



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 60 stp
Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap

Effekt av ulike teknologiske produksjonsparametere på lettrømmekvalitet

Effect of different technological production
parameters on the quality of low fat sour cream

Nina Østby
Industriell matproduksjon

FORORD

Å skrive masteroppgave har vært en spennende og lærerik prosess. Det har til tider vært krevende å kombinere oppgaveskriving med full jobb i TINE, men med god støtte fra både veiledere, arbeidsgiver og samboer, har jeg nådd målet om en erfaringsbasert mastergrad i industriell matproduksjon.

Masteroppgaven ble utført ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (IKBM) ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) i 2016, og utgjør 60 studiepoeng.

Hovedveileder har vært professor Judith Narvhus og biveileder har vært professor emeritus Roger Abrahamsen. Jeg vil takke dem for svært god faglig veiledning, hjelp til planlegging og gjennomføring, samt gjennomlesning av oppgaven. I tillegg vil jeg takke professorer Reidar Barfod Schüller og Siv Borghild Skeie for uvurderlig hjelp til hhv. reologi og statistikk, samt Lene Cecilie Hermansen og Hilde Kolstad for hjelp til konfokalmikroskopi. Jeg vil også takke de ansatte på laboratoriet ved IKBM for hjelp og gode råd under arbeidet på laboratoriet, samt alle som stilte opp som dommere i det sensoriske panelet.

Jeg ønsker også å takke min tidligere leder i TINE, Anne Wennberg, for hjelp til planlegging og tilrettelegging av hele mastergraden. I tillegg vil jeg takke Marit Reierstad som foreslo tema for masteroppgaven, samt Anne Margrethe Westblad som lot meg hospitere i produksjonen ved TINE Meieriet Oslo og har svart på alle spørsmål knyttet til rømmeproduksjon ved anlegget i etterkant.

Helt til slutt ønsker jeg å takke min kjære samboer Nicolai for uvurderlig støtte gjennom hele prosessen.

Ås, januar 2017

Nina Østby

SAMMENDRAG

Lettrømme med 18 % fett har tidvis for lav viskositet. Det var derfor ønskelig å undersøke mulige sammenhenger mellom ulike teknologiske produksjonsparametere og deres effekt på lettrømmekvalitet.

Med utgangspunkt i oppgitte forskjeller i produksjonsprosessene ved tre produksjonsanlegg for lettrømme, samt publisert informasjon, ble effekten på lettrømmekvalitet ved å behandle fløten med følgende forsøksfaktorer undersøkt: homogeniseringstemperatur 55 °C eller 65 °C, homogeniseringstrykk 120 + 30 bar eller 175 + 35 bar, ettrinns-homogenisering eller dobbel homogenisering og syrning av fløte med fire forskjellige syrekulturer.

Homogenisering ved 65 °C resulterte i signifikant høyere viskositet og fastere gel enn homogenisering ved 55 °C. Ved 65 °C var det signifikant effekt av homogeniseringstrykk, der homogenisering ved 120 + 30 bar resulterte i signifikant fastere gel og høyere viskositet enn homogenisering ved 175 + 35 bar. Det var ikke en slik effekt av homogeniseringstrykk ved 55 °C. Ettrinns-homogenisering av fløte resulterte i signifikant fastere gel og høyere viskositet i rømme enn dobbel homogenisering.

To av syrekulturene produserte eksopolysakkarider (EPS). Ifølge informasjon fra syrekulturleverandøren var de to kulturrene forventet å gi forskjellig grad av EPS-produksjon. Sensoriske analyser viste imidlertid ingen signifikante forskjeller i grad av trådtrekkende konsistens i rømme syrnet med de aktuelle kulturrene.

Ifølge syrekulturleverandøren kunne det forventes høyere viskositet i rømme ved bruk av kulturen med høyest EPS produksjon. Reologiske analyser viste derimot signifikant *lavere* viskositet i rømme syrnet med den aktuelle kulturen.

ABSTRACT

Low fat sour cream with 18 % fat occasionally has a too low viscosity. Possible relations between different technological production parameters and their influence on the quality of low fat sour cream were therefore investigated.

Based on differences in the manufacturing process at three dairies for sour cream, as well as published information, the effect of treating cream for sour cream production with the following experimental variables was investigated: homogenization temperature 55 °C or 65 °C, homogenization pressure 120 + 30 bar or 175 + 35 bar, single-stage homogenization or double-stage homogenization and inoculation with four different starter cultures.

Homogenization at 65 °C resulted in a significantly firmer gel and higher viscosity than homogenization at 55 °C. At 65 °C, homogenization at 120 + 30 bar resulted in significantly firmer gel and higher viscosity than homogenization at 175 + 35 bar. This effect was not found at homogenization temperature 55 °C. Single-stage homogenization of cream for sour cream production resulted in a significantly firmer gel and higher viscosity than double-stage homogenization.

Two of the starter cultures produced exopolysaccharides (EPS). The supplier informed that the two cultures were expected to produce different amounts of EPS. However, sensory analysis showed no significant differences between the degree of ropy consistency in sour cream inoculated with these cultures.

According to the supplier, it could be expected a higher viscosity of sour cream when using the culture with the highest EPS production. However, rheological analysis showed significantly *lower* viscosity in sour cream inoculated with this culture.

INNHALDSFORTEGNELSE

1.0 INNLEDNING.....	1
1.1 BAKGRUNN.....	1
1.2 PROBLEMSTILLING.....	2
2.0 TEORI.....	3
2.1 INTRODUKSJON.....	3
2.2 MELKENS SAMMENSETNING.....	4
2.2.1 Fett.....	4
2.2.2 Proteiner.....	6
2.2.3 Laktose.....	7
2.2.4 Mineraler og salter.....	8
2.3 MELKESYREBAKTERIER.....	8
2.3.1 Taksonomi.....	8
2.3.2 Metabolisme.....	9
2.3.3 Karbohydratmetabolisme.....	9
2.3.4 Alternativ pyruvatmetabolisme.....	11
2.3.5 Sitratmetabolisme.....	12
2.3.6 Produksjon av eksopolysakkarider (EPS).....	14
2.4 SYREGELDANNELSE.....	17
2.5 FREMSTILLING AV RØMME.....	18
2.5.1 Generelt om rømme.....	18
2.5.2 Fremstillingsprosess.....	19
2.5.3 Standardisering.....	19
2.5.4 Homogenisering.....	19
2.5.5 Varmebehandling.....	20
2.5.6 Tilsetning av syrekultur, nedkjøling og lagring.....	21
2.5.7 Fremstilling av rømme produsert i utlandet.....	23
2.6 HOMOGENISERING.....	23
2.6.1 Effekter av homogenisering.....	23
2.6.2 Kasein- og fettinnhold.....	23
2.6.3 Homogeniseringsmetode.....	25

2.6.4 Homogeniseringstemperatur	26
2.6.5 Homogeniseringstrykk	27
2.6.6 anbefalte homogeniseringsbetingelser ved rømmeproduksjon.....	27
2.7 VANLIGE VISKOSITETSUTFORDRINGER OG ÅRSAKER	30
2.8 RØMMEPRODUKSJON I TINE.....	31
2.8.1 Rømmeproduksjon ved TINE Meieriet Oslo	31
2.8.2 Flytskjema for TINE Lettrømme ved TINE Meieriet Oslo.....	32
2.8.3 Produksjonsforskjeller mellom TINE-anleggene.....	34
2.9 REOLOGI	35
2.9.1 Introduksjon til reologi	35
2.9.2 Klassifisering av væsker	35
2.9.3 Måling av viskositet	37
2.9.4 Måling av gelfasthet	37
3.0 MATERIALER OG METODER	38
3.1 HOVEDFORSØK 1	38
3.1.1 Innledende forsøk 1	38
3.1.2 Hovedforsøk 1.....	41
3.2 HOVEDFORSØK 2	43
3.2.1 Innledende forsøk 2	43
3.2.2 Hovedforsøk 2.....	45
3.3 ANALYSEMETODER.....	46
3.3.1 Måling av pH	46
3.3.2 Kjemiske analyser	46
3.3.3 Reologiske analyser	48
3.3.4 Sensorisk analyser	53
3.3.5 Konfokalmikroskopi	54
3.3.6 Databehandling.....	54
4.0 RESULTATER	55
4.1 INNLEDENDE FORSØK 1.....	55
4.1.1 pH-utvikling.....	55
4.1.2 Reologiske analyser	56
4.1.3 Kjemiske analyser	58

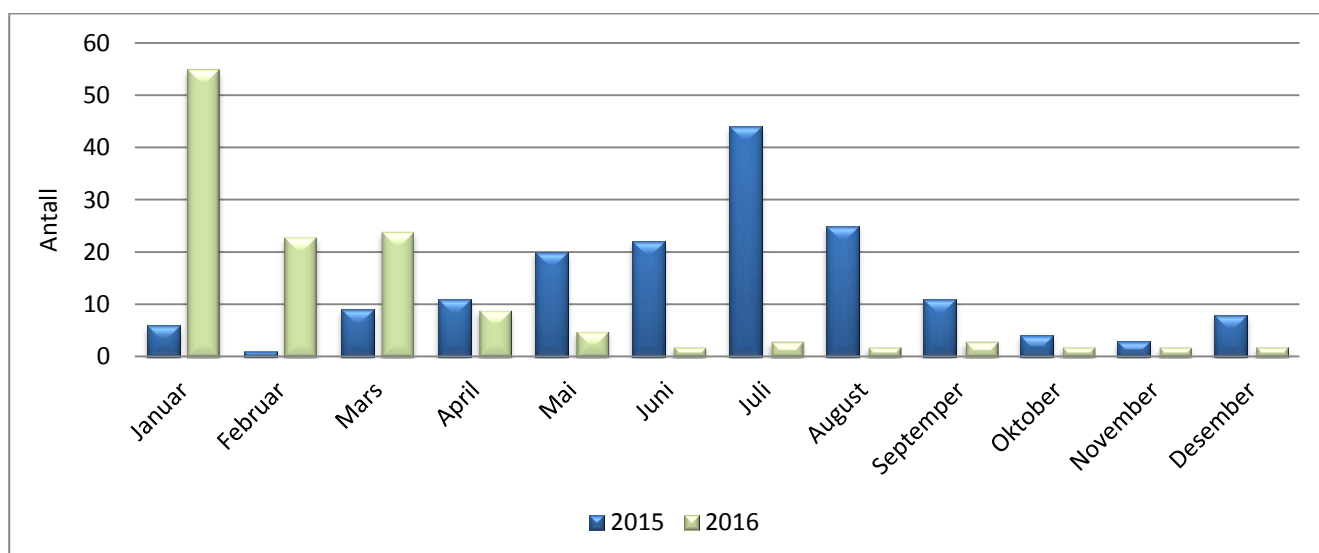
4.2 HOVEDFORSØK 1	59
4.2.1 Sammensetning av usyrnet fløte	59
4.2.2 pH-utvikling.....	59
4.2.3 Reologiske analyser	60
4.2.4 Sensoriske analyser.....	64
4.2.5 Kjemiske analyser	76
4.3 HOVEDFORSØK 2	84
4.3.1 Sammensetning av usyrnet fløte	84
4.3.2 pH-utvikling.....	84
4.3.3 Reologiske analyser	85
4.3.4 Sensoriske analyser.....	89
4.3.5 Konfokalmikroskopi	93
5.0 DISKUSJON	97
5.1 pH OG SYRNINGSTID.....	97
5.2 EFFEKT AV HOMOGENISERINGSBETINGELSER	98
5.3 EFFEKT AV HOMOGENISERINGSMETODE	102
5.4 EFFEKT AV SYRNING MED ULIKE SYREKULTURER	104
5.4.1 Reologiske og sensoriske analyser	104
5.4.2 Kjemiske analyser	108
5.5 EFFEKT AV SALTINNBLANDING.....	109
5.6 OPPSUMMERING AV RESULTATER OG VIDERE ARBEID	110
6.0 REFERANSER.....	114
7.0 VEDLEGGSLISTE	120

1.0 INNLEDNING

1.1 BAKGRUNN

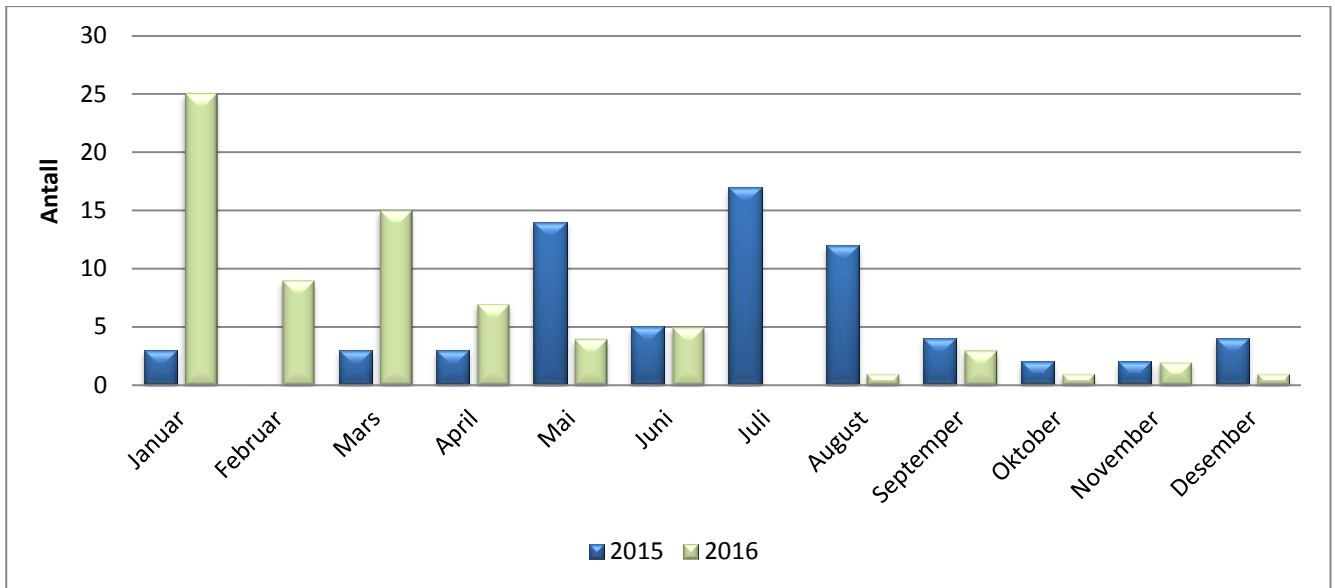
TINE Meieriet Oslo har de siste årene hatt sporadiske utfordringer med lav viskositet i TINE Lettrømme 18 % fett. Dette har ført til forbrukerhenvendelser og uønsket vrak av produkter, mellom 1 og 2,5 % av produksjonen ble kassert i 2015 og 2016. Disse tallene *kan* ha andre årsaker enn lav viskositet, men ifølge Anne Margrethe Westblad, som er kvalitets- og forbedringsrådgiver ved TINE Meieriet Oslo, ble de fleste produktene kassert pga. lav viskositet og fnokker (Anne Margrethe Westblad, e-post, 29. mars 2016).

Oversikt over reklamasjoner på TINE Lettrømme 18 % fett fra TINE Meieriet Oslo er vist i figur 1.



Figur 1: Reklamasjoner på lav viskositet i TINE Lettrømme 18 % fett produsert ved TINE Meieriet Oslo i 2015 og 2016.

En stor andel av reklamasjonene på lav viskositet kommer etter at TINE Lettrømme 18 % fett er blandet med dippulver. Dette er vist i figur 2.



Figur 2: Reklamasjoner på TINE Lettrømme 18 % fett produsert ved TINE Meieriet Oslo blandet med dippulver i 2015 og 2016.

1.2 PROBLEMSTILLING

For å komme frem til en problemstilling for oppgaven, ble det hospitert tre dg. i produksjonen ved TINE Meieriet Oslo og én dg. i produksjonen ved TINE Meieriet Frya. Begge anleggene produserer TINE Lettrømme 18 % fett, og TINE Meieriet Frya har få kvalitetsutfordringer med produktet.

Hensikten med å hospitere var å få et innblikk i produksjonen, og peke på mulige produksjonsforskjeller mellom anleggene. I tillegg ble det sammen med begge veilederne foretatt en grundig gjennomgang av produksjonen ved begge anleggene basert på tilsendte flytskjemaer, samt observasjoner under hospitering.

Det ble på bakgrunn av dette kommet frem til følgende problemstilling:

Kan de ulike teknologiske produksjonsparameterne, som homogeniseringstemperatur, homogeniseringstrykk, homogeniseringsmetode og syring med ulike syrekulturer, ha en effekt på lettrømmekvalitet?

2.0 TEORI

2.1 INTRODUKSJON

Rømme er produsert av fløte, eller en blanding av melk og fløte, syrnet med en kultur av melkesyrebakterier. Den skal ha en fyldig konsistens, og smaken skal være mild og litt syrlig med en pH <4,5. Bortsett fra smakseffekten av fett, er smaken og aromaen omtrent som i kulturmilk, men rømme har betraktelig høyere fettinnhold (Tamime et al. 2007).

Rømme har blitt produsert i en årrekke i mange land i ulike former og under forskjellige navn (Tamime et al. 2007). Det som skiller de ulike variantene er fettinnhold og lokale preferanser med henhold til surhet og/eller viskositet. I tillegg varierer bruksområdene (Costello 2009). Rømme produseres vanligvis uten tilsetningsstoffer, men enkelte produsenter i utlandet tilsetter stabilisator og ulike krydder. Noen produsenter tilsetter også sitrat eller natriumsitrat. Dette vil bidra til at det kan dannes større mengder aromastoffer (diacetyl) av melkesyrebakteriene i de anvendte kulturene som har evnen til å omdanne sitrat (Tamime et al. 2007).

De ulike rømmeproduktene på det norske markedet er seterrømme 35 %, lettrømme 18 %, lettrømme 10 %, creme fraîche 35 %, creme fraîche 18 %, creme fraîche 10 %, rømmekolle, rømmedressing og melkeringe. Det er imidlertid lettrømme med 18 % fett som er den mest populære varianten. I 2015 var forbruket *per capita* 2,45 kg. Dette tilsvarer i overkant av åtte beger, og en økning på 2,4 % fra 2014 (Opplysningskontoret for Meieriprodukter).

Norskprodusert rømme har mange bruksområder. Produktet kan f.eks. brukes som tilbehør til kjøtt og fisk, som basis i dressinger og dipper og på bær, pai og i andre desserter. Rømme er ikke kokestabil, og dersom den skal brukes i varme retter, bør den tilsettes like før servering (Opplysningskontoret for Meieriprodukter).

2.2 MELKENS SAMMENSETNING

Melk inneholder i gjennomsnitt 87,1 % vann, 4,6 % laktose, 4 % fett, 3,3 % proteiner og 0,7 % mineraler. Sammensetningen vil imidlertid variere pga. genetiske faktorer, laktasjonssyklus og fôring (Walstra et al. 2006). Den gjennomsnittlige prosentvise sammensetningen av melk er vist i tabell 1.

Tabell 1: Gjennomsnittlig prosentvis sammensetning av melk (Walstra et al. 2006).

Komponent	Gjennomsnittlig innhold	Variasjonsområde
Vann	87,1	85,3-88,7
Tørrstoff	8,9	7,9-10
Fett i tørrstoff	31	22-38
Laktose	4,6	3,8-5,3
Fett	4	2,5-5,5
Protein	3,3	2,3-4,4
-hvorav kasein	2,6	1,7-3,5
Mineralsubstanser	0,7	0,57-0,83
Organiske syrer	0,17	0,12-0,21
Diverse	0,15	-

2.2.1 Fett

Triglyserider utgjør 98 % av melkefettet og består av fettsyrer av ulik kjedelengde, 4 til 20 karbonatomer, og metningsgrad. Resten består av fosfolipider, kolesterol, frie fettsyrer, monoglyserider og diglyserider (Walstra et al. 2006). Den prosentvise konsentrasjonen av de ulike fettsyrene i melk, samt smeltepunkt, er vist i tabell 2.

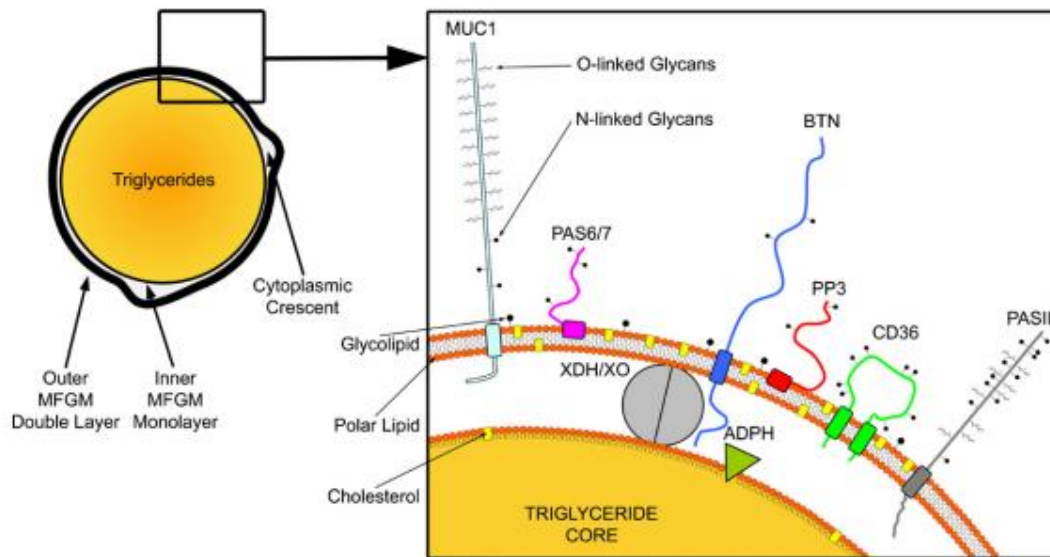
Tabell 2: Den prosentvise konsentrasjonen av de ulike fettsyrene i melk, samt smeltepunkt (Bylund 1995).

Fettsyre	Prosent av totalt fett	Smeltepunkt
Smørsyre (C4:0)	3,0-4,5	-7,9
Kaprønsyre (C6:0)	1,3-2,2	-1,5
Kaprylsyre (C8:0)	0,8-2,5	16,5
Kaprinsyre (C10:0)	1,8-3,8	31,4
Laurinsyre (C12:0)	2,0-5,0	43,6
Myristinsyre (C14:0)	7,0-11,0	53,8
Palmitinsyre (C16:0)	25,0-29,0	62,6
Stearinsyre (C18:0)	7,0-3,0	69,3
Oljesyre (C18:1)	30,0-40,0	14
Linolsyre (C18:2)	2,0-3,0	-5
Alfa-linolensyre (C18:3)	Opptil 1 %	-5
Arakidonsyre (C20:4)	Opptil 1 %	-49,5

Nesten alt fett er foreliggende i form av fettkuler dispergert i melkens serum (Walstra et al. 2006). Diameteren på fettkulene er mellom 0,1 og 20 μm med et gjennomsnitt på 3 til 4 μm (Bylund 1995). Fettkulene er omgitt av en fettkulemembran som skiller dem fra melkens vannfase (Walstra et al. 2006). Fettkulemembranen beskytter fettkulene mot flokkulering og koalesens (sammensmelting), og fett mot enzymreaksjoner knyttet til lipolyse og oksidasjon (Walstra 1984).

Fettkulemembranen er komplekst sammensatt av membranproteiner (ca. én % av alle proteinene i melken), fosfolipider, glykoproteiner, triglyserider, kolesterol, enzymer og andre mindre komponenter (Dewettinck et al. 2008; Johansen et al. 2005). Proteinene utgjør opptil 70 % av komponentene i fettkulemembranen (Walstra et al. 2006). Den rapporterte prosentandelen varierer imidlertid avhengig av hvilke isolasjons- og analysemetoder som er benyttet, ettersom alle proteiner ikke er likt knyttet til fettkulemembranen. Proteinene kan være orientert innover i fettkulemembranen og andre kan opptre mer i membranens periferi, og noen antas også å være løst knyttet til fettkulemembranen (Dewettinck et al. 2008).

Proteinsammensetningen i fettkulemembranen er altså kompleks, og består hovedsakelig av membranspesifikke glykoproteiner (Dewettinck et al. 2008; Walstra et al. 2006), men strukturen og funksjonen er dårlig forstått (Dewettinck et al. 2008). Proteiner som mucin 1 (MUC1), xanthine dehydrogenase/oxidase (XDH/XO), mucin 15 (MUC15 eller PASIII), CD36 (PAS IV), PAS VI/VII (Lactadherin), adipophilin (ADPH) og butyrophilin (BNT) har imidlertid blitt isolert og karakterisert (Dewettinck et al. 2008; Johansen et al. 2005). Proteinene ser ut til å ha betydning for celleaktiviteten, celleveksten og forsvarsmekanismer i kroppen (Johansen et al. 2005). En forenklet fremstilling av fettkulemembranen er vist i figur 3.



Figur 3: Oppbygging av en fettkule med hovedproteinene i fettkulemembranen. Figuren er forenklet og størrelsene er ikke proporsjonale. De membranspesifikke proteinene er fordelt langs fettkulemembranen. ADPH er lokalisert i det indre monolaget, mens XDH/XO er lokalisert mellom det indre og ytre laget. MUC1, BTN, CD36 og MUC15 (PASIII) er lokalisert i det ytre laget. Fosfolipidene PC (Fosfatidylcholin) og SM (Sphingomyelin) og glykolipidene cerebrosid og gangliosid er lokalisert utenfor membranen, mens PE (Fosfatidyletanolamin), PS (Fosfatidylserin) og PI (Fosfatidylinositol) er konsentrert på den indre overflaten av membranen (Dewettinck et al. 2008).

2.2.2 Proteiner

Proteinene i melk deles inn i to hovedtyper, kaseiner og myseproteiner (serumproteiner). Disse utgjør hhv. 80 og 20 % av proteinene i melk (Walstra et al. 2006).

2.2.2.1 Kasein

Kasein er definert som det proteinet som feller ut fra melk ved pH 4,6 (kaseinenes isoelektriske punkt) under syrning (Walstra et al. 2006), og omfatter β -kasein, α_{s1} -kasein, α_{s2} -kasein og κ -kasein i forholdstallene 4:1:3,5:1,5 (Dalgleish & Corredig 2012).

Kasein finnes i melken i form av miceller som består av kaseiner, vann og uopløst salt (Dalgleish & Corredig 2012). Det uopløste saltet kalles kolloidalt eller misselært kalsiumfosfat (CCP) selv om det også inneholder andre komponenter, som kalium, natrium, magnesium og sitrat. Mengden kalsiumfosfat er rundt 8 g per 100 g kasein, mens mengden vann er 4 ml per g kasein (Walstra et al. 2006).

Det er ikke enighet om den nøyaktige strukturen til micellene, men β -kasein har en tendens til å befinne seg i kjernen, og κ -kasein på overflaten. α -kasein ser ut til å være fordelt både i de innerste og ytterste lagene. Formen er rund/sfærisk (Dalglish & Corredig 2012). κ -kasein på overflaten av micellene har en negativt ladet ende som gjør at micellene frastøter hverandre ved melkens naturlige pH, 6,7. Dette fører til kolloidal stabilitet (Dalglish & Corredig 2012; Walstra et al. 2006).

Kaseinene har liten sekundær- og tertiærstruktur og kan derfor ikke denatureres (Walstra et al. 2006).

2.2.2.2 Serumproteiner

Serumproteinene er oppløst i serumfasen i melken og består av β -laktoglobulin, α -laktalbumin, serumalbumin, immunoglobuliner og proteosepepton. De kalles ofte myseproteiner (Walstra et al. 2006) og vil heretter bli omtalt som det.

Myseproteiner er globulære proteiner med sekundær- og tertiærstruktur (Walstra et al. 2006). β -lactoglobulin, som utgjør 50 % av myseproteinene i melk, er svært varmesensitiv (Bylund 1995; Lucey 2004). Proteinet har to disulfidbindinger og en fri sulfatgruppe som under denaturering kan bli eksponert og danne sterke bindinger til andre molekyler (Walstra et al. 2006). Denaturering starter ved 65 °C og er nesten fullstendig ved 95 °C i 5 min (Bylund 1995).

Bortsett fra proteosepepton, kan alle myseproteinene i melk denatureres (Walstra et al. 2006). Dette er en irreversibel reaksjon (Bylund 1995), og blir omtalt nærmere i avsnitt 2.5.5.

2.2.3 Laktose

Melk inneholder karbohydrater i form av laktose, et disakkarid som består av D-glukose og D-galaktose bundet sammen av en β -1,4-glykosidbinding. Laktose er oppløst i serumfasen, og gir melken en litt søtlig smak. Søtheten til laktose er ca. 0,3 ganger søtheten til sukrose, og søtsmaken er også til en viss grad dekket over av proteinene i melken, hovedsakelig kasein (Walstra et al. 2006).

2.2.4 Mineraler og salter

Melk inneholder både organiske og uorganiske salter. Innholdet av salter i melk er <1 % (Bylund 1995).

Kalsium, magnesium, natrium og kalium er de viktigste kationene, mens uorganisk fosfat, sitrat og klorid er de viktigste anionene (Gaucheron 2005).

Saltene i melk foreligger både i oppløst og uoppløst form. De oppløste saltene befinner seg i serumfasen i melken, mens de uoppløste saltene er i hovedsak bundet til kaseinmicellene (Walstra et al. 2006).

Kalsium, natrium, magnesium, kalium og fosfat er assosiert med kaseinmiceller som kolloidalt kalsiumfosfat. Kalsiumfosfat holder micellen sammen som «limpunkter» og er derfor viktig for både strukturen og stabiliteten til kaseinmicellene (Gaucheron 2005; Walstra et al. 2006)

2.3 MELKESYREBAKTERIER

2.3.1 Taksonomi

Melkesyrebakterier har i århundrer blitt benyttet til produksjon av syrnede melkeprodukter (Tamime et al. 2007). De fire slektene som vanligvis benyttes til dette formålet er *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus* og *Lactobacillus*. Renkulturer består av en bakterieart, mens blandingskulturer består av flere stammer eller arter (Walstra et al. 2006).

Melkesyrebakterier fører til biokjemiske endringer i melken. Disse endringene avhenger av egenskapene til syrekulturen, samt hvilket produkt som skal produseres. For alle syrnede produkter er produksjonen av melkesyre viktig. Den gir en konserveringseffekt (Walstra et al. 2006) og bidrar til den karakteristiske sure smaken i syrnede produkter (Brendehaug 1986).

Fenotypiske taksonomiske kriterier for å skille mellom slekter og arter er blant annet fasong (kokker eller staver) og optimumstemperatur for vekst (Walstra et al. 2006). Mesofile og termofile syrekulturer inneholder bakteriearter som vokser best ved hhv. 20-30 °C og 37-45 °C (Tamime et al. 2007).

Rømme syrnes med en mesofil melkesyrekultur bestående av *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (heretter kalt *L. lactis* subsp. *lactis*), *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* (heretter kalt *L. lactis* subsp. *cremoris*), *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* (heretter kalt *L. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*) og *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* (heretter kalt *Lc. mesenteroides* subsp. *cremoris*) (Tamime et al. 2007; Walstra et al. 2006). Denne kulturen kalles en DL-kultur, og denne betegnelsen har den fått fordi den inneholder både *diacetylactis* og *Leuconostoc* (Walstra et al. 2006).

2.3.2 Metabolisme

Laktose er hovedenergikilden til melkesyrebakteriene under syrning av melk. Melkesyrebakteriene bryter ned laktosen i melken og danner melkesyre og eventuelt andre produkter, avhengig av om de er homofermentative eller heterofermentative (Bylund 1995; Walstra et al. 2006). Noen melkesyrebakterier kan også bryte ned sitrat. Ved nedbrytning av sitrat dannes det aromakomponenter som er med på å gi den karakteristiske smaken for det syrnede produktet. I tillegg skaffer melkesyrebakteriene seg essensielle nitrogenholdige forbindelser ved å bryte ned kasein (Walstra et al. 2006).

Laktose er det primære energisubstratet i melk, men det er ikke en begrensende faktor for syreproduksjon. Veksten til melkesyrebakteriene blir hemmet etter hvert som pH i melken blir redusert og melkesyreinnholdet øker (Lucey & Singh 1997; Narvhus et al. 1998). Syrningen avsluttes når pH har blitt redusert til ca. 4,5 (Tamime et al. 2007).

2.3.3 Karbohydratmetabolisme

Melkesyrebakteriene trenger organisk karbon til sin vekst og metabolisme (Walstra et al. 2006). De besitter ikke enzymene som er nødvendig for respirasjon, og kan derfor ikke utføre oksidativ fosforylering. Energibehovet blir derfor dekket av adenosintrifosfat (ATP) fra glykolyse (Tamime et al. 2007).

De metabolske veiene for omdanning av laktose er vist i figur 4.

Første steg i laktosemetabolisme er transport av laktose inn i cellen. Det finnes to hovedsystemer for dette (Tamime et al. 2007; Walstra et al. 2006). Det første systemet kalles fosfoenolpyruvat-

fosfotransferasesystem (PEP-PTS). Laktose fosforyleres idet molekylet transporteres over cellemembranen. Fosfatkilden er det energirike intermediære fosfoenolpyruvat (PEP) fra glykolysen. Dette fører til at fosforylert laktose hydrolyseres intracellulært til glukose og galaktose-6-fosfat av fosfo- β -galaktosidase. Glukose konverteres til glukose-6-fosfat, og begge sukkerfosfatene metaboliseres videre. PEP-PTS-systemet er karakteristisk for laktokokker. Det andre systemet involverer proteiner i cytoplasma (permeaser) som transporterer laktose over cellemembranen. I dette systemet hydrolyseres laktose intracellulært til glukose og galaktose ved hjelp av β -galaktosidase. Deretter metaboliseres glukose og galaktose videre. Dette systemet er karakteristisk for andre bakterier enn laktokokker, som f.eks. *Leuconostoc* (Walstra et al. 2006).

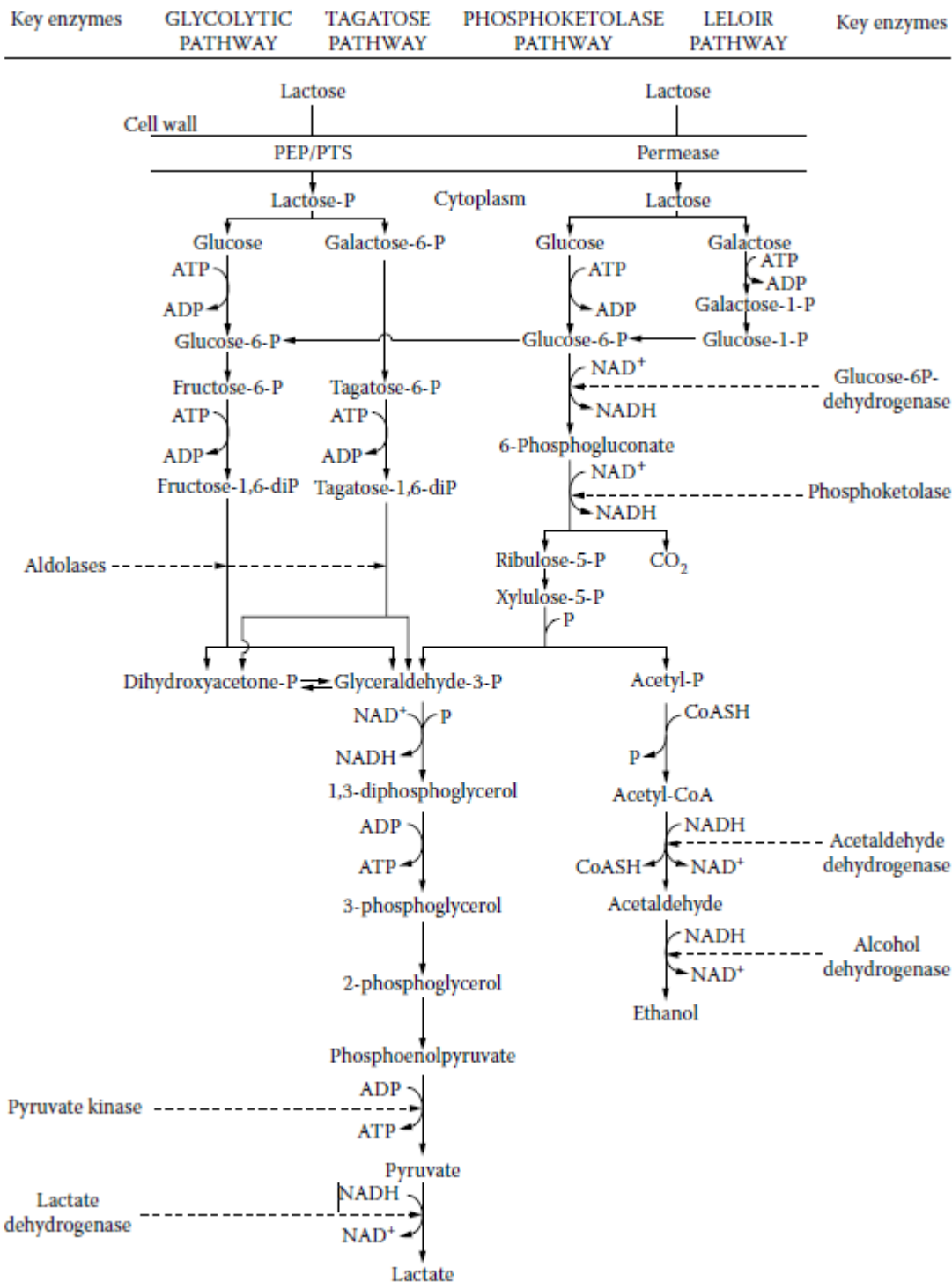
2.3.3.1 Homofermentativ nedbrytning av laktose

Homofermentative melkesyrebakterier produserer hovedsakelig melkesyre ved nedbrytning av laktose. Hos laktokokker metaboliseres glukose-6-fosfat videre via glykolyse og galaktose-6-fosfat via tagatoseveien. Karakteristisk for disse reaksjonsveiene er tilstedeværelsen av enzymet aldolase, som er nødvendig for å hydrolysere hexose difosfat til glycerinaldehyd-3-P. Av ett mol laktose, dannes det fire mol melkesyre og fire mol ATP (Walstra et al. 2006).

2.3.3.2 Heterofermentativ nedbrytning av laktose

Heterofermentative melkesyrebakterier produserer etanol eller eddiksyre og karbondioksid i tillegg til melkesyre ved nedbrytning av laktose. Hvilke endeprodukter som dannes er avhengig av oksygenforholdene i vekstmediet. Ved mikroaerofile forhold dannes melkesyre, etanol og karbondioksid, mens ved aerobe forhold erstattes etanol med dobbelt så mye ATP og eddiksyre (Vasiljevic & Shah 2008).

Hos *Leuconostoc*-stammer metaboliseres glukose via fosfoketolaseveien, mens galaktose omdannes til glukose-1-fosfat via Leloirveien før videre nedbrytning i glykolysen. 6-P-glukonat omdannes til karbondioksid og pentose-5-P ved hjelp av enzymene glukose-P-dehydrogenase og fosfoketolase. Pentose-5-P blir igjen omdannet til glycerinaldehyd-3-P og acetyl-P. Omdannelsen av glycerinaldehyd-3-P til melkesyre skjer via glykolysen og acetyl-P omdannes til etanol. Av ett mol laktose, dannes det to mol melkesyre, to mol etanol, to mol karbondioksid og to mol ATP (Walstra et al. 2006).

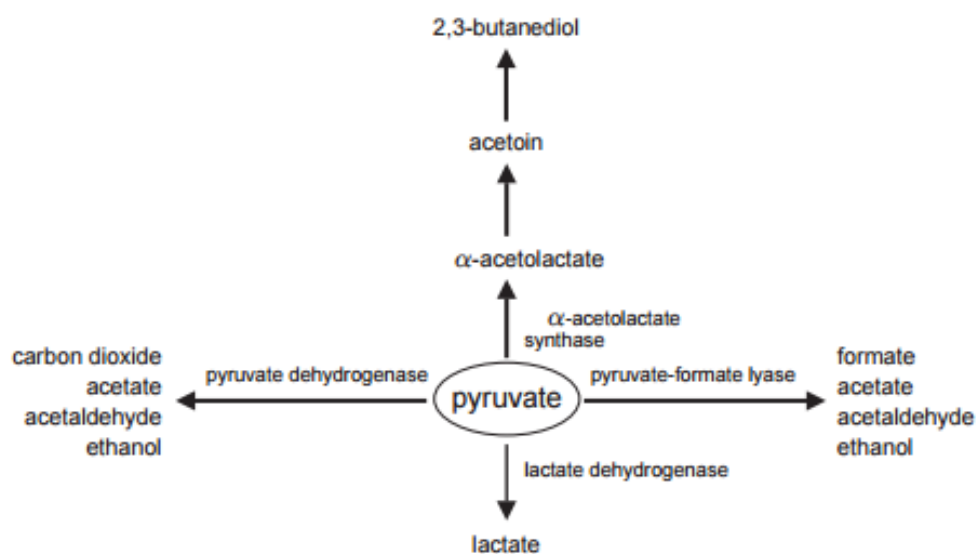


Figur 4: Metabolisme av laktose hos melkesyrebakterier (Walstra et al. 2006).

2.3.4 Alternativ pyruvatmetabolisme

Pyruvat spiller en sentral rolle i karbohydratmetabolismen (Vedamuthu 2006). Pyruvat er forløper til melkesyre, og de homofermentative melkesyrebakteriene produserer primært melkesyre fra pyruvat (Liu 2003; Vedamuthu 2006; Walstra et al. 2006). Under visse betingelser, som ved lave

karbohydratkonsentrasjoner eller aerobe forhold, kan imidlertid de homofermentative melkesyrebakteriene endre metabolismen, slik at andre endeprodukter som acetat, format, etanol, acetaldehyd, diacetyl, acetoin og 2,3 butandiol produseres fra pyruvat (Hutkins 2006; Vasiljevic & Shah 2008). Disse alternative endeproduktene dannes kun ved for høye intracellulære konsentrasjoner av pyruvat. Slike intracellulære konsentrasjoner av pyruvat kan være toksisk for cellen, og alternativ pyruvatmetabolisme er dermed en måte for cellen å håndtere overflødig pyruvat på (Hutkins 2006). Ulike sluttprodukter ved alternativ metabolisme av pyruvat er vist i figur 5.



Figur 5: Ulike endeprodukter ved alternativ metabolisme av pyruvat (Hutkins 2006).

2.3.5 Sitratmetabolisme

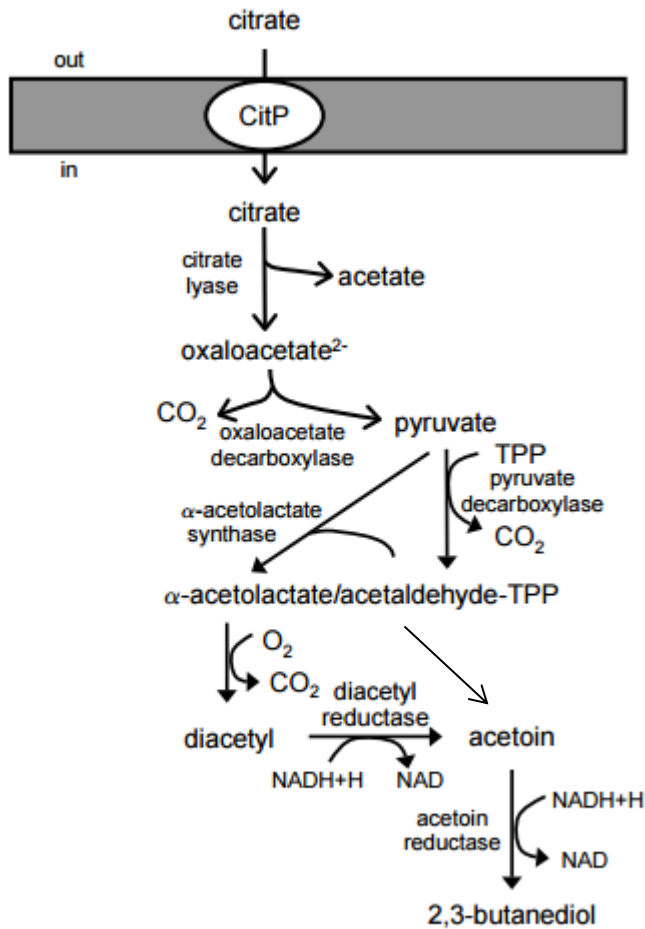
Metabolisme av sitrat er en viktig egenskap hos noen mesofile melkesyrebakterier (Walstra et al. 2006). Det er ca. 0,15 % (1500 ppm) sitrat i melk, men innholdet vil variere (Vedamuthu 2006). Homofermentative *L. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* og heterofermentative *Lc. mesenteroides* subsp. *cremoris* er blant melkesyrebakteriene som kan metabolisere sitrat. Dette skyldes at bakteriene besitter et enzym, sitrat permease, som kan transportere sitrat inn i cellen (Tamime et al. 2007). Sitratmetabolisme hos *Lactococcus*- og *Leuconostoc*-arter er illustrert i figur 6.

Ved metabolisme av sitrat dannes eddiksyre, karbondioksid, acetoin, 2,3-butandiol og diacetyl (Tamime et al. 2007; Østlie et al. 2003). Karbondioksid er viktig for god munnfølelse, mens

aromakomponentene diacetyl og eddiksyre er med på å gi den karakteristiske smaken for det syrnede produktet (Hutkins 2006).

Metabolisme av sitrat er pH-avhengig og har optimum ved pH 6,0-5,0. (Hutkins 2006). Sitrat brukes ikke som energikilde, men holder det cellulære red/oks-potensiale i balanse (Vedamuthu 2006).

Sitrat transporters inn i cellen av enzymet sitrat permease, og hydrolyseres til eddiksyre og oxaloacetat av enzymet sitrat lyase. Videre dekarboksyleres oxaloacetat til pyruvat og karbondioksid av enzymet oxaloacetat dekarboksylase, og eddiksyre frigjøres. Vanligvis reduserer melkesyrebakteriene pyruvat til melkesyre, men dette krever NADH, som produseres i glykolysen, men ikke sitratmetabolisme. I fravær av NADH, kan pyruvat akkumuleres intracellulært, noe som er toksisk for cellen (Hutkins 2006). Avgiftning oppnås ved å omdanne pyruvat til nøytrale C4-komponenter som diacetyl og reduksjonsproduktene av diacetyl; acetoin og 2,3 butandiol (Vedamuthu 2006). Dette skjer ved at pyruvat dekarbolysers til acetaldehyd-TTP (thiamin-pyrofosfat) ved hjelp av TTP-avhengig pyruvat dekarboksylase. Acetaldehyd-TTP kondenserer med et annet pyruvatmolekyl og danner det intermediære produktet α -acetolaktat. Denne forbindelsen er meget ustabil. Den kan enten dekarboksyleres (kjemisk eller enzymatisk) til acetoin, eller kjemisk oksideres og dekarbolysers til diacetyl. Videre kan diacetyl reduseres til acetoin og 2,3- butandiol (Hutkins 2006).



Figur 6: Sitratmetabolisme hos *Lactococcus*- og *Leuconostoc*-arter (Hutkins 2006).

2.3.6 Produksjon av eksopolysakkarider (EPS)

2.3.6.1 Klassifikasjon og funksjon

Under syring av melk kan noen melkesyrebakterier, både mesofile og termofile, produsere eksopolysakkarider, EPS. I DL-kulturen er det stammer av *L. lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *cremoris* og *Lc. mesenteroides* subsp. *cremoris* som potensielt kan produsere EPS (Walstra et al. 2006). Melkesyrebakteriene kan ikke nytte EPS som energikilde, men EPS ser ut til å være viktig for beskyttelse og kommunikasjon mellom celler. Polymerlaget av EPS rundt bakteriene binder vann, øker viskositeten og påvirker diffusjonsmulighetene inn og ut av cellen. I tillegg har EPS trolig en beskyttende funksjon mot osmotisk stress, antibiotika, giftige forbindelser og bakteriofagangrep (Mende et al. 2016).

Eksopolysakkaridene varierer blant annet i molekylstruktur, -masse, -størrelse, ladning og som en konsekvens av dette, i reologiske egenskaper (Mende et al. 2016). EPS kan deles inn i to klasser

avhengig av om polysakkaridet består av én type monosakkarid eller flere typer monosakkarider, hhv. homo- og heteropolysakkarider (Duboc & Mollet 2001). Homopolysakkarider består hovedsakelig av glukose eller fruktose, mens heteropolysakkarider består av repeterende enheter av tre til åtte monosakkarider, ofte glukose, galaktose, rhamnose, N-acetylglucosamine og N-acetylgalactosamine hos uladet EPS. Hos ladet EPS er fosfat- eller sulfatgrupper bundet til monosakkaridet, eller så er glukuronsyre en del av enheten (Mende et al. 2016).

EPS kan enten være knyttet til bakteriecellen som kapsler eller skilles ut i vekstmediet som slim (Hassan et al. 2003; Mende et al. 2016), hhv. kapsulært EPS (cEPS) og fritt EPS (fEPS). I syrnede produkter forekommer eksopolysakkarider som fritt EPS, eller også i kombinasjon med kapsulært EPS (Mende et al. 2016).

2.3.6.2 Påvirkning på reologiske og sensoriske egenskaper i syrnede melkeprodukter

EPS kan føre til økt viskositet og fastere gel, samt redusert grad av synerese i syrnede melkeprodukter. Disse endringene har sammenheng med de vannbindende egenskapene til EPS og interaksjoner med proteinnettverket (Mende et al. 2016). EPS kan dermed fungere som et naturlig fortykningsmiddel i syrnede produkter siden det produseres *in situ* av melkesyrebakterier som er ansett som trygge (Ruas-Madiedo et al. 2002). EPS har ingen smak, men økt viskositet som følge av EPS-produksjon vil øke oppholdstiden i munnen, og dermed tid for kontakt med ganen og smakreseptorer (Duboc & Mollet 2001).

Innvirkning av EPS på reologiske egenskaper i syrnede melkeprodukter er imidlertid avhengig av flere faktorer, som f.eks. om EPS forekommer som kapsulært eller fritt, strukturen på EPS-molekylene (molekylmasse, sidekjeder, stivhet og ladning), konsentrasjon og interaksjoner med andre komponenter i melken (primært proteiner, men også mineraler eller bakterier) og ved hvilket tidspunkt EPS dannes under syrning. I tillegg har det betydning om produktet er produsert som fast eller rørt type (Lucey 2016; Mende et al. 2016). Dette omtales nærmere i avsnitt 2.5.6.

Hvor mye EPS som produseres er avhengig av sammensetningen i vekstmediet (karbon- og nitrogenkilder, vekstfaktorer og så videre) og vekstbetingelsene for de aktuelle stammene (syrningstemperatur og -tid, pH og oksygentilførsel). Under suboptimale vekstforhold for bakteriekulturen kan produksjonen av hetero-EPS variere fra 0,045-0,350 g/L, mens under

optimale vekstforhold kan produksjonen variere fra 0,150-0,600 g/L. Dette er imidlertid stammeavhengig (Degeest et al. 2001).

EPS kan forårsake en slimete og trådaktig karakter i syrnede melkeprodukter, herav navnet «trådtrekkende» (Mende et al. 2016). Hvor trådtrekkende produktet er, er imidlertid ikke nødvendigvis korrelert med konsentrasjonen av EPS (Folkenberg et al. 2006). Noen funn tyder på at produkter med kapsulært EPS er mindre trådtrekkende enn produkter med fritt EPS (Hassan et al. 1996; Mende et al. 2016). Kapsulært EPS ser ut til å øke viskositeten i syrnede produkter uten å forårsake en trådtrekkende karakter (Mende et al. 2016).

Det er ikke funnet en klar korrelasjon mellom viskositet og konsentrasjonen av EPS (Duboc & Mollet 2001; Ruas-Madiedo et al. 2002). EPS ser ut til å påvirke de reologiske egenskapene til syrnede produkter ved svært lave konsentrasjoner (Duboc & Mollet 2001).

2.3.6.3 EPS og innvirkning på reologiske egenskaper i rømme

I en studie av Adapa & Schmidt (1998) ble synerese, farge, viskositet og tekstur i rømme (6 % fett) fremstilt med tre ulike syrekulturer studert. Rømmen ble enten syrnede med en kommersiell kultur bestående av *L. lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *cremoris* og *L. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* med kapsulært EPS (kapselstørrelse 3 M), kommersiell kultur i kombinasjon med *Streptococcus thermophilus* med kapsulært EPS (kapselstørrelse 2 M) i forholdet 75:25 kalt S-3, eller kommersiell kultur i kombinasjon med *Streptococcus thermophilus* uten EPS i forholdet 75:25 kalt S-4. Resultatene viste blant annet at rømme syrnede med S-3 og S-4 hadde høyere grad av synerese enn rømme syrnede bare med den kommersielle kulturen. I tillegg hadde rømme syrnede med S-4 lavere viskositet enn rømme syrnede med S-3. Dette skyldes sannsynligvis den vannbindende egenskapen til EPS, noe som resulterte i økt flytmotstand i rømme syrnede med S-3 (avsnitt 2.9.2). Det ble konkludert med at syrekulturer med kapsulært EPS kan erstatte noe av fett i lettrømme, men at det trengs mer forskning på interaksjonene mellom EPS og protein, samt egenskapene til de forskjellige bakteriestammene av EPS og effekten på meieriprodukter. Det synes ikke å foreligge flere publiserte studier på effekten av EPS på rømme.

2.4 SYREGELDANNELSE

Geldannelse skjer når partikler aggregerer, slik at de danner et sammenhengende nettverk i den vandige fasen de er dispergert i (Walstra 1984). Dannelsen av en syregel induseres ved surgjøring av melken som følge av melkesyrebakterienes metabolisme av laktose til melkesyre. Dette fører til at pH reduseres fra 6,7 til <4,5 (Brendehaug 1986; Walstra et al. 2006). Kaseinene er hovedkomponentene i gelnettverket (Brendehaug 1986).

Reduksjon i pH fører til at kolloidalt kalsiumfosfat (CCP) i kaseinmicellene gradvis løses opp og går ut i serum. Ved melkens naturlige pH, er det CCP som holder micellen sammen. Når CCP løses opp, begynner micellene å falle sammen, og enkelte kaseiner går ut i serumfasen (Walstra et al. 2006), særlig β -kasein (Ercili-Cura 2016). Samtidig reduseres micellenes elektriske overflateladning, zetapotensiale, pga. assosiasjon med hydrogenioner. Ved ytterligere reduksjon i pH, øker den negative overflateladningen på kaseinmicellene fordi kalsiumioner dissosierer seg micellene, og deretter reduseres den negative ladningen igjen pga. assosiasjon med hydrogenioner (Walstra et al. 2006). Ved pH-verdier nær 4,6, som er kaseinenes isoelektriske punkt, har nettoladningen på micellene gått fra sterkt negativ til nær nøytral. Dette gjør at micellene aggregerer ved hjelp av hydrofobe og elektrostatiske bindinger (Lucey 2004). Resultatet er en irreversibel, syrefelt gel (Brendehaug 1986).

Hvor fast gelen blir, er blant annet avhengig av råvareegenskaper, som innhold av protein og fett, homogeniseringsbetingelser, varmebehandlingsbetingelser, syrningstemperatur og pH i den endelige gelen (Walstra 1984).

Myseproteinene β -lactoglobulin er spesielt varmesensitiv. Ved tilstrekkelig varmebehandling (90-95 °C i 5 min) går proteinet fra å være globulært til å bli ikke-globulært. Dette fører til at en reaktiv tiolgruppe (SH) i β -lactoglobulin eksponeres. Denne gruppen kan binde seg til andre komponenter i melken/fløten, som κ -kasein på overflaten av kaseinmicellene, eller kan myseproteinene binde seg til hverandre (Tamime et al. 2007; Vasbinder & de Kruif 2003). På denne måten inkorporeres myseproteinene i gelen under syrning. β -lactoglobulin har et høyere isoelektrisk punkt enn kasein, og geldannelsen vil bli forskjøvet til en høyere pH når myseproteiner er assosiert til kaseinmicellene (Lucey 2004; Lucey 2016). Geldannelsen i kraftig varmebehandlet melk/fløte

starter ved pH 5,3 og resulterer i betraktelig fastere og mer viskøs gel enn om det blir benyttet en varmebehandling som ikke gir vesentlig denaturering av myseproteiner. I ikke-varmebehandlet melk/fløte starter ikke geldannelsen før pH er blitt redusert til 5,0 (Lucey 2004).

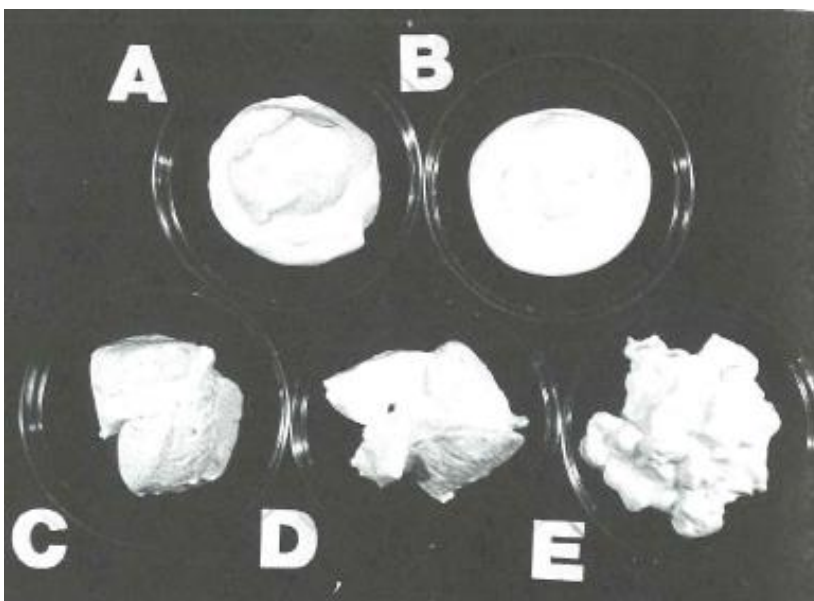
Effekten av fett er avhengig av om melken/fløten er homogenisert eller ikke. I uhomogenisert melk/fløte vil fett flyte opp og forstyrre gelen (Walstra 1984). I homogenisert melk/fløte er deler av den nye fettkulemembranen dekket med kasein, slik at fettkulene oppfører seg delvis som kaseinmiceller og inkorporeres i gelen under syrning (Lucey 2004; Walstra et al. 2006). Dette omtales nærmere i avsnitt 2.5.4.

2.5 FREMSTILLING AV RØMME

2.5.1 Generelt om rømme

Rømme er homogenisert og varmebehandlet fløte syrnet med en mesofil DL-kultur. Den skal ha en fyldig konsistens, og smaken skal være mild og litt syrlig med en pH <4,5 (Tamime et al. 2007). Grunnet et bredt spekter av bruksområder, er det vanskelig å produsere rømme med den ideelle konsistensen. Den bør uansett være fast, glatt, homogen og uten myseutskillelse (Bodyfelt et al. 1988).

Illustrasjon fra Bodyfelt et al. (1988) av rømmeprøver med ulik konsistens er presentert i figur 7.



Figur 7: Eksempler på rømme med ulik konsistens: A: Ideell konsistens, B: Svak eller for tynn, C: For fast, D: Geléaktig, E: Klumpete, uhomogen (Bodyfelt et al. 1988).

2.5.2 Fremstillingsprosess

Følgende trinn inngår i fremstillingsprosessen av norskprodusert rømme (Bylund 1995):

1. fettstandardisering
2. homogenisering
3. varmebehandling
4. tilsetning av syrekultur
5. nedkjøling
6. lagring

2.5.3 Standardisering

Rømme blir produsert av fløte, eller en blanding av melk og fløte, standardisert til ønsket fettinnhold. I utenlandsk rømme er 10-12 % fett og 20-30 % fett vanlig (Bylund 1995), avhengig av hvilket produkt som produseres. TINE produserer rømme med 10, 18 og 35 % fett, hhv. TINE Lettrømme (10 og 18 % fett) og TINE Seterrømme (35 % fett).

2.5.4 Homogenisering

Homogenisering er en prosess der fettkulene finfordeles i svært mange, små fettkuler. Dette skjer ved at melk/fløte presses gjennom en smal dyse under høyt trykk (Walstra et al. 2006).

Diameteren på fettkulene reduseres fra 1-10 μm (gjennomsnitt 3,5 μm) til $<2 \mu\text{m}$, avhengig av temperatur og trykk (Tamime & Robinson 2007). Mekanismen ved finfordelingen av fettkulene er ikke avklart, men skyldes trolig en kombinasjon av turbulens og eksplosjon (Bylund 1995; Kilara 2006).

Hensikten med homogenisering er å redusere oppfløttingshastigheten i melk/fløte. Hvis melk/fløte ikke homogeniseres, vil fett flyte opp og danne et fløtelag. Dette skyldes at fett har lavere spesifikk vekt enn serumfasen (Bylund 1995). I melk/fløte som skal benyttes til produksjon av syrnede produkter, oppnås det samtidig produktteknologiske fordeler. Homogenisering gir en betraktelig økning av overflatearealet til fettkulene, fem til ti ganger. Mengden opprinnelig fettkulemembran blir dermed for liten til å dekke den nye overflaten. Resultatet blir at kasein, samt noe myseprotein, dekker de områdene på fettkuleoverflaten hvor det er for lite fettkulemembran. De nydannede fettkulene oppfører seg delvis som kaseinmiceller, og

inkorporeres i gelen under syrning. Enhver reaksjon som får kaseinmicellene til å aggregere, vil også få de homogeniserte fettkulene til å aggregere. Homogenisering øker dermed mengden geldannende stoff (Tamime & Robinson 2007; Walstra et al. 2006), noe som fører til fastere gel og høyere viskositet det ferdig syrnede produktet (Lucey 2004; Tamime et al. 2007; Walstra et al. 2006). Homogenisering har også andre effekter på melken/fløten. Dette omtales nærmere i avsnitt 2.6.

Melk/fløte kan homogeniseres før eller etter varmebehandling. Det er vanligst å homogenisere før varmebehandling for å redusere risikoen for bakteriell kontaminasjon fra homogenisatoren. Varmebehandlingen blir da det siste produksjonsleddet i melkens/fløtens behandling, og en eventuell uheldig effekt av kontaminasjon fra homogenisatoren vil i hovedsak bli eliminert (Tamime & Robinson 2007; Walstra et al. 2006).

En homogenisator kan ha ett eller to homogeniseringshoder. Dette innebærer at fettkulene blir redusert i én eller to omganger, hhv. ett- eller tottrinshomogenisering (Bylund 1995; Tamime et al. 2007). Dette omtales nærmere i avsnitt 2.6.3.

2.5.5 Varmebehandling

Den homogeniserte fløten blir vanligvis varmebehandlet ved 90-95 °C i 5 min (Bylund 1995; Tamime et al. 2007). Varmebehandling ved 72 °C i 15 sek er tilstrekkelig for å inaktivere patogene mikroorganismer, men syrnede produkter gis en kraftigere varmebehandling for å denaturere myseproteiner (avsnitt 2.4) (Tamime et al. 2007). Dette fører til at mengden geldannende protein øker, noe som gir flere kryssbindinger i gelen og dermed økt vannbinding og fastere gel i det ferdig syrnede produktet (Lucey 2004; Tamime et al. 2007). Dersom varmebehandlingen er for svak, kan dette føre til utilstrekkelig denaturering av myseproteiner, og dermed svakere gel (Lucey 2004).

Den kraftige varmebehandlingen vil også tilrettelegge forholdene for syrekulturen (Sommer 1952; Tamime et al. 2007). Dette skyldes blant annet reduksjon i konkurrerende bakterier, en liten økning i frie aminosyrer og mindre oppløst oksygen i melken/fløten. Disse faktorene er stimulerende for syrekulturens vekst (Tamime et al. 2007).

2.5.6 Tilsetning av syrekultur, nedkjøling og lagring

Etter varmebehandling kjøles fløten ned til syringstemperatur og podes med 0,01 % DL-kultur (Bylund 1995). Karakteristika av melkesyrebakterier i en DL-kultur er vist i tabell 3.

Tabell 3: Karakteristika av melkesyrebakterier i en DL-kultur (Walstra et al. 2006).

Slekt	Art	Laktose-metabolisme	Sitrat-metabolisme
<i>Lactococcus</i>	<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	Homofermentativ	-
<i>Lactococcus</i>	<i>L. lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	Homofermentativ	-
<i>Lactococcus</i>	<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i>	Homofermentativ	+
<i>Leuconostoc</i>	<i>Lc. mesenteroides</i> subsp. <i>cremoris</i>	Heterofermentativ	+

Tabell 3 viser at *L. lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *cremoris* og *L. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* er homofermentative, mens *Lc. mesenteroides* subsp. *cremoris* er heterofermentativ. Ved nedbrytning av laktose danner homofermentative melkesyrebakterier melkesyre, mens heterofermentative melkesyrebakterier i tillegg danner etanol eller eddiksyre og karbondioksid (avsnitt 2.3.3) (Bylund 1995; Walstra et al. 2006). *L. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* og *Lc. mesenteroides* subsp. *cremoris* kan metabolisere sitrat (avsnitt 2.3.5) og disse bakteriene kalles derfor aromadannere. Bakteriene som ikke kan metabolisere sitrat, kalles syredannere. Ved metabolisme av sitrat dannes diacetyl (Hutkins 2006; Tamime et al. 2007; Walstra et al. 2006) som er ansett som den viktigste smakskomponenten i rømme (Costello 2009; Hutkins 2006; Tamime et al. 2007). Ved fravær av diacetyl vil de fleste forbrukerne beskrive rømmen som «flat» (Costello 2009). Diacetyl kan reduseres videre til acetoin og 2,3-butandiol, som er smakløse komponenter (Hutkins 2006; Tamime et al. 2007).

Acetaldehyd er ansett som den viktigste smakskomponenten i yoghurt. For høye konsentrasjoner i rømme, vil forårsake en yoghurtliknende smak og er ikke ønskelig (Goddik 2004; Libudzisz & Stepaniak 2011; Walstra et al. 2006). For å få en balansert smak, benyttes *Lc. mesenteroides* subsp. *cremoris* i syrekulturen. Denne bakterien reduserer acetaldehyd til etanol ved hjelp av enzymet alkohol dehydrogenase (Libudzisz & Stepaniak 2011; Vedamuthu 2006; Walstra et al. 2006). Konsentrasjonen av acetaldehyd i melk/fløte fermentert av *Leuconostoc*-stammer er derfor svært lav, <1 ppm (Libudzisz & Stepaniak 2011).

For rømme ligger syrningstemperaturen ofte mellom 20 og 24 °C. Syrningstemperaturen vil påvirke bakterieutviklingen og balansen mellom de fire bakteriene i kulturen (Lucey 2004; Tamime et al. 2007; Walstra et al. 2006). De høye temperaturene vil føre til raskere syrning, mens de lave temperaturene vil føre til langsommere syrning dersom den skal foregå til pH er redusert til 4,5. Dannelsen av aromastoffer skjer mot slutten av syrningen, noe som betyr at kort syrningstid gir lavere andel aromadannere, mens lang syrningstid gir høyere andel (Born 2006; Costello 2009; Goddik 2004; Hutkins 2006; Walstra et al. 2006).

Syrningen avsluttes når pH har blitt redusert til <4,5 (Tamime et al. 2007). Dette er under det isoelektriske punktet til kaseinene, og regnes som nødvendig for at gelen skal oppnå en god stabilitet (Brendehaug 1986; Lucey 2004; Walstra et al. 2006). For rømme tar dette rundt 18 til 20 t (Bylund 1995; Tamime et al. 2007). Etter at rømmen er ferdig syrnet, blir den kjølt ned (Bylund 1995). Dersom den blir utsatt for utilsiktet mekanisk påkjenning, f.eks. vibrasjoner eller andre fysiske påkjenninger, kan dette føre til myseutskillelse, dvs. at væske presses ut av nettverket og legger seg på overflaten av gelen (Lucey & Singh 1997; Lucey 2004).

Rømme kan produseres som rørt eller fast type. Ved produksjon av rørt rømme syrnes fløten på tank og tappes i beger etter syrning, mens ved produksjon av fast rømme tappes rømmen på beger rett etter poding og settes til syrning i et rom med riktig syrningstemperatur (Tamime et al. 2007). De biokjemiske reaksjonene som fører til geldannelse er de samme ved begge typer produksjon, men de reologiske egenskapene er forskjellige (Brendehaug 1986). Ved syrning på beger får rømmen en fast og ubrutt gel (Tamime et al. 2007), mens ved syrning på tank røres gelen opp og strukturen brytes delvis ned. Grad av røring, pumpeutstyr og røranlegg vil blant annet innvirke på grad av mekanisk påkjenning og ødeleggelse av struktur (Brendehaug 1986). Når rømmen får stått i ro, vil imidlertid gelen «reparere» seg noe, og gi en viss økning i viskositeten (Lucey 2004; Sommer 1952).

To av de tre TINE-anleggene som produserer TINE Lettrømme 18 % fett, produserer den som rørt type. Dette har sine fordeler, blant annet bedre temperaturkontroll og mindre variasjon i syrningen fra beger til beger (Hagenes 2010).

2.5.7 Fremstilling av rømme produsert i utlandet

Det kan være noen forskjeller mellom norsk- og utenlandskprodusert lettrømme.

2.5.7.1 Tørrstoffanriking

Emmons & Tuckey (1967) anbefaler å øke det fettfrie tørrstoffinnholdet i fløte til produksjon av lettrømme (19 %) med 2 %. Fløten vil da inneholde 18,6 % fett og 9,1 % fettfritt tørrstoff.

2.5.7.2 Tilsetningsstoffer

Enkelte produsenter i utlandet tilsetter stabilisator i fløte som skal syrnes til rømme. Dette gjøres for å forbedre viskositeten (Born 2006; Emmons & Tuckey 1967; Tamime et al. 2007). Viskositet og gelfasthet i rømme som ikke er tilsatt stabilisator, er avhengig av sammensetningen (innholdet av fett og/eller protein) og produksjonsmetode (Born 2006).

I tillegg tilsetter noen produsenter i utlandet sitrat eller natriumsitrat (Hutkins 2006; Kosikowski 1977; Tamime et al. 2007). Dette vil bidra til at det kan dannes større mengder aromastoffer (diacetyl) av melkesyrebakteriene i de anvendte mesofile kulturene som har evnen til å omdanne sitrat (Tamime et al. 2007).

2.6 HOMOGENISERING

2.6.1 Effekter av homogenisering

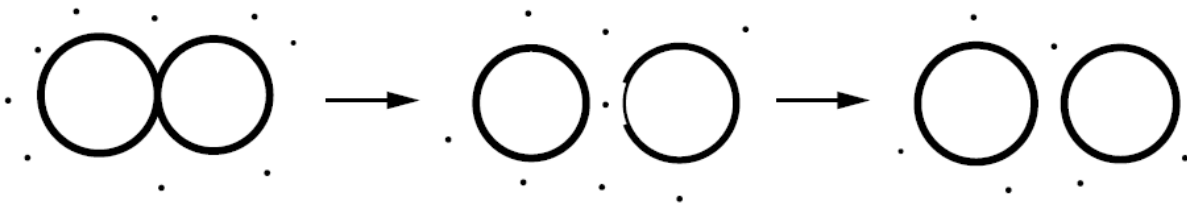
I tillegg til å hindre oppfløting og øke mengden geldannende stoff, har homogenisering flere effekter på melken/fløten, som hvitere utseende pga. endret lysbrytning, økt skumdanningsevne, lavere risiko for oksidativ harskning (autooksidasjon), økt risiko for lipolytisk harskning (fettspalting) og økt risiko for lysindusert oksidasjon og dermed «solsmak» på melken (Bylund 1995; Walstra et al. 2006). Effekten av homogenisering er imidlertid avhengig av råvareegenskaper, som kasein- og fettinnhold, samt homogeniseringsbetingelser, som -metode, -temperatur og -trykk.

2.6.2 Kasein- og fettinnhold

For å få god effekt av homogeniseringen, bør det være minst 0,2 g kasein per g fett i melken/fløten som homogeniseres (Bylund 1995; Kilara 2006; Mulder & Walstra 1974). Bakgrunnen for dette, er

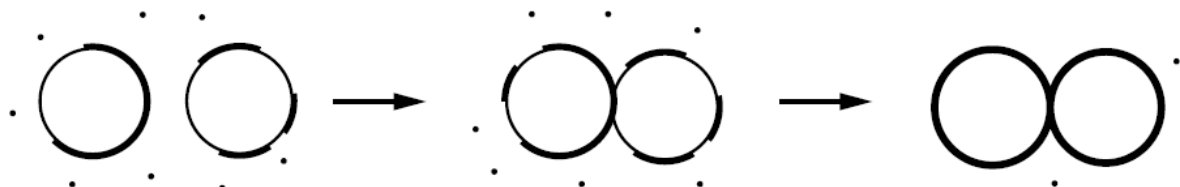
at forsøk har vist at ca. 10 mg/m² kasein absorberes på den nydannede fettkullemembranen. I fløte med >15 % fett vil det dermed være for lite kasein til å dekke overflaten til de nydannede fettkulene, og det vil da dannes fettkuleklynger (Mulder & Walstra 1974; Walstra 1984). Dette kan forklares på følgende måte:

Under homogenisering av melk/fløte kolliderer de nydannende fettkulene med hverandre. Dette fører til at det dannes fettkuleklynger, men disse brytes opp igjen pga. turbulens. Dette er vist i figur 8.



Figur 8: Dannelsen av fettkuleklynger under homogenisering. De små prikkene illustrerer kasein (Walstra et al. 2006).

Dersom det imidlertid er for lite kasein til å dekke overflatearealet til de nydannede fettkulene, vil det dannes fettkuleklynger like utenfor homogeniseringshodet, fordi de udekkede overflateområdene på fettkulene vil ikke frastøte hverandre. Dette er vist i figur 9.



Figur 9: Dannelsen av fettkuleklynger ved for lite kasein tilgjengelig (Walstra et al. 2006).

I en fettkuleklynge deler to eller flere fettkuler membranmateriale, hovedsakelig misselært kasein. Disse fettkuleklyngene, også omtalt som aggregater med fett og protein, kan bestå av opptil ti tusen fettkuler (Walstra et al. 2006). Fettkuleklyngene er varmemestabile (Mulder & Walstra 1974).

Følgende faktorer vil fremme dannelsen av fettkuleklynger:

- høyt fettinnhold og lavt kaseininnhold: avstanden mellom fettkulene er liten og det er lite tilgjengelig råstoff (kasein) for å danne ny fettkulemembran (Mulder & Walstra 1974; Walstra et al. 2006)
- høyt homogeniseringstrykk: det dannes enda flere små fettkuler, noe som vil gi økt samlet overflateareal, som dermed har økt behov for råstoff (kasein) (Mulder & Walstra 1974; Walstra et al. 2006)
- lav homogeniseringstemperatur: temperaturer i samme område som smeltepunktet til melkefett (rundt 40 °C) er kjent for å fremme dannelsen av fettkuleklynger (Sommer 1952). Dette skyldes sannsynligvis at det tar lenger tid å dekke overflaten til de nydannede fettkulene med kasein ved lavere temperaturer (Mulder & Walstra 1974; Walstra et al. 2006)

Dannelsen av fettkuleklynger kan være ønsket eller uønsket, avhengig av hvilket produkt som skal produseres. I søte produkter, som melk og fløte, vil dannelsen av fettkuleklynger føre til raskere oppfløttingshastighet, og er dermed uønsket (Mulder & Walstra 1974). Ved produksjon av lettrømme vil dannelsen av fettkuleklynger være ønsket, ettersom det fører til høyere viskositet i det ferdige syrnede produktet (Lucey 2004; Mulder & Walstra 1974). Dette omtales nærmere i avsnitt 2.6.6.

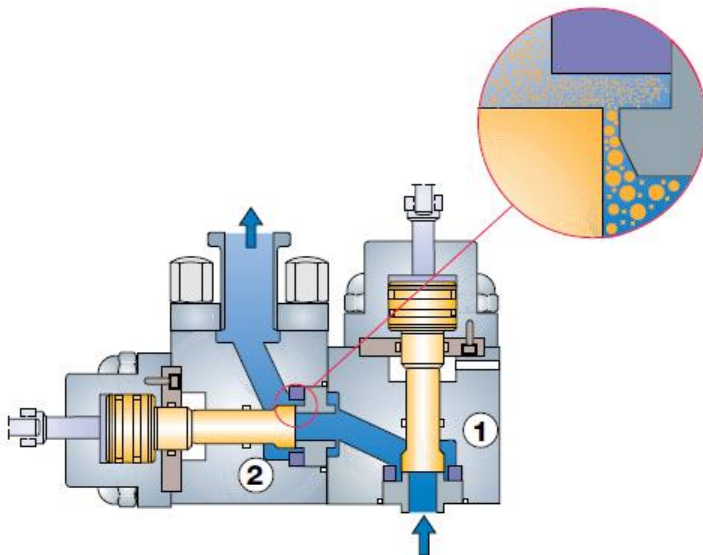
2.6.3 Homogeniseringsmetode

En homogenisator kan ha ett eller to homogeniseringshoder. Dette innebærer at fettkulene blir redusert i én eller to omganger, hhv. ett- eller totrinns-homogenisering. Homogeniseringshodene er da plassert slik at melken/fløten passerer det andre hodet umiddelbart etter at den har passert det første. Totrinns-homogenisering gir bedre homogeniseringseffekt enn ettrinns-homogenisering, fordi fettkuleklynger fra det første trinnet brytes opp i det andre trinnet (Bylund 1995; Tamime et al. 2007). Dobbel homogenisering innebærer homogenisering i to omganger (Mulder & Walstra 1974).

Ettrinns-homogenisering kan benyttes dersom væsken som skal homogeniseres har lavt fettinnhold eller dersom sluttproduktet krever høy viskositet, mens totrinns-homogenisering kan benyttes ved høyt fettinnhold, høyt tørrstoffinnhold eller dersom sluttproduktet krever lav viskositet (Bylund

1995; Chandan 2008; Kilara 2006). Hensikten med totrinns-homogenisering er å bryte opp noen av fettkuleklyngene som ble dannet under det første homogeniseringstrinnet. Dette vil gi en betraktelig reduksjon i viskositeten (Bylund 1995). De gjenværende fettkuleklyngene er mindre og mer avrundede (Walstra et al. 2006). Dersom hensikten med totrinns-homogenisering er å bryte opp noen av fettkuleklyngene fra det første trinnet, bør ikke det andre trykket være høyere enn 30 til 50 bar. Hvis trykket er for høyt, vil det samlede overflatearealet øke igjen, slik at det blir dannet nye fettkuleklynger, fordi det blir mye udekket fettkulemembranmateriale på overflaten av fettkulene igjen (Mulder & Walstra 1974).

Oppbyggingen av en totrinns-homogenisator er vist i figur 10.



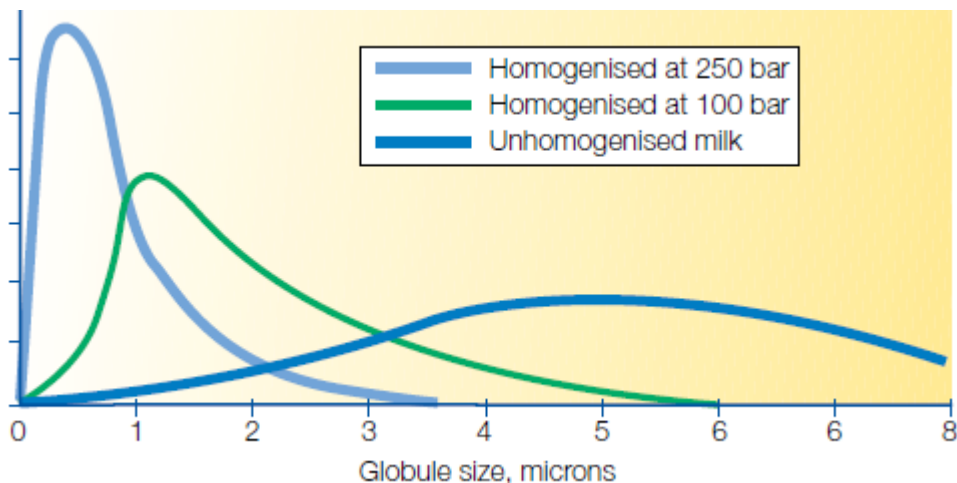
Figur 10: Oppbyggingen av en totrinns-homogenisator. 1 viser det første trinnet, og 2 det andre trinnet (Bylund 1995).

2.6.4 Homogeniseringstemperatur

Vanlig homogeniseringstemperatur er >40 °C. Melkefettets smeltepunkt er vanskelig å definere pga. fettets komplekse sammensetning, men en regner med at alt fett er smeltet ved denne temperaturen. Ved lavere temperaturer, er noe av melkefettet fortsatt i krystallinsk form, og homogenisering vil derfor ha mer begrenset effekt på fettkulene (Kilara 2006; Mulder & Walstra 1974). Effekten av homogenisering blir enda bedre ved høyere temperaturer, sannsynligvis fordi melken/fløten får lavere viskositet og oppnår økt turbulens i homogenisatoren (Walstra et al. 2006).

2.6.5 Homogeniseringstrykk

Hvilket homogeniseringstrykk som benyttes, er avhengig av produktet som skal produseres. Jo høyere trykk, desto mindre blir fettkulene (Bylund 1995; Mulder & Walstra 1974) og det samlede overflatearealet øker. Størrelsesfordeling av fettkuler før og etter homogenisering ved forskjellig trykk er vist i figur 11.



Figur 11: Størrelsesfordeling av fettkuler før og etter homogenisering ved ulike trykk (Bylund 1995).

2.6.6 Anbefalte homogeniseringsbetingelser ved rømmeproduksjon

Homogenisering av fløte er altså et kritisk steg i produksjonen av rømme (Clark & Plotka 2004; Sommer 1952). Både homogeniseringsmetode, -temperatur og -trykk har betydning for gelfasthet og viskositet i rømme (Emmons & Tuckey 1967). Effekt av ulike homogeniseringsbetingelser på lettrømmekvalitet ser imidlertid ut til å være lite studert. Kun én forskningsstudie er identifisert der viskositeten i lettrømme av fløte (18 % fett) produsert med forskjellige homogeniseringsbetingelser ble sammenliknet (Dahle & Doan 1928).

Følgende homogeniseringsbetingelser ble benyttet i studien av Dahle & Doan (1928):

1. Ikke homogenisert
2. Homogeniseringstemperatur 82 °C og homogeniseringstrykk 137 bar
3. Homogeniseringstemperatur 82 °C og homogeniseringstrykk 241 bar
4. Homogeniseringstemperatur 32 °C og homogeniseringstrykk 137 bar
5. Homogeniseringstemperatur 32 °C og homogeniseringstrykk 241 bar
6. Homogeniseringstemperatur 32 °C og homogeniseringstrykk 137 bar, etter nedkjøling til 4 °C i to t etter varmebehandling
7. Homogeniseringstemperatur 32 °C og homogeniseringstrykk 241 bar, etter nedkjøling til 4 °C i to t etter varmebehandling

Fløten ble altså varmebehandlet før den ble homogenisert. Angitte verdier i «Fahrenheit» og «pounds» i artikkelen er nedenfor omregnet til grader Celsius og bar for sammenlikningens skyld. Viskositeten ble målt ved hjelp av et roterende viskosimeter ved 20 °C etter syring i 17 t. Rømmen ble også bedømt sensorisk. Resultatene fra studien er presentert i tabell 4.

Tabell 4: Resultater fra studie av homogeniseringsbetingelsers innvirkning på kvalitetsegenskaper til lettrømme. Det ble ikke oppgitt benevnning på viskositet (Dahle & Doan 1928).

Prøvenummer	Viskositet (rotasjon)	Utseende	Konsistens
1	75	Dårlig	Kornete
2	200	Godt	God
3	240	Utmerket	Utmerket
4	135	Greit	God
5	155	Greit	God
6	173	Godt	Utmerket
7	181	Utmerket	Utmerket

Studien viste at rømme av fløte homogenisert ved 82 °C oppnådde høyere viskositet enn rømme av fløte homogenisert ved 32 °C. Rømme av fløte homogenisert ved 240 bar oppnådde høyere viskositet enn rømme av fløte homogenisert ved 137 bar. Studien viste også at nedkjøling til 4 °C før homogenisering av fløten hadde liten hensikt (Dahle & Doan 1928).

Dahle & Doan (1928) anbefaler homogeniseringstemperatur 82 °C og homogeniseringstrykk >137 bar. Disse anbefalingene, samt anbefalingene gitt i andre publikasjoner er vist i tabell 5.

Tabell 5: Anbefalinger for fløte til produksjon av rømme med 18-20 % fett.

	Homogeniseringsmetode	Homogeniseringstemperatur	Homogeniseringstrykk
Chr. Hansen (2015)*	Totrinnsomogenisering	Ikke oppgitt	200 + 40 bar/100 + 80 bar
Chandan (2008)	Dobbel homogenisering	71 °C + 71 °C	172 bar + 172 bar
Tamime et al. (2007)**/**	Ettrinnsomogenisering	60-70 °C	120-170 bar
Lucey (2004)	Ettrinnsomogenisering	Ikke oppgitt	170-200 bar
Bylund (1995)***	Ettrinnsomogenisering	60-70 °C	100-120 bar
Bodyfelt et al. (1988)	Ettrinnsomogenisering	40-85 °C	137-205 bar
Kosikowski (1977)	Ettrinnsomogenisering	71 °C	205 bar
Kosikowski (1977)	Dobbel homogenisering	71 °C + 71 °C	172 bar + 172 bar
Mulder & Walstra (1974)	Ettrinnsomogenisering	Ikke oppgitt	150-200 bar
Emmons & Tuckey (1967)	Dobbel homogenisering	73 °C + 43 °C	172 bar + 172 bar
Dahle & Doan (1928)	Ettrinnsomogenisering	82 °C	>137 bar

*Kun oppgitt homogeniseringstrykk og homogeniseringstemperatur for rømme av fløte med 5-18 % fett.

**Kun oppgitt homogeniseringstrykk og homogeniseringstemperatur for rømme av fløte med 20-30 % fett.

***Spesifiserer ikke at det er ettrinnsomogenisering, men det er kun ett trykk som er oppgitt.

2.6.6.1 Homogeniseringsmetode

Som vist i tabell 5, anbefaler de fleste kildene som ble identifisert i litteraturen ettrinnsomogenisering av fløte til rømmeproduksjon (Bylund 1995; Dahle & Doan 1928; Kosikowski 1977; Lucey 2004; Mulder & Walstra 1974; Tamime et al. 2007). Bakgrunnen er at ettrinnsomogenisering av fløte fremmer dannelsen av fettkuleklynger, som vil føre til økt viskositet i rømme (Lucey 2004; Mulder & Walstra 1974). Noen av de identifiserte kildene anbefaler dobbel homogenisering (Chandan 2008; Kosikowski 1977; Mulder & Walstra 1974). Ifølge Kosikowski (1977) og Lucey (2004) vil dobbel homogenisering av fløte føre til økt viskositet og glatthet i rømme. Syrekulturleverandøren den eneste identifiserte kilden som anbefaler tottrinnsomogenisering av fløte til rømmeproduksjon. Denne kilden hevder at antall homogeniseringstrinn er avhengig av ønsket viskositet. Ettrinnsomogenisering vil øke viskositeten i rømme, men syrekulturleverandøren anbefaler likevel tottrinnsomogenisering av fløten. Dette skyldes at viskositeten kan bli *for høy* ved ettrinnsomogenisering (Chr. Hansen 2015).

2.6.6.2 Homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk

I de fleste publikasjonene som ble identifisert, er anbefalt homogeniseringstemperatur av fløte til rømmeproduksjon >60 °C (tabell 5) (Bylund 1995; Chandan 2008; Dahle & Doan 1928; Kosikowski

1977; Tamime et al. 2007). Homogeniseringstemperaturer i samme område som smeltepunktet til melkefett (ca. 40 °C) er kjent for å fremme dannelsen av fettkuleklynger i fløte (Walstra et al. 2006). Ifølge Sommer (1952) har imidlertid forsøk vist at høyere homogeniseringstemperaturer enn melkefetts smeltepunkt, fører til økt viskositet og glatthet i rømme.

Litteraturen viser store forskjeller i anbefalt homogeniseringstrykk. Ettersom rømmens ønskede egenskaper varierer fra land til land, er det vanskelig å gi helt konkrete anbefalinger for homogeniseringstrykk. Tamime et al. (2007) anbefaler derfor å kjøre «on-site trials» for å optimalisere produksjonen. Ved ettrinns-homogenisering av fløte til rømmeproduksjon anbefales mellom 100 og 205 bar (Bodyfelt et al. 1988; Bylund 1995; Dahle & Doan 1928; Kosikowski 1977; Lucey 2004; Mulder & Walstra 1974; Tamime et al. 2007), mens ved dobbel homogenisering anbefales samme homogeniseringstrykk ved begge trinnene, 172 + 172 bar (Chandan 2008; Kosikowski 1977; Mulder & Walstra 1974). Emmons & Tuckey (1967) anbefaler imidlertid å senke temperaturen fra 73 °C til 43 °C under det andre trinnet. Syrekulturleverandøren er den eneste kilden som ble identifisert som anbefaler tottrinns-homogenisering av fløte til rømmeproduksjon (5-18 % fett), enten 200 + 40 bar eller 100 + 80 bar (Chr. Hansen 2015).

2.7 VANLIGE VISKOSITETSUTFORDRINGER OG ÅRSAKER

De vanligste viskositetsutfordringene i syrnede produkter er myseutskillelse, fnokker og svak gel (Lucey 2004).

Det er primært lav viskositet og tidvis fnokker som er et problem ved TINE Meieriet Oslo. Fnokker er tilstedeværelsen av synlige proteinaggregater. Størrelsen på fnokkene er mellom én og fem mm og regnes som en kvalitetsfeil i syrnede produkter. Mulige årsaker kan være høy inkubasjonstemperatur og høy myseprotein/kasein-ratio. Enkelte syrekulturer kan også forårsake fnokker. Omrøring, homogenisering ved lavt trykk og passasje gjennom en sil er tiltak som kan redusere størrelsen på fnokkene (Lucey 2004).

Lav viskositet og svak gel i syrnede produkter kan skyldes en kombinasjon av flere faktorer som:

- Lavt tørrstoffinnhold (protein og/eller fett)
- Utilstrekkelig denaturering av myseproteiner under varmebehandling
- Feilaktig homogenisering
- For høy eller for lav inkubasjonstemperatur
- For lav syreproduksjon, lik syreproduksjon er viktig for å produsere et produkt som er mest mulig likt fra produksjon til produksjon
- Varierende produksjon av EPS, dersom syrekulturen produserer dette
- For hard mekanisk påkjenning under produksjon (røring, pumping og tapping)
- For høy eller for lav pH-verdi ved brytning
- Temperatursvingninger under distribusjon og/eller lagring
- Feil håndtering under distribusjon og/eller lagring
- Proteolytiske enzymer som bryter ned noen av proteintrådene i rømmen under lagring (Emmons & Tuckey 1967; Kosikowski 1977; Lucey 2004)

2.8 RØMMEPRODUKSJON I TINE

TINE Lettrømme 18 % fett produseres ved produksjonsanleggene i Oslo, Frya og Harstad.

I TINEs produktspesifikasjoner står følgende om de sensoriske egenskapene: *TINE Lettrømme skal ha et fast koagel eller fyldig konsistens, en mild syrlig og aromatisk lukt og smak og en hvitaktig farge.*

2.8.1 Rømmeproduksjon ved TINE Meieriet Oslo

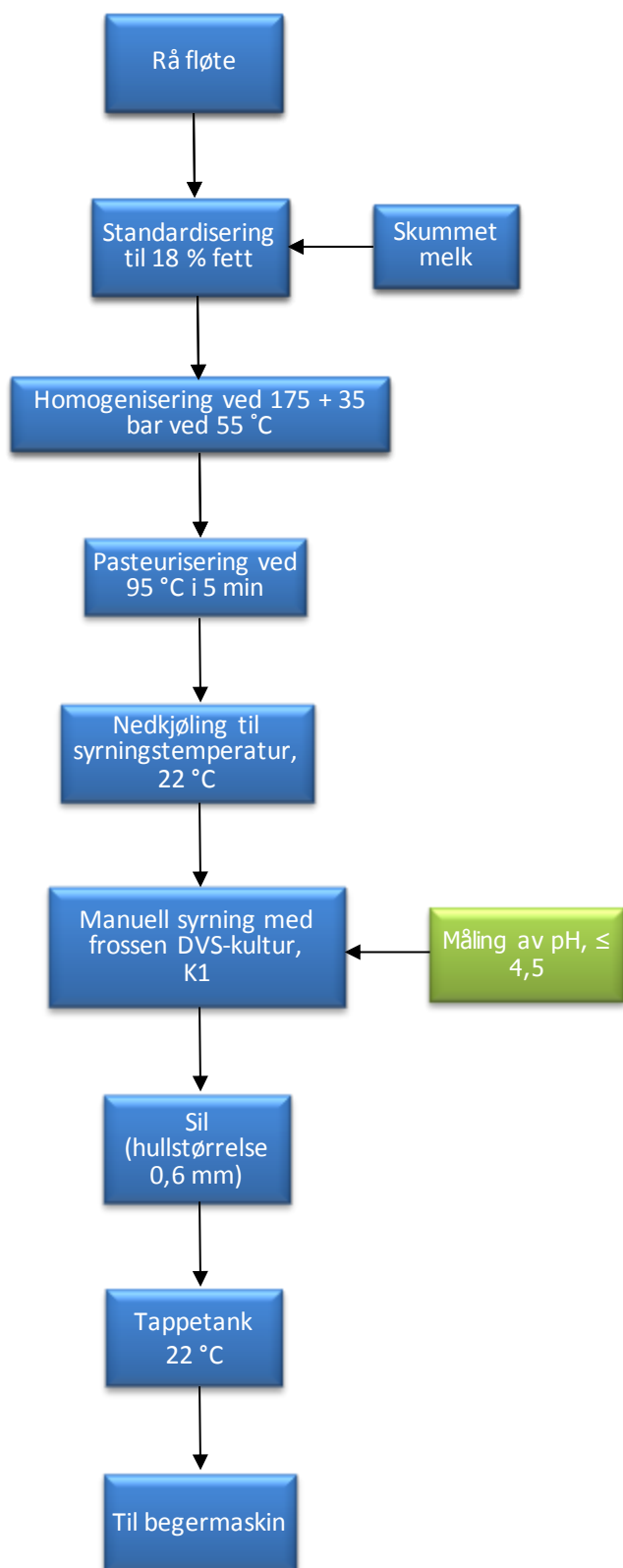
TINE Meieriet Oslo har de siste årene hatt sporadiske utfordringer med lav viskositet i TINE Lettrømme 18 % fett, noe som har ført til forbrukerhenvendelser og uønsket vrak av produkter (figur 1). Det har i den forbindelse blitt iverksatt en rekke forbedringstiltak. Anlegget fikk ny homogenisator i april 2015, og i den forbindelse ble homogeniseringstrykket økt fra 160 + 30 bar til 175 + 35 bar. Det ble også gjennomført forsøk med andre homogeniseringskombinasjoner,

blant annet 160 + 30 bar ved 60 °C og 190 + 45 bar ved 50 °C. I tillegg til ble syrningstemperaturen satt ned fra 23 til 22 °C etter at anlegget en periode hadde hatt utfordringer med seig konsistens.

I 2011 ble fettinnholdet i TINE Lettrømme redusert fra 20 til 18 %, og anlegget byttet syrekultur fra K4 til K1. Syrekultur K2 ble også testet, men K1 ble vurdert som best. I februar 2016 byttet imidlertid anlegget syrekultur til K2. Ettersom det var syrekultur K1 som ble benyttet da dette arbeidet startet i januar 2016, var det denne syrekulturen som ble tatt utgangspunkt i.

2.8.2 Flytskjema for TINE Lettrømme ved TINE Meieriet Oslo

Et forenklet flytskjema for produksjon av TINE Lettrømme 18 % fett er vist i figur 12.



Figur 12: Forenklet flytskjema for produksjon av TINE Lettrømme 18 % ved TINE Meieriet Oslo.

2.8.3 Produksjonsforskjeller mellom TINE-anleggene

Forskjeller mellom produksjonen av TINE Lettrømme 18 % fett ved TINE Meieriet Oslo, TINE Meieriet Frya og TINE Meieriet Harstad under normale omstendigheter (ikke helgerømme) er vist i tabell 6.

Tabell 6: Forskjeller mellom produksjonen av TINE Lettrømme 18 % fett ved TINE Meieriet Oslo, TINE Meieriet Frya og TINE Meieriet Harstad under normale omstendigheter (ikke helgerømme).

	Oslo	Frya	Harstad
Homogeniseringstemperatur	55 °C	56-57 °C*	68 °C
Homogeniseringstrykk	175 + 35 bar	120 + 30 bar	120 + 30 bar
Varmebehandling	95 °C i 5 min	95 °C i 5 min	95 °C i 5 min
Syrningstemperatur	22 °C	22,5 °C	22 °C
Syrekultur	K1	K2	K4
Syrningsmetode	Tank	Tank	Beger

*Temperaturen er 56-57 °C inn og 58-59 °C ut av homogenisatoren. Den stiger et par grader pga. behandlingen.

Som vist i tabell 6, er det forskjeller i homogeniseringstemperatur, homogeniseringstrykk, syrekultur og syrningsmetode ved anleggene. TINE Meieriet Oslo har eksperimentert med ulike homogeniseringsbetingelser, men benyttet 55 °C og 175 + 35 bar da dette arbeidet startet. Ved TINE Meieriet Frya og TINE Meieriet Harstad benyttes hhv. homogeniseringstemperatur 56-57 °C og 68 °C og homogeniseringstrykk 120 + 30 bar.

TINE Meieriet Oslo benyttet syrekultur K1 da dette arbeidet startet. Det var derfor denne syrekulturen som ble tatt utgangspunkt i. TINE Meieriet Frya og TINE Meieriet Harstad benyttet hhv. K2 og K4. Ifølge informasjon fra syrekulturleverandøren, er syrekultur K2 forventet å gi høyere viskositet enn K1 og K4 i rømme, mens syrekultur K1 og K4 skal gi noe mer aroma enn K2 (Chr. Hansen 2015).

TINE Meieriet Oslo og TINE Meieriet Frya syrner rømmen på tank, mens TINE Meieriet Harstad syrner rømmen på beger. Forskjellen mellom rørt og fast rømme ble omtalt i avsnitt 2.5.6.

TINE Lettrømme syrnes dagen før tapping, og vanlig syrningsstid er mellom 18 og 26 t.

2.9 REOLOGI

2.9.1 Introduksjon til reologi

I næringsmiddelindustrien benyttes reologi for å beskrive ulike produkters konsistens (Bylund 1995). Konsistensen i et materiale kan defineres som dets motstand mot permanent deformasjon, dvs. forholdet mellom kraften påført materialet og dets resulterende flyt (Walstra et al. 2006).

Skjærspenning og skjærhastighet er to sentrale begreper innenfor reologi. Den kraften som virker per areal, og dermed driver deformasjonen, kalles stress eller spenning. Formelen for stress er kraft/areal (Ibarz & Barbosa-Cánovas 2002). Stress måles i enheten Pascal (Pa) (Mezger 2011). Det skilles mellom normalstress og skjærstress. Normalstress virker vinkelrett på flaten, mens skjærstress virker langs flaten (Ibarz & Barbosa-Cánovas 2002). Hastighetsgradienten uttrykkes ved skjærhastigheten, og måles i inverse sekunder, s^{-1} (Mezger 2011).

Det er to egenskaper som kan beskrive konsistensen i et produkt: viskositet og elastisitet (Bylund 1995). Viskositet er evnen et materiale har til å motstå deformasjon, mens elastisitet er evnen materialet har til å gjenopprette den opprinnelige strukturen etter at skjærkraften har opphørt (Duboc & Mollet 2001). Dersom materialet har både viskøse og elastiske egenskaper, kalles det viskoelastisk (Bylund 1995; Duboc & Mollet 2001). I dette arbeidet var det kun de viskøse egenskapene som ble vurdert.

2.9.2 Klassifisering av væsker

Væsker kan deles inn i newtonske og ikke-newtonske væsker. Hos en newtonsk væske er viskositeten uavhengig av skjærhastigheten. Dette i motsetning til en ikke-newtonsk væske, der viskositeten er avhengig av skjærhastigheten. Viskositet hos både newtonske og ikke-newtonske væsker er temperaturavhengig (Bylund 1995; Ibarz & Barbosa-Cánovas 2002).

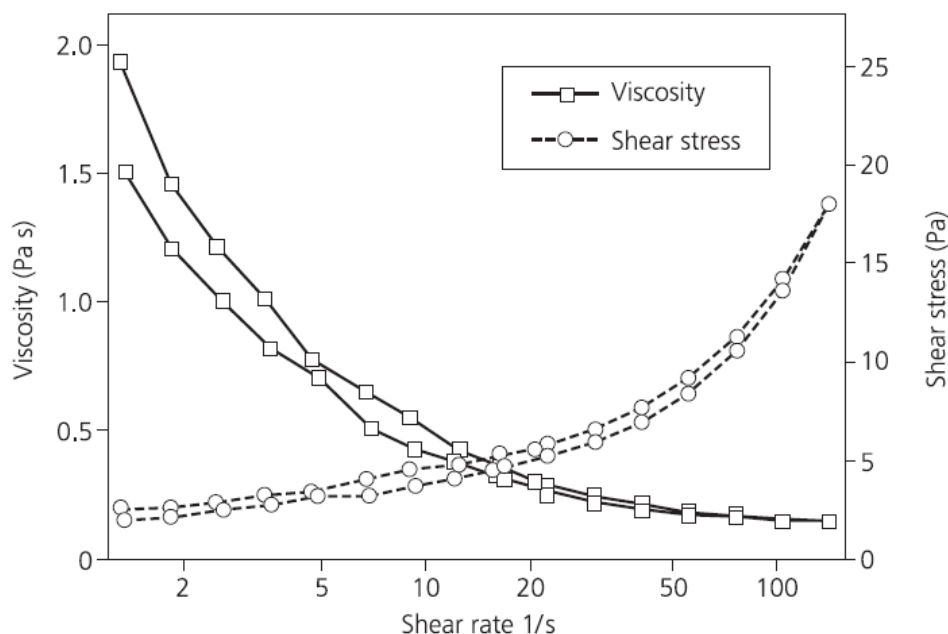
Ikke-newtonske væsker kan videre deles inn i tidsavhengig og tidsuavhengige. Ikke-newtonske væsker som er tidsuavhengige, kan deles inn i skjærtynnende og skjærtykkende væsker. Væsker som blir mer tyktflytende når de utsettes for stress, kalles skjærtykkende eller dilatante, mens væsker som blir mer tyntflytende når de utsettes for stress, kalles skjærtynnende eller pseudoplastiske. Dette skyldes at økt skjærhastighet deformerer og/eller rearrangerer partikler,

noe som resulterer i redusert flytmotstand og dermed lavere viskositet (Bylund 1995; Ibarz & Barbosa-Cánovas 2002).

Newtonske væsker utviser konstant viskositet ved alle skjærhastigheter, og viskositeten er dermed *ekte*. Dette i motsetning til ikke-newtonske væsker, der viskositeten er en funksjon av skjærhastigheten. Viskositeten er dermed *tilsynelatende*, og må derfor sammenliknes ved samme skjærhastighet (Bylund 1995; Ibarz & Barbosa-Cánovas 2002; Walstra 1984) og temperatur (Bylund 1995; Ibarz & Barbosa-Cánovas 2002).

Viskositeten i syrnede produkter som er skjærtynnende, avtar under påvirkning av skjærkrefter, men øker igjen etter at skjærkraften har opphørt. Dette betyr at produktene har tiksotropiske egenskaper (Duboc & Mollet 2001). Syrnede produkter kan imidlertid bare gjenopprette deler av den opprinnelige formen, og er derfor ikke ekte, tiksotropiske væsker (Lee & Lucey 2010).

Et eksempel på viskositet i syrnede produkter med skjærtynnende oppførsel under påvirkning av skjærkrefter er vist i figur 13.



Figur 13: Eksempel på viskositet i syrnede produkter med skjærtynnende oppførsel under påvirkning av skjærkrefter (Tamime et al. 2007).

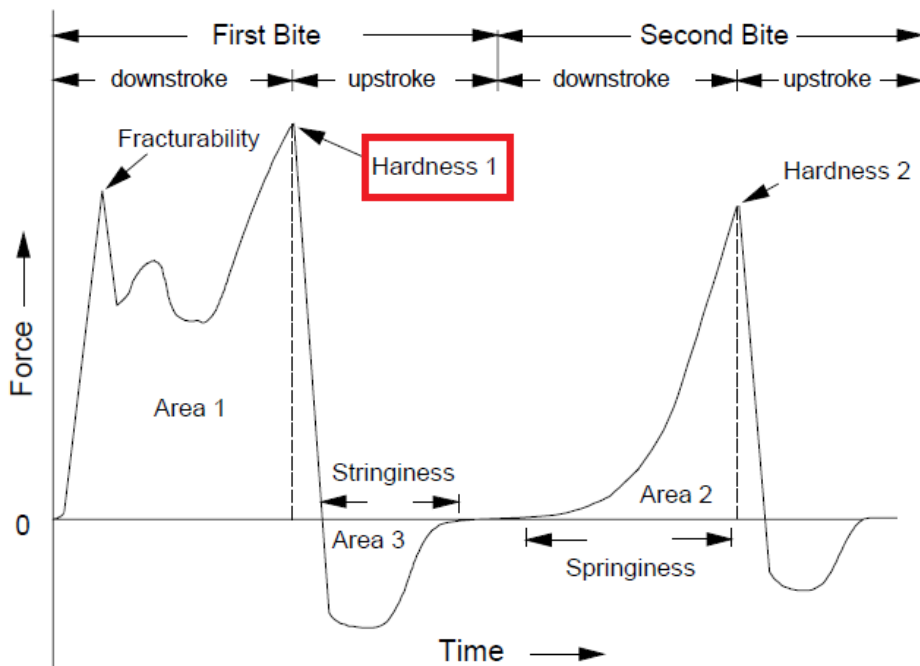
2.9.3 Måling av viskositet

Viskositet er evnen et materiale har til å motstå deformasjon (Duboc & Mollet 2001), og måles i enheten Pascalsekund, Pa·s (Bylund 1995). Ved bruk av en rotasjonstest, kan viskositeten i en ikke-newtonsk væske måles som en funksjon av skjærhastigheten. Rotasjonstesten kan gjennomføres under kontrollerte betingelser, dvs. med en definert skjærhastighet. Dette blir vanligvis gjort dersom væsken ikke ser ut til å ha en flytgrense eller yieldpunkt, dvs. et punkt der deformasjon skjer, og hvis viskositeten skal måles ved en definert skjærhastighet (Mezger 2011).

2.9.4 Måling av gelfasthet

Gelfasthet kan måles ved bruk av Texture Profile Analysis (TPA). TPA måler teksturegenskaper i en prøve ved at en probe gir kompresjon til prøven, som oftest to ganger, hhv. første og andre kompresjon (Steffe 1996).

TPA måler blant annet «Hardness 1», som er den maksimale kraften påført i første kompresjon for å oppnå ønsket kompresjonsdybde (Steffe 1996). Dette er vist i figur 14. De øvrige egenskapene som vises, ble ikke vurdert i dette arbeidet.



Figur 14: Generell TPA-kurve etter Steffe (1996). «Hardness 1» viser den maksimale kraften påført i første kompresjon for å oppnå ønsket kompresjonsdybde.

3.0 MATERIALER OG METODER

Det ble gjennomført to hovedforsøk referert til som HF 1 og HF 2. HF 1 ble gjennomført med tre produksjonsblokker, mens HF 2 ble gjennomført med to produksjonsblokker med to produksjonsgjentak i hver blokk. Det ble utført ett innledende forsøk før hvert hovedforsøk referert til som IF 1 og IF 2.

3.1 HOVEDFORSØK 1

3.1.1 Innledende forsøk 1

Ett innledende forsøk ble gjennomført der tre forsøksfaktorer og deres effekt på lettrømmekvalitet ble undersøkt:

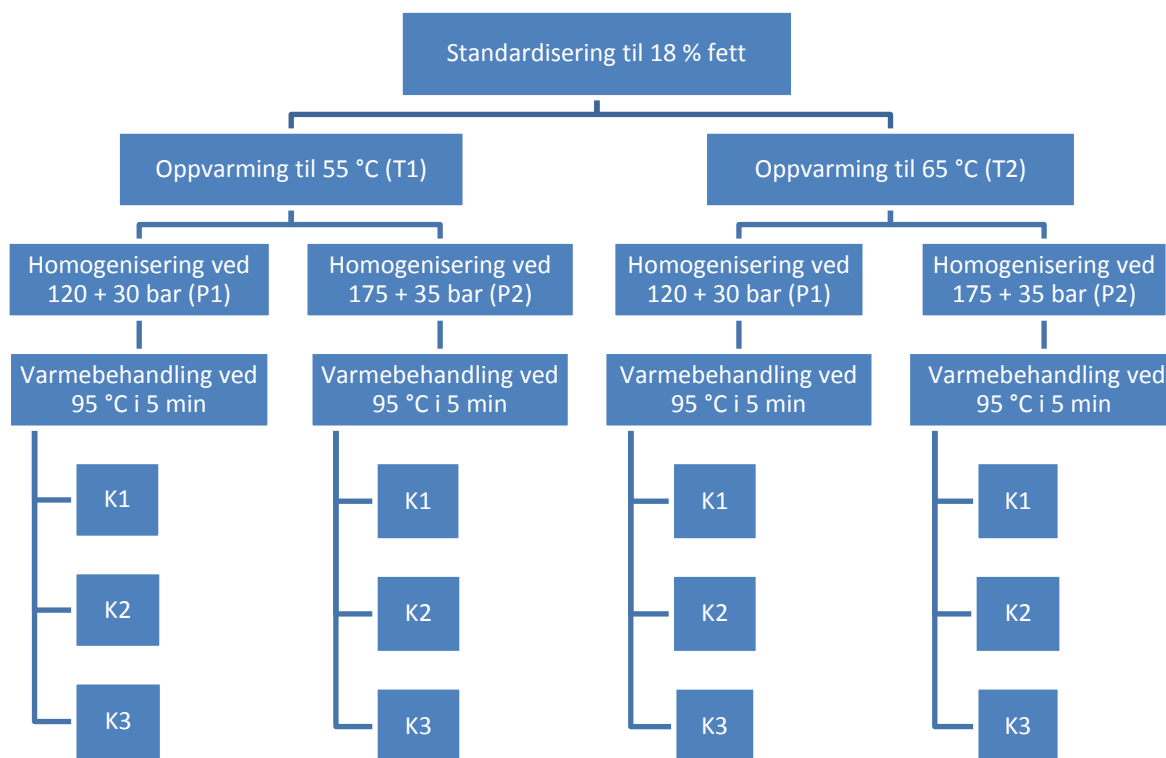
1. Homogeniseringstemperatur
2. Homogeniseringstrykk
3. Tilsetning av ulike syrekulturer

3.1.1.1 Forsøksdesign

Forsøksdesignet ble laget med utgangspunkt i ulikheter i produksjonsprosessene ved de tre TINE-anleggene som produserer TINE Lettrømme 18 % fett.

Det ble valgt to forsøksnivåer av homogeniseringstemperatur: 55 °C som benyttes ved TINE Meieriet Oslo, samt 65 °C. Sistnevnte er noe lavere enn homogeniseringstemperaturen som benyttes ved TINE Meieriet Harstad (68 °C), men en temperaturforskjell på 10 °C ble vurdert som hensiktsmessig. Det ble også valgt to forsøksnivåer av homogeniseringstrykk: 120 + 30 bar som benyttes ved TINE Meieriet Frya og TINE Meieriet Harstad, og 175 + 35 bar som benyttes ved TINE Meieriet Oslo. Fløten ble tilsatt tre ulike syrekulturer: K1 og K2 som benyttes ved produksjon av TINE Lettrømme ved hhv. TINE Meieriet Oslo og TINE Meieriet Frya, samt K3 som benyttes ved produksjon av TINE Seterrømme ved TINE Meieriet Oslo.

Forsøksdesignet som ble benyttet i IF 1 er vist i figur 15.



Figur 15: Forsøksdesign som ble benyttet i IF 1. De ulike rømmeprøvene ble gitt forskjellige koder, avhengig av homogeniseringstemperatur (T1 eller T2), homogeniseringstrykk (P1 eller P2) og syrekultur (K1, K2 eller K3).

Det ble foretatt målinger av pH under syring for å følge syringen til pH var redusert til <4,5. I tillegg ble det utført kjemiske analyser av fersk rømme etter 1 dg. lagring ved 4 °C, samt reologiske analyser av fersk og lagret rømme. De reologiske analysene av fersk rømme ble utført etter 1 og 4 dg. lagring ved 4 °C. Dette skyldes at analysene var mer tidkrevende enn ventet, og av praktiske årsaker måtte andre analysedag da bli etter 4 dg. lagring. De reologiske analysene av lagret rømme ble utført etter 14 dg. ved 4 °C.

3.1.1.2 Produksjon

Rå melk fra universitetets besetning av Norsk Rødt Fe ble levert til pilotanlegget ved IKBM. Der ble melken separert til fløte og skummetmelk. Skummetmelken ble varmebehandlet ved 72 °C i 15 sek. Fløten ble ikke varmebehandlet.

Skummetmelken og fløten ble overført til hvert sitt 50 liters melkespann av aluminium. Disse var vasket og steamet. Fettinnholdet i melken og fløten ble målt til hhv. 0,06 og 50,93 % ved bruk av MilkoScan™ FT1 (Foss, Hillerød, Danmark). Det ble benyttet en bulkotest (100 ml) for uttak av prøven, og prinsippet som ble benyttet var infrarød spektrofotometri. Fløten ble standardisert til 18 % fett (+/- 0,05 %) ved å tilsette skummetmelk i spannet med fløte etter en formel (vedlegg 1).

Den standardiserte fløten ble fordelt i to vaskede og steamede melkespann på 30 liter. Fløten i det første spannet ble varmet opp til homogeniseringstemperatur 55 °C i en kasse med vann tilført steam som varmemedium. Temperaturen ble målt med et digitalt termometer (Fluke 80PK-22 SureGrip™ Immersion Temperature Probe, Fluke Corporation, Washington, USA). Den oppvarmede fløten ble overført til to vaskede og steamede melkespann på tolv liter, og homogenisert ved 120 + 30 bar og 175 + 35 bar. De to spannene med merket med hhv. T1P1 og T1T2. Deretter ble fløten i det andre spannet varmet opp til homogeniseringstemperatur 65 °C. Den oppvarmede fløten ble overført til to vaskede og steamede melkespann på tolv liter, og homogenisert ved 120 + 30 bar og 175 + 35 bar. De to spannene med merket med hhv. T2P1 og T2T2. Fløten ble kun varmet opp til 55 °C eller 65 °C før det første av de to spannene med den aktuelle temperaturen ble homogenisert. Det andre spannet ble stående å vente, og temperaturen sank derfor et par grader mens det første spannet ble homogenisert, men hvor mye den sank, ble ikke registrert.

Deretter ble fløten i ett og ett spann varmebehandlet ved 95 °C i 5 min i den samme kassen med vann tilført steam som varmemedium under konstant omrøring med rørepinne. Det ble benyttet en stoppeklokke for å sikre riktig holdetid. Etter varmebehandling ble blandingene kjølt ned til syringstemperatur, 22 °C, i den samme steamkassen, men nå med kaldt vann som kjølemedium. I underkant av 700 ml av den tempererte fløten (18 %) ble overført til 48 autoklaverte syltetøyglass (700 ml) ved bruk av et autoklavert femlitemål. Syltetøyglassene ble tilsatt 70 µl av en av syrekulturene, K1, K2 eller K3, med en automatpipette. Deretter ble de 48 glassene vendt forsiktig, og fordelt i to vannbad innstilt på 22 °C. Syringen ble avbrutt da pH var redusert 4,5. Da rømmen nådde denne pH-verdien, ble glassene satt i smeltende is på kjølelager i én dg. Prøvene ble ikke opprørt før senere.

TINE benytter som nevnt tottrinshomogenisering av fløte til lettrømmeproduksjon, men i dette arbeidet ble det av praktiske årsaker benyttet dobbel homogenisering. Det fantes en tottrinshomogenisator ved pilotanlegget, men kapasiteten var for liten til å kunne brukes (ni liter pr. time).

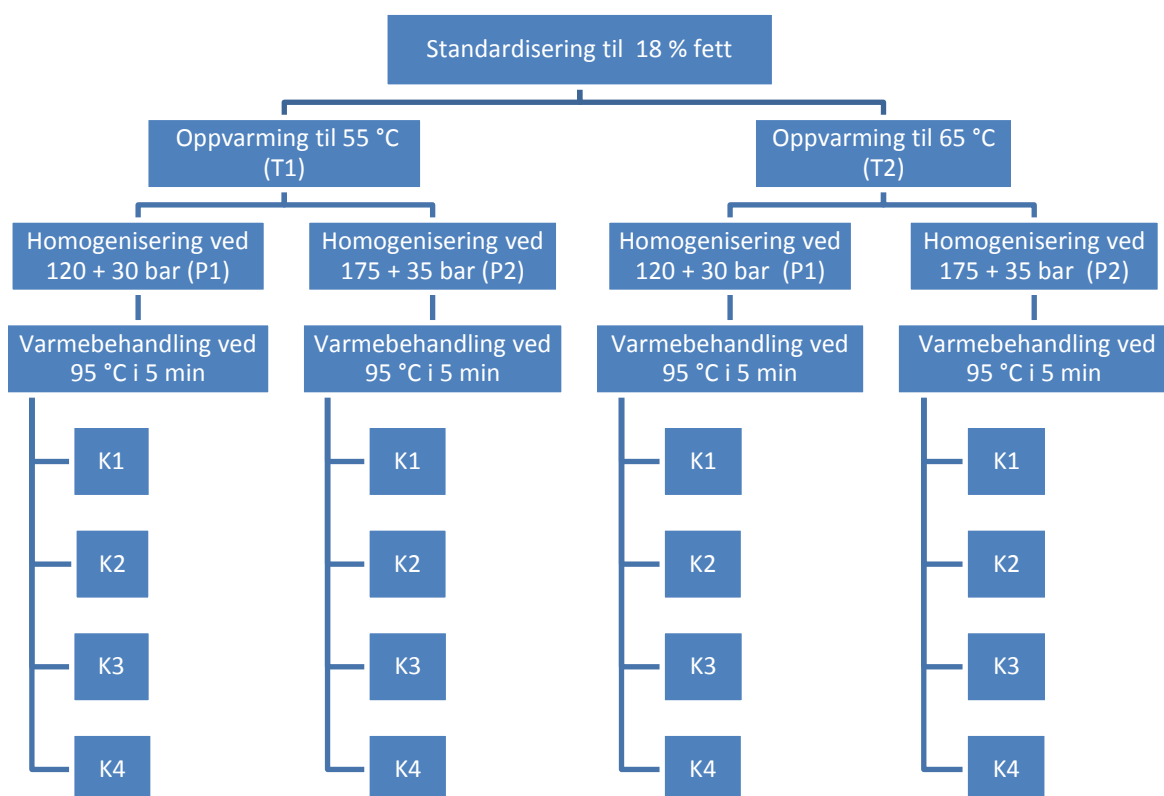
Det ble produsert fire parallelle glass med behandlet og podet fløte for hver faktorkombinasjon: ett til pH-måling, ett til kjemiske analyser, ett til reologiske analyser, samt ett til lagring. Lagringsprøven ble benyttet til reologiske analyser, samt pH-måling.

3.1.2 Hovedforsøk 1

3.1.2.1 Forsøksdesign

De samme forsøksfaktorene ble undersøkt i HF 1 som i IF 1, men for å få med samtlige syrekulturer som benyttes ved produksjon av TINE Lettrømme 18 % fett, ble syrekulturen fra TINE Meieriet Harstad inkludert i forsøksdesignet: K4. Det ble dermed produsert 16 ulike rømmevarianter i stedet for 12.

Forsøksdesignet som ble benyttet er vist i figur 16.



Figur 16: Forsøksdesign som ble benyttet i HF 1. De ulike rømmeprøvene ble gitt forskjellige koder, avhengig av homogeniseringstemperatur (T1 eller T2), homogeniseringstrykk (P1 eller P2) og syrekultur (K1, K2, K3 eller K4).

Dette forsøksdesignet inkluderte homogeniseringsbetingelsene og syrekulturene som benyttes ved de tre TINE-anleggene som produserer TINE Lettrømme 18 % fett.

3.1.2.2 Produksjon

På bakgrunn av erfaringer fra IF 1, ble det gjort noen endringer i HF 1. Ellers ble HF 1 utført på samme måte som IF 1, og med det samme utstyret.

Rå melk ble separert til fløte og skummetmelk. Skummetmelken ble varmebehandlet ved 72 °C i 15 sek, mens fløten ble termisert ved 63 °C i 15 sek.

Godt blandet fløte ble fordelt i fire vaskede og steamede melkespann på 30 liter etter standardisering. Fløten ble varmet opp til 55 °C eller 65 °C og deretter homogenisert fortløpende ved 120 + 30 bar og 175 + 35 bar. Fløten ble gitt en dobbel homogenisering, men den ble kun varmet opp til homogeniseringstemperatur før den første homogeniseringsrunden. Temperaturen i fløten sank rundt 5 °C mellom de to rundene.

Etter varmebehandling ble fløten kjølt ned til 20 °C og overført til 64 autoklaverte syltetøyglass. Glassene ble temperert i vannbad ved 22 °C i én time før poding for å sikre at alle hadde samme og ønsket temperatur.

Det ble produsert fire parallelle glass med behandlet og podet fløte for hver faktorkombinasjon: ett til pH-måling, ett til kjemiske analyser, ett til reologiske og sensoriske analyser, samt ett til lagring. Lagringsprøven ble benyttet til pH-måling, samt reologiske og sensoriske analyser. Under den tredje produksjonen ble det produsert fem parallelle glass av hver rømmetype. Det ekstra glasset ble benyttet til en separat sensorisk bedømmelse av rømmeprøvene hos TINE (vedlegg 3).

Det ble også tatt ut fire nullprøver av de ulike fløteblandningene (T1P1, T1P2, T2P1 og T2P2) som var varmebehandlet, men ikke podet. Også disse prøvene ble holdt ved 22 °C i like lang tid som prøvene som ble syrnede.

3.2 HOVEDFORSØK 2

3.2.1 Innledende forsøk 2

På bakgrunn av resultater fra HF 1, samt informasjon fra litteraturen, ble det laget et nytt forsøksdesign.

To forsøksfaktorer og deres effekt på lettrømmekvalitet ble undersøkt:

1. Homogeniseringsmetode
2. Tilsetning av ulike syrekulturer

3.2.1.1 Forsøksdesign

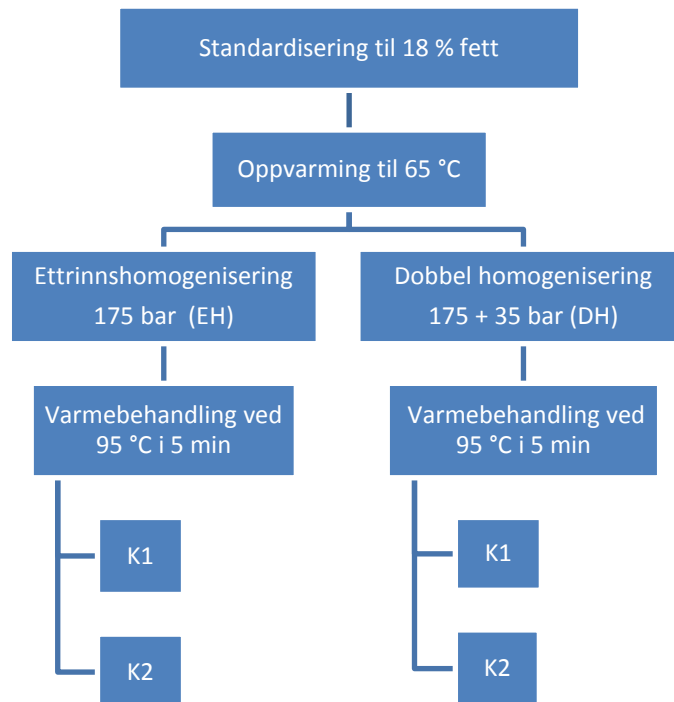
På bakgrunn av ulike anbefalinger i publikasjonene som ble identifisert i litteraturen (tabell 5), var det ønskelig å se på effekten av ulike homogeniseringsmetoder på lettrømmekvalitet. Det ble derfor valgt to forsøksnivåer av homogeniseringsmetode: ettrinns-homogenisering og dobbel homogenisering. I HF 1 var fløtemengden for stor til at det var praktisk mulig å benytte tottrinns-homogenisatoren ved IKBM. I HF 2 var fløtemengden betraktelig lavere, men ble likevel besluttet å benytte dobbel homogenisering ettersom dette ble benyttet i HF 1.

Homogeniseringstemperaturen som ble valgt var 65 °C. Bakgrunnen for dette var at det i HF 1 ble vist at homogenisering ved 65 °C resulterte i signifikant fastere gel og høyere viskositet enn homogenisering ved 55 °C. En gjennomgang av litteraturen viste også at det stort sett anbefales homogeniseringstemperatur >60 °C av fløte til rømmeproduksjon (Bylund 1995; Chandan 2008; Dahle & Doan 1928; Emmons & Tuckey 1967; Kosikowski 1977; Tamime et al. 2007).

Homogeniseringstrykket som ble valgt var 175 bar ved ettrinns-homogenisering og 175 + 35 bar ved dobbel homogenisering. Dette til tross for at ved 65 °C, resulterte homogenisering ved 120 + 30 bar i signifikant fastere gel og høyere viskositet enn homogenisering ved 175 + 35 bar i HF 1. Bakgrunnen for valg av denne trykkombinasjonen, var at denne benyttes ved TINE Meieriet Oslo, og det var ønskelig å se på forskjellen mellom ettrinns-homogenisering og dobbel homogenisering ved disse betingelsene.

Det ble valgt to ulike syrekulturer: K1 og K2. Dette var de samme kulturene som ble benyttet i HF 1, og som benyttes ved produksjon av TINE Lettrømme 18 % fett ved hhv. TINE Meieriet Oslo og TINE Meieriet Frya.

Forsøksdesignet er vist i figur 17.



Figur 17: Forsøksdesign som ble benyttet i IF 2. De ulike rømmeprovne ble gitt forskjellige koder, avhengig av homogeniseringsmetode (EH eller DH) og syrekultur (K1 eller K2).

Det ble ikke utført analyser av rømmeprovne fra IF 2. Dette blir forklart nærmere i avsnitt 3.2.1.2.

3.2.1.2 Produksjon

Rå melk fra universitets besetning av Norsk Rødt Fe ble levert til pilotanlegget ved IKBM. Der ble den separert til fløte og skummet melk. Skummetmelken ble varmebehandlet ved 72 °C i 15 sek, mens fløten ble termisert ved 63 °C i 15 sek.

Fløte ble standardisert til 18 % fett etter samme formel som i HF 1 (vedlegg 1). Den standardiserte fløten ble varmet opp til homogeniseringstemperatur 65 °C i en kasse med vann tilført steam som varmemedium. Temperaturen ble målt med et digitalt termometer (Fluke 80PK-22 SureGrip™ Immersion Temperature Probe, Fluke Corporation, Washington, USA). Fløten ble homogenisert ved 175 bar, og deretter ble den fordelt i to vaskede og steamede melkespann på tolv liter. Det

første spannet ble varmebehandlet umiddelbart under konstant omrøring med rørepinne ved 93-95 °C i 5 min i en dobbelmantlet beholder (fem liter) med tilførsel av steam og kaldt vann i kapp. Grunnen til at disse beholderne ikke ble benyttet i HF 1, var at kapasiteten var for liten (fem liter). Mens fløten i det første spannet ble varmebehandlet, ble fløten i det andre spannet varmet opp til homogeniseringstemperatur 65 °C igjen og homogenisert ved 35 bar. Grunnen til at fløten ble varmet opp til homogeniseringstemperatur igjen, var at temperaturen i fløten sank rundt 5 °C i HF 1 mellom første og andre homogeniseringsrunde. Deretter ble fløten varmebehandlet umiddelbart under konstant omrøring med rørepinne ved 93-95 °C i 5 min. Under varmebehandling ble det observert at viskositeten i fløten gitt en ettrinnsomogenisering, var betraktelig høyere enn i fløten gitt en dobbel homogenisering. Etter varmebehandling ble de to fløteblandingene tappet rett i 16 autoklaverte syltetøyglass fra beholderen der varmebehandlingen hadde skjedd. Glassene ble så satt i et vannbad med iskaldt vann til temperaturen var 20 °C. Deretter ble syltetøyglassene temperert i vannbad ved 22 °C i én time før poding for å sikre at alle hadde samme og ønsket temperatur, og tilsatt 70 µl av en av syrekulturene, K1 eller K2, med en automatpipette. Syltetøyglassene ble vendt forsiktig, og fordelt i to vannbad innstilt på 22 °C.

Første pH-måling ble foretatt 18 t etter tilsetning av syrekultur. Da hadde ikke pH i fløte gitt en ettrinnsomogenisering blitt redusert fra 6,5, mens pH i fløte gitt en dobbel homogenisering var redusert til rundt 5. Den eneste forskjellen mellom de to fløteblandingene var nedkjølingen. Etter varmebehandling ble fløten gitt en ettrinnsomogenisering stående i romtemperatur mens fløten gitt en dobbel homogenisering ble varmebehandlet, men begge fløteblandingene ble temperert til 22 °C før tilsetning av syrekultur. Etersom pH ikke var redusert fra 6,5 i fløte gitt en ettrinnsomogenisering, ble det ikke tatt analyser av prøvene fra IF 2.

3.2.2 Hovedforsøk 2

På bakgrunn av erfaringer fra IF 2 ble det gjort noen endringer i HF 2, men det samme forsøksdesignet ble benyttet. Dette ble vist i figur 17. Ellers ble HF 2 utført på samme måte som IF 2 og med det samme utstyret.

3.2.2.1 Produksjon

For å ha full kontroll på nedkjølingen av fløten, ble begge blandningene kjølt ned til 20 °C i varmebehandlingsbeholderen like etter varmebehandling. Deretter ble de tappet over i

syltetøyglassene og temperert i vannbad ved 22 °C i én time før poding for å sikre at alle hadde samme og ønsket temperatur.

Det ble produsert tre parallelle glass for hver faktorkombinasjon: ett til pH-måling, ett til reologiske og sensoriske analyser samt pH-måling, og ett til konfokalmikroskopi.

3.3 ANALYSEMETODER

3.3.1 Måling av pH

Ett prøveglass ble valgt ut til måling av pH under syrning i de innledende forsøkene og hovedforsøkene. pH ble målt regelmessig gjennom hele syrningen. Syrningen ble avbrutt da pH var redusert til +/- 4,5. pH i rømmeprøver fra HF 1 og 2 ble i tillegg målt etter hhv. 14 og 5-7 dg. lagring ved 4 °C. Det ble også foretatt pH-målinger av de ulike fløteblandingene som var homogenisert og varmebehandlet, men ikke podet. Registreringen fant sted rett før poding og prøvene fungerte som nullprøver.

pH-meteret (PHM 210, Radiometer København, Lyon, Frankrike) med en kombinert elektrode (pHC2005-8, Radiometer København) ble kalibrert ved bruk av standard bufferløsning med pH 4 og pH 7 (Merck, Darmstadt, Tyskland). Temperaturen på bufferløsningene var 22 °C (det samme som syrningstemperaturen). pH-meteret ble vasket regelmessig i OMO Color mellom målingene for å rengjøre elektroden, og omkalibrert etter hver vask.

3.3.2 Kjemiske analyser

Det ble utført kjemiske analyser av fersk rømme fra IF 1 og HF 1. Analysene ble utført etter 1 dg. lagring ved 4 °C. Ettersom lav viskositet er utfordringen ved TINE Meieriet Oslo, ble det valgt å prioritere reologiske og sensoriske analyser i HF 2. Det ble derfor ikke utført kjemiske analyser av rømme fra HF 2.

3.3.2.1 Flyktige komponenter

Innholdet av flyktige komponenter ble analysert ved hjelp av Headspace Gas Chromatography (HSGC) med en modifisering av metode beskrevet av Narvhus et al. (1998).

Prøvene ble godt blandet før innveiling av 10,00 g i headspace-flasker (Machery Nagel, Dueren, Tyskland). Headspaceflaskene ble forseglet med teflonbelagt septa med aluminiumring (PTFA/Si septa, Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA). Prøvene ble plassert i en Agilent Technologies 7679A automatisk headspace sampler med et 6890 GC system (Agilent Technologies) og en flamme ioniseringsdetektor. Programvaren som ble benyttet var Open LAB EZChrom (Agilent Technologies).

Som bæregass ble det benyttet helium grad 6.0 (Aga, Norge) med en konstant bæregassflow på 5.0 ml/min. Headspace ekvilibreringsstemperatur var 50 °C og manifoldtemperatur var 60 °C. Ekvilibreringstiden var på 45 min, og prøvene ble mikset under oppvarming med 70 shakes/min. Headspaceflaskene var trykksatt til 10 PSIG før injeksjon og injeksjonstiden var på 0,5 minutt. Injektoren var satt til 180 °C og detektoren til 200 °C.

En CP-SIL 5CB GC kolonne (Varian, Middelburg, Nederland) ble benyttet for separering av komponentene. Kolonnen hadde en lengde på 25 meter, med indre diameter på 0,53 mm og filmtykkelse på 5,0 µm. Det ble benyttet følgende temperaturprogram under analysen: 53 °C, holdetid 1 min; økning med 15 °C min⁻¹ til 70 °C, 2 min; økning med 22 °C min⁻¹ til 130 °C, 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 eksternkalibrering med standardløsninger med kjent konsentrasjon av følgende komponenter: acetaldehyd, diacetyl, ethylacetate, 2-butanon, 2-methyl-butanal, 2-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-propanal, 3-methyl-butanal, 3-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-propanol, acetoin, aceton, etanol, 2-butanol og 2.3-pentadion (Merck, Darmstadt, Tyskland).

3.3.2.2 Organiske syrer og karbohydrater

Innholdet av organiske syrer og karbohydrater ble analysert ved hjelp av High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) etter en metode opprinnelig beskrevet av Marsili et al. (1981). Metoden ble modifisert og benyttet av Narvhus et al. (1998) og ble ytterligere noe modifisert før anvendelse.

Prøvene ble godt blandet før 2,00 g ble veid ut i syrevaskede 10 ml Belcorør. Prøvene ble tilsatt 5 ml ionebyttet vann, 700 µl H₂SO₄ (Merck, Darmstadt, Tyskland) og 20 ml acetonitril (Merck). Etter tilsetning av acetonitril ble prøvene umiddelbart ristet for hånd, deretter ble de satt i en MultiRS-

60 BIOSAN vendemaskin (Montebello Diagnostics A/S, Oslo, Norge) i 30 min. Prøvene ble sentrifugert i romtemperatur i 15 min ved 1470 x g (3400 rpm) i en Kubota 2010 sentrifuge (Kubota Corporation, Tokyo, Japan). Supernatanten ble sugd opp i en 10 ml steril sprøyte (Becton Dickinson S.A., Madrid, Spania) med en engangskanyle på 0,8x40mm (Becton Dickinson S.A., Madrid, Spania) og deretter filtrert med 0,2 µm PTFE Membran (Acrodisc CR 13 mm Syringe Filter, PALL, Storbritannia) over i et HPLC-rør (Agilent Technologies, Santa Clara, USA). Prøven ble forseglet med Chromacol 8-SV plastkork med Chromacol 8-ST101 septa. 25 µl av prøven ble injisert i HPLC-instrumentet.

Prøvene ble analysert ved hjelp av en Aminex HPX-87H kolonne (Bio-Rad Laboratories, Hercules, USA) oppvarmet til 32 °C. For beskyttelse av kolonnen ble prøvene først kjørt gjennom en forkolonne av typen Cation-H refill (Bio-Rad Laboratories). Kolonnen var koblet til en Perkin Elmer serie 200 pumpesystem (Perkin Elmer, Waltham, USA), en Perkin Elmer Series 200 autosampler (Perkin Elmer) og en Perkin Elmer LC 101 kolonneovn (Perkin Elmer). Den mobile fasen som ble benyttet var 5 mM H₂SO₄ (Merck, Darmstadt, Tyskland), med en gjennomstrømningshastighet på 0,4 mL/min.

Standardløsninger for kalibrering ble preparert på samme måte som prøvene som ble analysert, og komponentene i prøvene ble identifisert og kvantifisert på bakgrunn av retensjonstid sammenlignet med standardløsningene. Karbohydrater benyttet til standardløsning var laktose, glukose og galaktose (Merck) og av organiske syrer ble sitronsyre, orotinsyre, pyrodruesyre, eplesyre, ravsyre, melkesyre, maursyre, eddiksyre, urinsyre, propionsyre og pyro-glutaminsyre (Sigma-Aldrich, Kina) benyttet som standardløsninger. Karbohydratene ble detektert ved hjelp av en Perkin Elmer Serie 200 RI-detektor (Perkin Elmer, Waltham, USA), mens organiske syrer ble detektert ved hjelp av en Perkin Elmer Serie 200 UV/VIS-detektor (Perkin Elmer).

3.3.3 Reologiske analyser

Det ble forsøkt å oppnå et sammenlikningsgrunnlag for reologiske egenskaper i ulike rømmeprøver ved å utføre målinger av deres viskositet og gelens fasthet. Fersk rømme fra IF 1 ble analysert etter 1 og 4 dg. lagring ved 4 °C. Dette skyldes at analysene var mer tidkrevende enn ventet, og av praktiske årsaker måtte da andre analysedag bli etter 4 dg. lagring. Analyser av lagrede prøver fra IF 1 ble utført etter 14 dg. lagring. Fersk og lagret rømme fra HF 1 ble analysert

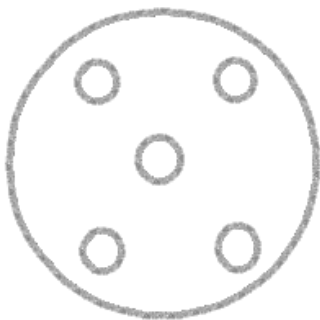
etter hhv. 2 og 14 dg. lagring, mens rømme fra HF 2 ble analysert etter 5-7 dg. lagring. Dette skyldes svært kort tid mellom de to produksjonsblokkene (2 dg.).

3.3.3.1 Gelfasthet

TPA ble utført ved bruk av et instrument av typen TA.HD Plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, Storbritannia). Rømmeprovne ble oppbevart ved 4 °C frem til analysene ble utført. Det ble benyttet en sylinderformet og flatbunnet probe som var 40 mm lang og hadde en diameter på 10 mm. Proben gikk 10 mm ned i prøvene med en hastighet på 5 mm/s. Kraften ble målt.

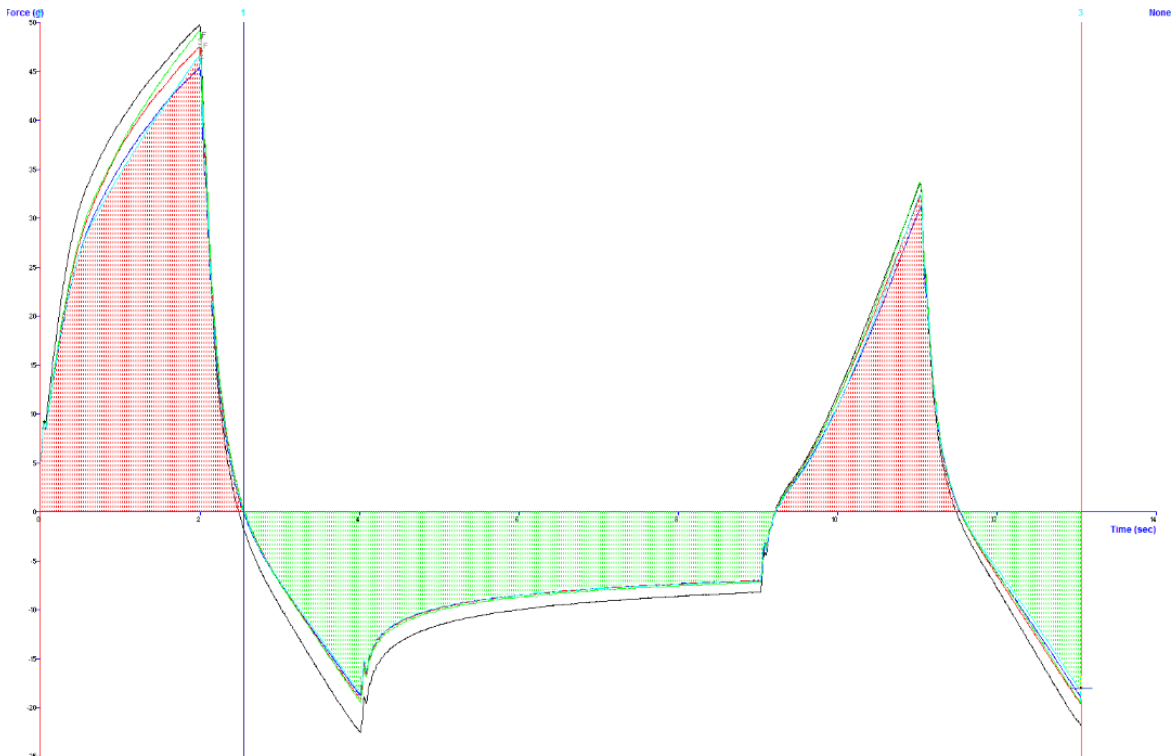
Med unntak av TINE Lettrømme, ble analysene foretatt på uforstyrret gel i prøveglass. I uforstyrret gel er fortsatt bindingene i gelen intakte. Dersom gelen røres opp under produksjon eller før analysene utføres, brytes mange av bindingene i gelen (Walstra et al. 2006). TINE Lettrømme var syrnet på tank og derfor rørt opp før tapping på beger.

Det ble utført fem målinger av hver rømmeprove på ulike punkter av produktets overflate, som illustrert i figur 18. Proben ble tørket godt av mellom hver prøve. Kraften ble målt i g, og det ble valgt å se på F3, som viste «hardheten». Dette var den maksimale motstanden prøven ga i første kompresjon. Jo høyere verdi, desto fastere var gelen.



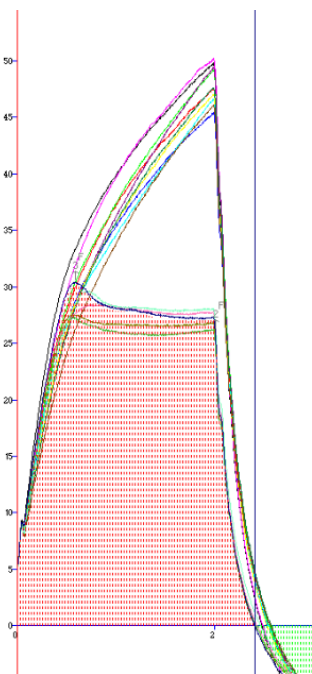
Figur 18: Illustrasjon av valgte målepunkter (sett ovenfra) benyttet for måling av prøvenes gelfasthet med TPA.

En typisk kurve for en prøve er vist i figur 19.



Figur 19: TPA-kurve for rømme etter måling av én prøve. Det ble utført fem målinger av prøven på ulike punkter av produktets overflate, derav fem linjer. Den loddrette aksen viser kraft i g, mens den vannrette aksen viser tid i sek.

Et utsnitt fra tre prøver er vist i figur 20.



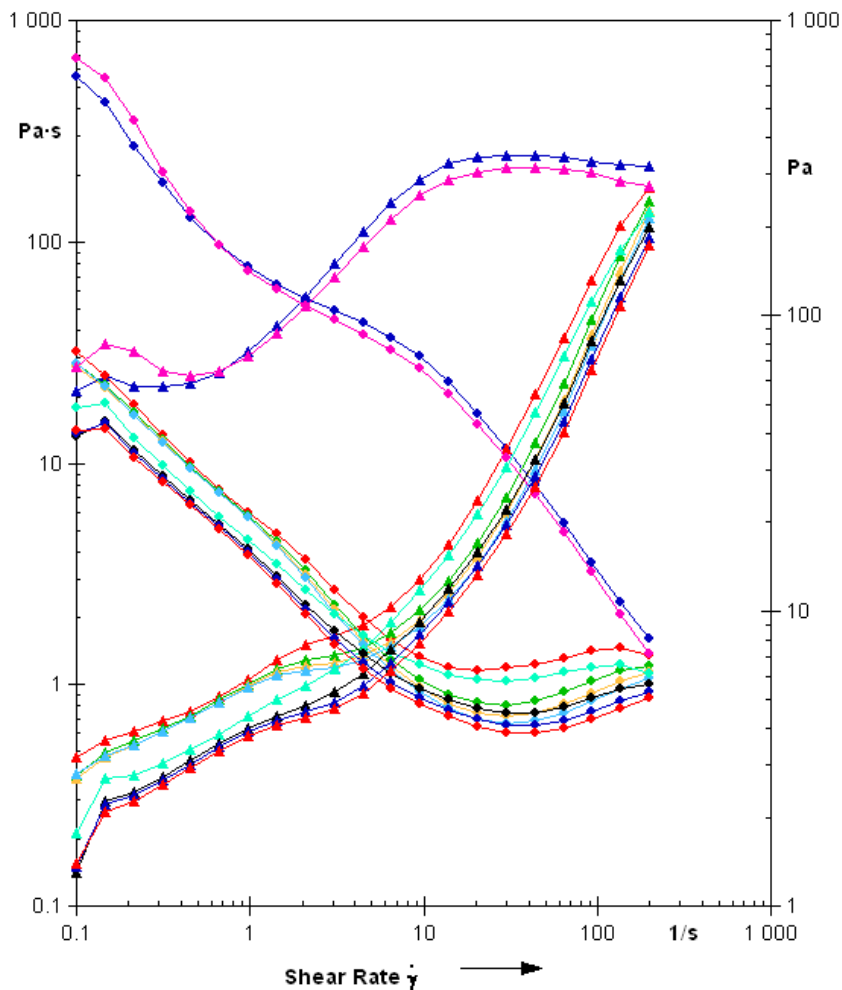
Figur 20: Utsnitt fra TPA-kurve for ulike rømmeprøver som viser F3, dvs. kraften som skulle til for å oppnå ønsket kompresjonsdybde. Figuren viser at den ene prøven flaten ut, noe som betyr at den sviktet ved ganske lav kraft og punkterte, slik at proben trengte inn i materialet.

3.3.3.2. Viskositet

Viskositeten ble målt ved hjelp av en rotasjonstest på et Physica MCR 301 reometer (Anton Paar, Graz, Østerrike). Rotasjonstesten bestod av 21 målepunkter med en varighet på fem sek for hvert målepunkt. Skjærhastigheten økte fra 1-200 s⁻¹ og det ble utført fem målinger av hver rømmeprove. Det ble valgt et plate-plate-system som bestod av en roterende plate som øvre del (probe PP50/P2, Anton Paar) og en ikke-roterende plate (TU1=P-PTD200/80, Anton Paar) som nedre del. Avstanden mellom platene var 1,0 mm og rømmeprovne ble analysert ved 4 °C, som er vanlig kjøleskaptemperatur.

Før analysene ble rømmeprovne rørt opp ved bruk av en spiseskje, ca. ti ganger i en sirkulær bevegelse i glassene. Deretter ble det tatt ut ca. én teskje av prøvene som ble lagt på midten av den faste platen på reometeret. Etter analysen var ferdig, ble prøven tørket av med papir og den roterende platen ble vasket med vann og tørket med papir før ny prøve ble lagt på den faste platen.

Illustrasjon av representative flytkurver fra viskositetsmålinger etter to rømmeprov er vist i figur 21.



Figur 21: Illustrasjon av flytkurver fra viskositetsmålinger etter to rømmepøver. Det ble utført fem målinger av hver prøve, derav ti linjer. Den lodrette akse viser viskositet målt i Pa·s, mens den vannrette akse viser skjærhastighet (shear rate) målt i s^{-1} .

Figur 21 viser et representativt utvalg av flytkurvene oppnådd ved måling av viskositet. Samtlige rømmepøver utviste skjærtynnende egenskaper, dvs. at viskositeten avtok under påvirkning av skjærkrefter. De første målingene (rosa og blå linje) viste at prøvene hadde betraktelig høyere viskositet enn de øvrige målingene. For å få et sammenliknbart tallmateriale, ble det derfor valgt å se på resultatene fra de fire siste målingene. Disse dannet grunnlaget for et gjennomsnitt med standardavvik. Prøvens viskositet (målt i pascalsekunder, Pa·s) ble sammenliknet ved en valgt skjærhastighet, $3,06 s^{-1}$, og temperatur, $4 ^\circ C$. Dette var målepunkt 10, og ble valgt pga. høy repeterbarhet.

3.3.3.3 Saltinnblanding

I HF 2 ble de eksperimentelle rømmeprovne fra første og andre produksjonsblokk (første produksjonsgjentak i begge blokkene), samt de kommersielle referanseprovne, tilsatt 1,5 g salt per 100 g. Dette tilsvarer samme saltmengde som i Holiday-dipp fra Maarud. Etter at saltet var tilsatt og rørt godt inn, ble rømmeprovne satt kjølig i 20 min, i tråd med Maaruds anbefalinger ved tillaging av dipp. Deretter ble viskositetsanalysene utført på samme måte som øvrige viskositetsanalyser.

3.3.4 Sensorisk analyser

Det ble utført sensoriske analyser av rømmeprovner fra HF 1 og 2. Ferske og lagrede rømmeprovner fra HF 1 ble analysert etter hhv. 2 og 14 dg. lagring ved 4 °C. Prøver fra HF 2 ble analysert etter 5-7 dg. lagring ved 4 °C. Dette skyldes svært kort tid mellom de to produksjonsblokkene (2 dg.). Panelet i hver bedømmelse bestod av fem personer med noe erfaring i sensorisk analyse.

Det ble utført en profileringstest med poengskala fra 1-7, der 1 var ingen/lav score og 7 var høy score for den aktuelle egenskapen. Rømmeprovne ble sensorisk vurdert etter seks egenskaper: viskositet, trådtrekkende konsistens, fnokker, smørsmak/-aroma, sur smak og helhetsinntrykk. For å få et visst inntrykk av hva dommerne la vekt på ved plassering på den anvendte skalaen, ble de også anmodet om å gi verbale kommentarer dersom de syntes at det var hensiktsmessig. Skjemaet som ble benyttet ved sensorisk analyse, finnes som vedlegg 2.

Rømmeprovne ble rørt opp med en spiseskje, ca. ti ganger i en sirkulær bevegelse i glassene. I HF 1 ble ferske prøver rørt opp dagen før sensorisk bedømmelse i forbindelse med kjemiske analyser, mens de lagrede prøver ble rørt opp samme dag i forbindelse med reologiske analyser. Etter at prøvene var rørt opp, ble de satt kjølig ved 4 °C. I HF 2 ble prøvene rørt opp samme dag i forbindelse med reologiske analyser.

Prøvene ble laget i stand i små medisinfag merket med en tilfeldig tresifret kode og plassert i brett, der hvert brett hadde plass til mellom fem og sju rømmeprovner. Rømmeprovne ble servert i tilfeldig rekkefølge. TINE Lettrømme ble benyttet som referanseprøve og denne ble vurdert i plenum før panelet startet den individuelle bedømmelsen.

3.3.5 Konfokalmikroskopi

Konfokalmikroskopi er den foretrukne mikroskopiske teknikken for å visualisere den tredimensjonale distribusjonen av strukturelle elementer som protein, fett og polysakkarider i syrnede produkter (Ercili-Cura 2016).

I HF 2 ble det tatt bilder av de eksperimentelle rømmeprøvene fra andre produksjonsblokk (andre produksjonsgjentak), samt de kommersielle referanseprøvene i et konfokalmikroskop. Dette ble gjort av Lene Cecilie Hermansen og Hilde Kolstad ved Mikroskopi laboratoriet (Imaging Centre) ved NMBU. Konfokalmikroskopet som ble benyttet (Confocal Scanning Laser Microscope, CLSM) var av typen Leica TCS SP5 (Leica Microsystems CMS GmbH, Mannheim, Tyskland). Fett ble farget med 0,1 mg/ml Nile Red (Sigma-Aldrich, Kina) løst i aceton, mens protein ble farget med 0,2 % Fast Green (Sigma-Aldrich) løst i vann. En dråpe av hvert fargestoff ble lagt sammen på en ramme med dekkglass. Ca. 0,5-1cm³ av prøven ble lagt oppå fargestoffene, slik at de diffunderte inn i prøven. Slik stod rømmeprøvene i 5-10 min før mikroskopering. Objektivet som ble benyttet var 63x oil, NA 1.4. Bildeformatet var 1024x1024 pixels. Nile Red ble eksitert med 488 nm laser, og emisjonen detektert i området 547-605 nm. Fargestoffet ga en «grønn» fluorescens. Fast Green ble eksitert med 633 nm laser, og emisjonen detektert i området 640-676 nm. Fargestoffet ga en «rød» fluorescens. Det var ikke mulig å skaffe fargestoffer til å visualisere polysakkarider (EPS).

3.3.6 Databehandling

Det ble gjennomført en ANOVA «Fit General Linear Model» i Minitab versjon 17 (Minitab Ltd., Coventry, Storbritannia) med forsøksfaktorene produksjonsblokk, homogeniseringstemperatur, homogeniseringstrykk og kultur i HF 1, og produksjonsblokk, homogeniseringsmetode og kultur i HF 2. I HF 1 ble homogeniseringstrykk nestet under homogeniseringstemperatur, og syrekultur ble nestet under homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk. Rømme syrnet med de samme kulturene ble ikke sammenliknet med hverandre, men med øvrig rømme homogenisert ved samme temperatur og trykk. Ferske og lagrede prøver ble analysert hver for seg, siden disse prøvene ikke var uavhengige. I HF 2 ble kultur nestet under homogeniseringsmetode. Resultatene ble vurdert som signifikante ved en p-verdi <0,05. Grafiske fremstillinger ble laget ved bruk av Microsoft® Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA).

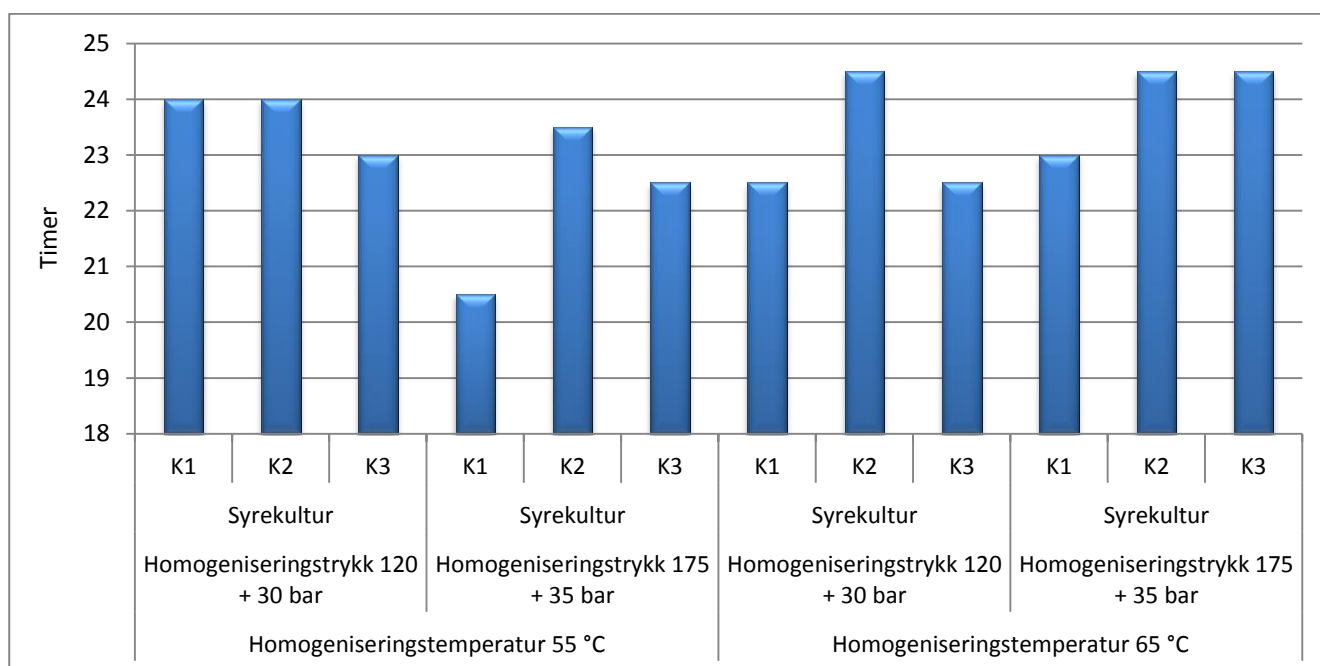
4.0 RESULTATER

4.1 INNLEDENDE FORSØK 1

I innledende forsøk 1 (IF 1) ble effekt av homogeniseringstemperatur, homogeniseringstrykk og syrning med forskjellige syrekulturer på lettrømmekvalitet undersøkt. 12 ulike rømmetyper ble fremstilt av fløte homogenisert ved 55 °C eller 65 °C og 120 + 30 bar eller 175 + 35 bar, og deretter syrnet med kultur K1, K2 eller K3. Forsøksdesignet ble laget med utgangspunkt i ulikheter i produksjonsprosessene ved de tre TINE-anleggene som produserer TINE Lettrømme 18 % fett. Resultatene som presenteres er basert på én produksjon.

4.1.1 pH-utvikling

Det ble foretatt målinger av pH under syrning for å følge syrningen til pH var redusert til <4,5. Tiden det tok for å nå denne pH-verdien, er vist grafisk i figur 22.



Figur 22: Tiden det tok å følge syrningen til pH var redusert til <4,5.

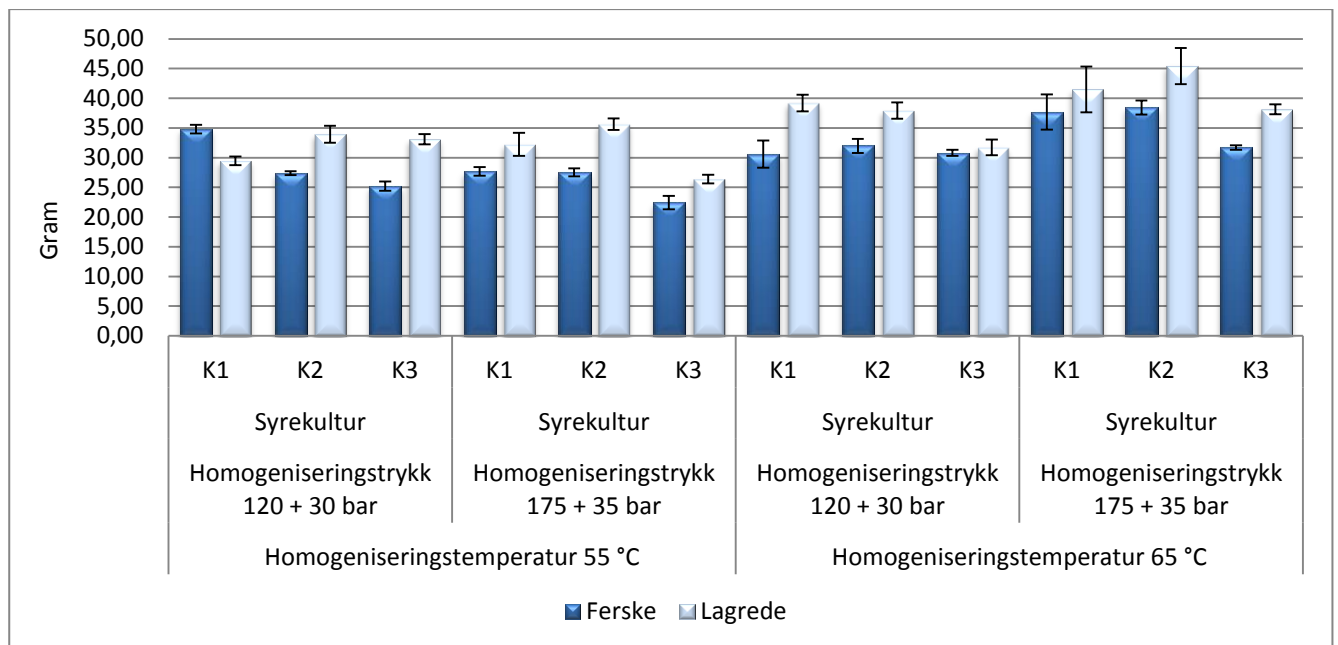
Som figur 22 viser, ble pH i samtlige rømmeprover redusert til <4,5 i IF 1. Syrningen tok imidlertid ulik tid, fra 20 til 24,5 t. Gjennomsnittlig tid var $23,25 \pm 1,18$ t.

4.1.2 Reologiske analyser

Det ble utført reologiske analyser av ferske og lagrede rømmepøver. Analyser av ferske rømmepøver ble utført etter 1 og 4 dg. lagring ved 4 °C. Dette skyldes at analysene var mer tidkrevende enn ventet, og av praktiske årsaker måtte andre analysedag da bli etter 4 dg. lagring. Reologiske analyser av lagrede rømmepøver ble utført etter 14 dg. lagring ved 4 °C.

4.1.2.1 Gelfasthet

Gjennomsnittlig gelfasthet (N=5) i en og samme prøve, samt standardavviket for disse målingene er vist i figur 23.



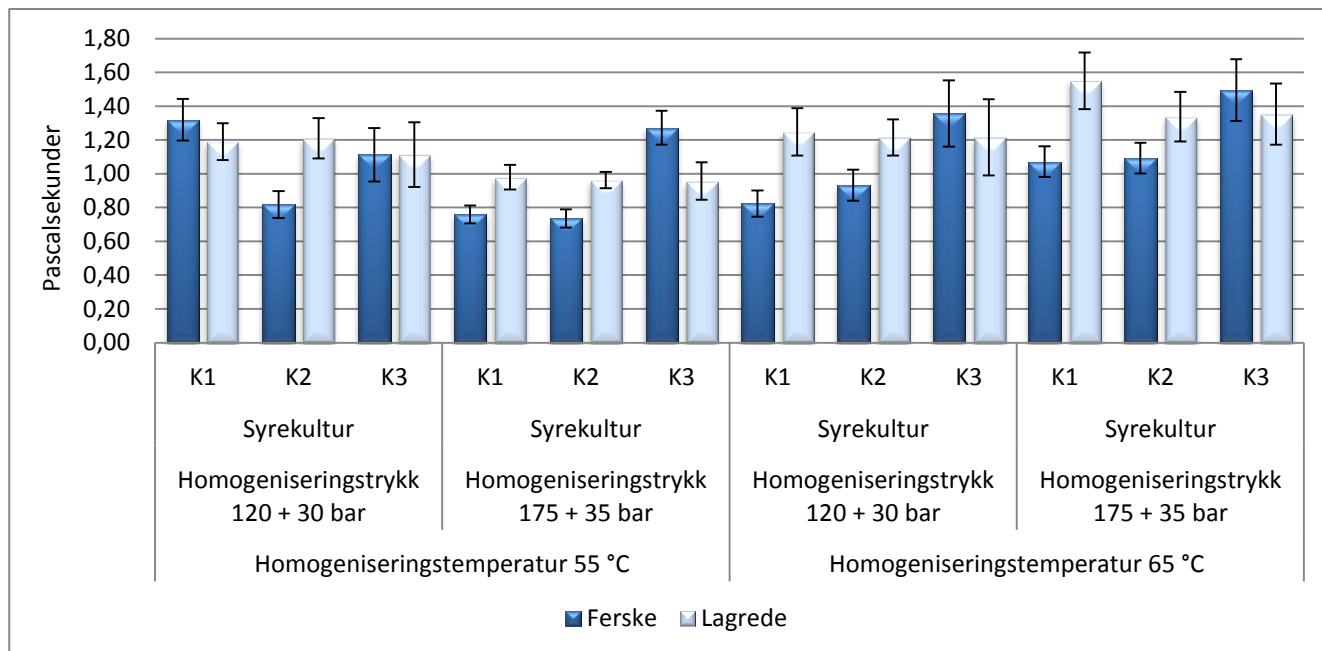
Figur 23: Gjennomsnittlig gelfasthet i ferske og lagrede rømmepøver fra IF 1. De vertikale linjene viser standardavvik for fem målinger i samme prøve.

Figur 23 viser at rømme av fløte homogenisert ved 65 °C, oppnådde gjennomgående fastere gel enn rømme av fløte homogenisert ved 55 °C. Ved 65 °C, oppnådde rømme av fløte homogenisert ved 175 + 35 bar fastere gel enn rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar.

Rømme som ble analysert etter 14 dg. lagring hadde, med ett unntak, fastere gel enn rømme som ble analysert etter 1 og 4 dg. lagring.

4.1.2.2 Viskositet

Gjennomsnittlig viskositet etter fire målinger i en og samme prøve, samt standardavviket for disse målingene er vist i figur 24.



Figur 24: Gjennomsnittlig viskositet i ferske og lagrede rømmeprøver. De vertikale linjene viser standardavvik for fire målinger i samme prøve.

Figur 24 viser at rømme av fløte homogenisert ved 65 °C, oppnådde høyere viskositet etter syring enn rømme av fløte homogenisert ved 55 °C. Det var ikke klare forskjeller mellom de anvendte homogeniseringstrykkene eller syrekulturene.

Resultatene viste at rømme analysert etter 1 dg. lagring, hadde svakere gel og lavere viskositet enn rømme analysert etter 4 dg. lagring. Denne tidsforskjellen kan være en mulig feilkilde, men en sannsynlig forklaring kan likevel være at det var rømme av fløte homogenisert ved 55 °C som ble analysert etter 1 dg. lagring. Resultater fra HF 1 viste at rømme av fløte homogenisert ved 55 °C, hadde svakere gel og lavere viskositet enn rømme av fløte homogenisert ved 65 °C.

4.1.3 Kjemiske analyser

Det ble utført kjemiske analyser av ferske rømmepøver etter 1 dg. lagring ved 4 °C. Resultatene fra disse analysene er presentert i tabell 7.

Tabell 7: Innhold av acetaldehyd, etanol, sitronsyre, eddiksyre, acetoin, diacetyl, melkesyre, laktose og galaktose i rømmepøvene.

Temp.	Trykk	Kul.	Acetaldehyd	Etanol	Sitronsyre	Eddiksyre	Acetoin	Diacetyl	Melkesyre	Laktose	Galaktose
			ppm								
55 °C	120 + 30 bar	K1	0,14	30,04	100,4	654,63	272,60	2,01	6473,65	33331,1	402,12
		K2	0,06	17,20	100,65	752,47	59,18	1,41	7018,94	34142,7	339,62
		K3	0,10	11,35	103,87	704,17	139,11	2,99	6800,58	33214,1	346,05
	175 + 35 bar	K1	0,12	35,97	97,39	687,16	205,83	1,12	6280,64	34167,1	376,75
		K2	0,04	31,13	97,97	754,76	36,48	0,70	6941,14	33629,5	314,67
		K3	0,10	15,45	95,98	687,22	224,32	1,88	6908,13	33196,5	333,91
65 °C	120 + 30 bar	K1	0,14	31,65	96,94	650,08	262,34	2,26	6654,49	33412,1	400,35
		K2	0,06	17,83	99,05	751,09	15,50	0,77	6909,81	33346,8	344,08
		K3	0,10	14,98	105,62	698,89	69,88	1,47	6799,08	33012	323,01
	175 + 35 bar	K1	0,19	25,79	92,11	645,94	302,12	2,50	6337,53	33596	388,25
		K2	0,06	13,93	100,38	685,02	187,50	2,06	6755,17	32982,9	284,35
		K3	0,09	15,62	104,49	707,92	123,32	1,94	7178,88	33526,6	328,58

Tabell 7 viser at det var store variasjoner i acetoininnholdet i rømmepøvene. Det gjennomsnittlige innholdet var $158,18 \pm 98,4$ ppm. For de øvrige analyserte komponentene, var det mindre forskjeller mellom de ulike rømmepøvene, men det ble likevel registrert noen forskjeller. Rømme av fløte syrnet med kultur K2 hadde det laveste innholdet av acetaldehyd, diacetyl og acetoin, og i de fleste tilfeller det høyeste innholdet av eddiksyre. Rømme av fløte syrnet med kultur K3 hadde det laveste innholdet av etanol, og rømme av fløte syrnet med kultur K1 hadde det høyeste innholdet av galaktose.

Resultatene fra IF 1 var basert på én produksjonsblokk, og det var ikke mulig å trekke noen slutninger på bakgrunn av dette.

4.2 HOVEDFORSØK 1

I hovedforsøk 1 (HF 1) ble effekt av homogeniseringstemperatur, homogeniseringstrykk og syrning med forskjellige syrekulturer på lettrømmekvalitet undersøkt. Det var dermed de samme forsøksfaktorene som ble undersøkt i HF 1 som i IF 1. For å få med samtlige syrekulturer som benyttes ved de tre TINE-anleggene som produserer TINE Lettrømme 18 % fett, ble syrekulturen fra TINE Meieriet Harstad inkludert i forsøket: K4. Det ble dermed fremstilt 16 ulike rømmetyper i stedet for 12. De eksperimentelle rømmeprøvene var fremstilt av fløte homogenisert ved 55 °C eller 65 °C og 120 + 30 bar eller 175 + 35 bar, og deretter syrnet med kultur K1, K2, K3 eller K4. Resultatene som presenteres er basert på gjennomsnittet av tre produksjoner. Signifikansnivået ble satt til $p \leq 0,05$.

4.2.1 Sammensetning av usyrnet fløte

Fra samtlige produksjoner ble det tatt ut fire prøver av fløteblandingen som var homogenisert og varmebehandlet, men ikke podet. Det ble foretatt pH-måling av disse. Gjennomsnittlig pH ble målt til $6,65 \pm 0,47$. I tillegg ble det utført analyser av fløteprøvenes sammensetning. Disse resultatene er gjengitt i tabell 8.

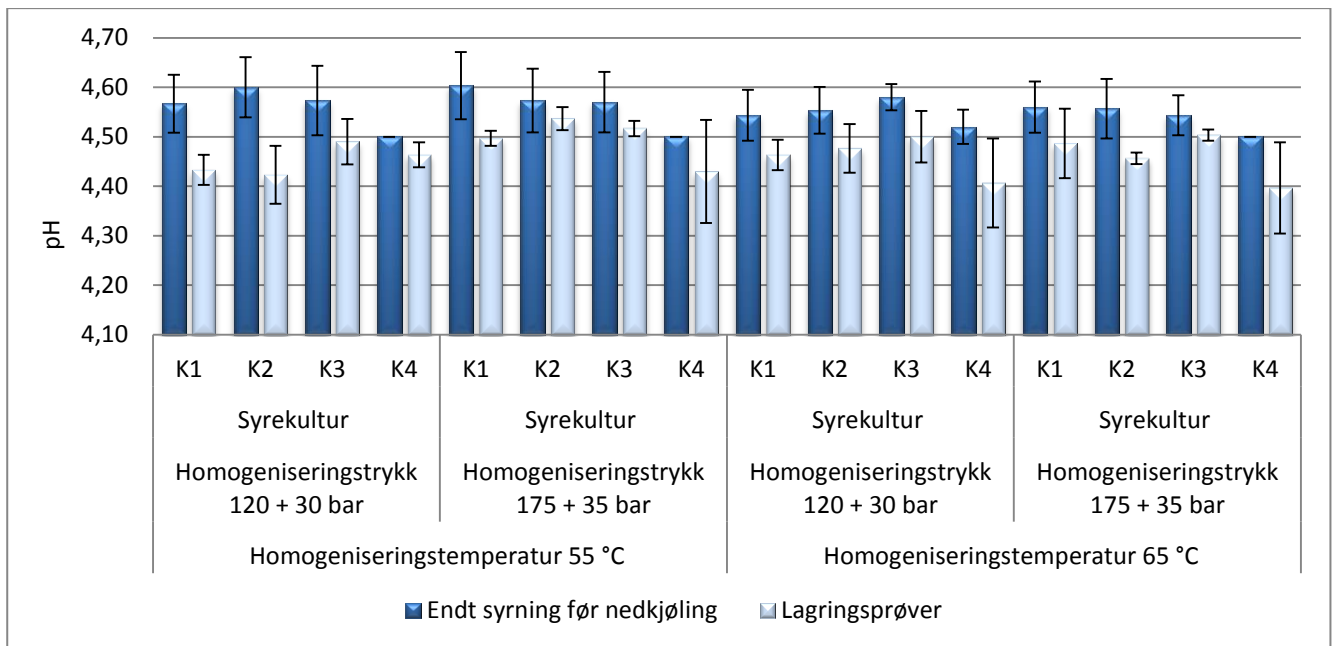
Tabell 8: Gjennomsnittlig prosentvis fett-, laktose-, protein-, fettfritt tørrstoff- og tørrstoffinnhold i fløten fra tre produksjoner.

	Fett	Laktose	Protein	Fettfritt tørrstoff	Tørrstoff
Gjennomsnitt	17,98	3,76	2,9	7,81	25,91
Standardavvik	$\pm 0,03$	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$

Tabell 8 viser at fettinnholdet i den usyrnede fløten ble standardisert til $17,98 \pm 0,03$ %.

4.2.2 pH-utvikling

pH ble målt under syrning for å følge syrningen til pH var redusert til $<4,5$, samt etter 14 dg. lagring ved 4 °C. Resultatene fra disse målingene er presentert grafisk i figur 25.



Figur 25: Gjennomsnittlig pH etter endt syrning før nedkjøling og i lagrede rømmepøver fra tre produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik.

Som tidligere nevnt, stanset reduksjonen i pH mellom 4,55 og 4,6 i de fleste rømmepøvene. Gjennomsnittlig pH var derfor >4,5 i de fleste prøver etter endt syrning før nedkjøling. Dette er vist i figur 25. Unntaket var tre av fire rømmepøver syrnet med kultur K4. Disse hadde pH <4,5 ved endt syrning før nedkjøling ved samtlige produksjoner.

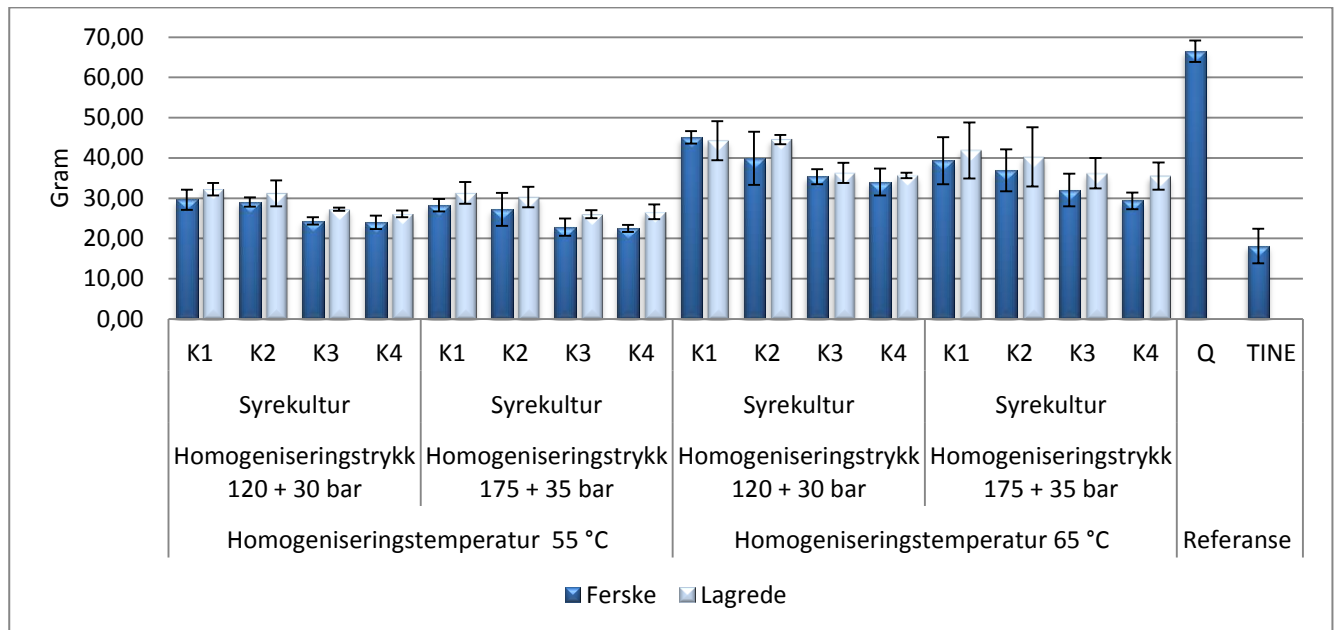
pH i samtlige rømmepøver var lavere etter 14 dg. lagring ved 4 °C.

4.2.3 Reologiske analyser

Det ble utført reologiske analyser av både ferske og lagrede rømmepøver fra samtlige produksjoner. Ferske og lagrede rømmepøver ble analysert etter hhv. 2 og 14 dg. lagring ved 4 °C.

Resultatene fra måling av rømmepøvenes gelfasthet er vist i figur 26, mens deres viskositet er fremstilt grafisk i figur 27. Resultatene fra statistisk beregning av effekten av forsøksfaktorene på rømmepøvenes gelfasthet og viskositet er vist ved presentasjon av signifikansnivåer (p-verdier) i hhv. tabell 9 og 10.

4.2.3.1 Gelfasthet



Figur 26: Gjennomsnittlig gelfasthet i ferske og lagrede lettrømmepøver med to nivåer av homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk og fire ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt av måling på prøver fra tre produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik.

Tabell 9: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på gelfasthet i ferske og lagrede lettrømmepøver. Homogeniseringstrykk ble nestet under homogeniseringstemperatur og kultur ble nestet under homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk. Forsøksfaktorer som ga signifikant fastere gel er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant svakere gel er skyggelagt i grønt.

Ferske rømmepøver			Lagrede rømmepøver		
Temperatur 55 °C (<0,0001)	Trykk 120 + 30 bar	K1	Temperatur 55 °C (<0,0001)	Trykk 120 + 30 bar	K1 (0,040)
		K2			K2
		K3			K3
		K4			K4 (0,047)
	Trykk 175 + 35 bar	K1		K1	
		K2		K2	
		K3		K3	
		K4		K4	
Temperatur 65 °C (<0,0001)	Trykk 120 + 30 bar (0,002)	K1 (<0,0001)	Temperatur 65 °C (<0,0001)	Trykk 120 + 30 bar	K1 (0,019)
		K2			K2 (0,012)
		K3 (0,042)			K3 (0,024)
		K4 (0,006)			K4 (0,009)
	Trykk 175 + 30 bar (0,002)	K1 (0,003)		Trykk 175 + 35 bar	K1 (0,044)
		K2			K2
		K3			K3
		K4 (0,002)			K4

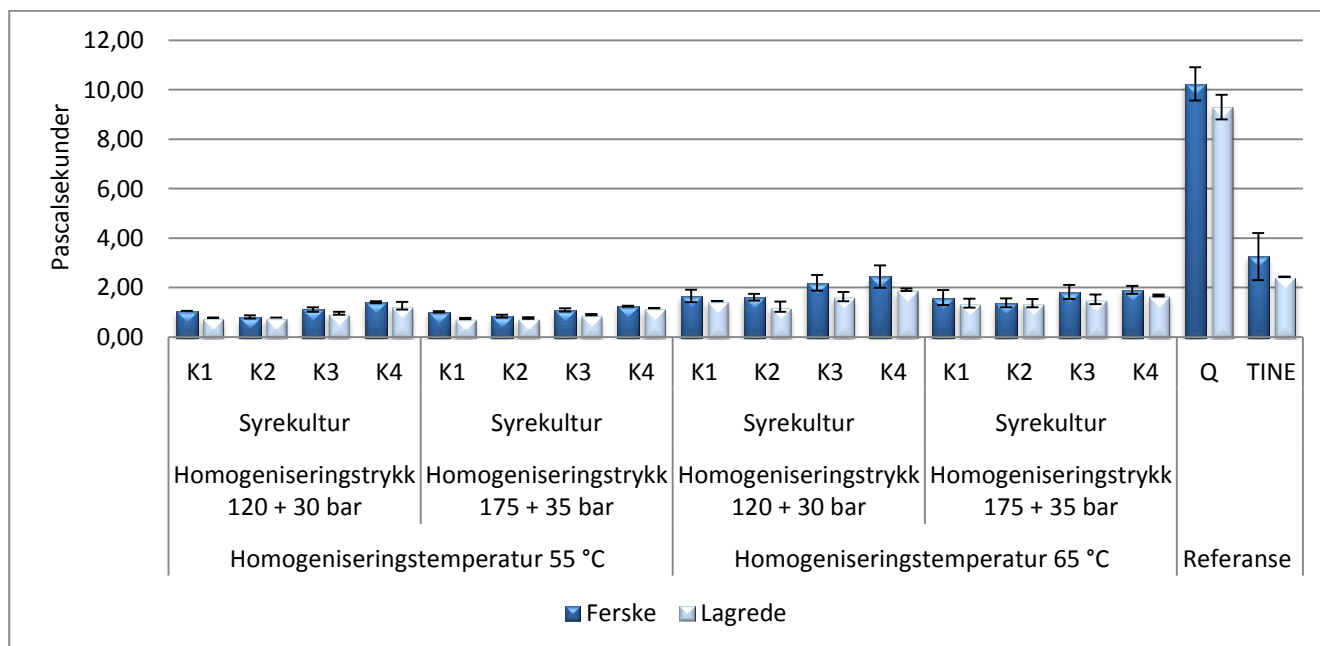
Figur 26 og tabell 9 viser at rømme av fløte homogenisert ved 65 °C, oppnådde signifikant fastere gel enn rømme av fløte homogenisert ved 55 °C. Gjennomsnittlig gelfasthet i fersk og lagret rømme av fløte homogenisert ved 55 °C var hhv. 25,89 og 28,89 g, og ved 65 °C hhv. 36,49 og 39,33 g. Samtlige rømmeprøver hadde fastere gel etter 14 dg. lagring enn i fersk tilstand.

Ved 65 °C oppnådde fersk rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar signifikant fastere gel enn rømme av fløte homogenisert ved 175 + 35 bar, hhv. 38,58 og 34,40 g. En slik effekt av homogeniseringstrykk ble ikke funnet for lagret rømme, eller ved 55 °C.

Fersk rømme av fløte homogenisert ved 65 °C og syrnnet med kultur K1 og K4 oppnådde hhv. signifikant fastere og svakere gel enn rømme av fløte syrnnet med de øvrige kulturene og homogenisert ved samme betingelser. Den samme effekten av syrekultur ble funnet for lagret rømme, men da i rømme av fløte homogenisert ved begge homogeniseringstemperaturene og ved 120 + 30 bar.

Det ble kun tatt analyser av butikkerske Q- og TINE-prøver, og grunnet ulik holdbarhet kan disse sammenliknes direkte med de eksperimentelle rømmeprøvene. Q Lettrømme hadde betraktelig fastere gel, mens TINE Lettrømme hadde betraktelig svakere gel, hhv. 66,53 og 18,15 g.

4.2.3.2 Viskositet



Figur 27: Gjennomsnittlig viskositet i ferske og lagrede lettrømmeprøver med to nivåer av homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk og fire ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt av måling på prøver fra tre produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik.

Tabell 10: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på viskositet i ferske og lagrede lettrømmeprøver. Homogeniseringstrykk ble nestet under homogeniseringstemperatur og kultur ble nestet under homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere viskositet er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere viskositet er skyggelagt i grønt.

Ferske rømmeprøver			Lagrede rømmeprøver		
Temperatur 55 °C (<0,0001)	Trykk 120 + 30 bar	K1	Temperatur 55 °C (<0,0001)	Trykk 120 + 30 bar	K1
		K2 (0,003)			K2
		K3			K3
		K4 (0,002)			K4 (0,003)
	Trykk 175 + 35 bar	K1		Trykk 175 + 35 bar	K1
		K2 (0,029)			K2
		K3			K3
		K4 (0,039)			K4 (0,005)
Temperatur 65 °C (<0,0001)	Trykk 120 + 30 bar (<0,0001)	K1 (0,001)	Temperatur 65 °C (<0,0001)	Trykk 120 + 30 bar (0,001)	K1
		K2 (<0,0001)			K2 (0,001)
		K3 (0,023)			K3
		K4 (<0,0001)			K4 (0,003)
	Trykk 175 + 35 bar (<0,0001)	K1		Trykk 175 + 35 bar (0,001)	K1
		K2 (0,003)			K2
		K3			K3
		K4 (0,015)			K4 (0,001)

Figur 27 og tabell 10 viser at rømme av fløte homogenisert ved 65 °C oppnådde signifikant høyere viskositet enn rømme av fløte homogenisert ved 55 °C. Gjennomsnittlig viskositet i fersk og lagret rømme av fløte homogenisert ved 55 °C var hhv. 1,08 og 0,93 Pa·s, og ved 65 °C hhv. 1,83 og 1,52 Pa·s.

Ved 65 °C oppnådde fersk og lagret rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar signifikant høyere viskositet enn rømme av fløte homogenisert ved 175 + 35 bar. Gjennomsnittlig viskositet i fersk og lagret rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar var hhv. 1,98 og 1,56 Pa·s, og ved 175 + 35 bar hhv. 1,68 og 1,49 Pa·s. Det var ikke en slik effekt av homogeniseringstrykk ved 55 °C. Samtlige rømmeprøver hadde lavere viskositet etter 14 dg. lagring enn i fersk tilstand.

Både fersk og lagret rømme av fløte syrnet med kultur K4 oppnådde signifikant høyere viskositet enn rømme av fløte syrnet med de øvrige kulturene og homogenisert ved samme betingelser. Fersk rømme av fløte syrnet med kultur K2 oppnådde signifikant lavere viskositet enn rømme av fløte syrnet med de øvrige kulturene og homogenisert ved samme betingelser. En slik effekt av syrekultur K2 ble, med ett unntak, ikke funnet for lagret rømme.

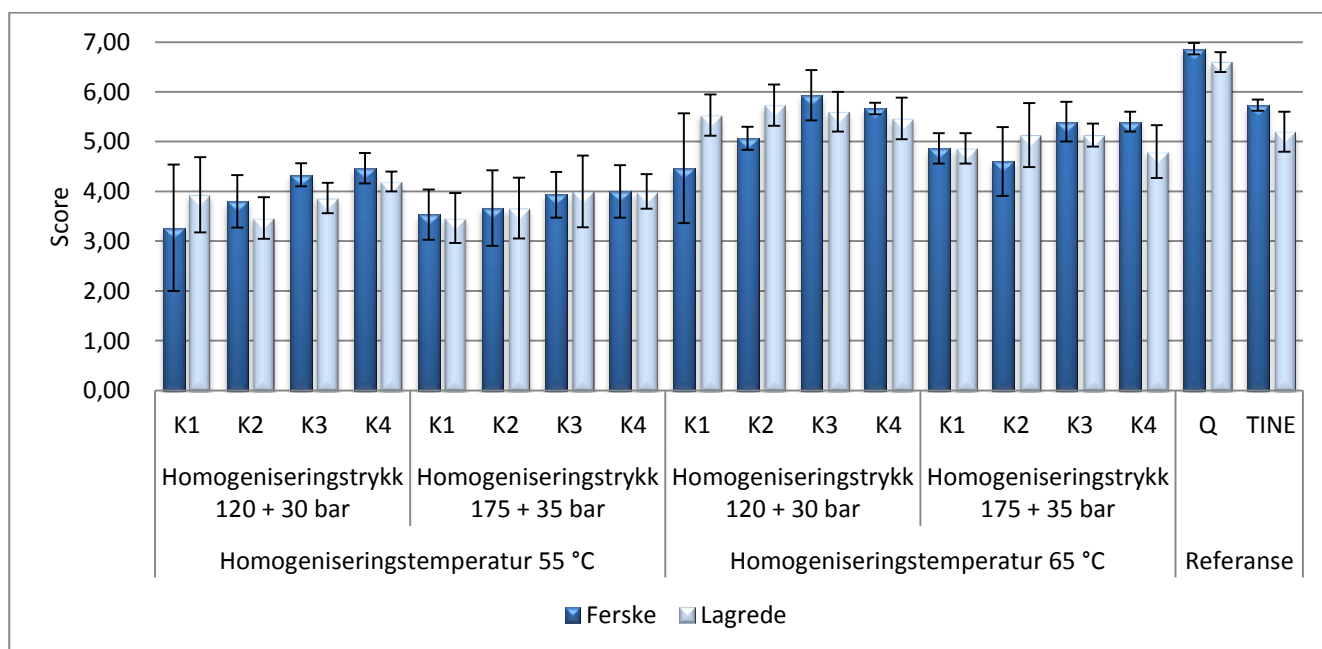
Det ble tatt analyser av butikkers Q- og TINE-prøver, og grunnet ulik holdbarhet kan ikke disse sammenliknes direkte med de eksperimentelle rømmepøverne. Q Lettrømme hadde imidlertid betraktelig høyere viskositet enn alle andre prøver, hhv. 10,24 og 9,29 Pa·s i ferske og lagrede prøver. TINE Lettrømme hadde også høyere viskositet enn de eksperimentelle rømmepøverne, men betraktelig lavere enn Q Lettrømme, hhv. 3,25 og 2,44 Pa·s i ferske og lagrede prøver.

4.2.4 Sensoriske analyser

Det ble utført sensoriske analyser av både ferske og lagrede rømmepøver fra samtlige produksjoner. Ferske og lagrede rømmepøver ble analysert etter hhv. 2 og 14 dg. lagring ved 4 °C.

Gjennomsnittlig score for rømmepøvenes viskositet er vist i figur 28. Resultatene fra statistisk beregning av effekten av forsøksfaktorene på rømmepøvenes sensorisk vurderte viskositet er vist ved presentasjon av signifikansnivåer (p-verdier) i tabell 11.

4.2.4.1 Viskositet



Figur 28: Gjennomsnittlig score for viskositet hos ferske og lagrede lettrømmepøver med to nivåer av homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk og fire ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt fra tre produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik.

Tabell 11: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på viskositet i ferske og lagrede lettrømmeprøver. Homogeniseringstrykk ble nestet under homogeniseringstemperatur og kultur ble nestet under homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere score for viskositet er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere score er skyggelagt i grønt.

Ferske rømmeprøver			Lagrede rømmeprøver		
Temperatur 55 °C (<0,0001)	Trykk 120 + 30 bar	K1 (0,013)	Temperatur 55 °C (<0,0001)	Trykk 120 + 30 bar	K1
		K2			K2
		K3			K3
		K4			K4
	Trykk 175 + 35 bar	K1		Trykk 175 + 35 bar	K1
		K2			K2
		K3			K3
		K4			K4
Temperatur 65 °C (<0,0001)	Trykk 120 + 30 bar	K1 (0,004)	Temperatur 65 °C (<0,0001)	Trykk 120 + 30 bar (0,002)	K1
		K2			K2 (0,039)
		K3 (0,020)			K3
		K4			K4
	Trykk 175 + 35 bar	K1		Trykk 175 + 35 bar (0,002)	K1
		K2			K2
		K3			K3
		K4			K4

Figur 28 og tabell 11 viser at rømme av fløte homogenisert ved 65 °C, ble bedømt som signifikant mer viskøs enn rømme av fløte homogenisert ved 55 °C. Gjennomsnittlig score for fersk og lagret rømme av fløte homogenisert ved 55 °C var hhv. 3,88 og 3,83, og ved 65 °C hhv. 5,18 og 5,28.

Ved 65 °C ble lagret rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar bedømt som signifikant mer viskøs enn rømme av fløte homogenisert ved 175 + 35 bar, hhv. 5,58 og 4,98. Det ble ikke funnet en slik effekt av homogeniseringstrykk for fersk rømme, eller ved 55 °C.

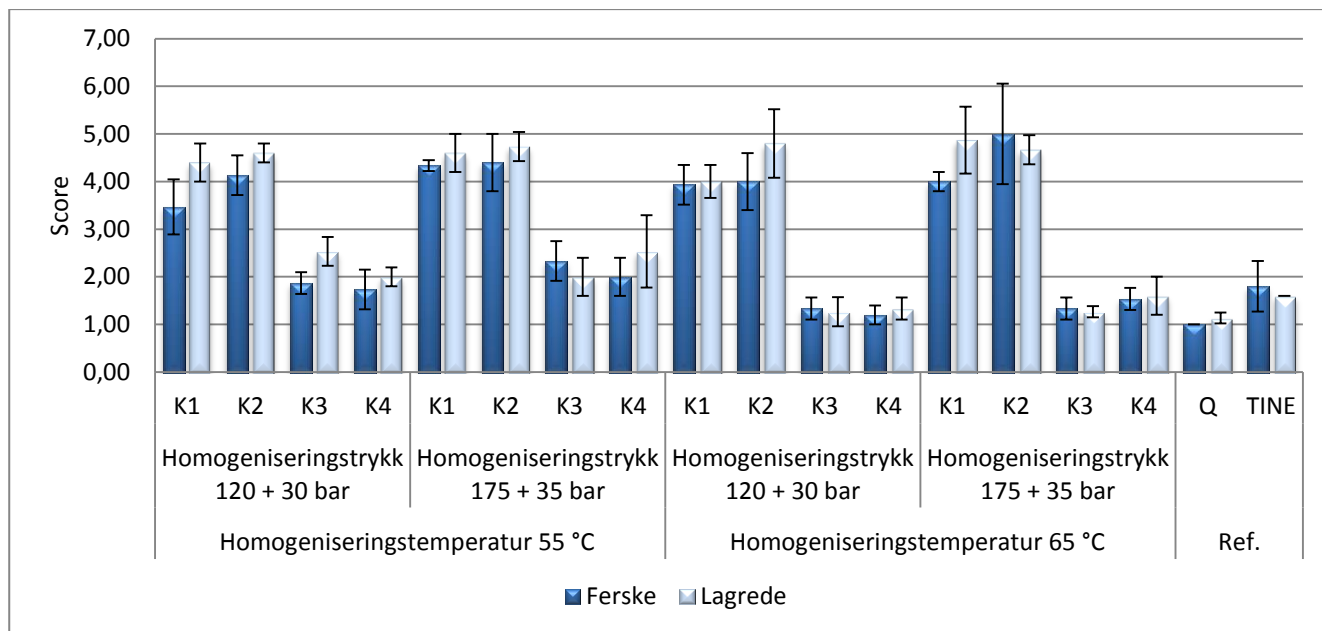
Det var få signifikante forskjeller mellom rømme syrnet med de ulike kulturene. Fersk rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar og syrnet med kultur K1, ble imidlertid bedømt som mer viskøs enn rømme av fløte syrnet med de øvrige kulturene og homogenisert ved samme betingelser.

Q Lettrømme ble bedømt som mer viskøs enn de eksperimentelle rømmeprøvene.

Gjennomsnittlig score var hhv. 6,87 og 6,60 i ferske og lagrede prøver. TINE Lettrømme ble bedømt til å være omtrent like viskøs som de eksperimentelle rømmeprøvene homogenisert ved 65 °C. Gjennomsnittlig score var hhv. 5,73 og 5,20 i ferske og lagrede prøver.

4.2.4.2 Trådtrekkende konsistens

Gjennomsnittlig score for rømmepøvernes trådtrekkende konsistens er vist i figur 29. Resultatene fra statistisk beregning av effekten av forsøksfaktorene på rømmepøvernes trådtrekkende konsistens er vist ved presentasjon av signifikansnivåer (p-verdier) i tabell 12.



Figur 29: Gjennomsnittlig score for trådtrekkende konsistens i ferske og lagrede letrømmepøver med to nivåer av homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk og fire ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt fra tre produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik.

Tabell 12: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene for trådtrekkende konsistens i ferske og lagrede letrømmepøver. Homogeniseringstrykk ble nestet under homogeniseringstemperatur og kultur ble nestet under homogeniseringstemperatur og -trykk. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere score for trådtrekkende konsistens er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere score er skyggelagt i grønt.

Ferske rømmepøver			Lagrede rømmepøver		
Temperatur 55 °C (0,046)	Trykk 120 + 30 bar (0,008)	K1 (0,002)	Temperatur 55 °C (0,001)	Trykk 120 + 30 bar	K1 (<0,0001)
		K2 (<0,0001)			K2 (<0,0001)
		K3 (<0,0001)			K3 (<0,0001)
		K4 (<0,0001)			K4 (<0,0001)
	Trykk 175 + 35 bar (0,008)	K1 (<0,0001)		Trykk 175 + 35 bar	K1 (<0,0001)
		K2 (<0,0001)			K2 (<0,0001)
		K3 (<0,0001)			K3 (<0,0001)
		K4 (<0,0001)			K4 (<0,0001)
Temperatur 65 °C (0,045)	Trykk 120 + 30 bar (0,042)	K1 (<0,0001)	Temperatur 65 °C (0,001)	Trykk 120 + 30 bar	K1 (<0,0001)
		K2 (<0,0001)			K2 (<0,0001)
		K3 (<0,0001)			K3 (<0,0001)
		K4 (<0,0001)			K4 (<0,0001)
	Trykk 175 + 35 bar (0,042)	K1 (<0,0001)		Trykk 175 + 35 bar	K1 (<0,0001)
		K2 (<0,0001)			K2 (<0,0001)
		K3 (<0,0001)			K3 (<0,0001)
		K4 (<0,0001)			K4 (<0,0001)

Figur 29 og tabell 12 viser at rømme av fløte homogenisert ved 55 °C, ble bedømt som signifikant mer trådtrekkende enn rømme av fløte homogenisert ved 65 °C. Gjennomsnittlig score for fersk og lagret rømme av fløte homogenisert ved 55 °C var hhv. 3,03 og 3,43, og ved 65 °C hhv. 2,79 og 2,98.

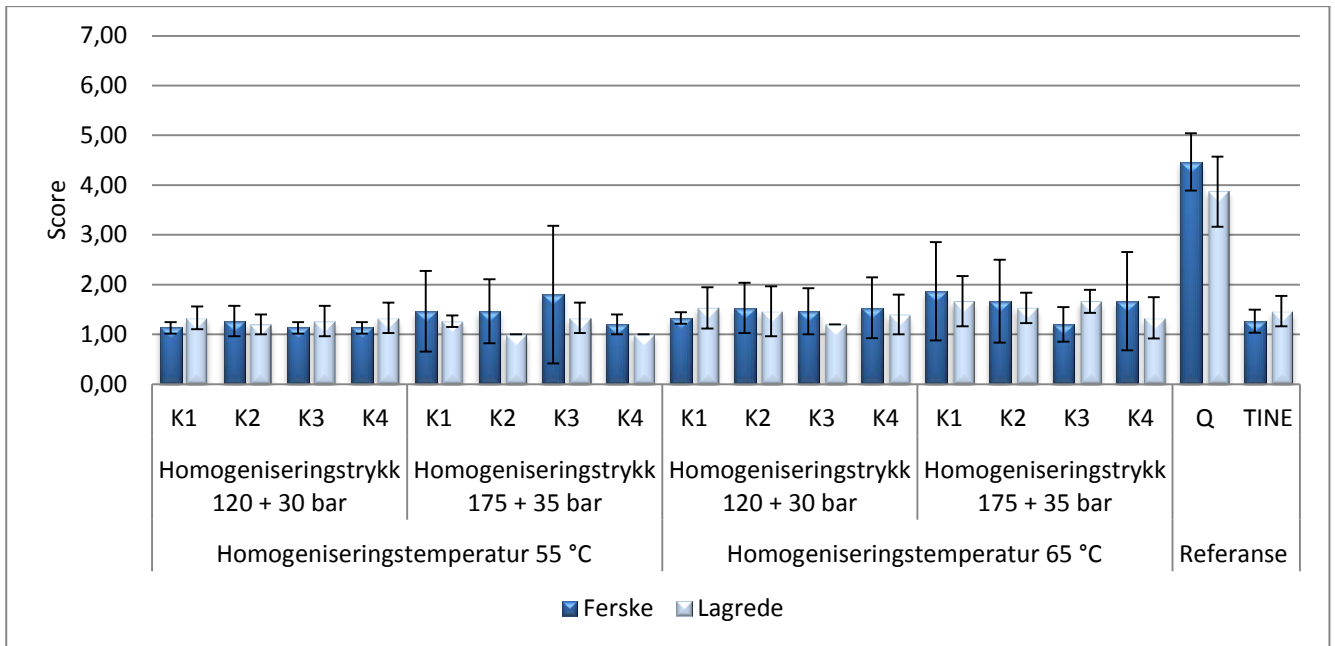
Ved begge homogeniseringstemperaturene, fikk fersk rømme av fløte homogenisert ved 175 + 35 bar signifikant høyere score for grad av trådtrekkende konsistens enn rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar. En slik effekt av homogeniseringstrykk ble ikke funnet for lagret rømme. Ved 55 °C var gjennomsnittlig score for grad av trådtrekkende konsistens i rømme homogenisert ved 175 + 35 bar og 120 + 30 bar hhv. 3,27 og 2,80, mens ved 65 °C var gjennomsnittlig score hhv. 2,97 og 2,62. Forskjellene mellom homogeniseringstrykkene var dermed større ved 55 °C enn 65 °C.

Både fersk og lagret rømme, uavhengig av temperatur og trykk, av fløte syrnet med kultur K1 og K2 ble bedømt som signifikant mer trådtrekkende enn rømme av fløte homogenisert ved samme betingelser og syrnet med kultur K3 og K4. Gjennomsnittlig score for fersk og lagret rømme syrnet med K1 og K2 var hhv. 4,16 og 4,58, og K3 og K4 hhv. 1,67 og 1,82.

Q Lettrømme ble bedømt som lite trådtrekkende. Gjennomsnittlig score var hhv. 1 og 1,13 i ferske og lagrede prøver. TINE Lettrømme ble bedømt som mindre trådtrekkende enn de eksperimentelle rømmeprøvene. Gjennomsnittlig score i ferske og lagrede prøver var hhv. 1,8 og 1,6.

4.2.4.3 Fnokker

Gjennomsnittlig score for rømmeprøvenes innhold av fnokker er vist i figur 30. Resultatene fra statistisk beregning av effekten av forsøksfaktorene på rømmeprøvenes innhold av fnokker er vist ved presentasjon av signifikansnivåer (p-verdier) i tabell 13.



Figur 30: Gjennomsnittlig score for fnokker i ferske og lagrede lettrømmepøver med to nivåer av homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk og fire ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt fra tre produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik.

Tabell 13: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene for fnokker i ferske og lagrede lettrømmepøver. Homogeniseringstrykk ble nestet under homogeniseringstemperatur og kultur ble nestet under homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere score for fnokker er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere score er skyggelagt i grønt.

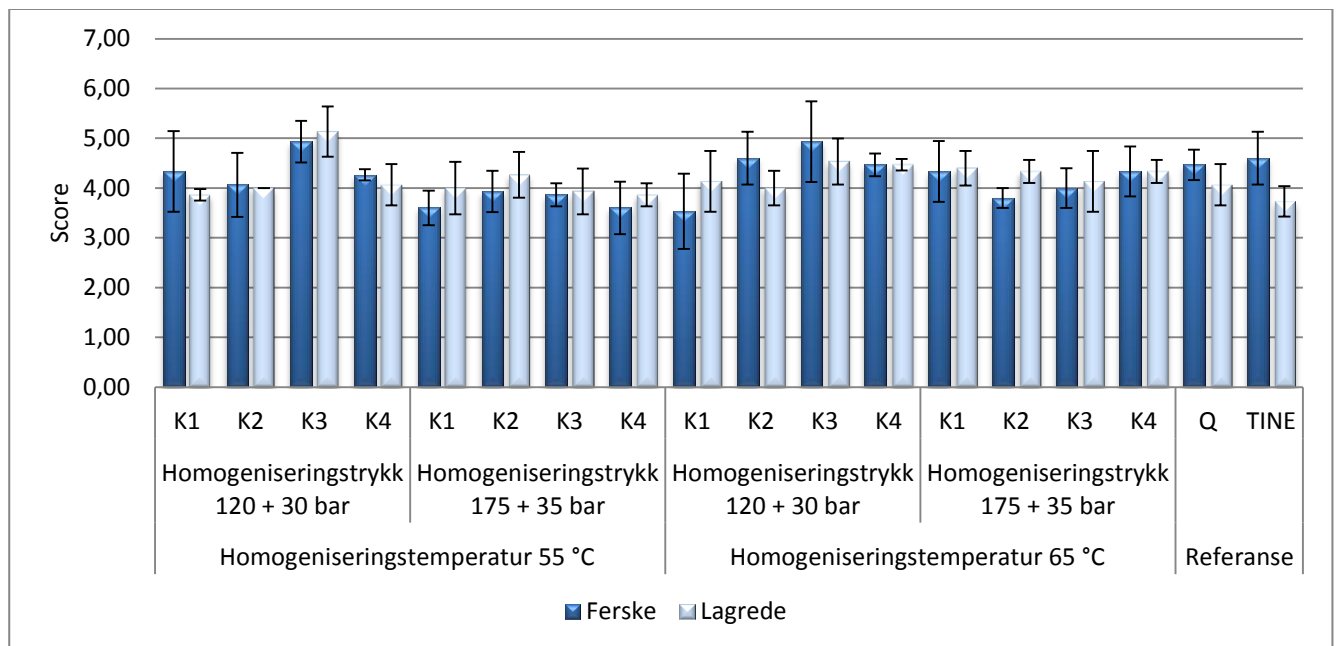
Lagrede rømmepøver		
Temperatur 55 °C (0,004)	Trykk 120 + 30 bar	K1
		K2
		K3
		K4
	Trykk 175 + 35 bar	K1
		K2
		K3
		K4
Temperatur 65 °C (0,004)	Trykk 120 + 30 bar	K1
		K2
		K3
		K4
	Trykk 175 + 35 bar	K1
		K2
		K3
		K4

Figur 30 og tabell 13 viser at lagret rømme av fløte homogenisert ved 65 °C, fikk signifikant høyere gjennomsnittlig score for innhold av fnokker enn rømme av fløte homogenisert ved 55 °C, hhv. 1,48 og 1,22. En slik effekt av homogeniseringstemperatur ble ikke funnet for fersk rømme.

TINE Lettrømme fikk samme score for innhold av fnokker som de eksperimentelle rømmeprøvene, hhv. 1,27 og 1,47 i ferske og lagrede prøver. Q Lettrømme fikk betraktelig høyere score, hhv. 4,47 og 3,87 i ferske og lagrede prøver.

4.2.4.4. Smørsmak

Gjennomsnittlig score for rømmeprøvenes smørsmak er vist i figur 31. Resultatene fra statistisk beregning av effekten av forsøksfaktorene på rømmeprøvenes smørsmak er vist ved presentasjon av signifikansnivåer (p-verdier) i tabell 14.



Figur 31: Gjennomsnittlig score for smørsmak i ferske og lagrede lettrømmeprøver med to nivåer av homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk og fire ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt fra tre produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik

Tabell 14: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene for smørsmak i ferske og lagrede lettrømmeprøver. Homogeniseringstrykk ble nestet under homogeniseringstemperatur og kultur ble nestet under homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere score for smørsmak er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere score er skyggelagt i grønt.

Ferske rømmeprøver		
Temperatur 55 °C	Trykk 120 + 30 bar (<0,0001)	K1
		K2 (0,050)
		K3 (0,003)
		K4
	Trykk 175 + 35 (<0,0001)	K1
		K2
		K3
		K4
Temperatur 65 °C	Trykk 120 + 30 bar	K1 (<0,0001)
		K2
		K3 (0,002)
		K4
	Trykk 175 + 35 bar	K1
		K2
		K3
		K4

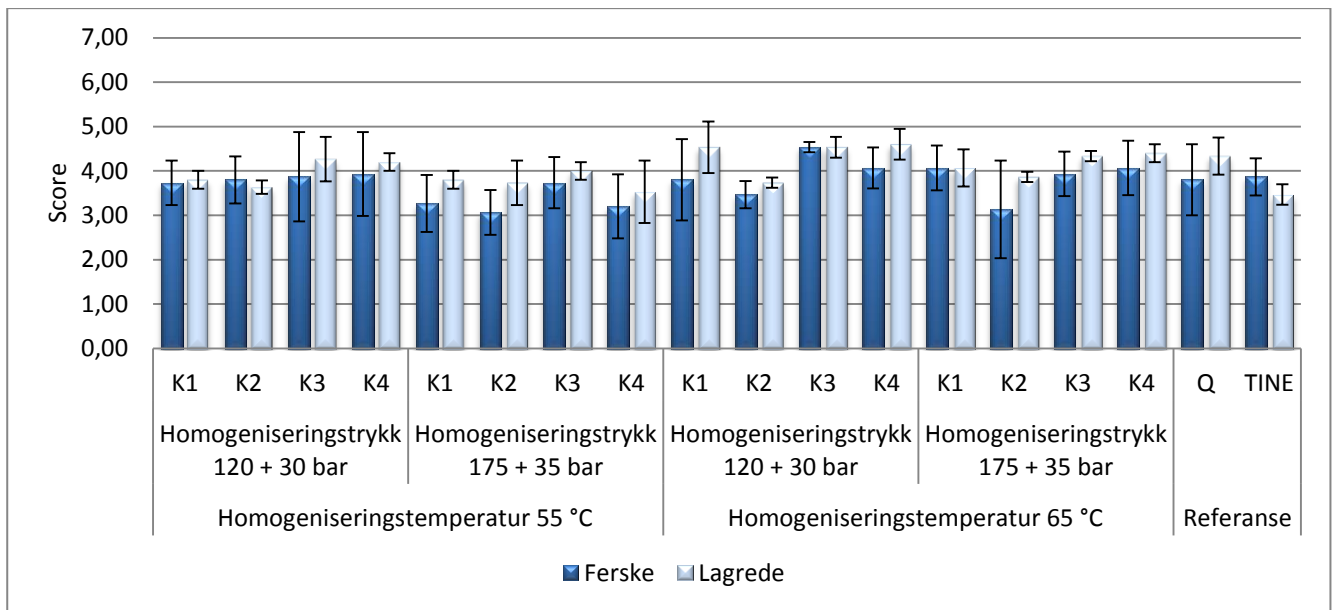
Figur 31 og tabell 14 viser at ved 55 °C, fikk fersk rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar signifikant høyere score for smørsmak enn rømme av fløte homogenisert ved 175 + 35 bar, hhv. 4,4 og 3,75. En slik effekt av homogeniseringstrykk ble ikke funnet ved 65 °C, eller for lagret rømme.

Det var få signifikante forskjeller mellom rømme syrnet med de ulike kulturene. Fersk rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar, uavhengig av homogeniseringstemperatur, og syrnet med kultur K3 fikk imidlertid høyere score for smørsmak enn rømme av fløte syrnet med de øvrige kulturene og homogenisert ved samme betingelser.

Referanseprøvene ble bedømt til å ha smørsmak i samme område som de eksperimentelle rømmeprøvene. Gjennomsnittlig score var hhv. 4,47 og 4,07 i ferske og lagrede prøver for Q Lettrømme og 4,60 og 3,73 i ferske og lagrede prøver for TINE Lettrømme.

4.2.4.5 Sur smak

Gjennomsnittlig score for grad av sur smak i rømmeprøvene er vist i figur 32. Resultatene fra statistisk beregning av effekten av forsøksfaktorene på grad av sur smak i rømmeprøvene er vist ved presentasjon av signifikansnivåer (p-verdier) i tabell 15.



Figur 32: Gjennomsnittlig score for sur smak i ferske og lagrede leitrømmepøver med to nivåer av homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk og fire ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt fra tre produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik.

Tabell 15: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene for grad av sur smak i ferske og lagrede leitrømmepøver. Homogeniseringstrykk ble nestet under homogeniseringstemperatur og kultur ble nestet under homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere score på sur smak er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere score er skyggelagt i grønt.

Ferske rømmepøver			Lagrede rømmepøver		
Temperatur 55 °C (0,026)	Trykk 120 + 30 bar (0,009)	K1	Temperatur 55 °C (0,001)	Trykk 120 + 30 bar	K1
		K2			K2 (0,047)
		K3			K3
		K4			K4
	Trykk 175 + 35 bar (0,009)	K1		K1	
		K2		K2	
		K3		K3	
		K4		K4	
Temperatur 65 °C (0,026)	Trykk 120 + 30 bar	K1	Temperatur 55 °C (0,001)	Trykk 120 + 30 bar	K1
		K2 (0,036)			K2 (0,002)
		K3 (0,019)			K3
		K4			K4
	Trykk 175 + 35 bar	K1		K1	
		K2 (0,006)		K2	
		K3		K3	
		K4		K4	

Figur 32 og tabell 15 viser at rømme av fløte homogenisert ved 65 °C, fikk signifikant høyere score for sur smak enn rømme av fløte homogenisert ved 55 °C. Gjennomsnittlig score for sur smak i fersk og lagret rømme homogenisert ved 55 °C var hhv. 3,58 og 3,87, og ved 65 °C hhv. 3,88 og 4,26.

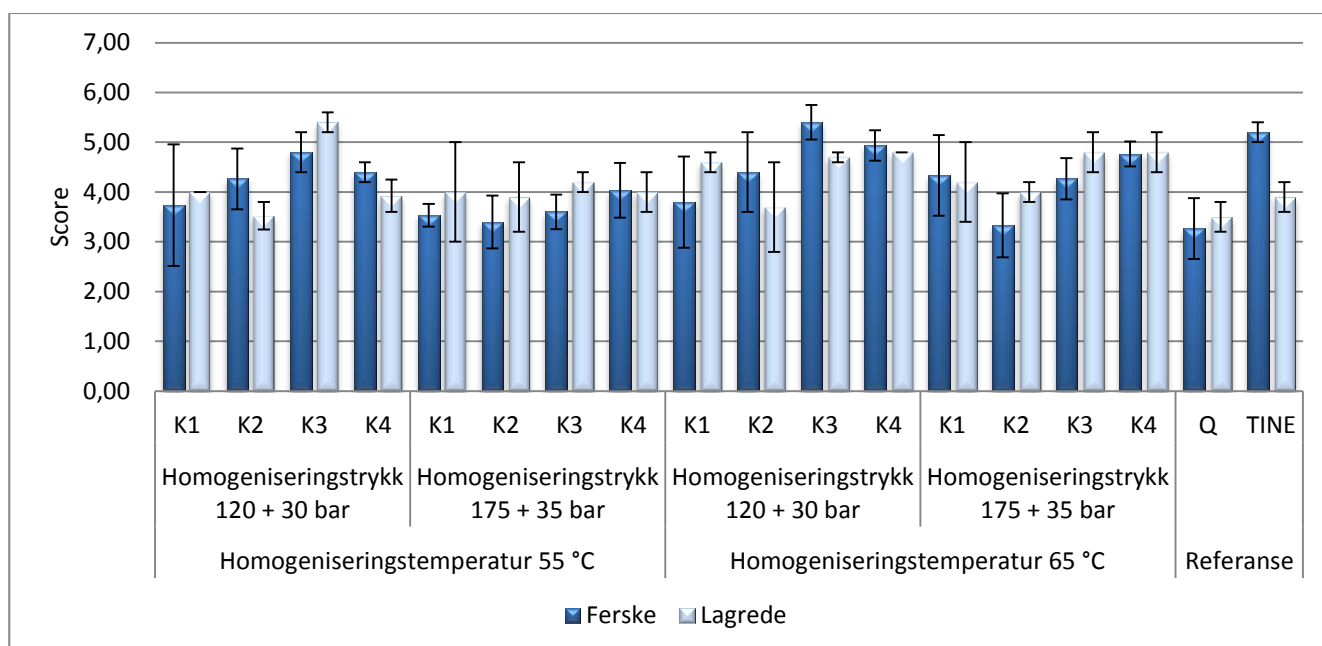
Ved 55 °C fikk fersk rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar, signifikant høyere score for sur smak enn rømme av fløte homogenisert ved 175 + 35 bar, hhv. 3,83 og 3,32. En slik effekt av homogeniseringstrykk ble ikke funnet for lagret rømme, eller ved 65 °C.

Effekten av syring med ulike syrekulturer var ikke signifikant for fersk eller lagret rømme. Det var likevel noen få prøver som var signifikant forskjellige fra de øvrige rømmeprøvene. Dette er vist i tabell 15.

Referanseprøvene ble bedømt til å ha sur smak i samme område som de eksperimentelle rømmeprøvene, hhv. 3,89 og 4,33 i ferske og lagrede prøver for Q Lettrømme og 3,87 og 3,47 i ferske og lagrede prøver for TINE Lettrømme.

4.2.4.6 Helhetsinntrykk

Gjennomsnittlig score for helhetsinntrykk av rømmeprøvene er vist i figur 33. Resultatene fra statistisk beregning av effekten av forsøksfaktorene på rømmeprøvenes helhetsinntrykk er vist ved presentasjon av signifikansnivåer (p-verdier) i tabell 16.



Figur 33: Gjennomsnittlig score for helhetsinntrykk i ferske og lagrede lettrømmeprøver med to nivåer av homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk og fire ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt fra tre produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik.

Tabell 16: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene for helhetsinntrykk i ferske og lagrede lettrømmeprøver. Homogeniseringstrykk ble nestet under homogeniseringstemperatur og kultur ble nestet under homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere score for helhetsinntrykk er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere helhetsinntrykk er skyggelagt i grønt.

Ferske rømmeprøver			Lagrede rømmeprøver		
Temperatur 55 °C (0,004)	Trykk 120 + 30 bar (0,002)	K1 (0,026)	Temperatur 55 °C (0,036)	Trykk 120 + 30 bar	K1
		K2			K2 (0,012)
		K3 (0,048)			K3 (<0,0001)
		K4			K4
	Trykk 175 + 35 bar (0,002)	K1		Trykk 175 + 35 bar	K1
		K2			K2
		K3			K3
		K4			K4
Temperatur 65 °C (0,004)	Trykk 120 + 30 bar (0,028)	K1 (0,002)	Temperatur 65 °C (0,036)	Trykk 120 + 30 bar	K1
		K2			K2 (0,022)
		K3 (0,004)			K3 (0,047)
		K4			K4
	Trykk 175 + 35 bar (0,028)	K1		Trykk 175 + 35 bar	K1
		K2 (0,002)			K2
		K3			K3
		K4 (0,021)			K4

Figur 33 og tabell 16 viser at rømme av fløte homogenisert ved 65 °C, fikk signifikant høyere score for helhetsinntrykk enn rømme av fløte homogenisert ved 55 °C. Gjennomsnittlig score i fersk og lagret rømme homogenisert ved 55 °C var hhv. 3,97 og 4,12, og ved 65 °C hhv. 4,40 og 4,45. Lagret rømme fikk noe høyere score for helhetsinntrykk enn fersk rømme.

Ved begge homogeniseringstemperaturene fikk fersk rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar, signifikant høyere score for helhetsinntrykk enn rømme av fløte homogenisert ved 175 + 35 bar. Ved 55 °C var gjennomsnittlig score hhv. 4,30 og 3,64, og ved 65 °C hhv. 4,64 og 4,18. En slik effekt av homogeniseringstrykk ble ikke funnet for lagret rømme.

Det var få signifikante forskjeller mellom rømme syrnet med de ulike kulturene. Rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar og syrnet med kultur K3, fikk imidlertid signifikant høyere score for helhetsinntrykk enn rømme av fløte syrnet med de øvrige kulturene og homogenisert ved samme betingelser. Fersk rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar, uavhengig av homogeniseringstemperatur, og syrnet med kultur K1 fikk signifikant lavere score for helhetsinntrykk enn rømme av fløte syrnet med de øvrige kulturene og homogenisert ved samme betingelser. Den samme effekten ble funnet for lagret rømme av fløte syrnet med kultur K2.

Q Lettrømme fikk lavere score for helhetsinntrykk enn de eksperimentelle rømmeprøvene, hhv. 3,27 og 3,5 i ferske og lagrede prøver. Hva angår TINE Lettrømme, fikk de ferske prøvene høyere, mens de lagrede prøvene fikk lavere score enn de eksperimentelle rømmeprøvene, hhv. 5,2 og 3,9.

4.2.4.7 Kommentarer fra dommerne

Fordi det ved den sensoriske vurderingen av rømmeprøvene ble gitt poeng for hvor prøvene lå på en skala, kunne ikke denne bedømmelsen si noe om hva som egentlig førte til at dommerne plasserte prøvene slik de gjorde på skalaen. F.eks. kan en rømmeprøve som er vurdert som meget viskøs, egentlig være *for* viskøs. For å få et visst inntrykk av hva dommerne la vekt på ved plassering på den anvendte skalaen, ble de også anmodet om å gi verbale kommentarer dersom de syntes at det var hensiktsmessig. Resultatene fra denne kommentargivingen er stilt sammen i tabell 17.

Tabell 17: Kommentarene som ble gitt fra dommerne under sensoriske analyser. Kommentarer som ble gitt flere ganger står oppført først, og antall ganger kommentaren ble gitt, står oppført i parentes. *Kommentarene ble gitt flere ganger i HF 2, men kun to ganger i HF 1.

		Ferske prøver	Lagrede prøver	
Temperatur 55 °C	Trykk 120 + 30 bar	K1	Bismak, veldig god smak	Bismak (4), veldig trådtrekkende (2), smaker hvitløk, emmen, litt besk, god munnfølelse
		K2	For trådtrekkende	Bismak (4), hvitløkssmak, ikke god, kjennes veldig fyldig i munnen, veldig trådtrekkende
		K3	Søt smak	God (2), god, veldig lik referanseprøven
		K4	Lite smak, litt bismak	Veldig god (2), bismak, uren, oksidert smak, fettklumper
	Trykk 175 + 35 bar	K1	Trådtrekkende (2), litt bismak, emmen smak, tam smak, kjente fnokker i munnen, veldig god	For trådtrekkende (2), god på smak, bismak, store klumper, for flytende, trådtrekkende trekker ned helhetsinntrykket
		K2	Tam, ekkel smak, litt bismak	Bismak (3), veldig trådtrekkende (2), god smak, men veldig trådtrekkende, fyldig i munnen
		K3	Litt tynn smak, litt vandig, god	Tam, bismak, litt bismak (malt), god, men litt tynn
		K4	CO2-smak, litt tam, lite sur, lite smak, frisk og god, tynn, klumper som kan være fettklumper	God (2), bismak, emmen, god, men kanskje litt for tynn, for tynn, for sur
Temperatur 65 °C	Trykk 120 + 30 bar	K1	Lite smak, litt seig, ren smak, tam, veldig trådtrekkende	Liten bismak (2), oksidert (2), god, store klumper, virker fet, trådtrekkende, litt for viskøs*, litt tykk*
		K2	God smak (2), veldig trådtrekkende (2), lite sur, kjente fnokker	Bismak (4), veldig trådtrekkende
		K3	God smak (2), klumper	God, noe bismak, prikkende, god viskositet, toppers
		K4	Bismak (2), tynn munnfølelse, tam, CO2-smak, lett prikkende, god, bortsett fra fnokker, super	God (2), rund og fin smak, litt maltsmak, men ganske god
	Trykk 175 + 35 bar	K1		God smak, nær optimal viskositet, feil konsistens, for trådtrekkende, god, men altfor trådtrekkende
		K2	Litt lite smak, utrolig slimete	God smak, bismak, veldig fyldig i munnen, ikke god konsistens, god, men for trådtrekkende, trådtrekkende
		K3	Bismak (4), litt tam, lite smak, kvalmende, super	God (3), bismak
		K4	Veldig god, men litt sur, rar smak, litt vandig	God (3), rund og fin smak, bismak, klumper, litt tynn
Referanseprøver	Q	Bismak (2), klumper (2), ubalansert smak, rar smak, veldig god smak, god bortsett fra fnokker, tråkk i munnen, for viskøs	Besk (2), uren (2), klumper (2), puddingaktig (3), for viskøs (3), bismak, god, men kanskje for tykk, svært kornete, god smak, men dårlig konsistens	
	T	Bismak (4), ekkel smak, uren, god	Bismak (4), rar smak, ikke god, ingen smørsmak, men bismak, emmen, besk, uren	

4.2.5 Kjemiske analyser

Det ble utført kjemiske analyser av ferske prøver fra samtlige produksjoner etter 1 dg. lagring ved 4 °C.

4.2.5.1 Sammensetning av usyrnet fløte

Fra samtlige produksjoner ble det tatt ut fire nullprøver av fløteblandingen som var homogenisert og varmebehandlet, men ikke podet. Resultatene fra de kjemiske analysene er presentert i tabell 18. Signifikansnivå (p-verdier) av produksjonsblokk på de ulike kjemiske komponentene det ble analysert for, er vist i tabell 19.

Tabell 18: Innhold av acetaldehyd, etanol, sitronsyre, acetoin, diacetyl, laktose og galaktose i nullprøvene. ID = ikke detekterbart.

Blokk	Temp.	Trykk	Acetaldehyd	Etanol	Sitronsyre	Acetoin	Diacetyl	Laktose	Galaktose
			ppm						
1	55 °C	120 + 30 bar	0,04	0,92	1845,24	5,85	0,10	41405	96,08
		175 + 35 bar	0,06	1,68	1814,76	8,42	0,11	40632	86,24
	65 °C	120 + 30 bar	0,05	1,41	1661,17	8,15	0,08	37224	77,21
		175 + 35 bar	0,06	1,55	1867,96	8,64	ID	42539	87,51
2	55 °C	120 + 30 bar	0,04	1,69	1756,11	6,56	0,06	39837	87,14
		175 + 35 bar	0,04	1,90	1843,19	5,79	0,07	42053	93,24
	65 °C	120 + 30 bar	0,05	2,33	1828,03	4,88	0,07	41095	83,07
		175 + 35 bar	0,04	1,90	1772,22	4,66	0,06	39503	83,45
3	55 °C	120 + 30 bar	0,07	1,73	1890,16	7,08	0,06	41094	88,28
		175 + 35 bar	0,07	2,01	1859,38	5,54	0,08	39944	94,68
	65 °C	120 + 30 bar	0,06	1,73	1855,95	6,03	0,06	39533	86,33
		175 + 35 bar	0,07	1,78	1819,38	2,79	0,07	38476	85,27

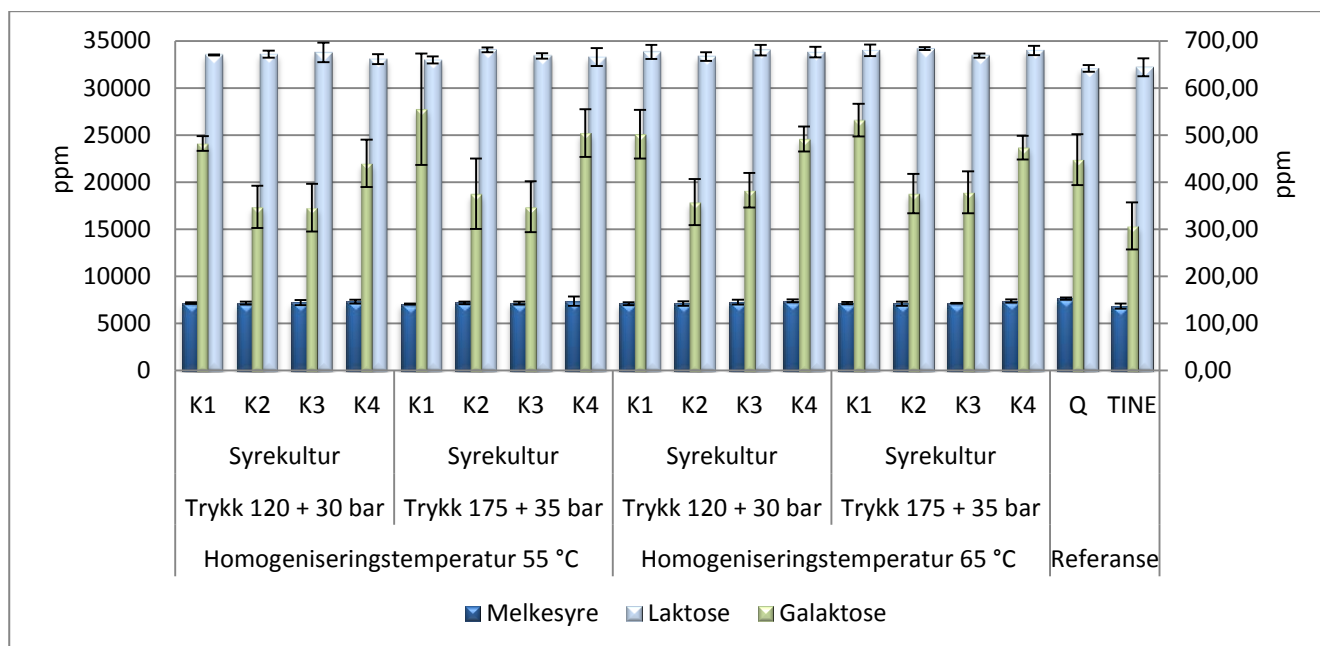
Tabell 19: Signifikansnivå (p-verdier) av produksjonsblokk på de ulike responsene fra kjemiske analyser. Produksjoner som ga signifikant høyere eller lavere innhold, er skyggelagt i hhv. blått og grønt. IS = ikke signifikant.

	Acetaldehyd	Etanol	Sitronsyre	Acetoin	Diacetyl	Laktose	Galaktose
1. blokk	IS	0,01	IS	IS	0,003	IS	IS
2. blokk	0,003	0,037	IS	IS	0,031	IS	IS
3. blokk	0,002	IS	IS	IS	0,037	IS	IS

Som vist i tabell 18 og 19, hadde forsøksfaktoren produksjonsblokk signifikant effekt for innholdet av acetaldehyd, etanol og diacetyl i nullprøvene. Det var likevel svært små nominelle forskjeller mellom de ulike rømmep prøvene, og trolig ikke av betydning.

4.2.5.2 Melkesyre, laktose og galaktose

Gjennomsnittlig innhold av melkesyre, laktose og galaktose i de forskjellige rømmep prøvene er vist grafisk i figur 34.



Figur 34: Gjennomsnittlig innhold av melkesyre, laktose og galaktose i lettrømmep prøver med to nivåer av homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk og fire ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt av tre produksjoner. Den primære loddrette aksene viser innhold av melkesyre og laktose, mens den sekundære loddrette aksene viser innhold av galaktose. De vertikale linjene viser standardavvik.

4.2.5.2.1 Melkesyre

Bortsett fra produksjonsblokk, var ikke effekten av forsøksfaktorene på melkesyreinnhold i rømmep prøvene signifikant. Gjennomsnittlig innhold av melkesyre var $7191,87 \pm 108,62$ ppm.

Q Lettrømme hadde høyere innhold av melkesyre enn de eksperimentelle rømmep prøvene, mens TINE Lettrømme hadde lavere innhold, hhv. 7622,74 og 6825,33 ppm.

4.2.5.2.2 Laktose

Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på laktoseinnhold i lettrømmeprøver er vist i tabell 20.

Tabell 20: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på laktoseinnhold i lettrømmeprøver. Homogeniseringstrykk ble nestet under homogeniseringstemperatur og kultur ble nestet under homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere innhold er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere innhold er skyggelagt i grønt.

Temperatur 55 °C (0,024)	Trykk 120 + 30 bar	K1
		K2
		K3
		K4
	Trykk 175 + 35 bar	K1
		K2 (0,027)
		K3
		K4
Temperatur 65 °C (0,024)	Trykk 120 + 30 bar	K1
		K2
		K3
		K4
	Trykk 175 + 35 bar	K1
		K2
		K3
		K4

Figur 34 og tabell 20 viser at rømme av fløte homogenisert ved 65 °C, hadde signifikant høyere innhold av laktose etter syring enn rømme av fløte homogenisert ved 55 °C, hhv. $33\,824 \pm 357,8$ ppm og $33\,456 \pm 293,04$ ppm. Effekten av de øvrige forsøksfaktorene på laktoseinnhold i rømme var ikke signifikant.

Både Q Lettrømme og TINE Lettrømme hadde lavere laktoseinnhold enn de eksperimentelle rømmeprøvene, hhv. 32069 og 32201 ppm.

4.2.5.2.3 Galaktose

Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på galaktoseinnhold i lettrømmeprøver er vist i tabell 21.

Tabell 21: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på galaktoseinnhold i lettrømmeprøver.

Homogeniseringstrykk ble nestet under homogeniseringstemperatur og kultur ble nestet under homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere innhold er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere innhold er skyggelagt i grønt.

Temperatur 55 °C	Trykk 120 + 30 bar	K1 (0,005)
		K2 (0,037)
		K3 (0,033)
		K4
	Trykk 175 + 35 bar	K1 (<0,0001)
		K2 (0,011)
		K3 (0,001)
		K4 (0,031)
Temperatur 65 °C	Trykk 120 + 30 bar	K1 (0,013)
		K2 (0,006)
		K3
		K4 (0,032)
	Trykk 175 + 35 bar	K1 (0,001)
		K2 (0,019)
		K3 (0,025)
		K4

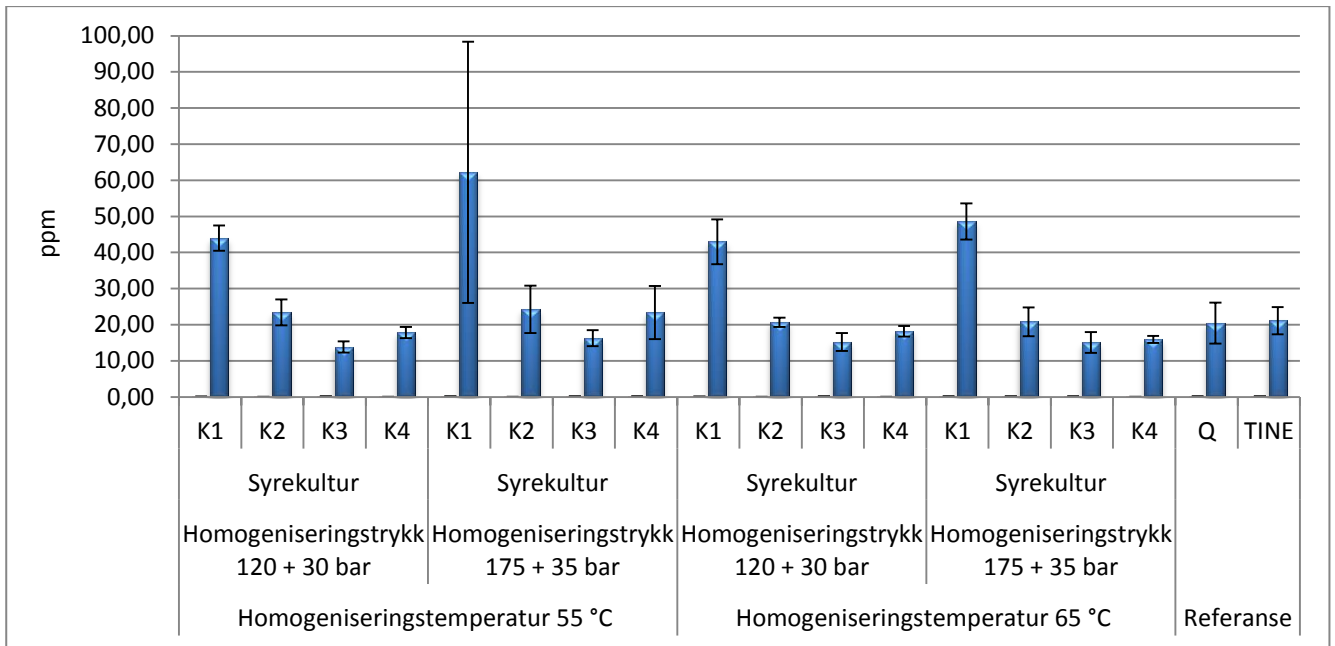
Tabell 21 viser at effekten av ulike syrekulturer på galaktoseinnhold i rømme var signifikant. Gjennomsnittlig innhold var $430,58 \pm 73,90$ ppm. Rømme av fløte syrnet med kultur K1 hadde signifikant høyere innhold, mens rømme av fløte syrnet med kultur K2 og K3 hadde, med ett unntak, signifikant lavere innhold enn rømme av fløte syrnet med de øvrige kulturene og homogenisert ved samme betingelser.

4.2.5.3 Etanol og acetaldehyd

4.2.5.3.1 Etanol

Gjennomsnittlig innhold av etanol i de forskjellige rømmeprøvene er vist grafisk i figur 35.

Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på innhold av etanol i rømmeprøver er vist i tabell 22.



Figur 35: Gjennomsnittlig innhold av etanol i letrømmepøver med to nivåer av homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk og fire ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt fra tre produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik.

Tabell 22: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på innhold av etanol i letrømmepøver.

Homogeniseringstrykk ble nestet under homogeniseringstemperatur og kultur ble nestet under homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere innhold er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere innhold er skyggelagt i grønt.

Temperatur 55 °C	Trykk 120 + 30 bar	K1 (<0,0001)
		K2
		K3 (0,032)
		K4
	Trykk 175 + 35 bar	K1 (<0,0001)
		K2
		K3 (0,004)
		K4
Temperatur 65 °C	Trykk 120 + 30 bar	K1 (0,001)
		K2
		K3
		K4
	Trykk 175 + 35 bar	K1 (<0,0001)
		K2
		K3 (0,048)
		K4

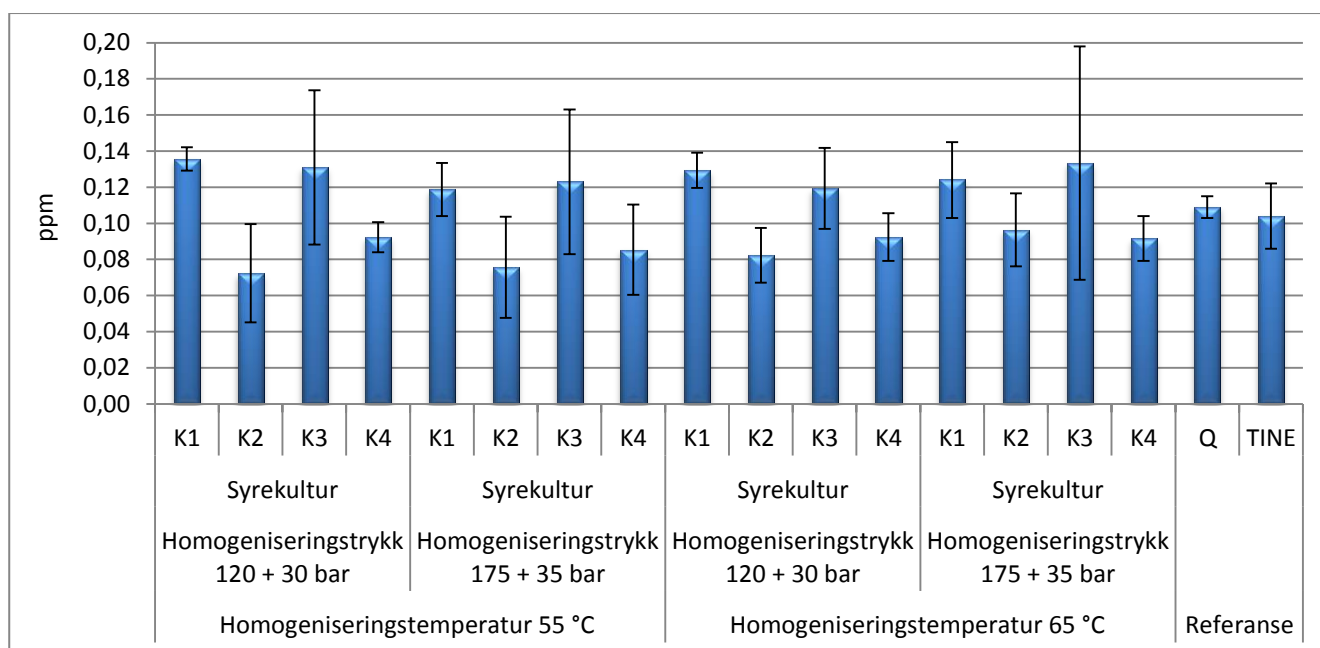
Figur 35 og tabell 22 viser at effekten av ulike syrekulturer på etanolinnhold i rømme var signifikant. Gjennomsnittlig innhold var $26,42 \pm 14,14$ ppm. Rømme av fløte syrnet med kultur K1 hadde signifikant høyere innhold, mens rømme av fløte syrnet med kultur K3 hadde, med ett

unntak, signifikant lavere innhold enn rømme av fløte syrnet med de øvrige kulturene og homogenisert ved samme betingelser.

Innholdet av etanol i Q Lettrømme og TINE Lettrømme var noe lavere enn i de eksperimentelle rømmeprøvene, hhv. 20,46 og 21,10 ppm.

4.2.5.3.2 Acetaldehyd

Gjennomsnittlig innhold av acetaldehyd i ferske lettrømmeprøver er vist grafisk i figur 36.



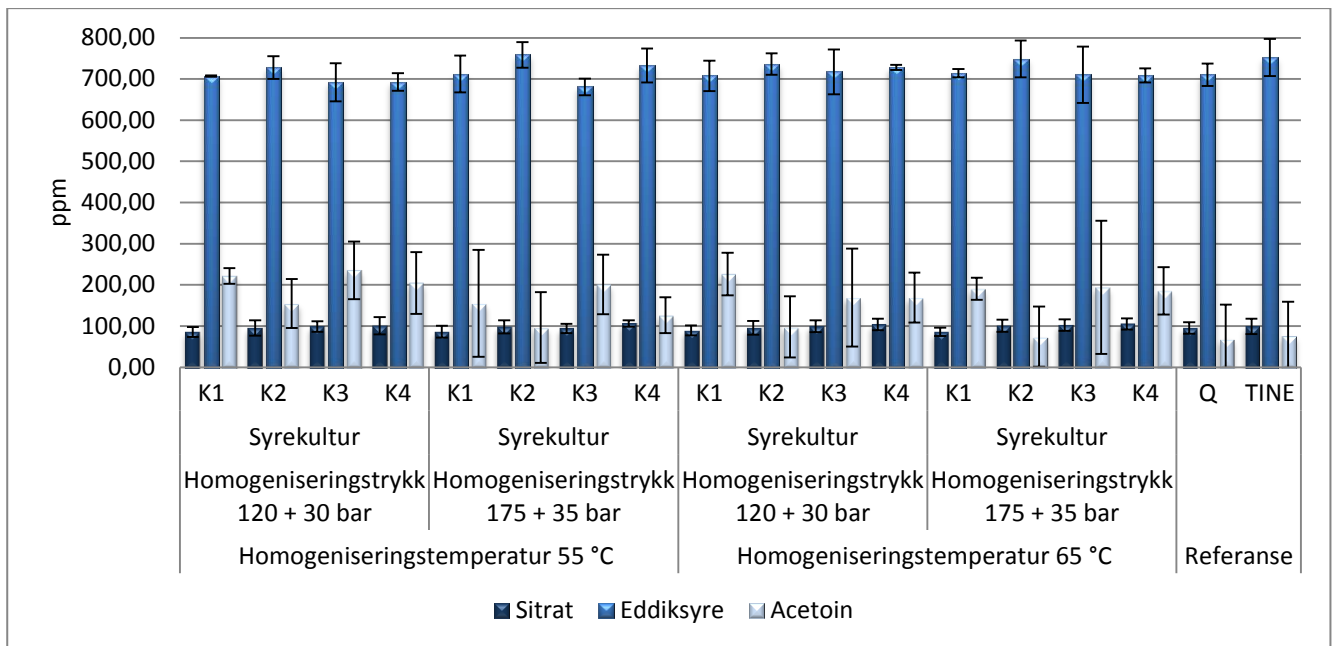
Figur 36: Gjennomsnittlig innhold av acetaldehyd i lettrømmeprøver med to nivåer av homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk og fire ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt fra tre produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik.

Det gjennomsnittlige innholdet av acetaldehyd var $0,11 \pm 0,02$. Effekten av ulike syrekulturer var signifikant, men det var svært liten nominell forskjell mellom de ulike rømmeprøvene.

Innholdet av acetaldehyd i Q Lettrømme og TINE Lettrømme var i samme område som de eksperimentelle rømmeprøvene, hhv. 0,11 og 0,10 ppm.

4.2.5.4 Sitrat, eddiksyre, acetoin og diacetyl

Gjennomsnittlig innhold av sitrat, eddiksyre og acetoin i ferske lettrømmeprøver er vist grafisk i figur 37.



Figur 37: Gjennomsnittlig innhold av sitrat, eddiksyre og acetoin i leltrømmepøver med to nivåer av homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk og fire ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt fra tre produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik.

4.2.5.4.1 Sitrat

Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på innhold av sitrat i leltrømmepøver er vist i tabell 23.

Tabell 23: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på innhold av sitrat i leltrømmepøver.

Homogeniseringstrykk ble nestet under homogeniseringstemperatur og kultur ble nestet under homogeniseringstemperatur og homogeniseringstrykk. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere innhold er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere innhold er skyggelagt i grønt.

Temperatur 55 °C	Trykk 120 + 30 bar	K1 (0,005)
		K2
		K3
		K4
	Trykk 175 + 35 bar	K1 (0,004)
		K2
		K3
		K4 (0,004)
Temperatur 65 °C	Trykk 120 + 30 bar	K1 (0,022)
		K2
		K3
		K4 (0,043)
	Trykk 175 + 35 bar	K1 (<0,0001)
		K2
		K3
		K4 + (0,049)

Figur 37 og tabell 23 viser at effekten av ulike syrekulturer på sitratinnhold i rømme var signifikant, men det var svært liten nominell forskjell mellom de ulike prøvene. Gjennomsnittlig innhold var $96,85 \pm 6,33$ ppm. Rømme av fløte syrnet med kultur K1, uavhengig av temperatur og trykk, hadde signifikant høyere innhold, mens rømme av fløte syrnet med kultur K4 hadde, med ett unntak, signifikant lavere innhold enn rømme av fløte syrnet med de øvrige kulturene og homogenisert ved samme betingelser.

Innholdet av sitrat i Q Lettrømme og TINE Lettrømme var i samme område som de eksperimentelle rømmeprøvene, hhv. 95,51 og 99,39 ppm.

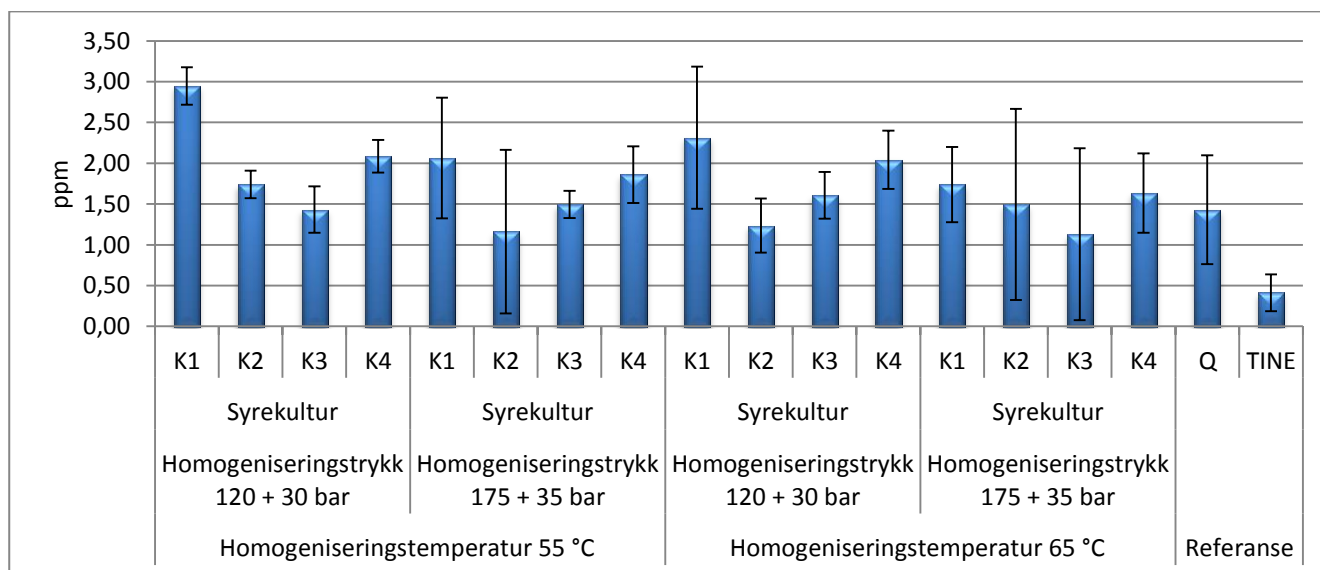
4.2.5.4.2 Acetoin og eddiksyre

Ingen av forsøksfaktorene hadde signifikant effekt på innholdet av acetoin eller eddiksyre i rømmeprøvene. Gjennomsnittlig innhold var hhv. $168,98 \pm 48,68$ ppm og $717,21 \pm 20,73$ ppm.

Både Q Lettrømme og TINE Lettrømme hadde lavere innhold av acetoin enn de eksperimentelle rømmeprøvene, hhv. 70,03 og 77,35 ppm. Innholdet av eddiksyre var i samme område som de eksperimentelle rømmeprøvene hhv. 710,13 og 752,04 ppm.

4.2.5.4.3 Diacetyl

Gjennomsnittlig innhold av diacetyl i ferske lettrømmeprøver er vist grafisk i figur 38.



Figur 38: Gjennomsnittlig innhold av diacetyl i lettrømmeprøver med to nivåer av homogeniseringstemperatur og homogeniseringsstrykk og fire ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt fra tre produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik.

Ingen av forsøksfaktorene hadde signifikant effekt på innholdet av diacetyl i rømme.

Gjennomsnittlig innhold var $1,75 \pm 0,47$ ppm. Både Q Lettrømme og TINE Lettrømme hadde lavere innhold av diacetyl enn de eksperimentelle rømmeprøvene, hhv. 1,43 og 0,41 ppm.

4.3 HOVEDFORSØK 2

I hovedforsøk 2 (HF 2) ble effekt av homogeniseringsmetode og syrning med ulike syrekulturer på lettrømmekvalitet undersøkt. Fire ulike rømmetyper ble fremstilt av fløte gitt enten en ettrinnsomogenisering eller dobbel homogenisering og deretter syrnet med to ulike syrekulturer. Syrekulturene, K1 og K2, var de samme som i HF 1. Forsøksdesignet ble laget på bakgrunn av resultater fra HF 1, samt informasjon fra litteraturen. Resultatene som presenteres er basert på gjennomsnittet av to produksjonsblokker med to produksjonsgjentak i hver blokk, totalt fire produksjoner. Signifikansnivået ble satt til p-verdi $\leq 0,05$.

4.3.1 Sammensetning av usyrnet fløte

Det ble tatt ut to prøver av fløteblandingen som var homogenisert og varmebehandlet, men ikke podet. Det ble foretatt pH-måling av disse. Gjennomsnittlig pH ble målt til 6,64 og 6,69 i fløte gitt hhv. ettrinnsomogenisering og dobbel homogenisering. I tillegg ble det utført analyser av fløteprøvenes sammensetning. Disse resultatene er gjengitt i tabell 24.

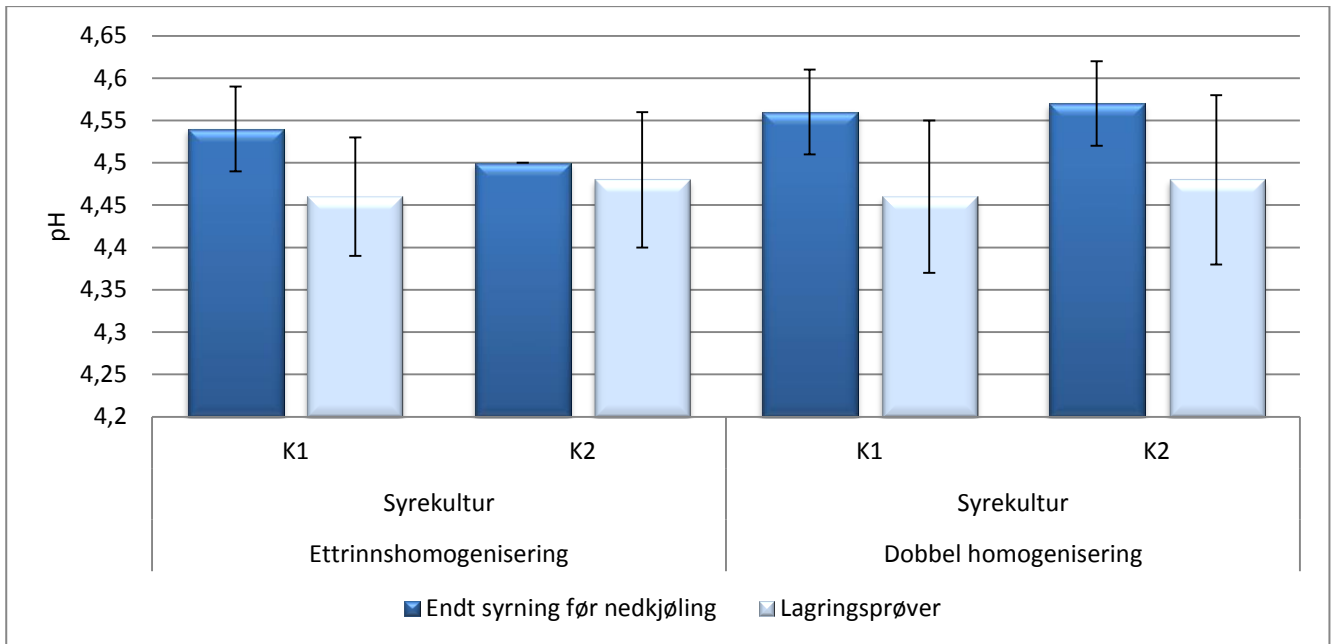
Tabell 24: Gjennomsnittlig fett-, laktose-, protein-, fettfritt tørrstoff- og tørrstoffinnhold i fløten fra to produksjonsblokker.

	Fett	Laktose	Protein	Fettfritt tørrstoff	Tørrstoff
Gjennomsnitt	17,98	3,81	2,93	7,88	25,98
Standardavvik	± 0	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$

Tabell 24 viser at fettinnholdet i den usyrnede fløten ble standardisert til 17,98 %.

4.3.2 pH-utvikling

pH ble målt under syrning for å følge syrningen til pH var redusert til $< 4,5$, samt etter 5-7 dg. lagring på kjølerom ved 4 °C. Resultatene fra disse målingene er presentert grafisk i figur 39.



Figur 39: Gjennomsnittlig pH etter endt syrning før nedkjøling og i lagrede prøver fra fire produksjoner. De vertikale linjene viser standardavvik.

Som tidligere nevnt, stanset reduksjonen i pH mellom 4,55 og 4,6 i noen av rømmeprovne.

Gjennomsnittlig pH var derfor >4,5 etter endt syrning og før nedkjøling i de fleste prøvene.

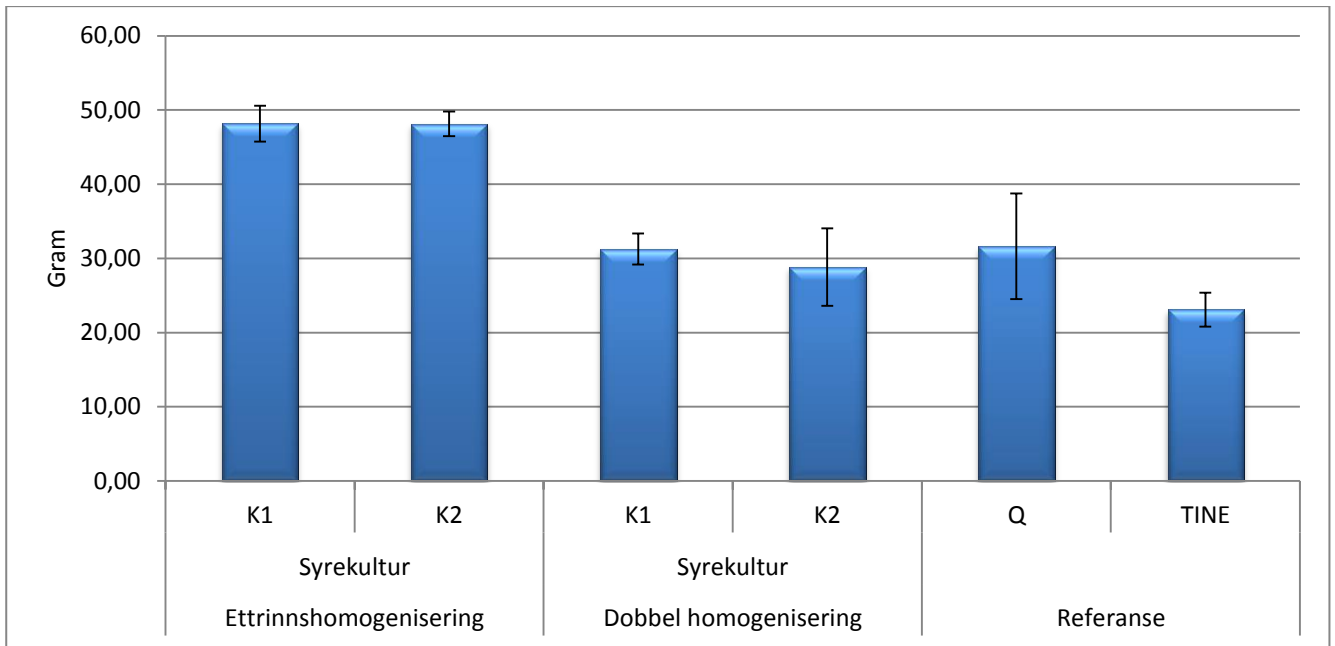
Dette er vist i figur 40. Unntaket var rømme gitt ettrinshomogenisering og syret med kultur K2. pH i disse rømmeprovne var <4,5 ved endt syrning og før nedkjøling ved samtlige produksjoner.

pH i samtlige prøver var lavere etter 5-7 dg. lagring ved 4 °C.

4.3.3 Reologiske analyser

4.3.3.1 Gelfasthet

Gjennomsnittlig gelfasthet i lettrømmeprov er vist grafisk i figur 40. Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på gelfasthet er gjengitt i tabell 25.



Figur 40: Gjennomsnittlig gelfasthet i lettrømmeprøver med to nivåer av homogeniseringsmetode og to ulike syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt av to produksjonsblokker med to produksjonsgjentak i hver blokk. De vertikale linjene viser standardavvik.

Tabell 25: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på gelfasthet i lettrømmeprøver. Kultur ble nestet under homogeniseringsmetode. Forsøksfaktorer som ga signifikant fastere gel er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant svakere gel er skyggelagt i grønt.

Ettrinshomogenisering 175 bar (<0,0001)	K1
	K2
Dobbel homogenisering 175 + 35 bar (<0,0001)	K1
	K2

Figur 40 og tabell 25 viser at ettrinshomogenisering av fløte resulterte i signifikant fastere gel i rømme enn dobbel homogenisering, hhv. 48,14 og 30,05 g. Det var ikke signifikante forskjeller mellom de anvendte syrekulturene.

Gelen i Q Lettrømme var omtrent like fast som de eksperimentelle rømmeprovne gitt en dobbel homogenisering, mens TINE Lettrømme hadde betraktelig svakere gel enn alle andre prøver. Gjennomsnittlig gelfasthet var hhv. 31,63 og 23,10 g.

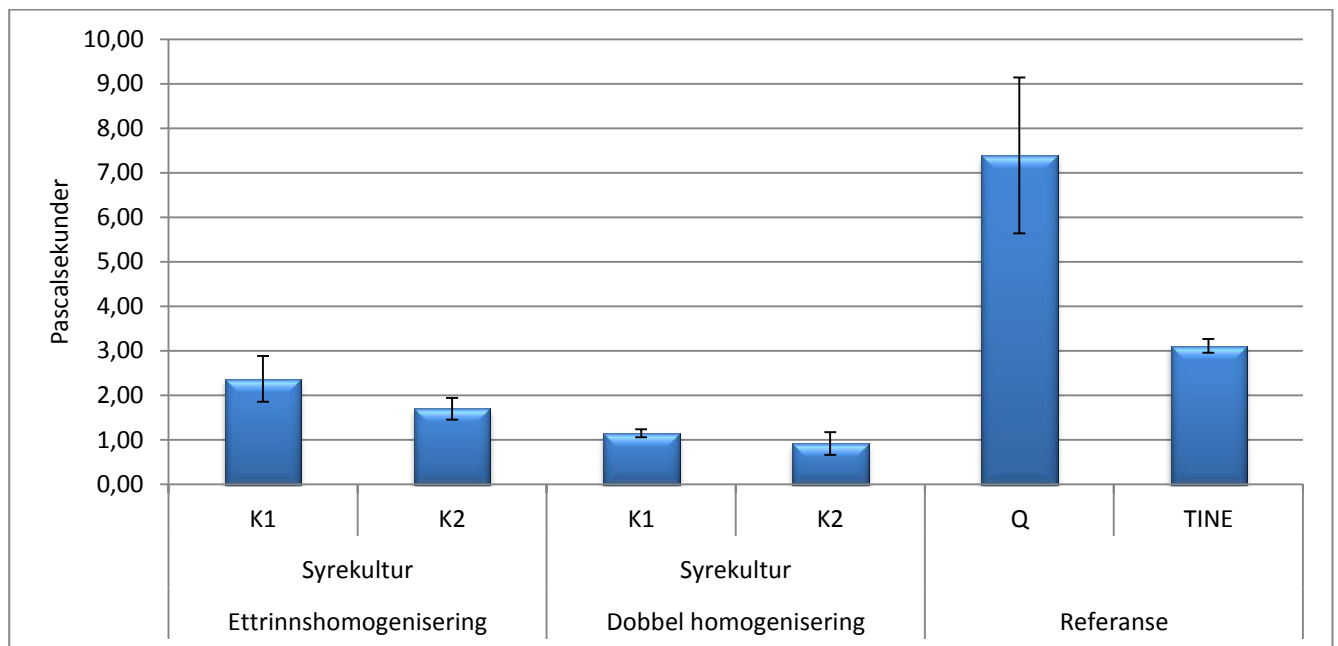
Dobbel homogenisering ved homogeniseringstemperatur 65 °C og homogeniseringstrykk 175 + 35 bar ble brukt som forsøksfaktor i begge hovedforsøkene. I HF 2 fikk rømme av fløte homogenisert ved disse betingelsene, betraktelig svakere gel enn i HF 1. I HF 1 var gjennomsnittlig gelfasthet i rømme av fløte syrnet med kultur K1 og K2 hhv. 39,81 og 36,94 g i ferske prøver, og 41,88 og

40,25 g i lagrede prøver. Analysene av ferske og lagrede prøver ble utført etter hhv. 2 og 14 dg. ved 4 °C. I HF 2 var gjennomsnittlig gelfasthet i rømme av fløte syrnet med kultur K1 og K2 hhv. 31,27 og 28,82 g. Analysene ble utført etter 5-7 dg. lagring ved 4 °C.

4.3.3.2 Viskositet

4.3.3.2.1 Før saltinnblanding

Gjennomsnittlig viskositet i lettrømmeprøver er vist grafisk i figur 41. Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på viskositet er gjengitt i tabell 26.



Figur 41: Gjennomsnittlig viskositet i lettrømmeprøver med to nivåer av homogeniseringsmetode og to syrekulturer. Resultatene er gjennomsnitt av to produksjonsblokker med to produksjonsgjentak i hver blokk. De vertikale linjene viser standardavvik.

Tabell 26: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene på viskositet i lettrømmeprøver. Kultur ble nestet under homogeniseringsmetode. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere viskositet er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere viskositet er skyggelagt i grønt.

Ettrinshomogenisering 175 bar (<0,004)	K1 (0,006)
	K2 (0,006)
Dobbel homogenisering 175 + 35 bar (<0,004)	K1
	K2

Figur 41 og tabell 26 viser at ettrinshomogenisering av fløte resulterte i signifikant høyere viskositet i rømme enn dobbel homogenisering, hhv. 2,04 og 1,04 Pa·s. Rømme av fløte gitt en

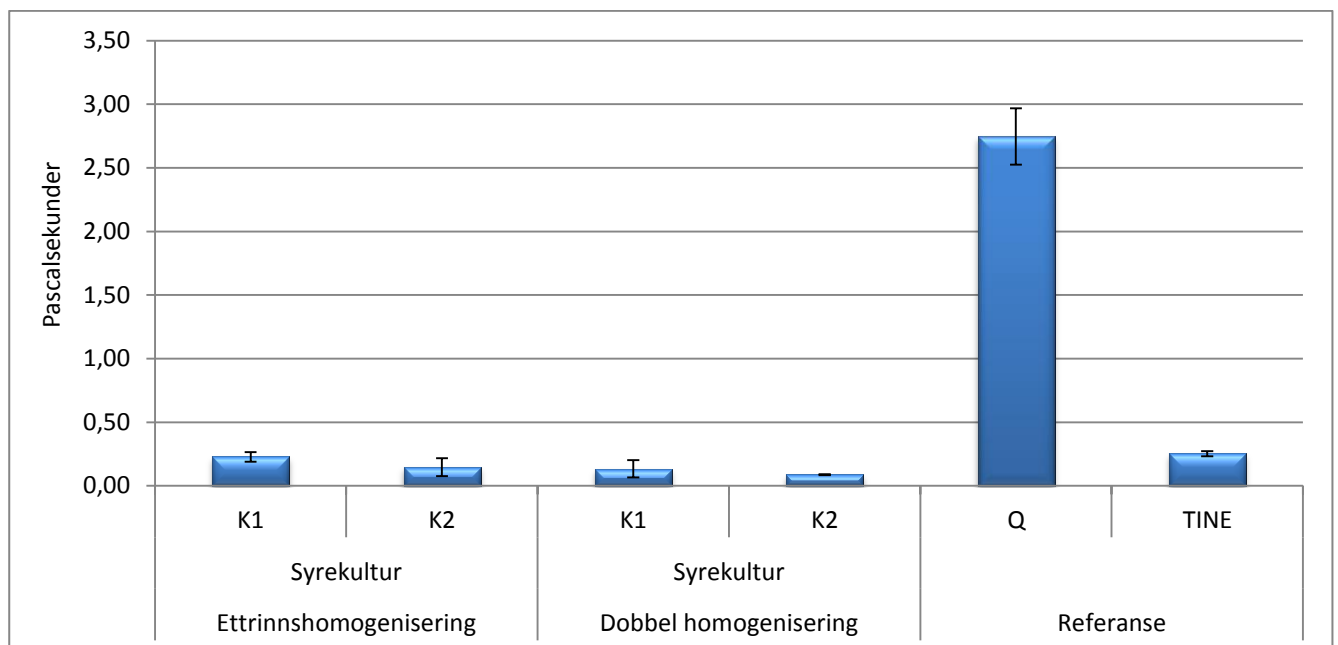
ettrinshomogenisering og syrnet med kultur K1 oppnådde signifikant høyere viskositet enn rømme av fløte syrnet med kultur K2, hhv. 2,37 og 1,7 Pa·s.

Både Q Lettrømme og TINE Lettrømme hadde betraktelig høyere viskositet enn de eksperimentelle rømmeprøvene, hhv. 7,39 og 3,11 Pa·s.

Dobbel homogenisering ved homogeniseringstemperatur 65 °C og homogeniseringstrykk 175 + 35 bar ble brukt som forsøksfaktor i begge hovedforsøkene. I HF 2 fikk rømme av fløte homogenisert ved disse betingelsene, betraktelig lavere viskositet enn i HF 1. I HF 1 var gjennomsnittlig viskositet i rømme av fløte syrnet med kultur K1 og K2 hhv. 1,60 og 1,39 Pa·s i ferske prøver, og 1,37 Pa·s i lagrede prøver. Analysene av ferske og lagrede prøver ble utført etter hhv. 2 og 14 dg. ved 4 °C. I HF 2 var gjennomsnittlig viskositet i rømme av fløte syrnet med kultur K1 og K2 hhv. 1,15 og 0,92 Pa·s. Analysene ble utført etter 5-7 dg. lagring ved 4 °C.

4.3.3.2.2 Etter saltinnblanding

Gjennomsnittlig viskositet i lettrømmeprøver etter saltinnblanding er vist grafisk i figur 42.



Figur 42: Gjennomsnittlig viskositet i lettrømmeprøver etter saltinnblanding. Resultatene er gjennomsnitt av to produksjonsgjentak fra to ulike produksjonsblokker. De vertikale linjene viser standardavvik.

Etter saltinnblanding, ble viskositeten i rømmeprøvene betraktelig redusert, og produktet minnet om skummet kulturmilk. Dette er vist i figur 43.



Figur 43: Viskositeten i en av rømmeprovne etter saltinnblanding.

Gjennomsnittlig viskositet i rømmeprovne gitt en ettrinns-homogenisering og dobbel homogenisering etter saltinnblanding, var hhv. 0,19 og 0,11 Pa·s. Før saltinnblanding var viskositeten hhv. 2,04 og 1,04 Pa·s.

TINE Lettrømme hadde i utgangspunktet høyere viskositet enn de eksperimentelle rømmeprovne, men etter saltinnblandingen var viskositeten redusert til samme nivå, 0,26 Pa·s. Viskositeten i Q Lettrømme ble også redusert, men etter saltinnblandingen var den likevel høyere enn den opprinnelige viskositeten i de eksperimentelle rømmeprovne, 2,75 Pa·s.

4.3.4 Sensoriske analyser

Resultater fra sensoriske analyser av lettrømme fra HF 2 er vist som gjennomsnittlig score med standardavvik i tabell 27. Dommernes kommentarer til de enkelte rømmeprovnes egenskaper er samlet i tabell 28.

Tabell 27: Resultater fra sensorisk analyse. Tabellen viser gjennomsnittlig score, samt standardavvik.

Metode	Kult.	Viskositet		Trådtrekkende		Fnokker		Smørsmak		Sur smak		Helhetsinntrykk	
		Score											
		Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik
Ettrinns-homo.	K1	6,42	± 0,30	4,3	± 0,42	1,1	± 0,2	4,2	± 0,28	3,75	± 0,34	4,3	± 0,42
	K2	6,03	± 0,27	4,5	± 0,42	1,1	± 0,11	4	± 0,49	3,5	± 0,74	4,3	± 0,6
Dobbel homo.	K1	3,74	± 0,40	4,6	± 0,33	1,05	± 0,1	4,2	± 0,28	3,7	± 0,12	3,9	± 0,5
	K2	4,20	± 0,65	5,1	± 0,38	1,1	± 0,2	4	± 0,16	3,5	± 0,28	3,65	± 0,47
Ref.	Q	6	± 1,22	1	± 0	1,4	± 0,55	3,8	± 1,3	3,4	± 1,14	4,2	± 1,64
	T	5,5	± 1	1	± 0	1,25	± 0,45	4,4	± 0,89	3,6	± 0,55	5,2	± 1,68

Tabell 28: Kommentarer som ble gitt fra dommerne under sensorisk analyse. Kommentarer som ble gitt flere ganger står oppført først, og antall ganger kommentaren ble gitt, står oppført i parentes. *Kommentarene ble gitt flere ganger i HF 2, men kun to ganger i HF 1.

Metode	Kultur	Kommentarer
Ettrinns-homogenisering	K1	For trådtrekkende (8), muligens for viskøs (2)*, for tykk (2)*, lite rømmesmak (2), helt sammenhengende, god smak, god munnfølelse, hadde vært god hvis den var mindre trådtrekkende
	K2	For trådtrekkende (5), lite rømmesmak, for tam, for trådtrekkende, men god på smak, for tykk, litt vassen
Dobbel homogenisering	K1	For trådtrekkende (4), smaker majones, hadde vært god hvis den var mindre trådtrekkende, litt tam, lite aroma og feil konsistens
	K2	For trådtrekkende (8), smaker majones (2), bismak (2), litt for tam smak (2), god smak, litt besk, emmen, for tykk
Referanse	Q	Kunne vært surere (2), god rømme, lite smak, bra smak, som pudding med klumper
	T	Bismak, for lite sur, litt tam

4.3.4.1 Viskositet

Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene for viskositet i lettrømmeprøver er vist i tabell 29.

Tabell 29: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene for viskositet i lettrømmeprøver. Kultur ble nestet under homogeniseringsmetode. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere score for viskositet skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere score er skyggelagt i grønt.

Ettrinnsomogenisering 175 bar (0,046)	K1
	K2
Dobbel homogenisering 175 + 35 bar (0,046)	K1
	K2

Tabell 27 og 29 viser at rømme av fløte gitt en ettrinnsomogenisering, ble bedømt som signifikant mer viskøs enn rømme av fløte gitt en dobbel homogenisering, hhv. 6,23 og 3,97. Det var ikke signifikante forskjeller mellom de anvendte syrekulturene.

Dobbel homogenisering ved homogeniseringstemperatur 65 °C og homogeniseringstrykk 175 + 35 bar ble brukt som forsøksfaktor i begge hovedforsøkene. I HF 2 fikk rømme av fløte homogenisert ved disse betingelsene, lavere score for viskositet enn i HF 1. I HF 1 var gjennomsnittlig score for viskositet i rømme av fløte syrnet med kultur K1 og K2 hhv. 4,87 og 4,60 i ferske prøver, og 4,87 og 5,13 i lagrede prøver. Analysene av ferske og lagrede prøver ble utført etter hhv. 2 og 14 dg. ved 4 °C. I HF 2 var gjennomsnittlig score for viskositet i rømme av fløte syrnet med kultur K1 og K2 hhv. 3,74 og 4,20. Analysene ble utført etter 5-7 dg. lagring ved 4 °C.

Q Lettrømme og TINE Lettrømme ble bedømt som mindre viskøse enn de eksperimentelle rømmeprøvene gitt en ettrinnsomogenisering, men betraktelig mer viskøse enn de eksperimentelle rømmeprøvene gitt en dobbel homogenisering, hhv. 6 og 5,5

4.3.4.2 Trådtrekkende konsistens

Resultatene fra statistisk beregning av effekten av forsøksfaktorene for rømmeprøvenes trådtrekkende konsistens er vist ved presentasjon av signifikansnivåer (p-verdier) i tabell 30.

Tabell 30: Signifikansnivå (p-verdier) av forsøksfaktorene for trådtrekkende konsistens i lettrømmeprøver. Kultur ble nestet under homogeniseringsmetode. Forsøksfaktorer som ga signifikant høyere score for trådtrekkende konsistens er skyggelagt i blått, mens forsøksfaktorer som ga signifikant lavere score er skyggelagt i grønt.

Ettrinshomogenisering 175 bar (0,046)	K1
	K2
Dobbel homogenisering 175 + 35 bar (0,046)	K1
	K2

Tabell 27 og 30 viser at rømme av fløte gitt dobbel homogenisering, fikk signifikant høyere score for grad av trådtrekkende konsistens enn rømme av fløte gitt ettrinshomogenisering, hhv. 4,85 og 4,4. Som vist i tabell 33, ble samtlige prøver anmerket med «for trådtrekkende». Det var ikke signifikante forskjeller mellom de anvendte syrekulturene.

Q Lettrømme og TINE Lettrømme fikk laveste score for trådtrekkende konsistens, 1.

4.3.4.3 Fnokker

Effekt av forsøksfaktorene på score for grad av fnokker i rømmeprøvene var ikke signifikant. De eksperimentelle rømmeprøvene fikk svært lav score for fnokker, i gjennomsnitt 1,08. Både Q Lettrømme og TINE Lettrømme fikk noe høyere score, hhv. 1,4 og 1,25.

4.3.4.4 Smørsmak

Effekt av forsøksfaktorene på score for smørsmak i rømmeprøvene var ikke signifikant. Gjennomsnittlig score var 4,1. Q Lettrømme fikk noe lavere gjennomsnittlig score, mens TINE Lettrømme fikk noe høyere score, hhv. 3,8 og 4,4.

4.3.4.5 Sur smak

Effekt av forsøksfaktorene på score for sur smak i rømmeprøvene var ikke signifikant. Gjennomsnittlig score var 3,6. Q Lettrømme fikk noe lavere score, 3,4, og ble anmerket med «kunne vært surere». TINE Lettrømme fikk samme score for sur smak som de eksperimentelle rømmeprøvene. Gjennomsnittlig score var 3,6.

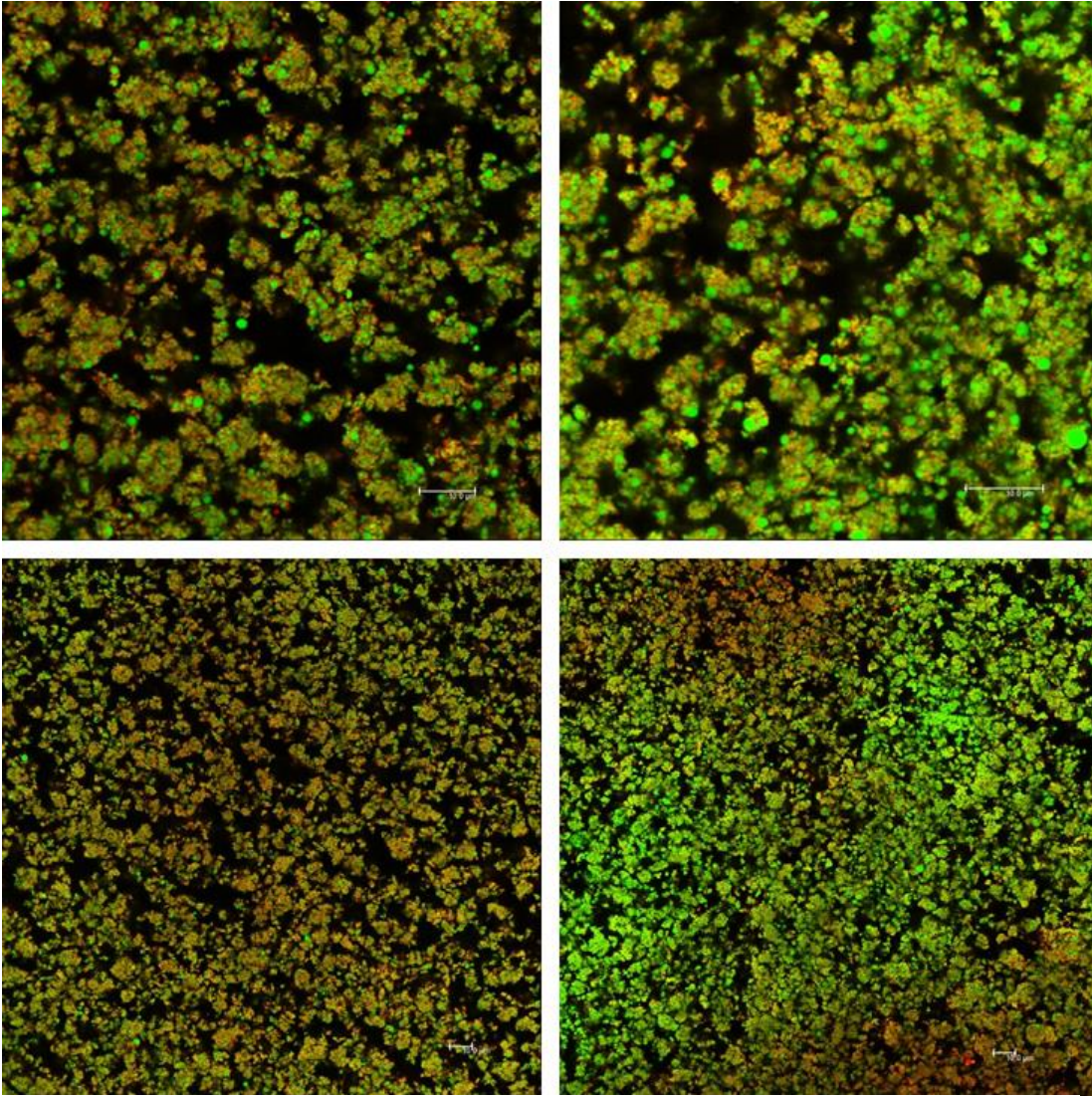
4.3.4.6 Helhetsinntrykk

Effekt av forsøksfaktorene på score for helhetsinntrykk var ikke signifikant. Gjennomsnittlig score for de eksperimentelle rømmeprøvene var 4.

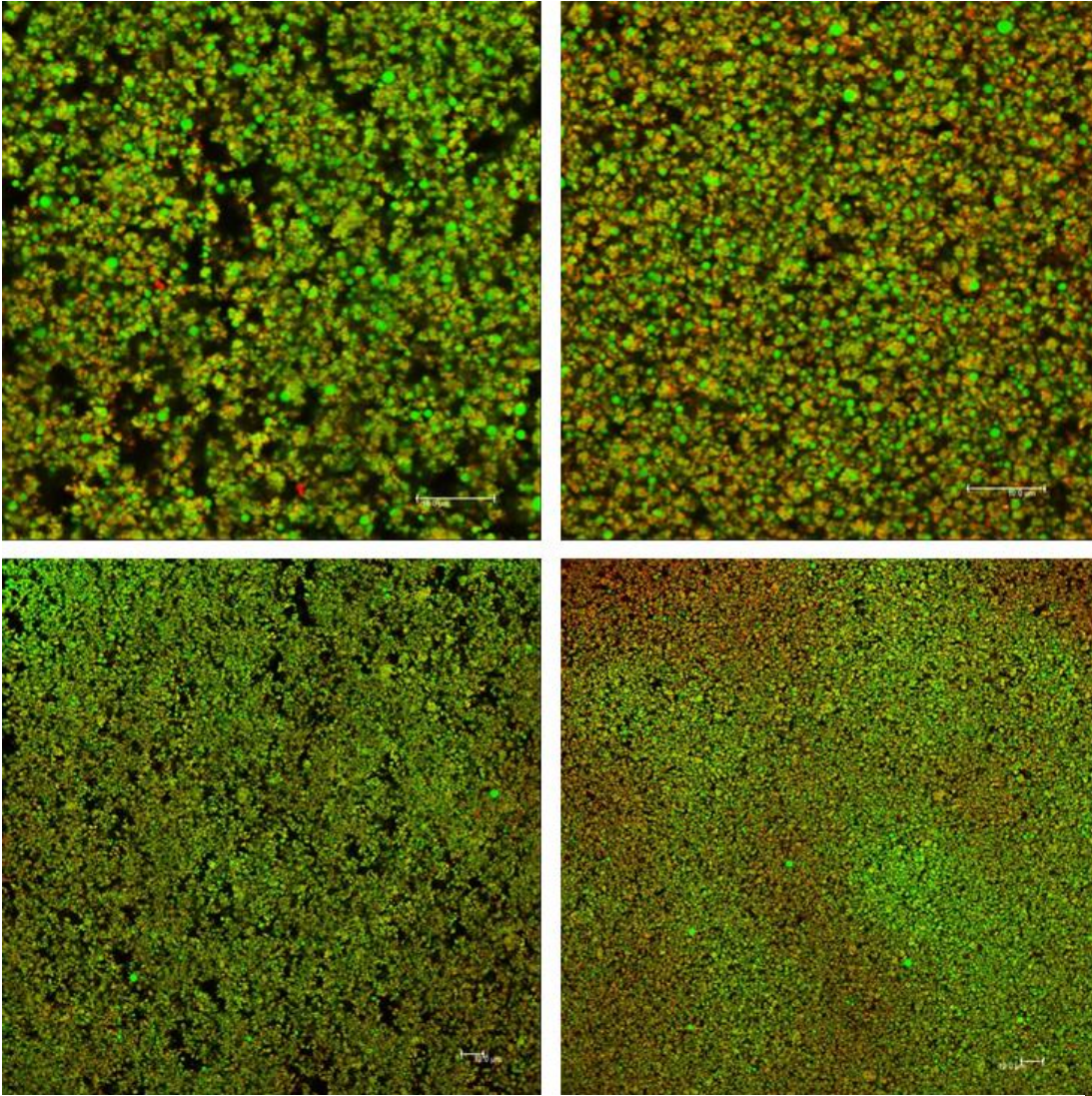
Q Lettrømme fikk samme score for helhetsinntrykk som de eksperimentelle rømmeprøvene gitt en ettrinnsomogenisering, mens TINE Lettrømme fikk betraktelig høyere score, hhv. 4,2 og 5,2.

4.3.5 Konfokalmikroskopi

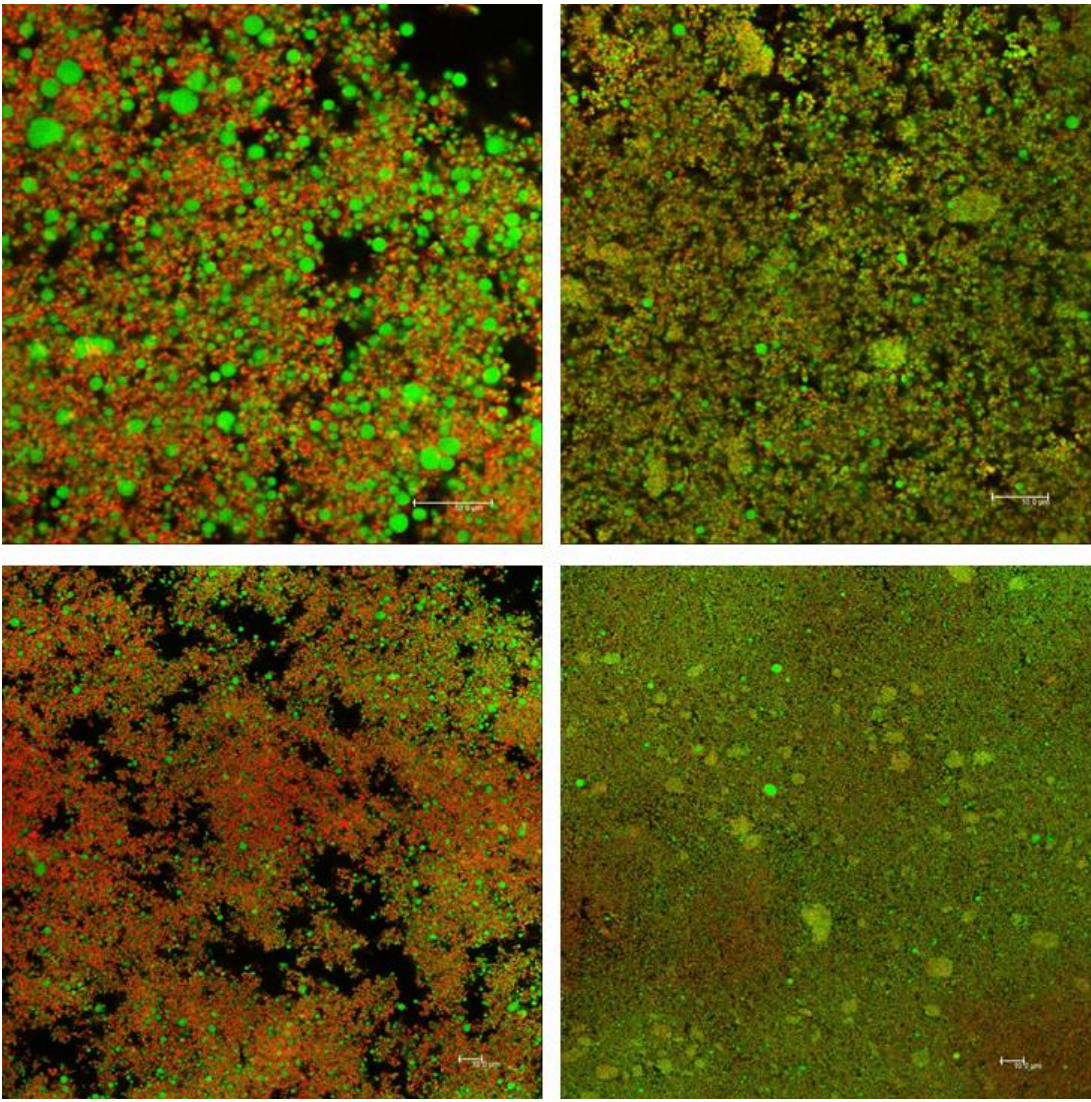
Konfokalmikroskopiske bilder av rømme av fløte gitt en ettrinnsomogenisering og syrnet med kultur K1 og K2 er vist nedenfor i figur 44, mens tilsvarende bilder av rømme av fløte gitt en dobbel homogenisering er vist i figur 45. I figur 46 vises bilder av Q Lettrømme og TINE Lettrømme.



Figur 44: Rømme av fløte gitt en ettrinns-homogenisering og syrnet med kultur K1 (til venstre) og K2 (til høyre). Fett ble farget med grønt og protein med rødt. Bar = 10 μ m.



Figur 45: Rømme av fløte gitt en dobbel homogenisering og syrnet med kultur K1 (til venstre) og K2 (til høyre). Fett ble farget med grønt og protein med rødt. Bar = 10 µm.



Figur 46: Q Lettrømme (til venstre) og TINE Lettrømme (til høyre). Fett ble farget med grønt og protein med rødt. Bar = 10 µm.

Som figurene viser, var nettverket i rømme av fløte gitt en ettrinnsomogenisering knudret og ujevnt, mens nettverket i rømme av fløte gitt en dobbel homogenisering var tett og bestod av mindre partikler. Det var ikke store synlige forskjeller mellom kultur K1 og K2. Det var vanskelig å skille fett og protein, trolig fordi fettet var dekket med protein. Nettverket i Q Lettrømme var, i liket med rømme av fløte gitt en ettrinnsomogenisering, knudret og ujevnt, mens nettverket i TINE Lettrømme var likhet med rømme av fløte gitt en dobbel homogenisering, tett.

5.0 DISKUSJON

I hovedforsøk 1 (HF 1) ble 16 ulike rømmetyper fremstilt av fløte homogenisert ved 55 °C eller 65 °C og 120 + 30 bar eller 175 + 35 bar, og deretter syrnede med kultur K1, K2, K3 eller K4.

Forsøksdesignet ble laget med utgangspunkt i ulikheter i produksjonsprosessene ved de tre TINE-anleggene som produserer TINE Lettrømme 18 % fett. I hovedforsøk 2 (HF 2) ble 4 ulike rømmetyper fremstilt av fløte gitt enten en ettrinns-homogenisering eller dobbel homogenisering, og deretter syrnede med kultur K1 eller K2. Forsøksdesignet ble laget på bakgrunn av resultater fra HF 1, samt informasjon fra litteraturen.

pH ble målt regelmessig under syrning i begge hovedforsøkene for å følge syrningen til pH var redusert til <4,5. I tillegg ble pH i rømmeprøver fra HF 1 og HF 2 målt etter hhv. 14 og 5-7 dg. lagring.

Det ble også utført reologiske og sensoriske analyser av ferske og lagrede rømmeprøver fra HF 1 etter hhv. 2 og 14 dg. lagring. Kjemiske analyser ble utført etter 1 dg. lagring. Av rømmeprøver fra HF 2, ble det utført reologiske og sensoriske analyser etter 5-7 dg. lagring.

5.1 pH OG SYRNINGSTID

Reduksjon i pH som følge av melkesyrebakterienes omdannelse av laktose til melkesyre fører til at kaseinmicellene destabiliseres, fordi kolloidalt kalsiumfosfat (CCP) går i løsning (dissosierer).

Kaseinenes nettoladning og dermed nettofrastøtning blir null ved deres kombinerte isoelektriske punkt, pH 4,6. Dette gjør at kaseinmicellene aggregerer ved hjelp av hydrofobe og elektrostatiske bindinger (Brendehaug 1986; Lucey 2004; Walstra et al. 2006).

I de eksperimentelle rømmeprøvene var det ønskelig at pH ble redusert til <4,5. Dette er under det isoelektriske punktet, og regnes som nødvendig for at gelen skal oppnå en god stabilitet (Brendehaug 1986; Lucey 2004; Walstra et al. 2006).

Ved produksjon av TINE Lettrømme 18 % fett ved TINE Meieriet Oslo er vanlig syrningstid mellom 18 og 26 t. I innledende forsøk 1 (IF 1) ble pH i samtlige rømmeprøver redusert til <4,5 i løpet av 24,5 t, men i hovedforsøkene stanset reduksjonen mellom 4,55 og 4,6 i de fleste prøvene. I HF 1 oppnådde imidlertid tre av de fire rømmeprøvene syrnede med kultur K4 en pH <4,5. Dette kan tyde på at kultur K4 hadde et annet syrningsforløp enn de øvrige kulturene. I HF 2 oppnådde samtlige

rømmeprøver gitt en ettrinnsomogenisering og syrnet med kultur K2 en pH <4,5. Det er ingenting som tilsier at ettrinnsomogenisering skal gi raskere syrning, eller et annet syrningsforløp enn dobbel homogenisering, så denne forskjellen kan ikke forklares med utgangspunkt i kjent kunnskap.

Ifølge syrekulturleverandøren kan varierende syrning skyldes forskjell i luftinnhold i melken/fløten, bakteriofagangrep, antibiotika, rester av vaskemidler, ustabil pH-elektrode eller feil oppbevaring av kulturen (Chr. Hansen 2006). Ettersom pH i alle rømmeprøvene ble redusert til <4,5 i IF 1, kunne en mulig forklaring til den varierende syrningen vært feil oppbevaring av kulturene. Alle kulturene ble imidlertid forseglet etter åpning og oppbevart i en fryseboks ved -40 °C. Det er derfor mer sannsynlig at det var noe galt med melken/fløten som ble benyttet i hovedforsøkene, men dette ble ikke undersøkt ytterligere.

pH i samtlige rømmeprøver var lavere etter 14 dg. lagring. Dette kan trolig forklares med reduksjon i pH under nedkjøling fra inkubasjonstemperaturen til kjøleromtemperaturen, eventuelt en såkalt ettersyrning under lagringsperioden (Lucey 2004).

5.2 EFFEKT AV HOMOGENISERINGSBETINGELSER

Rømme av fløte homogenisert ved 65 °C oppnådde signifikant fastere gel og høyere viskositet enn rømme av fløte homogenisert ved 55 °C. For homogenisering av fløte ved 65 °C var det signifikant effekt av homogeniseringstrykk, der homogenisering ved 120 + 30 bar resulterte i signifikant fastere gel og høyere viskositet i rømme enn homogenisering ved 175 + 35 bar. Dette ble funnet både i reologiske og sensoriske analyser. En slik effekt av homogeniseringsbetingelene ble ikke funnet ved 55 °C.

I de fleste tidligere publikasjoner er anbefalt homogeniseringstemperatur ved rømmeproduksjon >60 °C (tabell 5) (Bylund 1995; Chandan 2008; Dahle & Doan 1928; Kosikowski 1977; Tamime et al. 2007). Homogeniseringstemperaturer i samme område som smeltepunktet til melkefett er kjent for å fremme dannelsen av fettkuleklynger i fløte (Walstra et al. 2006), som vil føre til økt viskositet i rømme (Lucey 2004; Mulder & Walstra 1974). Melkefettets smeltepunkt er vanskelig å definere pga. fettets komplekse sammensetning, men en regner med at alt fett er smeltet ved ca. 40 °C (Walstra et al. 2006). Ifølge Sommer (1952) har imidlertid forsøk vist at høyere

homogeniseringstemperaturer enn melkefetts smeltepunkt, fører til økt viskositet og glatthet i rømme.

Litteraturen viser store forskjeller i anbefalt homogeniseringsmetode og homogeniseringstrykk, som trolig vil gi vidt forskjellig gelstruktur i den syrnede rømmen. Ved ettrinns-homogenisering anbefales mellom 100 og 205 bar (Bodyfelt et al. 1988; Bylund 1995; Dahle & Doan 1928; Kosikowski 1977; Lucey 2004; Mulder & Walstra 1974; Tamime et al. 2007), mens ved dobbel homogenisering anbefales samme homogeniseringstrykk ved begge trinnene, 172 + 172 bar (Chandan 2008; Kosikowski 1977; Mulder & Walstra 1974). Syrekulturleverandøren anbefaler tottrinns-homogenisering av fløte til rømmeproduksjon (5-18 % fett), enten 200 + 40 bar eller 100 + 80 bar (Chr. Hansen 2015).

Bare én studie synes imidlertid å ha studert effekten av ulike homogeniseringsbetingelser på lettrømmekvalitet. I denne studien av Dahle & Doan (1928) ble viskositeten sammenliknet etter homogeniseringstemperatur 32 °C og 82 °C og homogeniseringstrykk 240 bar og 137 bar. Ved 32 °C vil fortsatt noe av melkefettet være i krystallinsk form, og homogenisering vil derfor sannsynligvis ha mer begrenset effekt på fettkulene (Kilara 2006; Mulder & Walstra 1974). Rømme av fløte homogenisert ved 240 bar, oppnådde høyere viskositet enn rømme av fløte homogenisert ved 137 bar. Fløten som ble benyttet ble varmebehandlet før den ble homogenisert, og i tillegg ble den gitt en ettrinns-homogenisering, og ikke dobbel homogenisering som ved fremstilling av våre rømmeprøver. På bakgrunn av dette, samt bruk av ulike måleinstrumenter, kan ikke resultatene sammenliknes direkte med de eksperimentelle rømmeprøvene i vårt arbeid.

Flere aspekter kan sannsynligvis være relevante i forhold til endring i fettkulenes beskaffenhet under homogenisering ved ulike temperaturer, slik at fastheten av gelen som dannes deretter vil påvirkes. En av flere mulige forklaringer for fastere gel i rømme av fløte homogenisert ved 65 °C enn 55 °C, kan være begynnende denaturering av myseproteiner før den påfølgende varmebehandlingen. Myseproteiner, særlig β -lactoglobulin, er svært varmesensitiv (Lucey 2004) og denaturering starter ved 65 °C (Bylund 1995). Ved denaturering vil en reaktiv tiolgruppe (SH) i β -lactoglobulin eksponeres. Denne gruppen kan binde seg til andre komponenter i melken, som κ -kasein på overflaten av kaseinmicellene, eller myseproteinene kan binde seg til hverandre (Vasbinder & de Kruif 2003; Walstra et al. 2006). En slik denaturering kan muligens ha effekt på hvilke myseproteiner som vil inngå i den nye fettkulemembranen, samt på denne membranens

beskaffenhet. For å undersøke om denne teorien stemmer, kan det gjennomføres forsøk der rømme av fløte som er homogenisert før og etter varmebehandling blir sammenliknet.

Denaturering av β -lactoglobulin ved 65 °C vil imidlertid trolig være svært begrenset sammenliknet med den langt sterkere varmebehandlingen (95 °C i 5 min) som følger etter homogenisering.

Det er også mulig at varmesensitiviteten til i proteinene i den native fettkulemembranen varierer i det aktuelle området (55-65 °C). Proteinene i fettkulemembranen utgjør ca. én % av den totale proteinmengden i melk (Johansen et al. 2005; Riccio 2004), men kan likevel være viktige for de reologiske egenskapene til syrnede produkter. Kunnskapen om varmetoleransen til de forskjellige proteinene i fettkulemembranen, og hvordan de reagerer på ulik varmebelastning, er imidlertid mangelfull.

For å kunne øke forståelsen for hvordan homogeniseringstemperatur påvirker lettrømmekvalitet, bør effekten av homogeniseringstemperaturer fra 40 °C og oppover studeres. I tillegg bør det utføres analyser av både myseproteiner og fettkulemembranens proteiner og deres denaturering under prosessen.

Jo høyere homogeniseringstrykk, desto mindre blir fettkulene og det samlede overflatearealet av fettkuler øker, samtidig som omfanget av bindinger mellom fett og protein øker (Bylund 1995; Lucey 2004; Mulder & Walstra 1974; Walstra et al. 2006). På denne måten fører høyere homogeniseringstrykk til fastere gel og høyere viskositet i syrnede produkter (Lucey 2004). Dette gjelder imidlertid syrnede produkter generelt, og ikke nødvendigvis rømme som har et betraktelig høyere fettinnhold enn andre syrnede produkter. Jo høyere fettinnhold, desto lavere homogeniseringstrykk anbefales ved rømmeproduksjon. Tamime et al. (2007) anbefaler f.eks. 120-170 bar for rømme med 18 % fett, og 30-50 bar for rømme med 38 % fett.

Ifølge Mulder & Walstra (1974) må det trolig være noe fritt kasein igjen i serum for å få dannet en fast gel som kaseinmicellene deltar i ved produksjon av rømme. Ved 120 + 30 bar vil sannsynligvis en lavere andel fritt kasein i serum være assosiert til fettkulemembranen enn ved 175 + 35 bar. Dersom teorien til Mulder & Walstra (1974) stemmer, kan dette trolig forklare signifikant fastere gel og høyere viskositet i rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar. Det er imidlertid ikke kjent hvor mye kasein som er *ikke* bundet til fett etter bruk av ulike homogeniseringstrykk, eller hvilke konsentrasjoner som er nødvendige for å få dannet en fast(ere) gel i rømme. For å belyse

kaseinets betydning for gelfasthet i rømme, bør det gjennomføres forsøk der konsentrasjonen av fritt kasein i serum ved ulike trykk i fløte (18 % fett) blir målt.

Det er også mulig at kaseinmicellene på fettkulemembranen kan være i stand til å danne et tredimensjonalt nettverk uten fritt kasein i serum, men denne gelen vil trolig bestå av aggregerte fettkuler med bindinger mellom kasein på overflaten av de forskjellige fettkulene. I andre syrnede produkter med lavere fettinnhold, som f.eks. yoghurt, består gelen hovedsakelig av en matriks av aggregerte kaseinpartikler, og fettkulene er innesluttet i matriksen (Duboc & Mollet 2001).

Resultatene fra dette arbeidet viste at homogenisering av fløte ved 120 + 30 bar fører til fastere gel og høyere viskositet enn homogenisering ved 175 + 35 bar i rømme, men det bør gjennomføres flere forsøk med ulike homogeniseringstrykk for å studere hvilken effekt homogeniseringstrykk kan ha på lettrømmekvalitet.

Samtlige rømmeprøver hadde fastere gel etter 14 dg. lagring på kjølerom ved 4 °C enn i fersk tilstand. Dette skyldes trolig at det hadde blitt dannet flere bindinger i gelen under lagring. Analysene av de ferske rømmeprøvene ble utført mindre enn 2 dg. etter endt produksjon, så gelen kan fortsatt ha vært noe skjør. Rømme bør stå kjølig i minst 24-48 t etter emballering (Kosikowski 1977).

Reologiske analyser viste at viskositeten i samtlige rømmeprøver var lavere etter 14 dg. lagring. Dette ble imidlertid ikke funnet i sensoriske analyser. Ferske og lagrede prøver ble bedømt med 14 dg. mellomrom, noe som kan ha ført til en viss forskyvning i skalaen hos dommerpanelet. Det var heller ikke mulig å bruke eksakt samme dommerpanel ved hver bedømmelse, noe som kan være en feilkilde. TINE Lettrømme ble benyttet som referanseprøve, og viskositeten i denne varierte også noe fra gang til gang.

Reduksjon av viskositeten i syrnede produkter under lagring kan skyldes at proteolytiske enzymer har brutt ned noe av proteinet (Emmons & Tuckey 1967). Temperatursvingninger, slag, risting og liknende kan også føre til lavere viskositet i syrnede produkter (Lucey 2004). De eksperimentelle rømmeprøvene stod i ro på kjølerom ved 4 °C fra endt produksjon til analysene ble utført, så det er lite sannsynlig at utilsiktet mekanisk påkjenning var årsaken til at reologiske analyser viste en reduksjon i viskositeten under lagring.

Rømme av fløte homogenisert ved 55 °C, ble bedømt som signifikant mer trådtrekkende enn rømme av fløte homogenisert ved 65 °C. Ved begge homogeniseringstemperaturene, ble fersk rømme av fløte homogenisert ved 175 + 35 bar bedømt som signifikant mer trådtrekkende enn rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar. Dette skyldes trolig at rømme av fløte homogenisert ved 55 °C og 175 + 35 bar, hadde signifikant svakere gel og lavere viskositet enn rømme av fløte homogenisert ved 65 °C og 120 + 30 bar. En eventuell trådtrekkende konsistens er lettere synlig i rømme med svak gel og lav viskositet enn når gelen er fastere og har høy viskositet. Rømme av fløte homogenisert ved 55 °C ble, med ett unntak, bedømt som mer trådtrekkende etter 14. d lagring. Dette skyldes trolig lavere viskositet i rømmen, noe som ble funnet i reologiske analyser.

Ved 55 °C fikk rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar, signifikant høyere score for smørsmak enn rømme av fløte homogenisert ved 175 + 35 bar. De lave homogeniseringstrykkene vil føre til dannelsen av større fettkuler, noe som gjør det lettere å smake fettene (Kilcast & Clegg 2002). Dette kan trolig forklare høyere score for smørsmak i rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar.

Rømme av fløte homogenisert ved 65 °C og 120 + 30 bar fikk signifikant høyere score for helhetsinntrykk enn rømme av fløte homogenisert ved 55 °C og 120 + 30 bar. Vurdering av helhetsinntrykk i sensorisk analyse var basert på de ulike sensoriske egenskapene som ble vurdert i dette arbeidet (viskositet, trådtrekkende konsistens, fnokker, sur smak, smørsmak). Dersom en prøve fikk trekk for en egenskap, f.eks. for lav viskositet, kunne dette resultere i lavere score på helhetsinntrykk. Samtidig er det viktig å understreke at den sensoriske bedømmelsen ikke ble foretatt av et trent dommerpanel. Høy viskositet synes å være svært viktig for helhetsinntrykk. Det var rømme som hadde den høyeste viskositeten, vist både i reologiske og sensoriske analyser, som fikk høyest score for helhetsinntrykk.

5.3 EFFEKT AV HOMOGENISERINGSMETODE

Rømme av fløte gitt en ettrinns-homogenisering, oppnådde signifikant fastere gel og høyere viskositet enn rømme av fløte gitt en dobbel homogenisering. Denne effekten ble funnet både i reologiske og sensoriske analyser.

Fastere gel i rømme av fløte gitt en ettrinns-homogenisering, kan skyldes høyere konsentrasjon av kasein i serumfasen. Det er mulig at en gel etter ettrinns-homogenisering vil bestå av et kaseinnettverk med innesluttet fett. Med dobbel homogenisering kan det spekuleres i at mer kasein er assosiert til fettkulene, og at det dermed blir mindre kaseinmiceller som kan danne en gel. I en slik situasjon, vil en gel i høyere grad bestå av aggregerte fettkuler med bindinger mellom kasein på fettkulene. Det mangler imidlertid systematiske studier om distribusjon av kasein i forhold til fett i fettholdige syrnede produkter som rømme som kan bidra til å forklare observasjoner i dette arbeidet.

Høyere viskositet i rømme av fløte gitt en ettrinns-homogenisering, kan skyldes større aggregater med fett og protein (Schkoda et al. 1999), noe som ble vist ved konfokalmikroskopi (figur 44 og 45). I fløte gitt en dobbel homogenisering, ble trolig noen av aggregatene som ble dannet under den første homogeniseringsrunden, brutt opp under den andre -runden. Mindre aggregater med fett og protein, kan trolig forklare lavere viskositet i rømme av fløte gitt en dobbel homogenisering (Bylund 1995; Tamime et al. 2007).

TINE Lettrømme hadde betraktelig svakere gel enn de eksperimentelle rømmeprovne, mens Q Lettrømme hadde fastere gel enn alle andre rømmeprovner. Dette har sannsynligvis sammenheng med syrningsmetode. Q Lettrømme var trolig syrnet på beger, mens TINE Lettrømme var syrnet på tank og derfor rørt opp før tapping på beger. De biokjemiske reaksjonene som fører til geldannelse er de samme, men reologiske egenskaper i sluttproduktet blir forskjellig. I rørt rømme røres gelen opp, og strukturen brytes delvis ned, og bygges deretter bare delvis opp igjen når rømmen får stått i ro. Grad av røring, temperatur, pumpeutstyr og røranlegg påvirker grad av mekanisk påkjenning og ødeleggelse av struktur (Brendehaug 1986). Rømme som er syrnet på beger har en fast og ubrutt gel (Tamime et al. 2007). Dette var tydelig ved åpning av referanseprovne. Q Lettrømme hadde en glatt og fin overflate, mens TINE Lettrømme hadde en mer ujevn overflate. På bakgrunn av dette, er det ikke mulig å sammenlikne gelfastheten i referanseprovne. Resultater fra HF 2 kan imidlertid tyde på at Q-meieriene opplever variasjoner i rømmens gelfasthet. De innkjøpte provne i HF 1 var dobbelt så faste som provne i HF 2.

I tillegg ble det spekulert i om den faste gelen og høye viskositeten i Q Lettrømme kan skyldes homogeniseringsmetode. Konfokalmikroskopi (figur 46) viste at Q Lettrømme hadde et knudrete og ujevnt nettverk, på lik linje med de eksperimentelle rømmeprovne gitt en

ettrinshomogenisering. Dette kan tyde på at det er denne homogeniseringsmetoden som benyttes ved produksjon av Q Lettrømme. Uten mer informasjon om produksjonsbetingelser, er det imidlertid vanskelig å forklare hvorfor viskositeten i Q Lettrømme var så mye høyere enn alle andre prøver.

Reologiske analyser viste at TINE Lettrømme hadde betraktelig høyere viskositet enn de eksperimentelle rømmeprøvene i begge hovedforsøkene. Sensoriske analyser viste derimot at viskositeten i TINE Lettrømme var i samme område som de eksperimentelle rømmeprøvene. Det var derfor ikke samsvar mellom reologiske og sensoriske analyser i dette tilfellet.

Konfokalmikroskopi viste at TINE Lettrømme inneholdt mange store aggregater, og at disse var større enn middelstørrelse av aggregatene etter ettrinshomogenisering av de eksperimentelle rømmeprøvene. Volumandelen av disse store aggregatene var betydelig, og dette kan muligens forklare den høyere viskositeten i TINE Lettrømme funnet i reologiske analyser (Reidar Barfod Schüller, e-post, 5. august 2016).

Rømme av fløte gitt en dobbel homogenisering, ble bedømt som signifikant mer trådtrekkende enn rømme av fløte gitt en ettrinshomogenisering. Dette skyldes trolig svakere gel og lavere viskositet i rømme av fløte gitt en dobbel homogenisering.

5.4 EFFEKT AV SYRNING MED ULIKE SYREKULTURER

5.4.1 Reologiske og sensoriske analyser

I HF 1 ble det funnet signifikante forskjeller mellom de ulike syrekulturene med hensyn til gelfasthet, viskositet og grad av trådtrekkende konsistens. Med unntak av viskositet i reologiske analyser, ble ikke den samme effekten funnet i HF 2.

I HF 1 oppnådde fersk rømme av fløte homogenisert ved 65 °C og syrnet med kultur K1 og K4 hhv. fastere og svakere gel enn øvrige prøver homogenisert ved samme betingelser. Den samme effekten ble funnet for lagret rømme, men da ved begge homogeniseringstemperaturene og i rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar.

Resultater fra måling av viskositet i reologiske og sensoriske analyser samsvarte ikke. Reologiske analyser viste at fersk rømme av fløte syrnet med kultur K4 og K2 oppnådde hhv. høyere og lavere viskositet enn øvrige prøver homogenisert ved samme betingelser. Den samme effekten ble

funnet for kultur K4 i lagret rømme. Sensoriske analyser viste derimot få signifikante forskjeller mellom de ulike syrekulturene, men rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar og syrnet med kultur K1 fikk høyere score for viskositet enn øvrige prøver av fløte homogenisert ved samme betingelser.

I HF 2 oppnådde rømme av fløte gitt en ettrinns-homogenisering og syrnet med kultur K1 høyere viskositet enn rømme av fløte syrnet med kultur K2. I HF 1 ble rømme av fløte syrnet med kultur K1 og K2 bedømt som mer trådtrekkende enn rømme av fløte syrnet med kultur K3 og K4. Det var ikke forskjeller i grad av trådtrekkende konsistens mellom rømmeprøver fremstilt i HF 2, men samtlige prøver ble anmerket med «for trådtrekkende».

Kultur K1 og K2 produserte EPS. Dette kom også tydelig frem ved de sensoriske analysene. Den trådtrekkende konsistensen i rømme syrnet med disse kulturene kan tyde på produksjon av fritt EPS (Mende et al. 2016). Informasjon fra syrekulturleverandøren fortalte at kultur K2 var forventet å gi høyere viskositet enn kultur K1 og K4 i rømme (Chr. Hansen 2015). De reologiske analysene viste derimot et motsatt resultat. Effekten av EPS på et syrnet produkts reologiske egenskaper er kompleks og mange faktorer kan ha innvirkning, som hvordan EPS foreligger (kapsulært eller fritt), strukturen på EPS (molekylmasse, sidekjeder, stivhet og ladning), konsentrasjonen av EPS og interaksjoner med andre komponenter i melken som f.eks. proteiner, mineraler og bakterier (Mende et al. 2016; Tamime et al. 2007). I tillegg har det betydning om EPS dannes før eller etter gelering (Lucey 2016; Mende et al. 2016). EPS som dannes før gelering kan delta i aggregering, mens EPS som dannes etter gelering kan forstyrre aggregatene og resultere i et uhomogent og mindre sammenhengende proteinnettverk (Mende et al. 2016).

Annet enn at det trolig ble produsert fritt EPS i rømme av fløte syrnet med kultur K1 og K2, er det ut fra dette arbeidet ikke mulig å si noe om øvrige faktorer, som struktur, konsentrasjon, interaksjoner med andre komponenter og tidspunkt for dannelse av EPS. Et doktorgradsarbeid av Jones (2008) viste at *L. lactis* subsp. *cremoris* kan produsere både ladet og uladet EPS. Videre hadde de seks stammene som ble undersøkt, ulikt forhold mellom ladet og uladet EPS. I teorien kan det derfor ha vært produsert både ladet og uladet EPS i de eksperimentelle rømmeprøvene. I tillegg kan tidspunkt for produksjon av EPS påvirke reologiske egenskaper, og det er mulig at effekten forstyrres dersom en f.eks. har rask eller langsom syrning. I vårt arbeid var syrning heller langsom.

Ifølge syrekulturleverandøren kan kultur K2 produsere en større mengde EPS enn K1, rundt 8-10 ganger mer (Trine Dela Johnsen, e-post, 23. september 2016). Dette samsvarer imidlertid ikke med resultatene fra dette arbeidet. Sensoriske analyser viste ingen signifikante forskjeller i grad av trådtrekkende konsistens mellom de to syrekulturene, noe som kan tyde på at produksjonen var forholdsvis lik, men konsentrasjonen av EPS ble ikke målt. Ettersom det ikke har vært mulig å få ytterligere informasjon fra syrekulturleverandøren om dannelsen av EPS i de ulike kulturene, er det ikke mulig å trekke klare konklusjoner om faktorer knyttet til dannelsen av EPS i de anvendte kulturene.

Det er i teorien også mulig at kultur K3 og K4 produserte EPS, men rømme syrnet med disse kulturene ble bedømt som lite trådtrekkende. Dette tyder på at det i så fall var kapsulært EPS som ble produsert. Produksjon av kapsulært EPS ser ut til å kunne øke viskositeten i syrnede produkter uten å forårsake trådtrekkende konsistens (Mende et al. 2016).

I HF 2 ble strukturelle elementer, som fett og protein, i rømme visualisert ved konfokalmikroskopi (figurene 45, 46 og 47). Det var ikke mulig å skaffe fargestoff til polysakkarider før bildene ble tatt. Dersom polysakkaridene hadde blitt visualisert med en egen farge, kunne dette sannsynligvis ha avklart om det ble produsert fritt EPS i rømme av fløte syrnet med K1 og K2 (Hassan et al. 1996; Mende et al. 2016). Kultur K3 og K4 ble ekskludert i HF 2. Dersom det hadde vært mulig å skaffe fargestoff til polysakkarider, burde disse kulturene vært inkludert, slik at en eventuell EPS-produksjon kunne ha blitt visualisert.

TINE Lettrømme fikk betraktelig lavere score for grad av trådtrekkende konsistens enn de eksperimentelle rømmeprøvene syrnet med kultur K1 og K2. Dette til tross for at rømmeprøvene ble syrnet med samme kultur som benyttes i TINE Lettrømme (K1 frem til januar 2016, og deretter K2). Ved TINE Meieriet Oslo har det blitt observert at konsistensen i TINE Lettrømme 18 % fett på syrningstank er betraktelig seigere enn etter at rømmen er tappet på beger. Dette kan tyde på at den mekaniske påkjenningen rørt rømme blir utsatt for i forbindelse med tapping, bidrar til å redusere den seige konsistensen, som trolig skyldes EPS.

Q Lettrømme ble bedømt som svært lite trådtrekkende. Rømmen hadde fast gel og høy viskositet, samtidig som den sensorisk ble vurdert som klumpete (fnokkete). Dette gjør at en eventuell trådtrekkende konsistens ville vært mindre synlig, men syrekulturen produserte trolig ikke EPS.

I HF 1 ble det funnet signifikante forskjeller mellom de ulike syrekulturene i forhold til smørsmak i fersk rømme, men ingen slik effekt ble funnet i HF 2. Syrekultur K3, som vanligvis benyttes ved produksjon av TINE Seterrømme ved TINE Meieriet Oslo, viste signifikant mer smørsmak i rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar. Det dommerne oppfattet som smørsmak, er trolig en kombinasjon av fett og diacetyl (Judith Narvhus, personlig kommunikasjon). Det ble imidlertid ikke funnet en positiv korrelasjon mellom smørsmak og diacetylkonsentrasjon.

EPS har ingen smak, men økt viskositet som følge av EPS-produksjon vil øke oppholdstiden i munnen, og dermed tid for kontakt med ganen og smakreseptorer (Duboc & Mollet 2001). Ettersom kultur K1 og K2 produserte EPS, kunne det vært forventet høyere score for smørsmak i rømme syrnet med disse kulturene, men det var ikke tilfelle.

I HF 1 ble det funnet signifikante forskjeller mellom de ulike syrekulturene med hensyn til helhetsinntrykk, men ingen slik effekt ble funnet i HF 2. Rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar og syrnet med kultur K3 viste høyere score for helhetsinntrykk enn rømme av fløte syrnet med de øvrige kulturene og homogenisert ved samme betingelser. Fersk rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar, uavhengig av homogeniseringstemperatur, og syrnet med kultur K1 fikk signifikant lavere score for helhetsinntrykk enn rømme av fløte syrnet med de øvrige kulturene og homogenisert ved samme betingelser. Den samme effekten ble funnet for lagret rømme av fløte syrnet med kultur K2.

Høyere score for helhetsinntrykk i rømme av fløte syrnet med kultur K3, kan ha sammenheng med høyere score for smørsmak. Denne egenskapen ble trolig oppfattet som den karakteristiske «rømmesmaken» av dommerne.

Lavere score i rømme av fløte syrnet med K1, kan skyldes lavere score for viskositet. Viskositet synes, som tidligere nevnt, å være svært viktig for helhetsinntrykk i sensoriske analyser. Lavere score i rømme av fløte syrnet med K2, kan ha sammenheng med at disse prøvene fikk anmerkning for bismak, totalt fire anmerkninger hver, uten at årsaken til, eller typen bismak ble klarlagt.

5.4.2 Kjemiske analyser

Det ble utført kjemiske analyser av ferske rømmeprøver fra HF 1, men ikke fra HF 2.

Den usyrnede fløten inneholdt rundt 3,8 % laktose (tabell 8 og 24). I den ferdig syrnede rømmen var innholdet redusert til 3,3 % ($33\,473 \pm 597,8$ ppm). Dette skyldes melkesyrebakterienes omdannelse av laktose til melkesyre (Bylund 1995; Walstra et al. 2006).

Innholdet av laktose i de kommersielle referanseprøvene var lavere enn i de eksperimentelle rømmeprøvene. Det var derfor forventet høyere melkesyreinnhold i referanseprøvene. Q Lettrømme hadde høyere innhold av melkesyre, mens TINE Lettrømme hadde lavere innhold. Dette skyldes trolig en blanding av råstoffvariasjoner i fløten og analysevariasjoner, samt ulik pH i referanseprøvene, men denne ble ikke målt.

Det gjennomsnittlige innholdet av galaktose i den usyrnede fløten var <100 ppm. I den ferdig syrnede rømmen var innholdet mer enn firedoblet. Ved nedbrytning av laktose under syrning av melk/fløte, metaboliserer de mesofile melkesyrebakteriene i DL-kulturen både glukose og galaktose (Walstra et al. 2006). Hos laktokokker metaboliseres glukosedelen av laktose fortere enn galaktosedelen (Mäyrä-Mäkinen & Bigret 2004). Dette kan trolig forklare økt galaktoseinnhold i den ferdig syrnede rømmen.

Galaktoseinnhold var påvirket av syrekultur, og høyest i rømme av fløte syrnnet med K1, og lavest i rømme av fløte syrnnet med K2 og K3. K2 var en av syrekulturene som produserte EPS. Produksjon av heteropolysakkarider kan muligens forklare lavere galaktoseinnhold i rømme av fløte syrnnet med kultur K2, ettersom de repeterende enhetene i heteropolysakkaridene kan bestå av galaktose (Mende et al. 2016). Kultur K1 produserte også EPS. Det er derfor nærliggende å tro at høyere galaktoseinnhold i rømme av fløte syrnnet med K1 er en indikasjon på at EPS fra denne kulturen ikke bestod av de samme sukkermolekylene som EPS fra kultur K2. Dette blir imidlertid bare spekulasjoner, ettersom de forskjellige EPS som ble produsert ikke ble analysert i dette arbeidet.

Innholdet av acetaldehyd i de eksperimentelle rømmeprøvene var påvirket av syrekultur, men innholdet ($0,11 \pm 0,02$ ppm) var rundt analysens deteksjonsgrense, og trolig under smaksterskelen. Innholdet av etanol var også påvirket av syrekultur, og høyest i rømme av fløte syrnnet med K1, og med ett unntak lavest i rømme av fløte syrnnet med K3. I rømme dannes etanol ved heterofermentativ laktosemetabolisme av *Lc. mesenteroides* subsp. *cremoris* (tabell 3). Høyere

innhold av etanol i rømme av fløte syrnet med K1 kan tyde på større aktivitet av *Leuconostoc*-stammer i denne kulturen. Det var imidlertid minimal forskjell mellom de nominelle verdiene for de ulike rømmeprovne, noe som kan tyde på at acetaldehyd produsert under syrning ble redusert til etanol kontinuerlig av *Leuconostoc*-stammer ved hjelp av enzymet alkohol dehydrogenase (Libudzisz & Stepaniak 2011; Vedamuthu 2006; Walstra et al. 2006).

Metabolisme av sitrat er en viktig egenskap hos noen mesofile bakterier ettersom det fører til produksjon av viktige smaksstoffer, som diacetyl (Walstra et al. 2006). Innholdet av sitrat ble redusert fra 1817,8 ppm i den usyrnede fløten til <100 ppm i den ferdig syrnede rømmen. Reduksjonen skyldes at *L. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* og *Lc. mesenteroides* subsp. *cremoris* har enzymet sitrat permease, og kan dermed transportere sitrat inn i cellen, slik at sitrat blir metabolisert (Hutkins 2006; Tamime et al. 2007). Selv om det ble vist signifikante forskjeller i sitratkonsentrasjon mellom rømme av fløte syrnet med de forskjellige kulturene, var forskjellene små og trolig ikke av betydning for smaken. Det ble heller ikke funnet signifikante forskjeller i konsentrasjonen av diacetyl, eddiksyre eller acetoin.

De kommersielle referanseprovne hadde lavere innhold av diacetyl og acetoin enn de eksperimentelle rømmeprovne, særlig var diacetylinnholdet i TINE Lettrømme lavt. Dette kan skyldes reduksjon til acetoin og deretter til 2,3-butanediol av *L. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* og *Lc. mesenteroides* subsp. *cremoris* etter endt produksjon, men innholdet av 2,3-butanediol ble ikke målt i dette arbeidet. Dette kan trolig også forklare hvorfor begge referanseprovne hadde lavere acetoininnhold enn de eksperimentelle rømmeprovne.

5.5 EFFEKT AV SALTINNBLANDING

I HF 2 ble det gjennomført forsøk med saltinnblanding i rømmeproduktene. Dette ble gjort på bakgrunn av at det, ifølge Born (2006), er saltet i dippblandingene som gjør at rømmen blir tynn, samt reklamasjoner fra forbrukere av TINE Lettrømme (figur 2).

Innblanding av salt førte til betraktelig reduksjon i viskositeten. Ved tilsetning av salt (NaCl) i ferdig syrnet rømme, vil Na⁺ og Cl⁻ konkurrere om ladninger. Den syrefelte gelen er dannet via svake elektrostatiske og hydrofobe bindinger. Dersom de elektrostatiske bindingene mellom protein-protein interaksjonene svekkes ved at Na⁺ og Cl⁻ konkurrerer om de samme bindingene, vil det bare være hydrofobe krefter som holder nettverket sammen. De hydrofobe bindingene er svakest

ved 4 °C og sterkest ved 100 °C. Dersom salt tilsettes ved 4 °C, som i dette arbeidet, vil de hydrofobe bindingene være på sitt svakeste (Gerd Elisabeth Vegarud, e-post, 10. august 2016). Dette kan muligens forklare reduksjonen i viskositeten ved tilsetning av salt.

TINE Lettrømme hadde i utgangspunktet høyere viskositet enn de eksperimentelle rømmeprøvene, men etter saltinnblandingen var viskositeten redusert til samme nivå. Viskositeten i Q Lettrømme ble også redusert, men etter saltinnblandingen var den likevel høyere enn den opprinnelige viskositeten i de eksperimentelle rømmeprøvene. Uten informasjon om produksjonsbetingelsene, er det vanskelig å forklare hva årsaken(e) til dette kan være.

På bakgrunn av denne teorien, kan det være av interesse å gjennomføre forsøk med innblanding av salt, eller eventuelt dippulver, i romtemperert rømme.

5.6 OPPSUMMERING AV RESULTATER OG VIDERE ARBEID

Effekt av ulike teknologiske produksjonsparametere på lettrømmekvalitet (18 % fett) synes å være lite undersøkt. Kun én forskningsstudie er identifisert der effekten av ulike homogeniseringsbetingelser ved produksjon av lettrømme ble sammenliknet. Denne studien av Dahle & Doan (1928) ble publisert for nesten hundre år siden. Manglende publikasjoner innen dette feltet kan skyldes mindre marked for rømme i andre land, men det kan også tenkes at det er færre kvalitetsutfordringer knyttet til viskositet grunnet større bruk av tilsetningsstoffer. I noen land er det f.eks. vanlig å tilsette stabilisator i rømme for å forbedre viskositeten (Tamime et al. 2007). For TINE som produserer rømme uten tilsetningsstoffer, vil det imidlertid være av interesse å gjennomføre flere forsøk for å få bedre forståelse for de ulike produksjonstekniske parameterne som har effekt på lettrømmekvalitet.

Rømme av fløte homogenisert ved 65 °C, oppnådde signifikant fastere gel og høyere viskositet enn rømme av fløte homogenisert ved 55 °C. Dette understøtter de fleste anbefalingene i litteraturen som sier at fløte til produksjon av rømme bør homogeniseres ved >60 °C (tabell 5) (Bylund 1995; Chandan 2008; Dahle & Doan 1928; Kosikowski 1977; Tamime et al. 2007). En av flere mulige forklaringer kan være begynnende denaturering av myseproteiner før den påfølgende varmebehandlingen. Det er også mulig at proteinene som inngår i den native fettkulemembranen, er varmesensitive. Kunnskapen om varmetoleransen til de forskjellige proteinene i fettkulemembranen, og hvordan de reagerer på ulik varmebelastning, er imidlertid mangelfull. For

å kunne øke forståelsen for hvordan ulike homogeniseringstemperaturer påvirker lettrømmekvalitet, bør effekten av temperaturer fra 40 °C og oppover studeres. I tillegg bør det utføres analyser av både myseproteiner og fettkulemembranens proteiner, og deres denaturering under prosessen.

Ved 65 °C, oppnådde rømme av fløte homogenisert ved 120 + 30 bar signifikant fastere gel og høyere viskositet enn rømme av fløte homogenisert ved 175 + 35 bar. Denne effekten av homogeniseringsbetingelser ble ikke funnet ved 55 °C. Ved 120 + 30 bar vil sannsynligvis en lavere andel fritt kasein i serum være assosiert til fettkulemembranen enn ved 175 + 35 bar. Ifølge Mulder & Walstra (1974) må det trolig være noe fritt kasein igjen i serum for å få dannet en fast gel som kaseinmicellene deltar i ved produksjon av rømme. Det er imidlertid ikke kjent hvor mye kasein som er *ikke* bundet til fett etter bruk av ulike homogeniseringstrykk, eller hvilke konsentrasjoner som er nødvendige for å få dannet en fast(ere) gel i rømme. For å belyse kaseinets betydning for gelfasthet i rømme, bør det gjennomføres forsøk der konsentrasjonen av fritt kasein i serum ved ulike trykk i fløte (18 % fett) blir målt.

Informasjon fra syrekulturleverandøren fortalte at kultur K2 produserte EPS, og var forventet å gi høyere viskositet enn kultur K1 og K4 i rømme (Chr. Hansen 2015). Reologiske analyser viste derimot et motsatt resultat. Rømme av fløte syrnet med kultur K2 oppnådde signifikant *lavere* viskositet enn rømme av fløte syrnet med de øvrige kulturene og homogenisert ved samme betingelser. Effekten av EPS på et syrnet produkts reologiske egenskaper er kompleks og mange faktorer kan ha innvirkning (Mende et al. 2016; Tamime et al. 2007). Det kan blant annet tenkes at den lange syrningstiden i de eksperimentelle rømmeprovne kan ha forstyrret produksjonen av EPS. Ettersom TINE Meieriet Oslo byttet syrekultur fra K1 til K2 i februar 2016, vil det være av interesse å gjennomføre flere forsøk der effekt av kultur K2 på lettrømmekvalitet blir undersøkt.

Ifølge syrekulturleverandøren kan kultur K2 produsere en større mengde EPS enn K1, rundt 8-10 ganger mer. De eksperimentelle rømmeprovne av fløte syrnet med kultur K1 og K2 ble bedømt som svært trådtrekkende, noe som tyder på produksjon av fritt EPS i begge kulturene. Sensoriske analyser viste ikke signifikante forskjeller i grad av trådtrekkende konsistens mellom kultur K1 og K2. Det har ikke vært mulig å få ytterligere informasjon fra syrekulturleverandøren om dannelsen av EPS i de ulike kulturene, og det er derfor ikke mulig å trekke klare konklusjoner om faktorer knyttet til dannelsen av EPS. På bakgrunn av resultatene fra dette arbeidet, kan det imidlertid

være av interesse å gjennomføre flere forsøk med kultur K1 og dens effekt på lettrømmekvalitet, samt måle konsentrasjonen av EPS. Det finnes flere metoder for å isolere og måle EPS i syrnede produkter. Det er imidlertid flere utfordringer knyttet til bruk av de ulike metodene, og dette omtales nærmere av Mende et al. (2016). I dette arbeidet var det heller ikke mulig å skaffe fargestoffer til å visualisere polysakkarider (EPS) i konfokalmikroskop, men om det hadde vært mulig, ville en kunne ha vist hvordan EPS var distribuert i rømmen.

Gjennom tidene har det vært diskutert om melk/fløte som skal syrnes, bør homogeniseres før eller etter varmebehandling (Roger Abrahamsen, personlig kommunikasjon). I studien av Dahle & Doan (1928) ble fløten varmebehandlet før den ble homogenisert, og det er mulig at dette kan ha påvirket de reologiske egenskapene i rømme. Det kan derfor være av interesse å gjennomføre forsøk der fløte som skal benyttes til rømmeproduksjon varmebehandles før eller etter homogenisering, og undersøke hvilken effekt dette har på reologiske egenskaper i rømme.

Det var flere produksjonsforskjeller mellom TINE Lettrømme og de eksperimentelle rømmeprøvene. Fløten benyttet i fremstillingen av de eksperimentelle rømmeprøvene ble gitt en dobbel homogenisering i stedet for totrinnsomogenisering. Ved de samme homogeniseringsbetingelsene vil trolig effekten av dobbel- og totrinnsomogenisering i fløte være forholdsvis lik, men ved dobbel homogenisering tar det lenger tid før fettkuleklynger fra den første homogeniseringsrunden brytes opp. I en totrinnsomogenisator er homogeniseringshodene plassert rett etter hverandre, og fettkuleklynger brytes derfor opp umiddelbart (Bylund 1995). Dette synes ikke å være studert, og det er ikke mulig å si noe om hvilken effekt dette hadde på rømmekvaliteten i dette arbeidet. I tillegg ble de eksperimentelle rømmeprøvene syrnede på beger, mens TINE Lettrømme syrnes på tank. Begersyrning gir en fast og urørt gel (Tamime et al. 2007) og dette kan trolig forklare fastere gel i de eksperimentelle rømmeprøvene enn i TINE Lettrømme.

Det optimale forholdet mellom homogeniseringstemperatur og -trykk vil høyst sannsynlig avhenge av flere produksjonsparametere enn de som ble undersøkt i dette arbeidet, som f.eks. type homogenisator. I pilotanlegget ved NMBU ble det forsøkt å etterlikne produksjonen i TINE, men produksjonsutstyret var ikke det samme. Det kan derfor være av interesse å studere hvilken effekt bruk av ulike typer homogenisatorer har på lettrømmekvalitet.

Det er viktig å påpeke at resultatene som er presentert er basert på forsøk i pilotskala. I storskalaproduksjon vil det være andre faktorer og betingelser som vil kunne påvirke

kvalitetssegenskapene som er vurdert i dette arbeidet. Resultatene viste imidlertid at samtlige forsøksfaktorer som ble undersøkt (homogeniseringstemperatur, -trykk, -metode og tilsetning av ulike syrekulturer) hadde signifikant effekt på lettrømmekvalitet.

6.0 REFERANSER

- Adapa, S. & Schmidt, K. A. (1998). Physical Properties of Low-fat Sour Cream Containing Exopolysaccharide Producing Lactic Acid. *Journal of Food Science*, 63 (5): s. 901-903.
- Bodyfelt, F. W., Tobias, J. & Trout, G. M. (1988). *The sensory evaluation of dairy products*. New York, USA: Van Nostrand Reinhold.
- Born, B. (2006). Cultured/Sour Cream. I: Chandan, R. C. (red.) *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, s. 285-294. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Brendehaug, J. (1986). Strukturdannelse i sure melkegeler (surmelksgeler). *Meieriposten*, 75 (20): s. 550-557.
- Bylund, G. (1995). *Dairy processing handbook*. Lund, Sverige: Tetra Pak Processing Systems AB.
- Chandan, R. C. (2008). Dairy Processing and Quality Assurance: An Overview. I: Chandan, R. C., Kilara, A. & Shah, N. P. (red.) *Dairy Processing & Quality Assurance*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- Chr. Hansen. (2006). *eXact® EN Technical Brochure*. Danmark: Chr. Hansen.
- Chr. Hansen. (2015). *SOUR CREAM PROCESS AND CULTURES* (Power point-presentasjon).
- Clark, S. & Plotka, V. C. (2004). Yogurt and Sour Cream: Operational Procedures and Processing Equipment. I: Hui, Y. H. (red.) *Handbook of food and beverage fermentation technology*, s. 159-182. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Costello, M. J. (2009). Sour Cream and Related Products. I: Clark, S., Costello, M., Drake, M., Bodyfelt, F.W. (red.) *The Sensory Evaluation of Dairy Products*, s. 403-426. New York, USA: Springer Publishing.
- Dahle, C. D. & Doan, F. J. (1928). *The manufacturing process for commercial sour cream*. Pennsylvania, USA: Pennsylvania State College, School of Agriculture and Experiment Station.

- Dalgleish, D. G. & Corredig, M. (2012). The structure of the casein micelle of milk and its changes during processing. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3: s. 449-467.
- Degeest, B., Vaningelgem, F. & De Vuyst, L. (2001). Microbial physiology, fermentation kinetics, and process engineering of heteropolysaccharide production by lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 11 (9): s. 747-757.
- Dewettinck, K., Rombaut, R., Thienpont, N., Le, T. T., Messens, K. & Van Camp, J. (2008). Nutritional and technological aspects of milk fat globule membrane material. *International Dairy Journal*, 18 (5): s. 436-457.
- Duboc, P. & Mollet, B. (2001). Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. *International Dairy Journal*, 11 (9): s. 759-768.
- Emmons, D. B. & Tuckey, S. L. (1967). *Cottage cheese and other cultured milk products*. New York, USA: Chas. Pfizer.
- Ercili-Cura, D. (2016). Imaging of Fermented Dairy Products. I: Sozer, N. (red.) *Imaging Technologies and Data Processing for Food Engineers*, s. 99-128. Cham, Sveits: Springer Publishing.
- Folkenberg, D. M., Dejmek, P., Skriver, A. & Ipsen, R. (2006). Interactions between EPS-producing *Streptococcus thermophilus* strains in mixed yoghurt cultures. *Journal of Dairy Research*, 73 (4): 385-93.
- Gaucheron, F. (2005). The minerals of milk. *Reproduction Nutrition Development*, 45 (4): s. 473-483.
- Goddik, L. M. (2004). Sour Cream and Crème Fraîche. I: Hui, Y. H. (red.) *Handbook of food and beverage fermentation technology*, s. 171-183. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Hagenes, K. (2010). *Produksjon av meieriprodukter*. Oslo, Norge: Baneforlaget.
- Hassan, A. N., Frank, J. F., Schmidt, K. A. & Shalabi, S. I. (1996). Rheological Properties of Yogurt Made with Encapsulated Nonropy Lactic Cultures. *Journal of Dairy Science*, 79 (12): s. 2091-2097.

- Hassan, A. N., Ipsen, R., Janzen, T. & Qvist, K. B. (2003). Microstructure and Rheology of Yogurt Made with Cultures Differing Only in Their Ability to Produce Exopolysaccharides. *Journal of Dairy Science*, 86 (5): s. 1632-1638.
- Hutkins, R. W. (2006). *Microbiology and technology of fermented foods*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Ibarz, A. & Barbosa-Cánovas, G. V. (2002). *Unit Operations in Food Engineering*. Boca Raton, USA: CRC Press.
- Johansen, A.-G., Vogt, G., Selmer-Olsen, E. & Abrahamsen, R. K. (2005). Mulig utnytting av kjernemelk. Et litteraturstudium. Del 1: Variasjoner i kjernemelkas sammensetning. *Meieriposten*, 94 (1): s. 5-14.
- Jones, R. A. (2008). *Investigation of exopolysaccharide production by lactic acid bacteria*. Aberdeen, Skottland: The Robert Gordon University.
- Kilara, A. (2006). Basic Dairy Processing Principles. I: Chandan, R. C. (red.) *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, s. 73-88. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Kilcast, D. & Clegg, S. (2002). Sensory perception of creaminess and its relationship with food structure. *Food Quality and Preference*, 13: 609-623.
- Kosikowski, F. (1977). *Cheese and fermented milk foods*. 2 utg. New York, USA: Edward Brothers, Inc.
- Lee, W. J. & Lucey, J. A. (2010). Formation and Physical Properties of Yogurt. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23 (9): s. 1127-1136.
- Libudzisz, Z. & Stepaniak, L. (2011). Buttermilk. I: Fuquay, J. W. & Fox, P. F. (red.) *Encyclopedia of Dairy Sciences*, s. 1028-1034. Oxford, UK: Elsevier Inc.
- Liu, S. Q. (2003). Practical implications of lactate and pyruvate metabolism by lactic acid bacteria in food and beverage fermentations. *International Journal of Food Microbiology*, 83 (2): s. 115-131.

- Lucey, J. A. & Singh, H. (1997). Formation and physical properties of acid milk gels: a review. *Food Research International*, 30 (7): s. 529-542.
- Lucey, J. A. (2004). Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. *International Journal of Dairy Technology*, 57 (2-3): s. 77-84.
- Lucey, J. A. (2016). Acid Coagulation of Milk. I: McSweeney, H. P. L. & O'Mahony, A. J. (red.) *Advanced Dairy Chemistry*, s. 309-328. New York, USA: Springer Publishing.
- Marsili, R. T., Ostapenko, H., Simmons, R. E. & Green, D. E. (1981). High Performance Liquid Chromatographic Determination of Organic Acids in Dairy Products. *Journal of Food Science*, 46 (1): s. 52-57.
- Mende, S., Rohm, H. & Jaros, D. (2016). Influence of exopolysaccharides on the structure, texture, stability and sensory properties of yoghurt and related products. *International Dairy Journal*, 52: s. 57-71.
- Mezger, T. G. (2011). *The Rheology Handbook For users of rotational and oscillatory rheometers*. Hanover, Tyskland: Vincentz Network GmbH & Co.
- Mulder, H. & Walstra, P. (1974). *The milk fat globule*. Buckinghamshire, England: Commonwealth Agricultural Bureaux.
- Mäyrä-Mäkinen, A. & Bigret, M. (2004). Industrial Use and Production of Lactic Acid Bacteria. I: Salminen, S., Wright, A. W. & Ouwehand, A. (red.) *Lactic Acid Bacteria*, s. 65-69. New York, USA: Marcel Dekker.
- Narvhus, J. A., Østeraas, K., Mutukumira, T. & Abrahamsen, R. K. (1998). Production of fermented milk using a malty compound-producing strain of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, isolated from Zimbabwean naturally fermented milk. *International Journal of Food Microbiology* 41 (1): s. 73-80.
- Opplysningskontoret for Meieriprodukter. *Lettrømme*. Tilgjengelig fra: <http://www.melk.no/melk-og-meierifakta/meieribibliotek/meierileksikon/romme/romme2/faktaark/lettromme/> (lest 15.10.2016).

Opplysningskontoret for Meieriprodukter. *Meieristatistikk*. Tilgjengelig fra:

<http://www.melk.no/melk-og-meierifakta/meieristatistikk/> (lest 20.09.2016).

Riccio, P. (2004). The proteins of the milk fat globule membrane in the balance. *Trends in Food Science and Technology* 15 (9): s. 458-461.

Ruas-Madiedo, P., Hugenholtz, J. & Zoon, P. (2002). An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 12 (2–3): s. 163-171.

Schkoda, P., Hechler, A. & Kessler, H. G. (1999). Effect of minerals and pH on rheological properties and syneresis of milk-based acid gels. *International Dairy Journal*, 9 (3–6): s. 269-274.

Sommer, H. H. (1952). *Market milk and related products*. Madison, USA.

Steffe, J. F. (1996). *Rheological methods in food process engineering*. 2 utg. Michigan, USA: Freeman Press.

Tamime, A. Y. & Robinson, R. K. (2007). *Yoghurt: Science and technology*. 3 utg. Boca Raton, USA: CRC Press.

Tamime, A. Y., Skriver, A. & Nilsson, L. E. (2007). *Fermented Milks*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.

Vasbinder, A. J. & de Kruif, C. G. (2003). Casein–whey protein interactions in heated milk: the influence of pH. *International Dairy Journal*, 13 (8): 669-677.

Vasiljevic, T. & Shah, N. P. (2008). Cultured Milk and Yogurt. I: Chandan, R. C. (red.) *Dairy Processing & Quality Assurance*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell.

Vedamuthu, E. R. (2006). Starter Cultures for Yogurt and Fermented Milks. I: Chandan, R. C. (red.) *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, s. 89-116. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.

Walstra, P. (1984). *Dairy chemistry and physics* New York, USA: Wiley-Interscience.

Walstra, P., Wouters, J. T. M. & Geurts, T. J. (2006). *Dairy Science and Technology*. 2 utg. Boca Raton, USA: CRC Press.

Østlie, H. M., Helland, M. H. & Narvhus, J. A. (2003). Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria in milk. *International Journal of Food Microbiology*, 87 (1–2): s. 17-27.

7.0 VEDLEGGSLISTE

Vedlegg 1: Formel for utregning av fettprosent

Vedlegg 2: Skjema for sensorisk analyse av lettrømme

Vedlegg 3: Sensorisk analyse av TINE FoU og TINE Produksjon

Vedlegg 4: Rådata og analyser innledende forsøk 1

Vedlegg 5: Rådata gelfasthet hovedforsøk 1

Vedlegg 6: Rådata viskositet hovedforsøk 1

Vedlegg 7: Rådata kjemiske analyser hovedforsøk 1

Vedlegg 8: Rådata viskositet og gelfasthet hovedforsøk 2

Vedlegg 9: pH hovedforsøk 1

Vedlegg 10: pH hovedforsøk 2

Vedlegg 11: Resultater kjemiske analyser hovedforsøk 1

Vedlegg 12: Resultater reologiske og sensoriske analyser hovedforsøk 1

Vedlegg 13: Resultater hovedforsøk 2

Vedlegg 14: Rådata statistikk

Vedlegg 15: ANOVA ferske prøver hovedforsøk 1

Vedlegg 16: ANOVA lagrede prøver hovedforsøk 1

Vedlegg 17: ANOVA hovedforsøk 2

Vedlegg 18: Forklaringer til bokstavkoder

Vedlegg 19: Reklamasjoner TINE Lettrømme TINE Meieriet Oslo

Samtlige vedlegg finnes på vedlagt minnepenn.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway