40	42	33	19	30	43	21	33
3B	41	36	41	29	39	32	15	38
3C	45	45	39	36	41	38	17	35
CF	23	33	31	12	29	29	11	39
QR	35	37	32	10	30	27	11	41
SR	39	47	45	16	40	22	9	42
TR	47	46	30	21	27	28	9	37



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway