



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017, 30 stp
Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (IKBM)

Produksjon av proteinrik yoghurt laget av ultrafiltrert kjernemelk

Production of proteinenriched yoghurt based on
ultrafiltered buttermilk

Fredrik Meyer Wangen

Førord:

Denne masteroppgaven ble gjennomført ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (IKBM) ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) våren 2017. Det er mange som skal takkes for at denne oppgaven ble utført. Det har vært avgjørende for gjennomføringen av oppgaven at TINE Meieriet Verdal har kunne bidra med kjernemelk til yoghurtproduksjonen. En stor takk rettes til dette anlegget og til Janne Huserbråten for god hjelp og stor fleksibilitet. Videre vil jeg takke TINE SA for økonomisk støtte til oppgaven, særlig med hensyn til fosfolipidanalysene og for økonomisk dekning av kostnader til råstoff og frakt.

Mange har hjulpet meg med den praktiske gjennomføringen av oppgaven. Jeg vil takke Geirfinn Lund og Ola Tjåland i pilotanlegget for god hjelp, veiledning og teknisk assistanse under yoghurtproduksjonen. Videre vil jeg takke Kari Olsen, May Helene Aalberg og Ahmed Abdelghani for uvurderlig hjelp og assistanse på laboratoriet. Jeg vil også rette en stor takk til Dr. Anne-Grethe Johansen (TINE og NMBU) og forsker Isaya Ketto (NMBU) for hjelp til den praktiske gjennomføringen av reologianalysene, og for faglige innspill under og etter analysene. Jeg har også satt stor pris på deltagelsen i det sensoriske panelet fra både studenter og ansatte, og vil takke samtlige for oppmøte. I tillegg vil jeg takke familie for støtte og korrekturlesning av oppgaven.

En spesiell takk går til min hovedveileder professor Siv Skeie (NMBU) samt mine biveiledere Dr. Anne-Grethe Johansen (TINE og NMBU) og professor Judith Narvhus (NMBU) for hjelp med planlegging og gjennomføring av forsøkene, og for god oppfølging og konstruktive tilbakemeldinger gjennom hele arbeidet med oppgaven. Avslutningsvis vil jeg takke mine medstudenter for en fin tid på Ås under studietiden og gjennom mastergradsarbeidet.

Ås, juni 2017

Fredrik Meyer Wangen

Sammendrag:

Kvalitetsegenskapene til proteinrik yoghurt laget av kjernemelk ble undersøkt for å øke forståelsen rundt bruk av kjernemelk som en ingrediens i yoghurt. Hensikten med oppgaven var å undersøke effekten av råstoff (kjernemelk sammenlignet med skummet melk) og ulik varmebehandling (75 °C, 85 °C eller 95 °C, 5 minutter) på kvaliteten til yoghurt fremstilt ved hjelp av ultrafiltrering (UF) for proteinanrikning. Effekten av råstoff og varmebehandling på kvaliteten til yoghurt kan kartlegge potensialet til kjernemelk som en funksjonell ingrediens i en fremtidig reseptutvikling.

Tre yoghurter av kjernemelk og tre yoghurt av skummetmelk ble fremstilt i tre blokker. Totalt ble det produsert 18 yoghurter. Yoghurtmiksene ble ultrafiltrert for å standardisere proteininnholdet til 8 %. Fettinnholdet ble standardisert til 2 % ved tilsetning av fløte separert fra råstoffet. Yoghurtmiksene ble homogenisert ved 180 bar, varmebehandlet ved henholdsvis 75 °C, 85 °C eller 95 °C (5 minutter) og deretter temperert til inkubasjonstemperatur. Det ble tilsatt en yoghurtkultur bestående av bakteriene *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* og *Streptococcus thermophilus*. Yoghurtene ble inkubert ved 43 °C til ca. pH 4,6. Prøvene ble deretter kjølelagret ved 4 °C i 11-16 dager for analyser.

Effekten av forsøksfaktorene på yoghurtens produktkvalitet ble analysert gjennom målinger av yoghurtens syrningsforløp, sensoriske egenskaper, viskositet og flyteegenskaper, vannbindingsevne og myseutskillelse samt innhold av karbohydrater, organiske syrer og flyktige komponenter. Fosfolipidinnholdet i yoghurtbasene ble også kartlagt for å undersøke innholdet av disse etter behandling på meieriet, og for å relatere innholdet av fosfolipidene til yoghurtens produkttegnegenskaper.

Resultatene viste en signifikant bedre vannbindingsevne og munnfølelse samt en signifikant større glatthet i kjernemelkyoghurt sammenlignet med kontroll-yoghurt laget av skummet melk. De kjemiske resultatene viste at pH var signifikant lavere i yoghurt av kjernemelk enn i yoghurt av skummet melk. Videre var det et signifikant høyere innhold av sentrale flyktige komponenter i kjernemelkyoghurt enn i yoghurt av skummet melk, men et lavere innhold av flere av de organiske syrene i yoghurt laget av kjernemelk enn i yoghurt fremstilt av skummet melk. Interaksjonseffekten mellom råstoff og varmebehandling var verken mange eller entydige. Den tydeligste effekten var at viskositeten i yoghurtprøver økte med økende

temperatur, særlig for yoghurt laget av skummet melk. Interaksjonseffekten mellom råstoff og varmebehandling viste at viskositeten var signifikant høyere i yoghurt av skummet melk varmebehandlet ved 95 °C versus kjernemelkyoghurt varmebehandlet ved 95 °C. Noen interaksjonseffekter mellom varmebehandling og innholdet av organiske syrer og flyktige komponenter i yoghurtprøvene ble også påvist, men få tydelige trender kunne leses ut av resultatene. Innholdet av fosfolipider i yoghurtbasen av kjernemelk var 6 ganger høyere enn i yoghurtbasen av skummetmelk etter varmebehandling. Nivået av fosfolipider i yoghurt av kjernemelk kan knyttes til flere funksjonelle egenskaper i yoghurt, som en høyt evaluert munnfølelse og glatthet. Slike egenskaper kan være ønsket i lav-fett yoghurt. Resultatene fra de kjemiske, reologiske og sensoriske analysene i denne oppgaven kan bidra i en fremtidig reseptutvikling av yoghurt laget av kjernemelk.

Abstract:

The quality of protein-enriched yoghurt made from buttermilk was investigated to increase the understanding of buttermilk as an ingredient in yogurt. By increasing the utilization of the buttermilk by-product, the financial gain in the dairy sector might increase. Furthermore, buttermilk possesses valuable nutritional and functional properties. The aim of the experiment was to investigate the effect of raw material (buttermilk compared with skim milk) and different heat treatment (75 ° C, 85 ° C or 95 ° C, 5 min) with respect to the quality of yoghurt produced by ultrafiltration (UF) for protein enrichment. The effect of raw materials and heat treatment on the quality of yogurt can outline the potential for buttermilk as a functional ingredient in future recipe development.

Three yoghurts of buttermilk and three skim milk yogurt were made in three blocks. In total, 18 yoghurts were produced. Yoghurt mixes were ultrafiltered to standardize protein content to 8 %. The fat content was standardized to 2 % by the addition of cream separated from the raw materials. The yogurt mixes were homogenized at 180 bar, heat treated at 75 ° C, 85 ° C or 95 ° C (5 min, respectively) and then tempered to incubation temperature. A yogurt culture was added consisting of the bacteria *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. Yogurt was incubated at 43 ° C to about pH 4.6. The samples were then refrigerated at 4 ° C for 11-14 days for analyzes.

The effect of the experimental factors on the product quality of the yoghurt was analyzed by measurements of pH in yoghurt, sensory properties, viscosity and flow properties, water holding capacity and whey drainage as well as carbohydrate content, organic acids and volatile components. The phospholipid content of the yogurt bases was also analyzed to investigate their contents after treatment and to relate their content to the yogurt's quality properties.

The results showed a significantly better water holding capacity and mouth feel as well as a significantly greater smoothness in buttermilk yoghurt compared with control. The chemical results showed that the pH was significantly lower in yoghurt of buttermilk than in skim milk yogurt. Furthermore, there was a significantly higher amount of organic acids in yoghurt made of skim milk than in yoghurt made from buttermilk while there was a significantly higher content of essential volatile components in yoghurt made from buttermilk than in

yogurt made from skimmed milk. The interaction effect between raw materials and heat treatment were neither many nor clear. The most vital effect was that the viscosity of yoghurt samples increased with increasing temperature, especially for yogurt made from skim milk. By interaction between raw material and heat treatment, viscosity was significantly higher in yoghurt of skimmed milk at 95 ° C versus buttermilk yoghurt heat treated at 95 ° C. Some interaction effects between heat treatment and the content of organic acids and volatile components in the yogurt samples were also detected but few clear trends were found. The content of phospholipids in the yoghurt base of buttermilk was 6 times higher than in the yoghurt base of skimmed milk after heat treatment. The level of phospholipids in yoghurt of buttermilk can be linked to several functional properties in yogurt, as a high sensory evaluated mouthfeel and smoothness. These quality parameters are desired in low fat yoghurt. The results from the chemical, rheological and sensory analysis of this experiment can contribute to future development of buttermilk yoghurt.

Innholdsfortegnelse

Forord:	I
Sammendrag:	II
Abstract:	IV
1.0 Bakgrunn	1
1.1 Hensikt med oppgaven	3
2.0 Teori	3
2.1 Melk som råstoff	3
2.2 Definisjon av kjernemelk	4
2.3 Kjernemelk	4
2.4 Fosfolipider i kjernemelk	6
2.5 Fettets membranmateriale i kjernemelk (Milk Fat Globule Membrane, MFGM)	8
2.6 Kjernemelkens funksjonelle egenskaper	11
2.6.1 Emulsjonsevne	11
2.6.2 Vannbindingsevne	12
2.6.3 Oksidativ evne og antioksidanteffekt	12
2.6.4 Tekstur- og aroma	13
2.6.5 Litteraturoversikt over teknologiske effekter av kjernemelk og MFGM relatert til funksjon i yoghurt	15
2.6.6 Ernæringsmessige egenskaper knyttet til kjernemelk	19
2.6.7 Effekt av varmebehandling av kjernemelk	21
2.7 Yoghurt	22
2.8 Produktegenskaper i proteinrik yoghurt	23
2.9 Yoghurtens komponenter	24
2.9.1 Karbohydrater	24
2.9.2 Proteiner	24
2.9.2.1 Kasein	24
2.9.2.2 Myseprotein	25
2.9.3 Fett	25
2.10 Produksjon av yoghurt	26
2.10.1 Tørrstoffanrikning	26
2.10.2 Ultrafiltrering (UF)	27
2.10.3 Homogenisering	27
2.10.4 Varmebehandling	27
2.10.5 Homofermentativ fermentering og geldannelse	28
2.10.6 Aromadannelse	29
2.11 Reologi	30
2.11.1 Viskositet	31
3.0 Materialer og metoder	33
3.1 Forsøksdesign	33
3.2 Produktfremstilling	34
3.2.1 Melkebehandling	34
3.2.2 Fremstilling av yoghurt	37
3.2.3 Utsyr og hygiene	39
3.2.4 Tørrstoffanrikning	39
3.2.4.1 Ultrafiltrering	39
3.2.4.2 Fettstandardisering	40
3.2.4.4 Homogenisering	40

3.2.4.5	Varmebehandling	40
3.2.4.6	Inokulering av syrekultur	40
3.3	Analyser	41
3.3.1	Prøveuttak	41
3.3.2	Kjemiske analyser	42
3.3.2.1	pH	42
3.3.2.2	Høytrykks væskrokromotografi (HPLC), organiske syrer og karbohydrater	42
3.3.2.3	Headspace gaskromotografi (HSGC), flyktige komponenter	43
3.3.2.4	Fosfolipidanalyser	44
3.4	Reologi	45
3.4.1	Viskositetsmålinger	45
3.4.2	Vannbindingsevne og myseutskillelse	47
3.5	Sensorisk analyse	47
3.6	Statistisk analyse	48
4.0	Resultater	51
4.1	Kjemiske resultater	51
4.1.1	Permetflux ved ultrafiltrering	51
4.1.2	pH-målinger	52
4.1.3	Organiske syrer og karbohydrater	54
4.1.4	Flyktige komponenter	61
4.1.5	Kvantifisering av fosfolipidinnhold før og etter prosesstrinn	66
4.5	Reologi	70
4.5.1	Viskositetsmålinger	70
4.5.2	Vannbindingsevne og myseutskillelse	78
4.6	Sensorisk analyse	80
5.0	Diskusjon	87
5.1	Kjemiske analyser	87
5.1.1	Bruk av ultrafiltrering og effekt av permeatflux	87
5.1.2	pH	89
5.1.3	Organiske syrer og karbohydrater	91
5.1.4	Flyktige aromakomponenter	94
5.1.5	Kvantifisering av fosfolipidinnholdet før og etter prosesstrinn	96
5.2	Reologi	102
5.2.1	Yoghurtens viskositet og flyteegenskaper	102
5.2.2	Vannbindingsevne og myseutskillelse	107
5.3	Sensorisk analyse	110
5.4	Effekt av varmebehandling	115
5.5	Oppsummerende diskusjon	117
5.6	Videre perspektiv	119
6.0	Referanseliste	123
7.0	Vedlegg	i

1.0 Bakgrunn

Kjernemelk er et biprodukt etter kjerning av smør. Til tross for flere interessante funksjonelle og ernæringsmessige egenskaper, blir kjernemelk først og fremst solgt som fôr. En tidligere brems for bruk og innovasjon av kjernemelk, har vært en avgift i forbindelse med bruk av biproduktet (TINE, 2015). Denne ordningen regulerer lønnsomheten i anvendelse av melk til ulike produktgrupper. Et vedtak datert 01.07.16 har fjernet avgiften for bruk av kjernemelk gjennom prisutjevningsordningen for melk (Landbruksdirektoratet, 2016). Med bakgrunn i den betydelige mengden kjernemelk som produseres årlig, kan en økt anvendelse av kjernemelk redusere den miljømessige utfordringen som underutnyttelsen av kjernemelk representerer. Egnede måter å anvende kjernemelk på kan redusere produksjonskostnader og øke lønnsomheten innen meierisektoren (Bahrami, Ahmadi, Beigmohammadi og Hosseini, 2015).

Forbruket av yoghurt har hatt en økende vekst gjennom flere år. Denne trenden er antatt å fortsette, særlig i lys av en stadig større oppmerksomhet rundt de ernæringsmessige fordelene ved inntak av fermentert melk (Mellentin, 2013). Det er signaler som tyder på at forbrukerne ønsker produkter med en ”clean label”, lite energiinnhold, lavt innhold av karbohydrater (laktose) og et høyt proteininnhold. Magre, proteinrike yoghurter har hatt en enorm økning i popularitet de siste årene. Industrielt blir denne yoghurten laget av skummet melk.

Kjernemelk er en ressurs som kan sidestilles med skummet melk i form av brutto sammensetning. Biproduktet er hovedsakelig skummet melk beriket med melkefettets membranmateriale (MFGM). De tilhørende proteinene og fosfolipidene kan ha teknologisk og ernæringsmessig interesse. Det er særlig det høye innholdet av fosfolipider som kan gjøre kjernemelk interessant som en emulgator og stabilisator i et produkt. Grunnlaget for disse egenskapene er at MFGM har en amfifil profil og naturlig bidrar til å forebygge at fettkulene kolliderer og danner klumper i melken (Corredig & Dagleish, 1998).

Fosfolipidene kan i utgangspunktet inngå i gelnettverket som dannes under syring av yoghurt. Egenskapene hos fosfolipidene kan bidra til å påvirke teksturen og redusere utfordringer med myseutskillelse i yoghurt. Fosfolipidene inneholder også ernæringsmessige komponenter som kan ha helsemessige fordeler. Kjernemelk kan derfor være en funksjonell ingrediens som oppfyller kravet om en naturlig og sunn profil i samsvar med

forbrukertrendene. Forutsetningen er at fosfolipidene, som hovedsakelig er tilknyttet MFGM, er til stede i tilstrekkelig grad etter behandling på meieriet (separering, membranfiltrering, homogenisering og varmebehandling).

Fra 1.1.16 har kravet om 2,5 % tørrstoffanrikning med pulver til yoghurt blitt opphevet, omtrent på samme tid som avgiftssatsen for yoghurt har blitt satt til 0,00 kr per liter (Landbruksdirektoratet, 2016a). Dette gir muligheter for produktutvikling av yoghurt med andre måter å heve tørrstoffet på, og med nye ingredienser som kan øke lønnsomheten dersom produktkvaliteten er god. Ved hjelp av ultrafiltrering kan en naturlig konsentrere innholdet av proteiner i kjernemelka før yoghurtproduksjon. En økning av proteininnholdet i yoghurt er imidlertid ikke alene ansvarlig for yoghurtens kvalitet: Fett har en viktig rolle som smaksbærer og bidragsyter for viskositet i produktet. Ved en reduksjon av fettinnholdet kan smak og tekstur i yoghurt bli negativt påvirket. Likevel ønsker forbrukerne lite myseutskillelse, en ”smooth” (glatt, fin, myk) tekstur og god munnfølelse (”creaminess”) (Frøst og Janhøj, 2007). Kjernemelk kan være en hensiktsmessig ingrediens for å ivareta disse produkttegenskapene i en mager, proteinrik yoghurt.

Det er ønskelig med en høy varmebehandling av yoghurtbasen for å sikre tilstrekkelig myseproteindenaturering, en forutsetning for å danne en sterk gel under fermentering og øke viskositeten i produktet. Effekten av ulike temperaturer på kjernemelkas funksjonelle og sensoriske egenskaper under yoghurtproduksjon, kan indikere hvilke betingelser som gir best produktkvalitet. Kunnskap om produkttegenskapene til yoghurt laget av kjernemelk kan øke forståelsen rundt bruk av kjernemelk som en ingrediens. Undersøkelser av kjernemelkens potensial i yoghurt kan bidra til utvikling av et næringsrikt og magert produkt med et minimalt innhold av tilsetninger i samsvar med framtidens tiltakende fokus på ernæring, naturlige råvarer, bærekraftighet og miljø.

1.1 Hensikt med oppgaven

Hensikten med oppgaven var å undersøke effekten av råstoff (kjernemelk sammenlignet med skummet melk) og ulik varmebehandling (75 °C, 85 °C eller 95 °C, 5 minutter) på kvaliteten til yoghurt fremstilt ved hjelp av ultrafiltrering (UF) for proteinanrikning. Yoghurtene skulle ha en mager og proteinrik profil, med et fettinnhold på 2 % og et nivå av protein på 8 %. Produksjon av yoghurt laget av kjernemelk ble sammenlignet med tilsvarende yoghurter produsert av skummet melk med samme mengde fett, protein og tørrstoff for å kartlegge yoghurtens kjemiske, sensoriske og reologiske egenskaper (kvalitetsegenskaper), og effekten av ulik varmebehandling på yoghurtens kvalitet.

Følgende hypoteser ble undersøkt:

H₀: Forsøksfaktorene (råstoff og varmebehandling) hadde ikke effekt på kvaliteten til yoghurtprøvene

H₁: Forsøksfaktorene (råstoff og varmebehandling) hadde effekt på kvaliteten til yoghurtprøvene

2.0 Teori

2.1 Melk som råstoff

Melk har vært et tradisjonelt næringsmiddel innen human ernæring. Betydningen av melk gjenspeiles i norrøn mytologi (år 800-1319), hvor den fiktive kua Auðhumla (auð=rikdom, humla=ku) var skapningen som de norrøne gudene stammet fra (Haug, Høstmark & Harstad, 2007). Produksjonen av melk dateres 6 000 år tilbake eller enda tidligere (Bylund, 1995). Bylund peker på at husdyr som kuer og geiter ble fremhevet som viktige i samfunnet. Melk er fremdeles den eneste næringen pattedyr får i livets første fase (Bylund, 1995).

Melk består av vann, laktose, lipider, proteiner, aminosyrer, vitaminer og mineraler (Walstra, Wouters og Geurts, 2006). Råstoffet inneholder også spor av pigmenter, enzymer, gasser og små mengder fosfolipider. Sammensetningen av disse komponentene varierer noe mellom og innad arter, både som utgangspunkt og gjennom sykliske årsvariasjoner og laktasjonsperioder (Walstra et al., 2006). Sammensetningen av kumelk og av kjernemelk er angitt i kapittel 2.3.

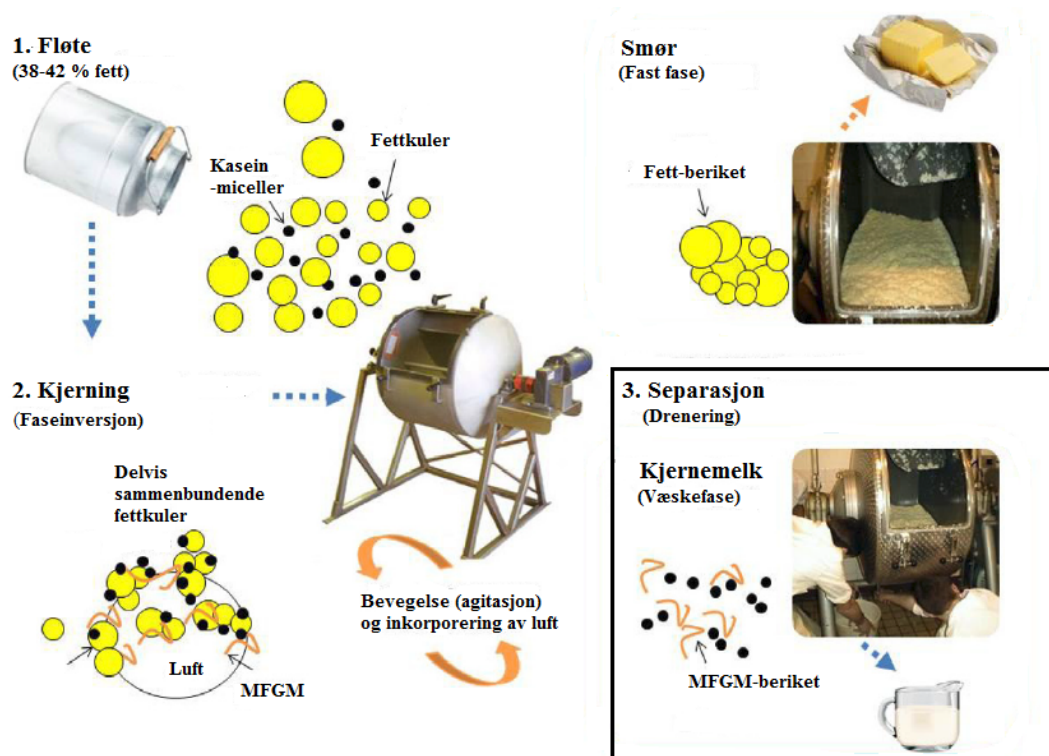
Den globale produksjonen av melk er anslått å være omtrent 600 millioner tonn, og det er signaler om at forbruket og anvendelsen av melk og meieriprodukter stadig vil øke (Haimov-Kochman, Shore og Laufer, 2016). En forventet oppgang i forbruket av meieriprodukter kan også øke produksjonen av biprodukter som kjernemelk.

2.2 Definisjon av kjernemelk

Kjernemelk defineres ulikt basert på fremstillingsmetoden. Det er vanlig å dele inn kjernemelk etter søt og sur kjernemelk. Kjernemelk som blir betegnet kommersiell kan enten være sur, søt eller i pulverform (Kumar Puniya, 2016). Ordet kjernemelk eller fermentert kjernemelk kan også i litteraturen benyttes som betegnelse på skummet kulturmelk (Johansen, Vogt, Selmer-Olsen og Abrahamsen, 2005). Det er kun sur og søt kjernemelk som er et direkte biprodukt fra kjerning av smør. Det aller meste av smøret produseres i dag av søt (usyrnet) fløte på kontinuerlige smørmaskiner. Resultatet av kjerneprosessen blir dermed søt kjernemelk. Dette er også vanlig prosedyre i Norge. I oppgaven vil fremtidig bruk av begrepet kjernemelk kun referere til søt kjernemelk.

2.3 Kjernemelk

Resultatet av kjerning av smør er oppsamling av en flytende væske betegnet kjernemelk. Under kjerningen blir luft inkorporert i fløten, som danner ustabile skum med luftbobler (Walstra et al., 2006). Mekanisk stress under kjerningen bidrar til at skummet etter hvert blir destabilisert. Resultatet blir at fettete klumper seg sammen til smør, mens vann, løselige partikler og membranfragmenter fra melkens fettkulemembran (MFGM) går sammen til kjernemelk (faseinversjon) (Walstra et al., 2006). Fremstillingen av kjernemelk er vist i figur 1.



Figur 1. Skjematisk presentasjon over ulike trinn i produksjon av kjernemelk med vekt på melkens struktur. 1) pasteurisert fløte blir kjernet til smør (faseinversjon), 2) melkens fettkulemembran (MFGM) blir brutt, 3) den resulterende væsken som stammer fra kjerningen blir drenert til kjernemelk (modifisert fra Conway, Gauthier og Pouliot, 2014).

På verdensbasis utgjorde produksjonen av kjernemelk omtrent 5,2 millioner tonn i 2013, en tilsvarende mengde som er estimert til å være smørproduksjonen (FAO-STAT, 2015).

Kjerning av 1 kg fløte vil typisk gi 0,5 kg smør og 0,5 kg kjernemelk (Saffon, 2013), avhengig av fløtens fettprosent. Kumar-Puniya (2016) oppgir at omtrent 7 % av den totale melkeproduksjonen i verden er benyttet til smørproduksjon. Tall fra 2005 viser at TINE produserte omtrent 11,5 millioner liter kjernemelk (Johansen et al., 2005), dette i ett år hvor det ble det fremstilt om lag 9000 tonn smør (TINE, 2005). I Norge ble det i 2015 produsert over 12 500 tonn smør (TINE, 2015a).

Arla (2017) hevder at det tidlig på 1900-tallet var stor rift om å skaffe kjernemelk i København. Før 1970-tallet ble kjernemelken imidlertid produsert av sur fløte. Etter overgang til kontinuerlige smørkanoner (bruk av søt fløte), ble stort sett ikke kjernemelken solgt som drikkevarer lengre. Kjernemelken ble imidlertid tilsatt melkesyrebakterier for å bedre holdbarhet og smak, og solgt i denne formen. Denne kjernemelken har i senere tid blitt utkonkurrert av andre syrnede produkter i markedet, eller sågar blitt navngitt som kulturmelk eller "filmjolk" (Bylund, 1995; Johansen et al., 2005). Salg av kjernemelk i form av et

biprodukt fra kjerning, blir vanligvis tilsatt melkesyrebakterier og blir ikke solgt i sin naturlige form som søt kjernemelk (Arla, 2017).

Sammensetningen av kjernemelk er relativ lik skummetmelk, vist i tabell 1.

Tabell 1. Sammensetning av kjernemelk og skummetmelk (Dewettinick, Rombaut, Thienpont, Le og van Camp, 2008)

Karakteristikk	Kjernemelk	Skummetmelk
Mineraler (%)	0,73	0,80
Fett (%)	0,60	0,09
Laktose (%)	4,84	5,25
Tiltrerbar surhet (%)	0,13	0,15
Totalt proteininnhold (%)	3,70	4,30
Totalt tørrstoff (%)	9,75	10,80
Fosfolipider (mg)	78,60	8,50
Ca ²⁺ (mg) ¹	948	1195
pH	6,85	6,70

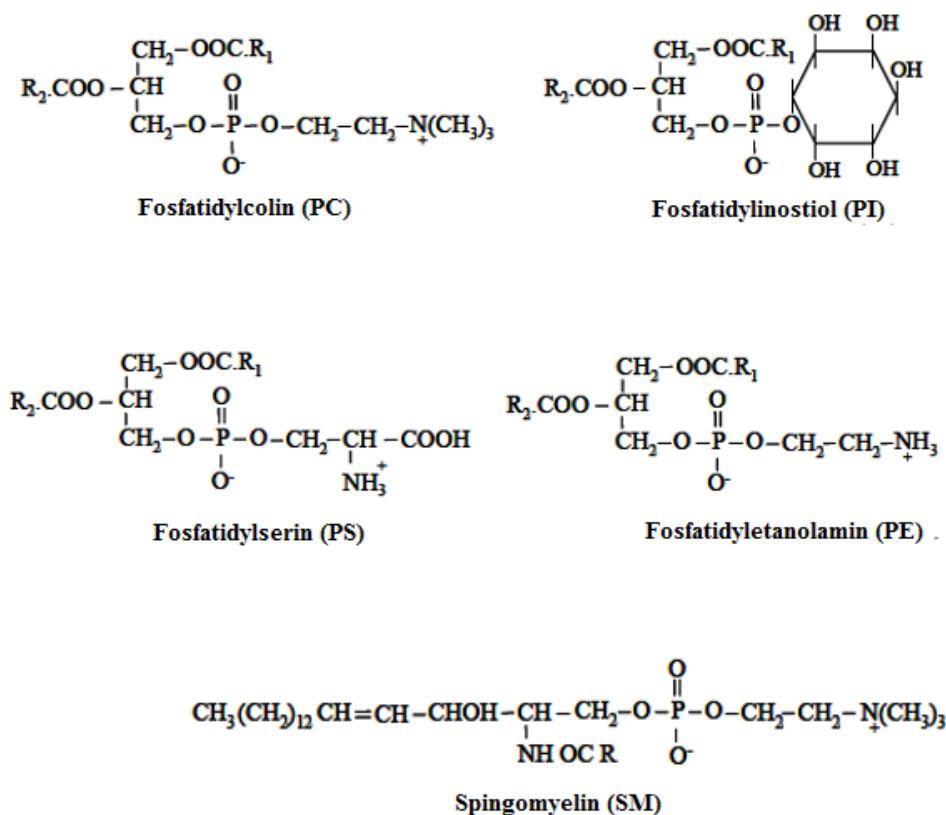
¹Johansen et al. 2005

Innholdet av fett er høyere i kjernemelk sammenlignet med skummetmelk. Fettets andel i kjernemelk har et betydelig høyere innhold av fosfolipider. Det høye nivået av fosfolipider tilskrives kjerningsprosessen av smør, hvor fettkulene blir mekanisk "forstryret" og fragmenterte membraner av fettkulene migrerer over til vannfasen (Corredig, Roesch og Dalglish, 2003). Det er rapportert 7-9 ganger så mye fosfolipider i kjernemelk som i skummetmelk (Sodini, Morin, Olabi og Jiménez-Flores, 2006). Mesteparten av proteiner, mineraler, laktose og vann fra fløten forblir i kjernemelken. Det er små ulikheter mellom disse komponentene i kjernemelk og skummetmelk.

2.4 Fosfolipider i kjernemelk

Kjernemelk har et naturlig høyt innhold av fosfolipider som følge av kjerningen av smør. Fosfolipidene er klassifisert som polare lipider. Bokstavelig talt er fosfolipider definert som "lipider som inneholder fosfor" (Contarini og Povolo, 2013). Fosfolipider er modifiseringer av triglyserider, hvor fosfatgruppene vanligvis er funnet i tredje posisjon (sn-3) langs fettsyrekjeden (Damodaran, Parkin og Fennema, 2008). Kjemiske grupper som knytter seg til fosfatgruppene fører til dannelsen av henholdsvis fosfatidylcholin (PC, synonym: lecithin), fosfatidylserin (PS), fosfatidyletanolamin (PE), fosfatidylinositol (PI) og sphingomyelin (SM)

(Damodaran et al., 2008). Disse fosfolipidene, illustrert i figur 2, utgjør en naturlig del av fettets andel i melk.



Figur 2. Kjemisk struktur over grunnleggende fosfolipider i melk (Contarini og Povolo, 2013).

Fosfolipidene er fundamentale i melken på grunn av innholdet i fettkulenes membran. Fosfolipidene utgjør mellom 27 og 31 % av de totale lipidene i membranen (Singh, 2006). Dermed er fosfolipidene medansvarlige for emulgeringsevnen av fett i melkens vannfase. Tabell 2 viser sammensetningen av hovedgruppene av fosfolipider i kjernemelk. Merk at mengdene i tabellen er angitt som prosentandel av tørrstoff.

Tabell 2. Sammensetningen av hovedgruppene av fosfolipider i kjernemelk (Contarini og Povolo, 2013).

Komponent	Bestanddel i kjernemelk (% av tørrstoff)
Totale lipider	2,9-7,4
Fosfolipider (PL)	0,6-1,9
Phosphatidylethanolamine (PE)	42,9 % av PL
Phosphatidylinositol (PI)	8,9 % av PL
Phosphatidylserine (PS)	8,6 % av PL
Phosphatidylcholine (PC)	19,1 % av PL
Sphingomyelin (SM)	17,9 % av PL

Tabell 2 viser at komponenter fra fettkulemembranen gir kjernemelken et særlig høyt innhold av fosfolipidene PE, PC og SM. De umettede fettsyrene er gjerne forankret i andre posisjon (sn-2) i fosfolipidene. Kjernemelk inneholder dermed en del polyumettede fettsyrer (Damodaran et al., 2008). Andelen av slike fettsyrer i fosfolipidene er høyere sammenlignet med andre fettbestanddeler i melken (Johansen et al., 2005).

2.5 Fettets membranmateriale i kjernemelk (Milk Fat Globule Membrane, MFGM)

I melken er fett organisert i form av fettkuler med en diameter på mellom 0,1-10 µm (Contarini og Povolo, 2013). Fettkulene er omgitt av et ytre lag som betegnes fettkulemembranen. Kjernemelk har et høyt innhold av fosfolipider og membranproteiner i melkens fettkulemembran (MFGM). Av kjernemelkas innhold av fett (0,5-1,0 %), utgjør fettets MFGM omtrent 1-2 % av det totale fettinnholdet i melka. Fettkulemembranen i melk (MFGM) er en kompleks blanding av fosfolipider, proteiner, glycoproteiner, triglyserider, kolesterol, enzymer og andre spor-komponenter.

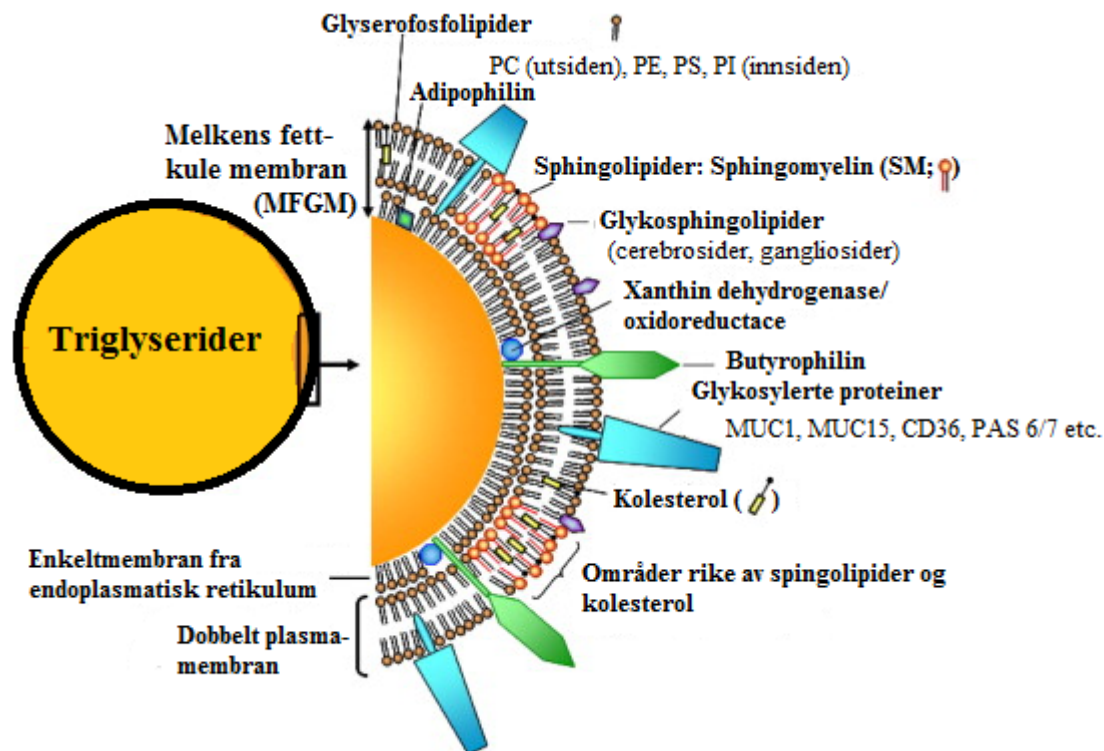
MFGM har en struktur som består av tre lag. Det øverste laget inneholder en overflateaktiv flate som omgir de intracellulære nøytrale lipidene. Denne overflateaktive flaten består i hovedsak av proteiner og glykolipider. Den indre delen av MFGM er dekket av en dobbeltmembran, som i stor grad består av fosfolipider. Fosfolipidene dekker mye av dobbeltmembranen fordi de er amfifile av natur, og er i besittelse av både polare og upolare ender. Kolesterol er også en sentral bestanddel i membranen. Over halvparten av fosfolipidene er integrert eller tilknyttet til fettkulemembranen. Det er også anslått at det er om lag 40 proteiner tilknyttet fettkulemembranen, hvor mange av disse er enzymer. Membranproteinene utgjør om lag 1 % av alle proteinene i melken (Contarini og Povolo, 2013). Tabell 3 viser en oversikt over MFGMs viktigste komponenter.

Tabell 3. Sammensetningen av lipider og proteiner i melkens fettkulemembran (MFGM) (Saffon, 2013).

Fettkulemembranen i melk (MFGM)			
Lipider		Proteiner	
Komponent	Bestanddel av MFGM (% av totale lipider)	Komponent	Bestanddel av MFGM (% av totale proteiner)
Triglyserider	62	Mucin (MUC1)	n.f
Diglyserider	9	Xanthine oxidoreductase (XDH/XO)	20
Steroler	0,2-2	PAS III	5
Frie fettsyrer	0,6-6	CD36	5
Fosfolipider	26-31	Butyrophilin (BTN)	20-43
Karotenoider	2-5	Adipophilin (ADPH)	n.f
Vitamin A	2-5	PAS 6/7 (Lactadherin)	n.f
		Fettsyrebindende protein (FABP)	n.f

n.f.=ikke funnet

Tabellen viser at komponentene i MFGM i hovedsak består av triglyserider, fosfolipider og proteiner. Seks av proteinene i tabell 3 er betegnet som glykoproteiner, henholdsvis Mucin (MUC1), Xanthine oxidoreductase (XDH/XO), PAS III, CD36 og Butyrophilin (BTN) (Saffon, 2013). BTN og XDH/XO utgjør de største enkeltkomponentene av proteinene i MFGM. Disse er interessante på grunn av sine mange disulfid-bindinger og frie thiolgrupper som kan interagere med kaseinmiceller ved denaturering av disse komponentene (< 60 °C). PAS 6/7 er trolig den mest varmestabile komponenten i MFGM, bundet sammen av ni disulfid-broer. Det har blitt indikert at PAS 6/7 ikke denaturerer før 80 °C. Temperaturen for denaturering av de andre proteinkomponentene er ikke kjent (Saffon, 2013). Videre oppgir Saffon (2013) at det samlete isoelektriske punktet til MFGM er omtrent 4,8. Ved lavere pH vil de samlede komponentene i MFGM bli positivt ladet. En skjematisk oversikt over bestanddelene i MFGM er vist i figur 3.



Figur 3. Sammensetning av melkens fettkulemembran (MFGM) (Lopez, Madec og Jimenez-Flores, 2010).

Komponentene som utgjør MFGM er ansvarlige for flere av kjernemelkens funksjonelle egenskaper. Endringer i fettkulemembranen kan imidlertid oppstå som følge av fysiologiske, kjemiske eller fysiske (mekaniske) faktorer, som ved membranfiltrering, homogenisering eller varmebehandling (Johansen et al., 2005). Fordelingen av fosfolipidene er ikke lik gjennom hele MFGM: Fosfolipidene PE, PS og PI er konsentrert i den indre overflaten, mens PC, SM og glycosphingolipider er tilknyttet dobbeltmembranen (Contarini og Povo, 2013). Dette kan være av betydning for hvor sårbare disse komponentene er for å tapes under behandling på meieriet. Komponenter på utsiden av fettkulemembranens overside er for eksempel PC og glykosylerte proteiner, mens PE, PS, PI, butyrophilin, adipophilin og xanthin dehydrogenase er sterkere forankret på innsiden av MFGMs struktur (Lopez et al., 2010). Det har blitt antydnet at SM er lokalisert i to strukturer ("leaflets") i dobbeltmembranen til fosfolipidene, og utgjør hele 50 % av den ytre overflaten av fettkulene. Det har også blitt satt fram en hypotese om at glycosphingolipidene er knyttet til periferien av fosfolipidene ved siden av SM og glyserofosfolipidene (Lopez et al., 2010).

2.6 Kjernemelkens funksjonelle egenskaper

De funksjonelle egenskapene har blitt kartlagt for kjernemelk som et naturlig produkt og via enkeltkomponenter som MFGM. Disse produktene/komponentene vil bli omtalt i samme kapittel ettersom de er uløselig knyttet til hverandre. Damodaran et al. (2008) hevder at funksjonelle egenskaper i et næringsmiddel er iboende fysiokjemiske karakteristikk til en ingrediens under påvirkning av miljø. Kjernemelkens og MFGMs funksjonelle eller teknologiske egenskaper til å danne og stabilisere emulsjoner, binde vann, virke oksidativt, fungere som en antioksidant og forbedre tekstur/aroma vil bli utdypet.

2.6.1 Emulsjonsevne

En dispersjon eller løsning er et system hvor partikler er finfordelte i en væske. I de fleste næringsmidler, inkludert melk og yoghurt, vil dispersjonen av partiklene i et produkt være fordelt i en olje-i-vann-emulsjon. En slik emulsjon kan bli synliggjort gjennom å fortynne produktene med vann (Damodaran et al., 2008). Makromolekyler, som proteiner og fosfolipider, vil danne miceller i en slik løsning. Kjernemelkens funksjonelle egenskaper i et produkt utgjøres først og fremst av fosfolipidenes evne til å fungere som en brobygger (emulgator) i en løsning, og stabilisere denne emulsjonen gjennom bestanddelen av overflateaktive komponenter tilknyttet MFGM. I tillegg vil denatureringsgrad av proteiner, løseligheten til proteinene samt fett-protein-ratio påvirke emulsjonsevnen (Damodaran et al., 2008).

Emulgeringsevnen i melk tilskrives i første rekke amfifile makromolekyler som er i stand til å skape en "brofase" mellom to ikke-blandbare faser. Disse molekylene er både polare og upolare. Polare (hydrofile) områder trekker ut mot vannfasen, mens upolare (hydrofobe) områder vender innover mot oljefasen. På den måten kan fett- og proteinfraksjonene i kjernemelk, spesielt knyttet til MFGMs andel av fosfolipider og membranproteiner, bidra til å senke grenseflaten og overfaltenespenningen mellom to faser (Phana, Trung Lec, van de Wallea, van der Meerenb & Dewettincka, 2016). Stabiliseringsevnen relateres til å stabilisere emulsjonen gjennom overflateaktive komponenter med lav molekylvekt, som for eksempel små proteiner og polare lipider (PL). Disse forbindelsene inneholder ioniske grupper som hindrer sammenvoksing av fettkulene (frastøtende krefter). Stabiliseringen av emulsjonen skjer også gjennom å danne et viskoelastisk lag rundt fettkulene (Phana et al., 2016).

2.6.2 Vannbindingsevne

Vannbindingsevne er et begrep som beskriver molekylene evne til fysisk å inneslutte vann i en gel, og å motstå lekkasje av vannet under påførte gravitasjonskrefter (Damodaran et al., 2008). Forfatterne betegner vannet som blir holdt inne i et gelnettverk som summen av bundet vann, hydrodynamisk vann og fysisk innesluttet vann. Vannbindingsevnen til proteinene, i samspill med gelnettverkets evne til å inneslutte vann, spiller en viktig rolle for fysiske egenskaper (svelling og elastitet), kjemiske egenskaper (emulsjonsevne) og sensoriske attributter (munnfølelse) i yoghurt (Toshniwal, 2009).

Evnen gelen har til å fysisk inneslutte vann har en betydelig effekt på produktkvaliteten. En økt vannbindingsevne kan gi særlig utslag i en redusert myseutskillelse (synerese) i yoghurtsammenheng. For mye synerese er uttrykk for en kvalitetsfeil, og avslører en redusert vannbindingsevne i gelen (Damodaran et al, 2008). En slik situasjon signaliserer at det tredimensjonale gelnettverket tar opp mindre vann. Vannbindingsevnen til denaturerte proteiner er generelt 10 % større enn native proteiner. Dette skyldes et økt overflateareal hos denaturerte proteiner i forhold til masse, samt eksponering av hydrofobe grupper (Damodaran et al., 2008). Stephen, Phillips og Willams (2006) understreker at god vannbindingsevne i et produkt kan gi økt tekstuell kvalitet, øke holdbarheten og ha en effekt på suspenderte partikler.

2.6.3 Oksidativ evne og antioksidanteffekt

Damodaran et al. (2008) beskriver lipidoksidasjon som en prosess hvor fettsyrene blir degradert til små, flyktige komponenter. En liten mengde av disse flyktige komponentene er likevel viktig for aromaprofilen, men ved for store mengder kan harsk smak dominere (Damodaran et al., 2008). Johansen et al. (2005a) viser til at kjernemelk inneholder mer umettede fettsyrer fra fosfolipidandelen i MFGM sammenlignet med skummetmelk. Disse fosfolipidene inneholder blant annet linolsyre som lett kan oksidere. Det er indikasjoner på at peroksid fra fosfolipidene kan bidra til en typisk metallsmak ved oksidering av melk. Denne metallsmaken kjennetegnes som en bismak eller oksidert smak når melkelipider oksiderer (Johansen et al., 2005a).

Enkelte prooksidanter (Cu^{2+}) er også tilknyttet MFGM og kan senere initiere en autoksidasjonsprosess (Johansen et al., 2005a), hvor alkylradikaler kan være tilgjengelige for reaksjoner (Damodaran et al., 2008). Kraftig varmebehandling og lang varmehistorikk av kjernemelken kan føre til at Cu^{2+} løsner fra MFGM, som deretter kan reagere videre. Denne vandringsen av Cu^{2+} synes å forkomme hovedsakelig i syrnet kjernemelk (Johansen et al., 2005a). Det er lite entydig informasjon om oksidasjon av kjernemelk i litteraturen. Mekanismene for oksidasjon i MFGM er heller ikke fullt ut kartlagt. Det er rapportert om flere svakheter i studiedesign vedrørende forskning om oksidering av kjernemelk, og uklare resultater av tiltak og effekt (Johansen et al., 2005). Det er likevel kjent at søt kjernemelk er mer oksidativt *stabilt* enn syrnet kjernemelk eller kjernemelk fra syrnet fløte (Walstra et al., 2006).

Antoksidantpotensialet til proteiner fra melk er kartlagt. Moreno, Pastor, Muller, Atarés, González og Amparo Chiralt (2014) viser til at laktoferrin, derivater av peptid-laktoferrin, kasein og fosfolipider kan ha antioksidantvirkning. Fosfolipider kan altså både opptre som peroksidanter og antioksidanter. Det er også indikert at MFGM under kjerning frigjør en rekke proteiner og membranpeptider som kan ha antioksidanteffekt (Moreno et al., 2014). Mills, Ross, Hill, Fitzgerald og Stanton (2011) utdyper at varmebehandling kan frigjøre peptider fra proteiner og andre membrankomponenter med mulig antimikrobiell effekt og antioksidantvirkning. Wong og Kitts (2003) hevder at kjernemelk kan vise en betydelig antioksidantaktivitet, og har potensial til å være en verdifull ingrediens for å beskytte næringsmidler mot lipidoksidasjon.

2.6.4 Tekstur- og aroma

Kjernemelk kan bidra til bestemte teknologiske egenskaper i et produkt gjennom å tilføre smak og aroma. Det har blitt rapportert at kjernemelk kan bidra til en myk tekstur, ”smooth” (skinnende/glatt/myk) utseende, lav synerese, økt munnfølelse og en tett gelstruktur (matriks) i en lang rekke av meieriprodukter (Eyzaguirre og Corredig, 2011). Teksturen i et produkt er et resultat av blant annet protein- og fettinnhold, fettsyresammensetningen, emulgeringsevnen/partikkelstørrelsen i emulsjonen, vannbindingsevnen/synerese og stabilisering av gelnettverket (Damodaran et al., 2008). Aroma utgjøres blant annet av kjernemelkens smakskomponenter, behandling av kjernemelken (varmebehandling,

kjølelagring e.l.) og grad av lipidoksidasjon. Teknologisk verdi av kjernemelk og MFGM i meieriprodukter relatert til sentrale tekstur- og aromaegenskaper er fremstilt i tabell 4.

Tabell 4. Angitte teknologiske egenskaper til kjernemelk og MFGM i meieriprodukter knyttet til tekstur og aroma (Eyzaguirre og Corredig, 2011)

Teknologisk verdi i meieriprodukter	
Produkt/komponent	Egenskaper/funksjon
Kjernemelk	Emulgeringsevne Øker vannbindingsevnen Mindre synerese Øker munnfølelsen Myk og/eller glatt (smooth) tekstur/utseende Aromaforsterker Forebygger lipidperoksidasjon Forebygger krystallisering, senere nedsmelting (is/smør/ost) Øker utbytte (ost)
MFGM	Hydrofile og hydrofobe egenskaper (emulsjon) Reduksjon av partikkelstørrelser i emulsjoner Stabilisator Produksjon av liposomer

Kjernemelk i sin naturlige form tyder på å ha en rekke teknologiske funksjoner i meieriprodukter. De funksjonelle effektene i et produkt kan innebære en endring av teksturen og forebygging av lipidperoksidasjon. MFGM viser mer spesifikke funksjoner, særlig ved å være høyt amfifilisk, redusere partikkelstørrelsen i emulsjonen og produsere liposomer (Eyzaguirre og Corredig, 2011).

2.6.5 Litteraturoversikt over teknologiske effekter av kjernemelk og MFGM relatert til funksjon i yoghurt

Kjernemelk har en kjemisk sammensetning som kan samsvare med skummetmelkens komposisjon. Kumar Puniya (2016) hevder at produkter av kjernemelk kan benyttes i reseptutforminger istedenfor skummetmelk eller skummetmelkpulver. Forfatteren peker også på at kjernemelk generelt kan benyttes til å bedre teksturen i produkter med redusert fettinnhold. En undersøkelse av kjernemelkens verdi som ingrediens i yoghurt, på bekostning av eller i kombinasjon med vanlig melkeråstoff, er derfor interessant.

Tabell 5 viser forskningsarbeider på bruk av kjernemelk eller kjernemelkpulver i yoghurt og hvilken teknologisk effekt den hadde i produktet. Studier som undersøker bruk av kjernemelkpulver i yoghurt er inkludert, dels på grunn av lite litteratur som omhandler direkte anvendelse av kjernemelk i yoghurt og dels fordi ratioen mellom komponentene i kjernemelkpulver er nokså tilsvarende kjernemelk. Slik informasjon kan gi indikasjoner om effekten av kjernemelkens egenskaper i yoghurt. I tabellen 5 er lav-fett yoghurt i studiene oppgitt som produkter med et fettinnhold fra 0,5-2 %, mens fett-fri yoghurt har et fettinnhold på >0,5 %. Merk at det i tabell 5 kan være tilsatt kjernemelkprodukter i ulike mengder i yoghurtbasene, oppgitt som fotnoter ved referansene.

Tabell 5. Oversikt over bruk av kjernemelk i yoghurt med hensyn på teknologisk effekt og referanse.

Kilde	Anvendelse	Effekt	Referanse
Kjernemelk	Yoghurt	Bedret tekstur ("smooth") og/eller ingen signifikant endring mellom KM og SK Redusert viskositet	Mansour et al. 1995; El-Batawy et al. 1987; Vodickova et al. 1987 Bagging og Forsingdal, 1989 ¹
	Fett-fri yoghurt	Myk og "smooth" tekstur. Økt munnfølelse, men lavere viskositet ifht. kontroll	El-Nour et al. (2014) ²
	Drikke-yoghurt	Ingen signifikant endring mellom KM og SK	Chapagain et al. 2013
Ultrafiltrert kjernemelk	Fett-fri yoghurt	Skinnende og "smooth" tekstur. Tett gelmatriks	Trachoo og Mistry, 1998 ³
	Lav-fett, høy-protein yoghurt	God konsistens og utseende	Weie-Berg, 1990 ⁴
Kjernemelk-pulver	Fett-fri yoghurt	Økt vannbindingsvne ifht. SMP. Kompakt/tett gelstruktur	Romeih et al. 2014 ⁵
	Lav-fett yoghurt	"Smooth" tekstur. Lavere viskositet og lavere synerese ifht. SMP Ingen signifikant endring fra SMP	Trachoo og Mistry 1998 ⁶ Vijayalakshmi et al., 1994 ⁷
	Yoghurt	Økt vannbindingsevne ifht. SMP. Redusert viskositet ifht. bruk av SMP. Mykere tekstur. Tettere gelstruktur (matriks) ifht. bruk av SMP	Guinee et al. 1995 ⁸ Saffon et al., 2013 ⁹

KM=kjernemelk, SK=skummetmelk, SMP=skummetmelkpulver

¹50 % tilsatt kjernemelk

²100 % tilsatt kjernemelk erstattet bøffelmelk

³31,7 % tilsatt ultrafiltrert kjernemelk

⁴Henholdsvis forsøk med 25 % og 100 % tilsatt ultrafiltrert kjernemelk.

⁵Kjernemelkspulver erstattet skummetmelkpulver

⁶Kjernemelkspulver erstattet skummetmelkpulver

⁷Kjernemelkspulver erstattet 50 % av skummetmelkpulver (50:50)

⁸Kjernemelkspulver erstattet skummetmelkpulver

⁹Kjernemelkpulver:mysepulver (ratio 75:25) erstattet skummetmelkpulver.

Tabell 5 viser at de viktigste teknologiske effektene av tilsatt kjernemelk i yoghurt hovedsakelig kan være å bidra til en glatt og myk tekstur til produktet. Disse effektene samsvarer med forskning fra El-Batawy et al., (1987), Vodickova et al. (1987) og Mansour et al. (1995) gjengitt i Tamine og Robison (2007), hvor det samlet sett fra disse studiene blir konkludert med at bruk av kjernemelk har blitt benyttet til å produsere god kvalitetsyoghurt med god konsistens.

Tilsetning av kjernemelkpulver kan gi indikasjoner på å bidra til en mer tett og kompakt gelstruktur sammenlignet med tilsetning av skummetmelkpulver. Stabiliteten av gelen i yoghurt tilsatt kjernemelkpulver kan tyde på å være god. Samlet sett kan noen av studiene tyde på mindre synerese og bedre vannbindingsevne i yoghurt ved tilsetning av produkter fra kjernemelk. En mer inngående og helhetlig omtale av tidligere studier hvor kjernemelk har blitt benyttet i yoghurt og syrnede meieriprodukter er viet plass i diskusjonen.

Kjernemelk er et av de produktene som inneholder mest polare lipider og følgelig melkens fettkulemembran (MFGM) (Walstra et al., 2006). Tabell 6 gir en oversikt over studier hvor den teknologiske verdien til MFGM har blitt kartlagt. Funksjonelle egenskaper i MFGM kan ha relevans i produksjon av yoghurt.

Tabell 6. Oversikt over teknologiske egenskaper i melkens fettkulemembran (MFGM) relatert til mulig funksjon i yoghurt. Bruksområder knyttet til ulike kilder av MFGM fra kjernemelk er vist med hensyn på teknologisk effekt og referanse (tilpasset fra Vanderghem, Bodson, Danthine, Paquou, Deroanne og Blecker, 2010).

Kilde	Anvendelse	Effekt	Referanse
MFGM naturlig i kjernemelk	Re-kombinert fløte	Redusert viskositet ifht. fløte tilsatt SK Økt stabilitet mot ”fnokking” ifht. fløte tilsatt SK	Scott et al., 2003
MFGM fra kjernemelkpulver (BMP)	Olje-i-vann-emulsjon	Reduksjon av partikkelstørrelse i emulsjonen: BMP > SMP > WP. Proteinløselighet: BMP > WP > SMP. Viskositet: SMP > WPC.> BMP	Sodini et al. 2006
MFGM-isolat fra mikrofiltrert kjernemelk tilsatt natriumsitrat	Olje-i-vann-emulsjon	Økt kremstabilitet og reduksjon av partikkelstørrelse i emulsjonen: MFGM-isolat > BMC.	Roesch et al. 2004
MFGM-isolat fra ultrasentrifugert kjernemelk tilsatt natriumsitrat (M-BM)	Olje-i-vann-emulsjon	Reduksjon av partikkelstørrelse i emulsjonen: M-BM > BMP > SMP > natriumkasinat. Viskositet: SMP>BMP>M-BM	Phan et al. 2013
MFGM-isolat fra mikrofiltrert kjernemelk tilsatt natriumsitrat	Olje-i-vann-emulsjon	Emulgeringsevne: MFGM-isolat fra rå fløte > MFGM-isolat etter varmebehandling	Corredig et al. 1997
	Olje-i-vann-emulsjon	Svak emulsjon og stabilitet pga. lite overflateaktivitet i emulsjon	Corredig et al. 1997a
Kjernemelkpulver fra mysefløte (BM-5)	Olje-i-vann-emulsjon (pH < 5)	Reduksjon av partikkelstørrelse i emulsjonen: BM-5 (myse) > BM-4 (sur) > BM-3 (søt). Egnet for produkter med lav pH (<5).	Sodini et al. 2006

SK=skummet melk

SMP=skummetmelkpulver

WHC=myseproteinpulver

BMC=kjernemelk-konsentrat

I olje-i-vann-emulsjoner er vannfasen den sammenhengende, kontinuerlige fasen, mens olje utgjør den diskontinuerlige fasen (Damodaran et al., 2008). En slik situasjon er sammenlignbar med hvordan fett er orientert i form av fettkuler i yoghurtbasen. Tabell 6 viser at MFGM naturlig i kjernemelkpulver, mysepulver fra kjernemelk og MFGM-isolat i olje-vann-emulsjoner bidrar til redusert partikkelstørrelse i emulsjoner, hvilket framhever en høy emulgeringskapasitet i disse. Årsaken til denne sammenhengen er at små partikler (porer) i en emulsjon er ensbetydende med en mindre gjennomtrengelighet for vann i porene, en større motstand mot ytre påkjenninger og en tettere struktur (Damodaran et al., 2008). Samlet sett viser MFGM-isolater og kjernemelkprodukter gode emulgerende egenskaper sammenlignet med skummet melk. Viskositeten i olje-i-vann-emulsjonene tyder imidlertid på å være høyere ved bruk av skummetmelkpulver enn ved bruk av kjernemelkpulver eller MFGM-isolat.

Emulgeringsevnen vil være avhengig av pH, proteinene som er tilstede i emulsjonen, fløtens varmehistorikk og grad av proteindenaturering, kvalitet/behandling av fløten samt isoleringsmetode av MFGM (Evers, 2004; Phan, Asaduzzaman, Trung Le, Fredrick og van der Meeren, 2013). Corredig (1997) hevder for eksempel at høypasteurisering kan forringe emulsjonsevnen til kjernemelk, et tema som er behandlet videre under effekten av varmebehandling på kjernemelk (2.6.7) og videre i diskusjonen. Nyere isoleringsmetoder av MFGM med mulig lovende fremtidsutsikter, som super-ekstraksjon med CO₂, løpe-indusert koagulering med diafiltreringssteg (Holzmuller og Kulozik, 2016) og MFGM-isolering ved hydrolyse av melkeproteiner (enzymtilsetning) før bruk av ultrafiltrering (Barry, Dinan og Kelly, 2017), har til nå i liten grad sammenlignet emulgeringsevnen i olje-vann-emulsjoner mellom ulike pulvere/produkter av kjernemelk og skummetmelk/andre derivater fra melk.

2.6.6 Ernæringsmessige egenskaper knyttet til kjernemelk

En rekke fosfolipider og komponenter knyttet til fettkulemembranen i melk (MFGM) kan ha helsemessige fordeler. Det er særlig innholdet av enkelte fosfolipider og glycoproteiner som har vist seg å ha positive helseegenskaper i kjernemelk. Bioaktive komponenter fra fettkulemembranen kan knyttes til anti-kreft-egenskaper, veksthemning av svulster, blodkoagulering, celledifferensiering, virkning som substrat for enzymer, regulering av fettopptak fra leveren samt motvirke demens, Alzheimer og kognitiv dysfunksjon (Argote,

Laubscher og Jiménez-Flores, 2013; Johansen et al., 2005a). Anslått ernæringsmessig verdi knyttet til kjernemelk og MFGM er presentert i tabell 7.

Tabell 7. Mulige helsemessige egenskaper i kjernemelk og MFGM-fraksjoner (Eyzaguirre og Corredig, 2011).

Ernæringsmessig verdi fra kjernemelk og MFGM	
Komponent	Egenskap/funksjon
Brystkreft-type 1- og 2-proteiner (BRCA1, BRCA2)	Antikarsinogen aktivitet
Fettsyrebindende-protein	Hemmer cellevekst
Sphingolipider og metabolitter	Reduksjon av kolesterol Undertrykker gasterioentale patogener Tarmfunksjon Cellesignalisering
Xanthine oxidase	Antimikrobielle egenskaper
Butyrophinin	Undertrykkelse av multippel sklerose (MS)
Fosfolipider	Hemmer tarmkreft Beskytter den gastrointenale trakten mot gift Reduksjon av enterokolitter Motvirker depresjon Motvirker alzheimer Kolesterol-reduserende
MFGM-hydrolysater	Anti-mikrobiell aktivitet mot patogener
Muciner og glykoproteiner	Hemmer <i>Helicobacter pylori</i> Beskyttende egenskaper mot rotavirus

Tabell 7 gir en oversikt over kjernemelkens og MFGMs mulige anti-kreft- og antimikrobielle virkning, og mulige motvirkning av enkelte sykdommer. En ernæringsmessig interessant effekt er butyrophininens mulige virkning mot multippel sklerose (MS). Butyrophinin utgjør den største bestanddelen av MFGM-proteinene som har blitt kartlagt (43 %), og er dypt festet i membranen. Sphingolipider har også flere presumptive helsefordeler knyttet til celledisfunksjon og nervesystemet, og er en avgjørende del av fosfolipidene i kjernemelk (17,9 %) (Contarini og Povolo, 2013).

Conway, Gauthier og Pouliot (2014) har utført en litteraturstudie på kjernemelkens og MFGMs ernæringsmessige egenskaper. De mest slående funnene er knyttet til anti-kreftegenskaper in-vivo. Videre er kolesterolhemmende effekter, redusert blodtrykk og

positive effekter på immunsystem, atferd, konsentrasjon og enkelte kognitive sykdommer blitt antydnet å utgjøre MFGMs positive ernæringsprofil. Det er imidlertid ingen rapporterte kliniske bevis i litteraturen på kjernemelkens og MFGMs helsemessige effekter i forsøk in-vitro.

Kjernemelk har en større umettet fettsyresammensetning enn i skummetmelk, og inneholder følgelig mer C18:1 og C18:2 og mindre C14:0 og C16:0. Et mindre innhold av særlig C16:0 (palmitinsyre) blir ansett som fordelaktig på grunn av denne fettsyrens høye kolesterolverdi (Antila, Harju, Korpela, von Koskull, Merilainen og Salminen, 1992). Umettede fettsyrer som oljesyre (C18:1) har godt dokumenterte kolesterolsenkende effekter (Antila et al., 1992).

2.6.7 Effekt av varmebehandling av kjernemelk

Det er vanlig å varmebehandle fløten før kjerning ved 85-95 °C. Denne behandlingen ble i utgangspunktet gitt for å sikre god mikrobiologisk kvalitet på fløten før syring og gi gode vekstvilkår til syrekulturen som ble tilsatt (Johansen et al., 2005). Selv om smør i dag produseres av søt fløte, oppgir TINE at denne tradisjonelle behandlingen av fløten stort sett er opprettholdt (Huserbråten, pers. meddelelse, 2017). Huserbråten viser til at TINE Verdal varmebehandler fløten før kjerning ved rundt 90 °C.

Varmebehandlingen fløten og kjernemelken gjennomgår påvirker kjernemelkas funksjonelle og sensoriske egenskaper. Graden av denaturering av myseproteinene og native membranproteiner (knyttet til MFGM), er bestemt av varmebehandlingen fløten mottar, og antall varmebehandlinger kjernemelken senere gjennomgår (Johansen et al., 2005a). Det har blitt indikert at kjernemelken kan få en dårligere evne til å stabilisere emulsjoner ved en høypasteurisering av fløten (Corredig og Dagleish, 1997). Dette knytter seg til et høyere innhold av denaturerte myseproteiner og serumproteiner som fester seg til MFGM. Dette kan senke mengden og effekten av overflateaktive komponenter i MFGM (Corredig og Dagleish, 1997). Forfatterne hevder at en slik situasjon vil forringe emulsjonsstabiliteten MFGM i utgangspunktet har. Kraftig varmebehandling kan også føre til avgivelse av membranfragmenter som fosfolipider i kjernemelken. En slik tap fra strukturen i fettkulemembranen (MFGM) kan redusere de funksjonelle egenskapene (Corredig og Dagleish, 1998).

Det er lite tilgjengelig informasjon om mekanismene bak denaturering av MFGM, men det tyder på at proteiner tilknyttet MFGM også kan initiere varmeinduserte interaksjoner med andre proteiner (Saffon, 2013). Kjernemelk er imidlertid mer varmestabilt enn skummetmelk. Årsakene til dette skyldes blant annet et lavere innhold av kalsium, et høyere innhold av ”ikke-micellulært” kasein og et høyere innhold av hydrofobt κ -kasein som følge av kjernemelkens varmehistorikk (O'Connell og Fox, 2000). Disse egenskapene i kjernemelk har blitt rapportert å øke varmestabiliteten og tiden før varmekoagulering i sammensatt (re-kombinert) melk (Singh og Tokley, 1990).

2.7 Yoghurt

Yoghurt stammer trolig fra det tyrkiske ordet ”yoğurt”, en betegnelse for å tykne eller å koagulere (Fisberg & Machado, 2015). Yoghurt har lange røtter flere årtusener tilbake. Helt siden år 6000 f. Kr. har det vært spor av kilder til henvisninger om yoghurt, mens grekerne var de første som nevnte yoghurtens helsemessige egenskaper i skriftlige referanser omtrent 100 f. Kr (Fisberg & Machado, 2015). Nomader og gjeterne i Midt-Østen fraktet melk i skinn, en praktisk måte å forme bøtter eller væsker på. I skinnen ble melken, etter sigende ved en tilfældighet, delvis koagulert i kontakt med rester av tarmsaft fra dyr. Det ble avdekket at melken fikk en bedre holdbarhet når melken ble syret og koagulerte, noe som startet en sped opptakt til dagens industrielle produksjon (Fisberg & Machado, 2015; Baglio, 2014).

Codex Alimentarius Commission (Codex) sikrer at arbeidet med standardisering av fermenterte melkeprodukter koordineres over hele verden. Codex sine standarder er utarbeidet av WHO og FAO, begge organisert under FN. Både helseorganisasjoner, tilsyn, produsenter, forskere og forbrukerorganisasjoner må følge retningslinjene til Codex (Smolan og Vaksvik, 2015). Ifølge «Codex General Standard for yoghurt og søtet yoghurt” (A-11-1975) er yoghurt et koagulert melkeprodukt på grunn av tilsetning av melkesyrebakteriene *Streptococcus thermophilus* og *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*. Tamine og Robinson (2007) oppgir en definisjon av yoghurt som et produkt laget av melk tilsatt melkesyrebakterier for å oppnå en pH omtrent 4,6 eller lavere. Produksjonen av yoghurt blir i industrien delt inn i kategorier. Ved fremstilling av urørt yoghurt (”set yoghurt”) blir gelen dannet direkte i emballasjen. Rørt yoghurt (”stirred yoghurt”) lages ved at yoghurt fermenteres i tank og gelen er rørt opp før yoghurten emballes. Sistnevnte kategori utgjør nesten all fremstilling av kommersiell yoghurt. Videre hevder Tamine og Robinson (2007) at yoghurt kan bearbeides til

drikkeyoghurt, tørket yoghurt eller fryst yoghurt. Reguleringer i USA og majoriteten av land i EU deler vanligvis inn produktet etter yoghurt av helmelk (>3.25% fett), lav-fett yoghurt (0.5–2.0% fett) og fettfri yoghurt (<0,5 % fett). Det er imidlertid muligheter til å bestemme grensene og ordlyden i hvert enkelt land (Tamine og Robinson, 2007).

2.8 Produktegenskaper i proteinrik yoghurt

Ifølge den norske forskriften for melk og fløte m.v. 2015-06-03 nr. 607 (Landbruk- og matdepartementet, 2017) er det ingen definisjoner eller krav om et bestemt nivå av proteininnhold eller tørrstoff for at yoghurten skal betegnes proteinrik. Proteinrik yoghurt har imidlertid ofte et typisk proteininnhold på 8-10 % og et fettinnhold fra 0-10 %, men mest vanlig mellom 0,5 %-2 % (Tamine og Robinson, 2007). Ifølge «Codex General Standard for ost [283-1978]» kan i prinsippet proteinrik yoghurt med et innhold på 8 % protein betegnes som en ost.

Walstra et al. (2006) fremhever i generelle vendinger at produktkvaliteten i yoghurt i hovedsak utgjøres av produktets sensoriske, organoleptiske og ernæringsmessige egenskaper. Proteinrik yoghurt skal ha et sterkt gelnettverk med liten partikkelstørrelse, en jevn og sammenhengende struktur, god vannbindingsevne (lite myseutskillelse), fyldig munnfølelse (tekstur) og en typisk yoghurt smak (syrlig og ”grønn” smak).

Produktkvaliteten i yoghurt måles imidlertid ofte i form av produktets tekstur, et begrep som brukes for å forklare hvordan ulike deler av et system er bygget opp. I yoghurt er teknologiske egenskaper som vannbindingsevne, emulgeringsevne og flyteegenskaper viktige faktorer for å forklare hvordan dette biokjemiske systemet er satt sammen til å uttrykke yoghurtens gelstruktur og flyteegenskaper, og derav produktets konsistens. Konsistens i yoghurt er en stor del av produktkvaliteten (Walstra et al., 2006). Den tekstuelle opplevelsen av lav-fett yoghurt er særlig avgjørende for forbrukeraksepten (Frøst og Janhøy, 2007).

2.9 Yoghurtens komponenter

2.9.1 Karbohydrater

I yoghurt består karbohydratene av laktose, glukose og galaktose (Bylund, 1995). Laktose er et sukker som finnes bare i melk, og tilhører gruppen av organisk kjemiske karbohydrater. Laktose er vannløselig, og består av suktermolekylene glukose og galaktose. Laktose blir utnyttet som energikilde av melkesyrebakterier gjennom fermentering. Resultatet blir at laktose blir spaltet til glukose og galaktose. Andre karbohydrater som finnes i spormengder i melk er fruktose, glukosamin og nauraminsyre, hovedsakelig som komponenter av glykoproteiner og polære lipider (Bylund, 1995).

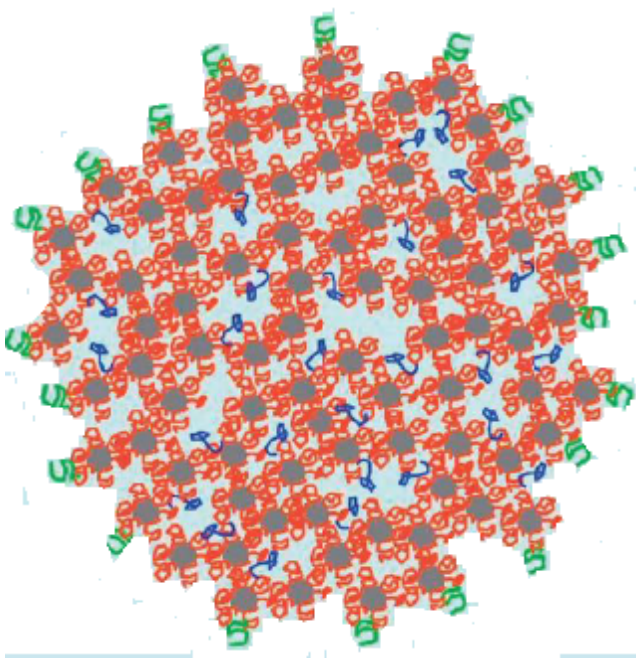
2.9.2 Proteiner

Proteinene i melka utgjøres av to hovedgrupper, navngitt som kaseiner og myseproteiner. Disse har ulike egenskaper. Oppbygning og ulikheter mellom disse vil bli beskrevet kort nedenfor. Kapittel 2.10.5 omhandler hvordan proteinene opptrer i yoghurt.

2.9.2.1 Kasein

Kaseinene utgjør ca. 80 % av melkens proteiner. Hovedgruppene av kasein består av α_{S1} -, α_{S2} -, β - and κ -casein (Fox, Guinee, Cogan og McSweeney, 2017). Disse er fosforlysert. Fosfatgruppene binder kovalente kationer som Ca^{2+} , det viktigste kationet i melk. Disse bindingene forekommer særlig ved høy (basisk) pH. Av kaseinproteinene inneholder imidlertid κ -kasein lite fosfat, og binder kationer svakt. Et annet kjennetegn på κ -kasein er innholdet av et hydrofilt glykomakropeptid.

Kasein er hovedsakelig bygd opp av en primærstruktur, og blir av den grunn i liten grad denaturert (Fox et al., 2017). Det har vært mange forsøk på å beskrive hvordan kaseinmicellen er bygd opp. Fox et al. (2017) oppsummerer at blant andre Walstra og Jenness (1984), Fox og McSweeney (1998) og Horne (1998) har foreslått ulike submicelle-modeller. Modellen foreslått fra Dagleish (2011) er imidlertid den alminnelig aksepterte strukturen av hvordan kaseinmicellene er bygget opp, vist i figur 4. Kolloidalt kalsiumfosfat har en stabiliserende rolle inne i micellen. Micellene er negativt ladet tilskrevet glykomakropeptidet.



Figur 4. Strukturen av en kaseinmicelle (Dagleish, 2011). Kalsiumfosfat (grå), α_1 -kasein (rød), mobilt α_2 -kasein (mørkeblå) og negative hår på κ -kasein (grønn) er vist i micellen. På innsiden av kaseinmicellen er det vannkanaler (lyseblå).

2.9.2.2 Myseprotein

Myseproteinene utgjør ca 20 % av melkens proteiner. Myse kan bli definert som den flytende delen som blir igjen etter osteproduksjon (Fox et al., 2017). Sammensetningen av myseproteinene utgjøres i synkende rekkefølge av β -lactoglobulin, α -laktalbumin, serum albumin og immunoglobuliner. Myseproteinene har en struktur som er preget av en høy grad av sekundær, tertiær og kvartenære struktur, hvilket gjør myseproteinene sårbare for endringer/utfoldinger i strukturen ved eksponering for høye temperaturer (denaturering). Formen på myseproteinene er typisk globulære. Til forskjell fra kasein er de ikke fosforylert og heller ikke sensitive mot Ca^{2+} . Myseproteinene inneholder også intramolekulære disulfidbindinger som stabiliserer strukturen i proteinene (Fox et al., 2017).

2.9.3 Fett

Lipidene i melk består hovedsakelig av triglyserider, hvilket står for ca. 98% av det totale fettinnholdet (Fox et al., 2017). Den resterende mengden består av monoglyserider, diglyserider, fettsyrer, fosfolipider, steroler (hovedsakelig kolesterol). Det er i tillegg spor av

de fettløselige vitaminene i melk (A, D, E og K). Lipidene kan ta del i gelstrukturen i yoghurt og bli integrert i gelnettverket via utveksling av bindinger (forutstatt homogenisering), eller bli lukket inn i gelstrukturens porer. Fettinnholdet kan ha dermed ha en positiv innvirkning på konsistens og graden av myseutskillelse i yoghurt. Fett har også en funksjon som en smaksbærer (Fox et al., 2017; Walstra et al., 2006).

2.10 Produksjon av yoghurt

Fremstillingen av yoghurt følger en rekke felles produksjonstrinn. Disse trinnene innebærer å standardisere fett-, protein- og tørrstoffinnholdet, homogenisering av yoghurtbasen, varmebehandling, avkjøling og tilsetning av yoghurtkultur med tilhørende syring, nedkjøling og lagring i kjøletemperatur. Prosessen blir utdypet i avsnittene som følger (2.10.1-2.10.6).

2.10.1 Tørrstoffanrikning

Tørrstoff i yoghurt er viktig for produktkvaliteten i yoghurt. I yoghurt utgjøres tørrstoffet av blant annet proteininnholdet. Det er derfor vanlig å øke tørrstoffet ved å øke proteinmengden. FAO/WHO har gjennom Codex General Standard for yoghurt og søtet yoghurt (A-11-1975) bestemt at yoghurt skal inneholde en minimum mengde fettfritt tørrstoff (SNF). Denne mengden skal tilsvarende 8,2 %. I Norge har det lenge vært forskrifter om at yoghurt skal tørrstoffanrikes med minimum 2,5 % melketørrstoff. Forskriften har imidlertid blitt opphevet fra 1.1.16 (Landbruksdirektoratet, 2016).

Tamine og Robinson (2007) peker på at et tørrstoffinnhold fra 14-16 g/100 g vil være mest egnet med hensyn på yoghurtens konsistens. Dersom mengden tørrstoff overstiger 16 g/100 g vil ikke kvaliteten bli særlig bedre. Forholdet mellom kasein/myse og behandlingstrinn som homogenisering og varmebehandling vil også ha en innvirkning på proteinene (Tamine og Robinson, 2007). Tørrstoffanrikning av yoghurt kan gjøres på flere måter. En metode er konsentrattilsetning i form av pulver (skummetmelkpulver, kjernemelkpulver, mysepulver eller andre melkeproteinkonsentrater), fraksjonering (membranfiltrering) eller ved fjerning av vann (inndamping og reverse osmose) (Tamine og Robinson et al, 2007; Walstra et al., 2006). Ved produksjon av gresk yoghurt, tradisjonelt fremstilt ved at myse blir drenert av etter syringen, kan tørrstoffet økes ved bruk av en metode betegnet cloth-bag (Unduwurella, Chandrapala og Vasiljevic, 2017).

2.10.2 Ultrafiltrering (UF)

Bruk av membranteknologi er et nyttig for å separere større molekyler fra ioner og mindre molekyler. Denne separasjonen er basert på membraner med ulike størrelser i porene (Bylund, 1995). Ultrafiltrering (UF) er en prosess hvor makromolekylene (fett og proteiner) i melk blir hevet, hovedsakelig proteinene. Porestørrelsen er typisk mellom 10^{-1} og 10^{-2} μm . Løsningen som skal konsentreres ved ultrafiltrering blir tvunget gjennom en membran ved hjelp av trykk. Laktose går igjennom denne membranen og utgjør mesteparten av permeates tørrstoff. I retentatet samles den konsentrerte løsningen (Bylund, 1995).

2.10.3 Homogenisering

Homogenisering blir normalt utført ved temperaturer som varierer 55°C til 80°C (Yildiz, 2010). Optimal arbeidstemperatur for en homogenisator er ved yoghurtproduksjon er 65 – 80°C . Trykket er vanligvis mellom 180 og 200 bar. I yoghurtproduksjon er enkelt-steps homogenisatorer ofte foretrukket, fordi re-gruppering av fettkulene i melkebasen er lite sannsynlig (Yield, 2010). Ved homogenisering blir fettkulediameteren redusert, slik at fettkulene unngår å flyte opp i produktet (Tamine og Robinson, 2007). Det er likevel fordeler ved å homogenisere løsninger med lite fett, som en mager yoghurtbase. Grunnen er at melken får en hvitere farge og produktet en jevnere eller bedre struktur/konsistens, noe som blant annet skyldes interaksjoner mellom kasein og myseproteiner (Tamine og Robinson, 2007).

2.10.4 Varmebehandling

Varmebehandling av melkebasen ved yoghurtproduksjon gjøres vanligvis ved 85°C i 30 minutter eller 95°C i 5 minutter (Walstra et al., 2006). Dette sikrer omfattende myseproteindenaturering som bedrer gelstyrken og dermed konsistensen som fremkommer under og etter fermenteringen, noe avhengig av temperaturen som benyttes. Store deler av myseproteinene vil denaturere og forme aggregater med kaseinmicellene. Denne biokjemiske interaksjonen er viktig for gelfastheten og dannelsen av en homogen mikrostruktur med lav porøsitet. Mekanismene rundt disse interaksjonene kan også innebærer at β -laktoglobulin danne komplekser/aggregater med seg selv, mellom β -laktoglobulin/ κ -kasein eller mellom β -laktoglobulin/ α -laktoglobulin med eller uten κ -kasein. Varmebehandling ved 85 – 95°C vil

også eliminere majoriteten av mikroorganismer knyttet til rå melk, og sørge for et godt vekstmedium for syrekulturen (Walstra et al., 2006).

Ved denaturering vil proteinene aggregere via kovalente disulfidbindinger (Suffon, 2013). Mekanismene bak dannelsen av disulfidbindinger har grunnlag i en elektronoksidasjon av to thiol (-SH) til disulfid (-SS) ved reduksjon av oksygen. Myseproteiner, særlig β -laktoglobulin, kan assosiere med kaseinmiceller via thiol/disulfid-utveksling (SH/SS) med κ -kasein. Temperatur og holdetid bestemmer nivået av proteinaggregering ved denaturering. Ved lavere temperaturer (75°C til 85°C) vil aggregeringsraten mellom myseproteiner og kaseinmiceller øke sakte med økende temperatur, men ved høyere temperaturer (90 til 100 °C) vil proteinaggregeringen øke raskt i starten før inntil > 80 % av myseproteinene er denaturerte (Suffon, 2013).

2.10.5 Homofermentativ fermentering og geldannelse

Yoghurten får sin karakteristiske smak og konsistens ved tilsetning av melkesyrebakterier til melken. Yoghurtkulturen består av bakteriene *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* og *Streptococcus thermophilus*, begge homofermentative bakterier (Walstra et al., 2006).

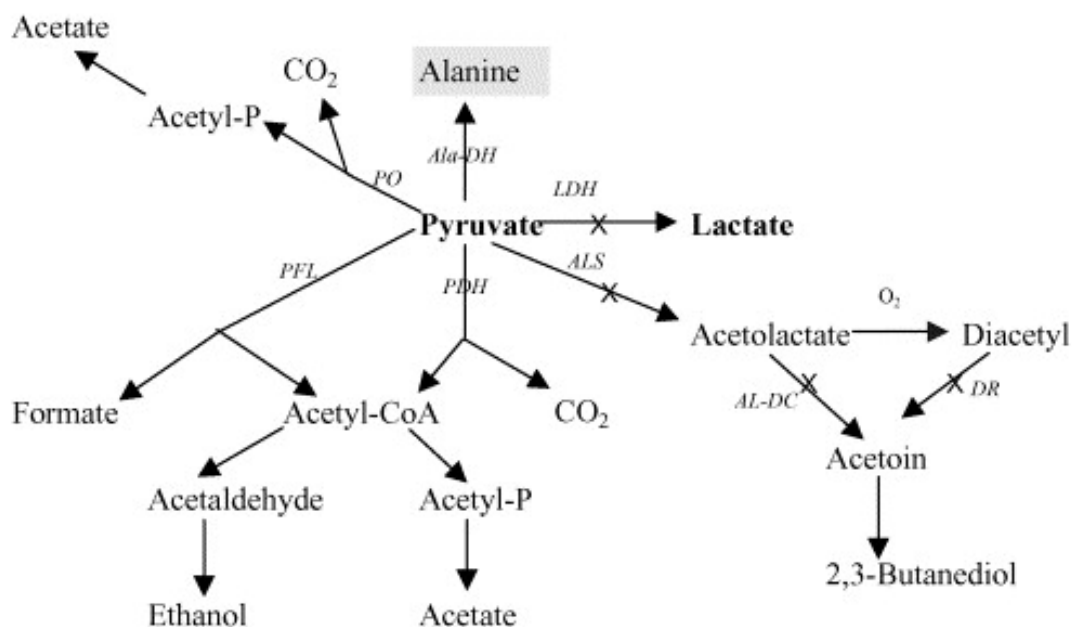
Vanligvis benyttes en inkubasjonstemperatur på 40-43 °C, men bruk av lavere temperatur på 30 °C er også mulig. Melkesyre er en av hovedmetabolittene som dannes som resultat av laktose i melk. Innholdet av melkesyre senker pH i yoghurt. En reduksjon av pH er et premiss for geldannelse. Allerede ved pH 5,5-5,2 vil kalsium fjernes fra micellene. Resultatet vil være et løst bundet kaseinnettverk, fordi fravær av kalsium i micellene fører til at β -kasein og κ -kasein adskilles. Ved en ytterligere reduksjon av pH vil imidlertid de adskilte β -kaseinene bli tilbaketrasket til micellene og blir deretter en del av nettverket som dannes. Rundt pH 4,7-4,6 vil det endelige nettverket dannes.

Mekanismene bak geldannelse kan også formidles ved å vektlegge kaseinmicellenes aggregering når ladningen (frastøtningen) mellom micellene forsvinner ved micellenes isoelektriske punkt (pI=4,6). Rundt kaseinmicellenes isoelektriske punkt vil de negative endene av κ -kasein bli nøytralisert, og micellene vil søke sammen (Walstra et al., 2006). Strukturen av disse aggregatene er av en fraktal natur (Damodaran et al., 2008), det vil si et geometrisk mønster gjentar seg: Tilfeldige partikler møter hverandre og danner små aggregater, som igjen danner nye og større aggregater. En yoghurtgel beskrives derfor som en

fraktal gel. Denaturerte myseproteiner fra varmebehandlingen vil bli festet til micellene og være en del av gelen (Damodaran et al., 2008).

2.10.6 Aromadannelse

Organiske syrer og flyktige komponenter blir dannet gjennom yoghurtbakterienes metabolisme. De viktigste aromakomponentene er acetaldehyd, diacetyl, acetoin, eddiksyre og melkesyre. Bakterien *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* er ansvarlig for dannelsen av acetaldehyd, forbindelsen som sørger for typiske yoghurtsmaken, i enkelte tilfeller betegnet som en "grønn" smak (Walstra et al., 2006). Yoghurtbakteriene stimuler hverandres vekst gjennom utveksling av en rekke vekstfaktorer som skaper et symbioseforhold mellom mikroorganismene (Surono og Hosono, 2011). *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* blir stimulert av maursyre produsert av *Streptococcus thermophilus*, mens førstnevnte danner aminosyrer som øker aktiviteten til *Streptococcus*. Kokkene har en kortere generasjonstid over en lengre fermenteringsperiode (Surono og Hosono, 2011). Fra pyruvat, som er produktet fra karbohydratnedbrytningen (glykolysen), kan yoghurtbakteriene danne flere flyktige komponenter, vist i figur 5.



Figur 5. Metabolitter dannet fra melkesyrebakterier (Liu, 2003). Disse utgjør en sentral del av aromaprofilen i yoghurt.

2.11 Reologi

Begrepet reologi stammer fra det greske ordet rheos, som betyr å flyte (Bylund, 1995). Definisjonen av reologi er ifølge Ibarz og Barbos-Canovas (2002) en vitenskap som studerer flyt og deformasjoner av faste stoffer og væsker under påvirkning av mekaniske krefter. Faste og flytende stoffer i denne sammenhengen blir karakterisert som materialer. Reologi uttrykker vanligvis en sammenheng mellom kraft, deformasjon og tid, hvor materialenes utslag eller reaksjon på deformasjonen blir målt. I praksis er det vanlig å måle hvordan materialer blir endret (deformert) når de blir utsatt for en kraft (stress i materialet) (Ibarz og Barbos-Canovas, 2002).

Reologi kan brukes til å definere konsistensen i et produkt. Konsistensen er reologifaglig beskrevet av to komponenter, viskositet (evnen til å flyte som følge av påført kraft) og elastitet (evnen til å gå tilbake til sin opprinnelige struktur). Bruk av reologiske målinger inkluderer derfor gjerne målinger som karakteriserer en strømningsadferd og bestemmelse av materialets struktur. Flyteegenskapene og strukturen til et produkt kan bestemmes ved å påføre et materiale kraft for å undersøke hvordan materialet reagerer. Påført kraft mellom parallelle plan er vanligvis definisjonen av skjærspenning (shear stress) og skjærhastighet (shear rate) (Ibarz og Barbos-Canovas, 2002; Bylund, 1995).

Skjærspenning er definert som:

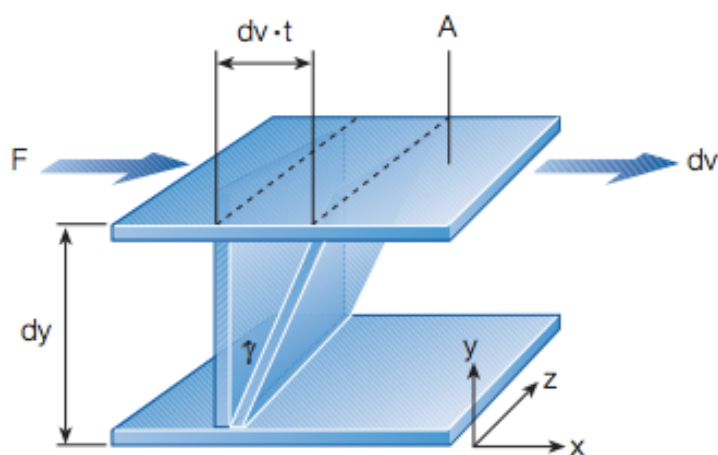
$$\sigma_{yx} = \frac{F}{A} \text{ [Pa]}, \text{ hvor } F = \text{kraft, N og } A = \text{areal, m}^2$$

Skjærspenning σ uttrykker kraft dividert på arealet som kraften virker i et materiale.

Definisjonen av skjærhastighet følger:

$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{dv}{dy} \text{ [1/s]}$$

Skjærhastighet $\dot{\gamma}$ indikerer hastigheten et materiale flyter med, avledet fra γ , angitt som et mål for graden av deformasjon (strain) i et materiale. Sammenhengen mellom skjærspenning og skjærhastighet er illustrert i figur 6. Et plott av skjærspenning mot skjærhastighet vil uttrykke et produkts flytkurve (Ibarz og Barbos-Canovas, 2002; Bylund, 1995).



Figur 6. Definisjonen av skjærspenning og skjærhastighet er basert på bevegelsen i materialet mellom to plan. Skjærspenningen er bevegelsen som gir stress parallelt med væskens overflate: kraften F påført den øvre platen dividert med platens område A . Skjærhastigheten er hastigheten dv i den øvre platen (m/s) dividert med avstanden dy mellom de to platene, hvilket gir skjærhastighet benevnelse $1/s$ eller s^{-1} . Et materiale har tre retningsdimensjoner (y , z og x) (Bylund, 1995).

2.11.1 Viskositet

Viskositet (η) er et uttrykk for motstanden et material utviser mot å flyte (Ibarz og Barbos-Canovas, 2002). Benevnelsen for viskositet er $Pa \cdot s$. Viskositet er avhengig av trykk og temperatur. En økende temperatur vil redusere viskositeten i et produkt. Et økende trykk vil heve viskositeten i et materiale. Et ideelt viskøst materiale betegnes for en newtonsk væske etter Isaac Newton, et materiale som har en konstant viskositet uavhengig av økende kraft (stress) i materialet og varigheten av denne kraften. Vann er en væske som faller under denne kategorien.

Et ikke-newtonsk materiale blir påvirket av skjærhastighet og stress. Ikke-newtonske materialer kan deles inn ytterligere i tidsavhengige og tidsuavhengige materialer.

Tidsavhengige materialer er betegnet tiksotropisk, reopektisk og ikke-reopektisk, mens tidsuavhengige materialer er uttrykt som plastisk materiale, skjærtynnende og skjærtykkende egenskaper (Ibarz og Barbos-Canovas, 2002).

Yoghurt er et materiale som faller inn under kategorien et ikke-newtonsk materiale, hvor viskositeten i produktet er en funksjon av nivået og varigheten av skjærhastighet som blir

påført (Fangary, Barigou og Seville, 1999). Yoghurt kan vise henholdsvis skjærtynnende, tiksotropiske og viskoelastiske egenskaper. Skjærtynnende egenskaper betyr at yoghurt under påvirkning av en kraft vil vise en reduserende viskositet i takt med økende skjærhastighet, hvilket kan observeres når yoghurt blir rørt opp i en stor hastighet. Tiksotropiske flyteegenskaper betyr at viskositeten i yoghurt synker med økt skjærstress, skjærhastighet og varigheten av denne. Når de påførte kreftene forsvinner vil produktet forsøke å gjenfinne sin struktur, og bli noe fastere igjen (Fangary et al., 1999).

Yoghurt utviser dermed viskoelastiske egenskaper, hvor molekylene i produktet prøver å re-gruppere seg tilbake til sin opprinnelige posisjon når påført kraft opphører. Re-struktureringen i yoghurt er følgelig avhengig av skjærhastigheten som blir påført, en viskositet som følger av denne er betegnet tilsynelatende (apparent) viskositet. Flytgrensen til en yoghurt er punktet der de ytre kreftene er større enn kreftene som holder gelnettverket sammen (yield-punktet eller yield stress) (Ibarz og Barbos-Canovas, 2002; Fangary et al., 1999).

En viskøs yoghurt kan beskrives som et produkt som motsetter seg deformasjon (stress) ved påført skjærhastighet (Ibarz og Barbos-Canovas, 2002). Motstanden mot deformasjon kan uttrykkes gjennom flytkurver, angitt som en funksjon av skjærspenning og skjærhastighet, og beskriver hvordan yoghurtens viskositet er uttrykt. De viskøse flyteegenskapene til yoghurt kan måles gjennom rotasjonsmålinger, som undersøker effekten av tid, temperatur og skjærhastighet (Ibarz og Barbos-Canovas, 2002).

3.0 Materialer og metoder

3.1 Forsøksdesign

Det ble produsert yoghurt med seks ulike melkebasert på pilotanlegget ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Disse seks melkebasene varierte med hensyn på råstoff og varmebehandling. Tre av melkebasene for yoghurtproduksjonen ble laget med skummetmelk som råstoff. De tre øvrige melkebasene ble laget av kjernemelk.

Yoghurtbasene ble standardisert til et proteininnhold på 8 % ved hjelp av ultrafiltrering. Innholdet av fett ble standardisert til 2 % ved tilsetning av fløte fra henholdsvis separert skummet- og kjernemelk. For utregning av mengde tilsatt fløte for å oppnå riktig fettprosent i yoghurtbasene, ble det benyttet en formel i henhold til konvoluttmetoden, vist i vedlegg A1 og A2. Det ble godtatt en feilmargin i standardiseringen av fett og protein på +/- 0,30 %. Den kjemiske sammensetningen av yoghurtbasene er vist i vedlegg A3.

Yoghurtbasene ble etter standardisert tørrstoffinnhold varmebehandlet på tre ulike temperaturer i 5 minutter, henholdsvis ved 75 °C, 85 °C og 95 °C. Kodene for de ulike yoghurtene ble betegnet L-SK (lav varmebehandling av yoghurtbasen basert på skummetmelk, 75 °C), M-SK (middels varmebehandling av yoghurtbasen basert på skummetmelk, 85 °C) og H-SK (høy varmebehandling av yoghurtbasen basert på skummetmelk, 95 °C). Yoghurtene fremstilt av kjernemelk ble tilsvarende betegnet L-KM (lav varmebehandling av yoghurtbasen laget av kjernemelk, 75 °C), M-KM (middels varmebehandling av yoghurtbasen laget av kjernemelk, 85 °C) og H-KM (høy varmebehandling av yoghurtbasen laget av kjernemelk, 95 °C).

Forsøksoppsettet omfattet tre blokker (gjentak). Produksjonen av yoghurt laget av skummetmelk og yoghurt fremstilt av kjernemelk ble utført på to separate dager (samme uke). Totalt inkluderte forsøksdesignet produksjon av 18 yoghurter. Forsøksoppsettet med koding for yoghurtene er vist skjematisk i tabell 8.

Tabell 8. Forsøksoppsettet for yoghurtproduksjon med ulikt råstoff og varmebehandling, standardisert med 2 % fett og 8 % protein i yoghurtbasen (tre blokker)

Blokk	Kode	Råstoff	Fettinnhold (%)	Proteininnhold (%)	Varmebehandling
1	L-SK	Skummetmelk	2	8	75 °C (5 min)
	M-SK	Skummetmelk	2	8	85 °C (5 min)
	H-SK	Skummetmelk	2	8	95 °C (5 min)
	L-KM	Kjernemelk	2	8	75 °C (5 min)
	M-KM	Kjernemelk	2	8	85 °C (5 min)
	H-KM	Kjernemelk	2	8	95 °C (5 min)
2	L-SK	Skummetmelk	2	8	75 °C (5 min)
	M-SK	Skummetmelk	2	8	85 °C (5 min)
	H-SK	Skummetmelk	2	8	95 °C (5 min)
	L-KM	Kjernemelk	2	8	75 °C (5 min)
	M-KM	Kjernemelk	2	8	85 °C (5 min)
	H-KM	Kjernemelk	2	8	95 °C (5 min)
3	L-SK	Skummetmelk	2	8	75 °C (5 min)
	M-SK	Skummetmelk	2	8	85 °C (5 min)
	H-SK	Skummetmelk	2	8	95 °C (5 min)
	L-KM	Kjernemelk	2	8	75 °C (5 min)
	M-KM	Kjernemelk	2	8	85 °C (5 min)
	H-KM	Kjernemelk	2	8	95 °C (5 min)

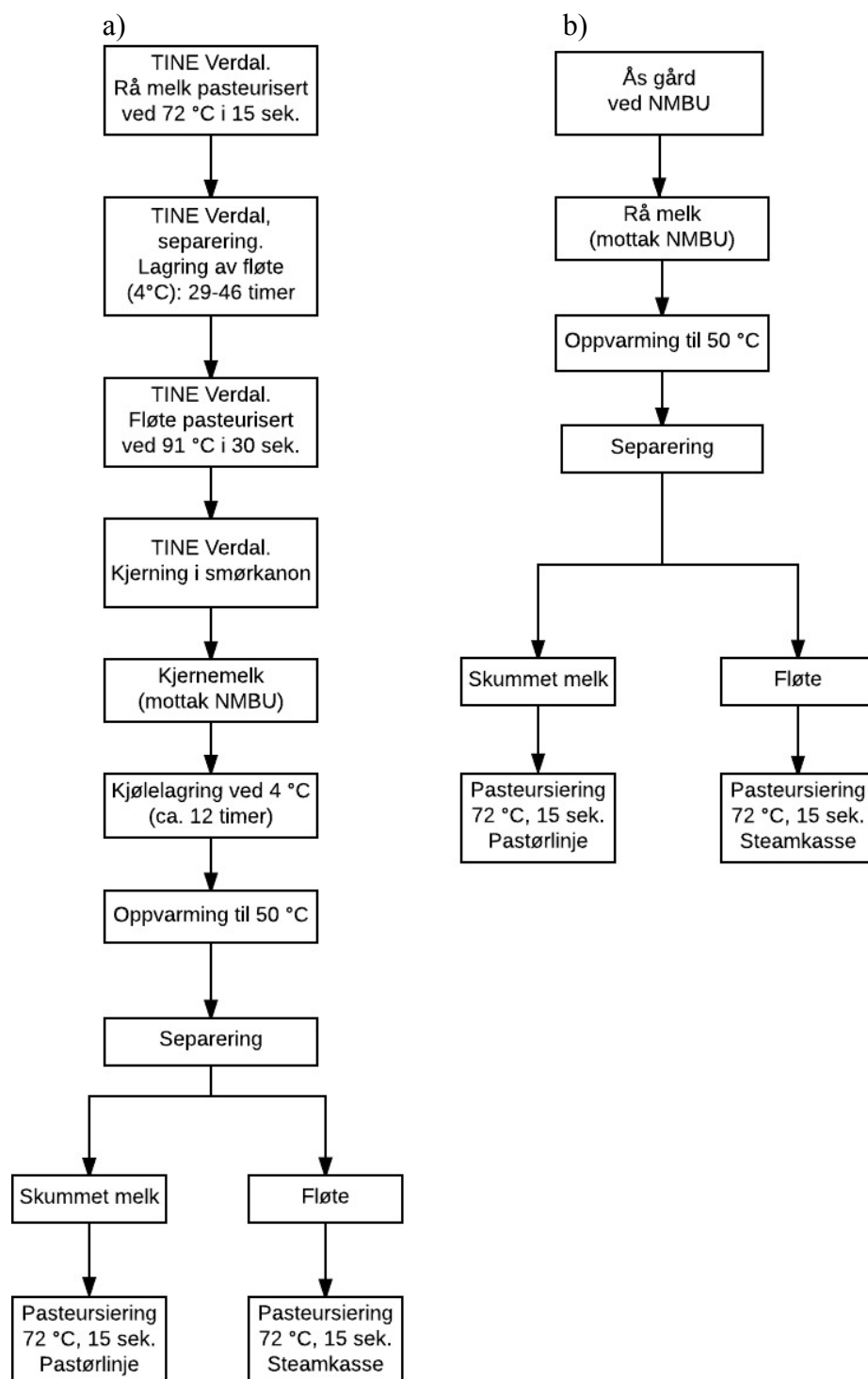
3.2 Produktfremstilling

3.2.1 Melkebehandling

Rå melk ble transportert til pilotanlegget ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (IKBM) ved NMBU fra Ås gård (NMBU) samme morgen som produksjonen av yoghurt laget av skummet melk som råstoff skulle foregå. Protein- og fettinnholdet i råmelken ble analysert ved bruk av et FTIR-apparat (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) betegnet MilcoScan FT1™ (Foss Analytical A/S, Hillerød, Danmark). Ved målingene av protein- og fettinnhold ble det gjort prøveuttak i 100 ml polyetylenflasker (bulkotest) med snabel for hygienisk uttak (Skala prosesssteknikk, Oslo, Norge). På produksjonsdagene, i pilotanlegget tilknyttet IKBM, ble melken varmet opp til 50 °C og separert til skummet melk og fløte ved bruk av Westfalia-separator AG, SA 1-01-175 (Oelde, Tyskland). Skummet melk og fløte ble deretter pasteurisert ved 72 °C i 15 sekunder. Skummet melk ble pasteurisert i en platevarmeveksler

(A3-HRB, Alfa Laval, Lund, Sverige), mens fløten ble pasteurisert i en egen steamkasse ved bruk av termostat (digital). Fettinnholdet i skummet melken ble analysert (MilcoScan FT1™, Foss Analytical A/S, Hillerød, Danmark) for å sikre at membranen ikke skulle tette seg ved bruk av ultrafiltreringsanlegget (akseptabel fettprosent >0,4). Det ble også målt fettprosent i fløte ved bruk av MilcoScan FT1™ (Foss Analytical A/S, Hillerød, Danmark) for å regne ut hvor mye fløte som skulle tilsettes skummetmelken etter ultrafiltrering.

Kjernemelk ble fraktet via tankbil til pilotanlegget ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (IKBM) ved NMBU fra TINE Meieriet Verdal. Fløte benyttet for Bremyktproduksjon (alder: 29-46 timer) var pasteurisert ved ca. 91 °C i 30 sekunder ved TINE Meieriet Verdal. Kjernemelken kom til pilotanlegget dagen før produksjon, og sto kjølelagret ved 4 °C i pilotanlegget ved IKBM i ca. 12 timer før produksjon. Kjernemelken ble varmet opp til 50 °C i pilotanlegget for separering til kjernemelk og kjernemelkfløte (Westfalia-separator AG, SA 1-01-175, Oelde, Tyskland), og deretter pasteurisert ved 72 °C i 15 sekunder. Kjernemelken ble pasteurisert i en platevarmeveksler (A3-HRB, Alfa Laval, Lund, Sverige) ved bruk av pastørlinja på pilotanlegget. Kjernemelkfløten ble pasteurisert ved bruk av steamkasse og manuell termostat. Fettinnholdet ble målt i kjernemelk og kjernemelkfløte ved hjelp av MilcoScan FT1™ (Foss Analytical A/S, Hillerød, Danmark) ved prøveuttak i 100 ml polyetylenflasker (bulkotest) (Skala prosessteknikk, Oslo, Norge). Prosedyren ble gjort for å unngå beleggdannelse i membranen ved bruk av ultrafiltreringsanlegget (akseptabel fettprosent >0,4), og for å regne ut hvor mye kjernemelkfløte som skulle tilsettes ultrafiltrert kjernemelk for å oppnå ønsket fettprosent i yoghurtbasene (2 %). Melkebehandling før yoghurtproduksjon er vist i figur 7.



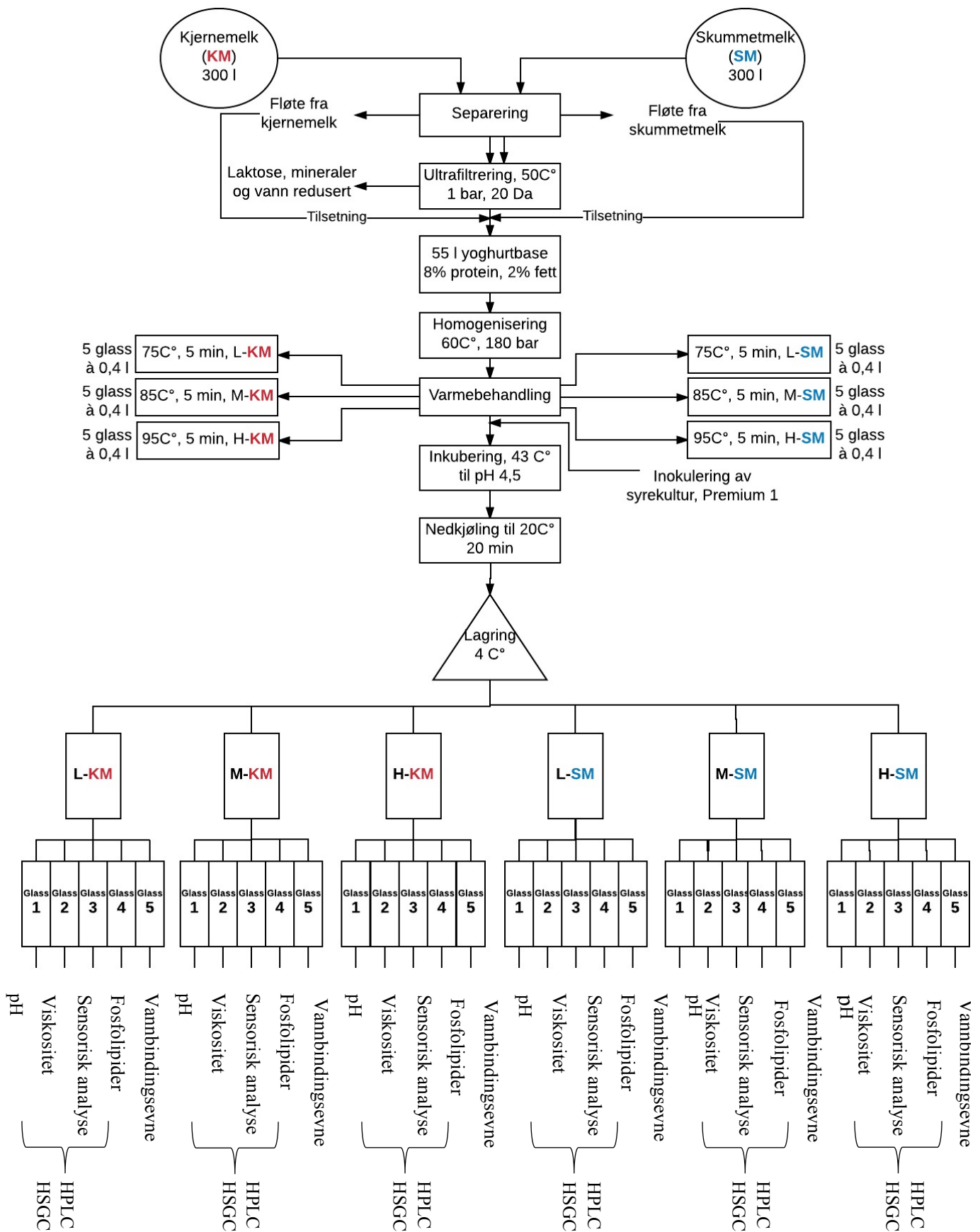
Figur 7. Melkebehandling før yoghurtproduksjon som viser a) behandlingslinja til kjernemelk og b) behandlingslinja til skummet melk.

Kjernemelken ble varmebehandlet i følgende omganger før yoghurtproduksjon: 1) ordinær pasteurisering av rå melk på TINE Meieriet Verdal (72 °C i 15 sekunder), 2) pasteurisering av fløte for smørproduksjon etter separering på TINE Meieriet Verdal (91 °C i 30 sekunder), og 3) pasteurisering av kjernemelk og kernefløte før yoghurtproduksjon i pilotanlegget på NMBU (72 °C i 15 sekunder). Kjernemelka var produsert på TINE Meieriet Verdal mellom 4

og 6 dager før yoghurtproduksjon i pilotanlegget på NMBU. Skummet melk og fløte gjennomgikk en varmebehandling, og ble pasteurisert ved 72 °C i 15 sekunder i pilotanlegget på NMBU.

3.2.2 Fremstilling av yoghurt

Fremstillingsprosessen av yoghurt fulgte teknologi gitt i Tamine og Robinson (2007) for produksjon av proteinrik yoghurt. Yoghurtproduksjonen inkluderte tørrstoffanrikning (ultrafiltrering og fettstandardisering), homogenisering og varmebehandling av yoghurtbasene før tilsetning av syrekultur. Produksjonen av yoghurt laget av henholdsvis skummetmelk og kjernemelk som råstoff fulgte identiske prosesstrinn i forsøket. Produktfremstillingen er gitt under delkapitlene 3.2.3, 3.2.3.1, 3.2.3.2, 3.2.4, 3.2.5 og 3.2.6, og er vist i flytskjemaet i figur 8 (inkludert en oversikt over utførte analyser).



Figur 8. Flytskjema over yoghurtproduksjon av skummetmelk og kjernemelk med ulike varmebehandlinger og valgte analyser. **L**=Lav varmebehandling, 75°C, **M**=middels varmebehandling, 85°C, **H**=høy varmebeh., 95°C. **KM**=kjernemelk, **SK**=skummetmell

3.2.3 Utsyr og hygiene

Alt utsyr ble desinfisert før bruk. Tank for skumming av melken ble behandlet med fuktig damp. Spann for oppbevaring av separert skummet melk og fløte ble desinfisert i en lukket steamkasse før bruk. Ultrafiltreringsanlegget ble vasket med klor og spylt med vanndamp før konsentrering av melken. Spann for uttak av ultrafiltrert melk samt plastdunk for yoghurtbasen ved tilsetning av fløte ble behandlet med fuktig damp i en lukket steamkasse. Rørepinner, mugger og mindre gjenstander var på forhånd vasket i såpevann og deretter lagt i 0,015-0,020 % klorvann når de ikke ble brukt.

3.2.4 Tørrstoffanrikning

3.2.4.1 Ultrafiltrering

For konsentreringen av proteininnholdet i melken ble det benyttet et ultrafiltreringsanlegg av typen Alfa Lavel UFS-4 (Alfa Lavel, Naskov, Danmark) med totalt filterareal på 9,85 m². Det ble benyttet 300 liter av henholdsvis skummetmelk og kjernemelk i ultrafiltreringsanlegget hver produksjonsdag. Melken ble oppvarmet til 50 °C i en balansetank før inntapping på filteringsanlegget. I løpet av ultrafiltreringen ble temperaturen holdt på om lag 50 °C. Membrantypen som ble benyttet var en ”Spiral wound”, GR 62-6338/48P, med en porestørrelse (cut off-verdi) på 20 000 dalton. Molekyler som veiet 20 000 eller mer ble holdt tilbake i retentatet, mens mindre molekyler passerte gjennom membranen til permeatet. Prosessbetingelsene som ble brukt under filtreringen var et trykk på 2,2 bar inn og 0,9 bar ut. Permeatflux ble målt og registret. Komplette registreringer av fluksnivået og tidsbruk før oppnådd konsentrering er gjengitt i vedlegg A4.

Det ble gjort prøveuttak av melken ved bruk av 100 ml polyetylenflasker (Skala prosessteknikk, Oslo, Norge) for MilcoScan FT1TM-analyse (Foss Analytical A/S, Hillerød, Danmark) mens filtreringen pågikk for å måle økningen i proteininnhold.

Ultrafiltreringsanlegget ble stoppet da melken hadde et proteininnhold på ca. 8,5-9 %. Dette skjedde etter 30-50 minutter, avhengig av fluksen (permeatets evne til å passere membranen, liter/m²). Ved senere tilsetning av fløte gikk proteininnholdet i yoghurtbasen noe ned på grunn av utvanning, slik at mengden protein lå 0,5-1 % over 8 % ved stopp av ultrafiltreringsanlegget. Etter oppnådd innhold av 8,5-9 % protein i melken, ble retentatet overført til et 50 liters spann. Fra dette spannet ble den ultrafiltrerte skummet- og kjernemelken overført til en plastdunk for fettstandardisering (tilsetning av fløte).

3.2.4.2 Fettstandardisering

Fløte ble oppbevart ved 4 °C på kjølelageret i pilotanlegget i 30 litersspann etter separering og pasteurisering. Fra ett fløtespann ble det tilsatt utregnede mengder pasteurisert fløte til plastdunken med 50 liter ultrafiltrert skummet- og kjernemelk. Tilsetningene av fløte til plastdunken ble utført for å oppnå ønsket fettinnhold (2 %). Tilsetningen av fløte til yoghurtbasene ble også utført for å justere proteininnholdet nærmest mulig 8 %. Ved tilsetning av fløte gikk proteininnholdet noe ned i melkebasen på grunn av en økning i volum. For kontroll av fett-, protein- og tørrstoffinnholdet i den ferdige yoghurtbasen, ble det gjort prøveuttak via 100 ml polyetylenflasker (Skala prosessteknikk, Oslo, Norge) og benyttet MilcoScan™ FT1-analyse (Foss Analytical A/S, Hillerød, Danmark).

3.2.4.4 Homogenisering

Yoghurtbasene med standardisert tørrstoffinnhold ble varmet opp til 60 °C i et vannbad og homogenisert ved bruk av APV Rannie (Rannie Machine Works Ltd., Albertslund, Danmark). Trykket ved homogenisering var 180 bar.

3.2.4.5 Varmebehandling

Yoghurtbasene ble overført til en 5 liters blandebeholder av rustfritt stål med røreverk tilkoblet damp og kaldt vann. I hver av varmebehandlingstankene ble yoghurtbasene varmet opp til henholdsvis 75 °C, 85 °C og 95 °C med en holdetid på 5 minutter. Etter varmebehandling ble yoghurtbasene avkjølt til 45 °C før tapping på 0,4 liters sterile glass.

3.2.4.6 Inokulering av syrekultur

Kodede glass med yoghurtbase ble plassert i et vannbad på 43 °C med termostatkontroll i 45 minutter for temperering. Dypfrost DVS-kultur (oppbevart ved -40 °C) betegnet YoFlex Premium 1.0 fra Christian-Hansen AS (Hørsholm, Danmark) ble fylt i et sterilt glass for tining i 30 minutter. Saks ble vasket i 98 % etanol før oppklipping av syrekulturen. Syrekulturen fra Christian Hansen AS besto av bakteriene *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* og *Streptococcus thermophilus*. Glassene ble inokulert med YoFlex Premium 1.0-kultur ved bruk av pipette (140 µm), tilsvarende en podeprosent på 0,02 % (500µm/2500l).

Syrekulturen skal gi høy viskositet, lite ettersyrning samt lavt acetaldehydinnhold (Christian-Hansen AS, 2017). Yoghurtglassene ble syrnet i vannbad ved 43 °C med termostatkontroll. Vannbadet var dekket med aluminiumsfolie. Det ble etterstrebet å avslutte fermenteringen ved pH 4,6. Produktdeklarasjonen til syrekulturen spesifiserte en fermenteringstid på 6 timer til pH 4,6 ved 43 °C med en podeprosent på 0,02 % (Christian-Hansen AS, 2017). Fermenteringstiden tok om lag 7-8 timer. Etter 8 timer ble fermenteringen avsluttet ettersom pH stagnerte og ikke gikk lengre ned. Etter endt fermentering ble yoghurtglassene satt i romtemperatur i 20 minutter for stabilisering av gelen. Deretter ble yoghurtglassene satt i isvannbad og plassert på kjølelageret ved pilotanlegget på IKBM.

3.3 Analyser

3.3.1 Prøveuttak

Til hver analyse ble det benyttet et uåpnet glass med yoghurt tatt direkte ut av kjølelager (4 °C) på pilotanlegget ved IKBM. Ved analysering av organiske syrer og karbohydrater ved høytrykks væskrokromatografi (HPLC) og ved kvantifisering av flyktige komponenter ved bruk av headspace gasskromatografi (HSGC), ble det brukt gjenværende innhold i glassene som var igjen etter prøveuttak til viskositetsmålinger og sensorisk analyse, jamfør oversikt over analyser i henhold til antall glass vist i figur 8. Disse glassene ble også tatt direkte ut fra kjøletemperatur (4 °C) før analyser. Det ble tatt prøveuttak for fosfolipidanalyser av råmelk, etter ultrafiltrering og etter varmebehandling ved tre temperaturer (75 °C, 85 °C og 95 °C). For prøveuttak av råmelk samt av melk etter ultrafiltrering og varmebehandling ble det benyttet bulkotester i form av 100 ml polyetylenflasker (Skala prosesseteknikk, Oslo, Norge).

Analysene ble gjort på NMBU ved laboratoriet til forskningsgruppen for meieriteknologi og matkvalitet ved IKBM, bortsett fra fosfolipidanalyser som ble sendt eksternt til Vitas AS. Tabell 9 gir en oversikt over hvilke analyser som ble utført ved hvert prøveuttak, likt for alle blokkene. Tidspunktene for prøveuttakene av ferdig yoghurt (henholdsvis 11-12 til 15-16 dager) ble valgt fordi yoghurt normalt har en datostemplet holdbarhet på rundt 20 dager.

Tabell 9. Prøveuttak som ble utført for analyser under forsøket

Prøveuttak	pH	Protein-, fett- og tørrstoffinnhold	Organiske syrer og karbohydrater (HPLC)	Flyktige aromakomponenter (HSGC)	Viskositetsmålinger	Vannbindingsevne (water holding capacity, WHC)	Sensorisk analyse	Fosfolipider ¹
Råmelk	x	x						x
Yoghurtbase	x	x						
Etter ultrafiltrering								x
Etter varmebehandling (75°C, 85°C og 95°C)								x
24 timer yoghurt	x							
11-12 dager yoghurt							x	
15-16 dager yoghurt			x	x	x	x		

¹ Analyser av fosfolipidinnhold i yoghurtene ble utført av frosne prøveuttak

3.3.2 Kjemiske analyser

3.3.2.1 pH

Etter tre timers fermenteringstid ble det målt pH hver time til endt fermentering (pH \approx 4,6), inkludert måling av pH i yoghurt etter 24 timer. Det ble brukt pH-meteret PHM210 MeterLab (Radiometer, København, Danmark). Før målingene ble pH-meteret kalibrert med standard bufferløsninger på pH 4.0 og pH 7.0 temperert til 43 °C i vannbad. Målingene av pH ble utført ved at pH-elektroden ble ført inn i yoghurtene. Når ikke målinger ble utført sto pH-elektroden i en lagerløsning med KCl.

3.3.2.2 Høytrykks væskrokromatografi (HPLC), organiske syrer og karbohydrater

Bestemmelse av organiske syrer og karbohydrater ble utført ved hjelp av høytrykks væskrokromatografi (HPLC) etter 15 og 16 dagers lagring av yoghurtene. Analysen ble foretatt for å finne mengde av laktose, glukose og galaktose samt sitronsyre, α -ketoglutarsyre, orotinsyre, pyrodruesyre, ravsyre, melkesyre, maursyre, urinsyre, propionsyre, eddiksyre og DL-pyroglutaminsyre. Analysen ble utført etter en metode beskrevet av Grønnevik et al. (2011) med noen modifikasjoner.

For prøveopparbeidelse ble yoghurtprøvene rørt med en Omino-mikser med intensitet 4 (Broch, 350 W) i 30 sekunder ved bruk av stoppeklokke. Deretter ble det veid inn 1,00 g av yoghurtprøvene i et 10 ml rør. Prøven ble så tilsatt 2,5 ml ionebyttet vann, 200 µl 0,5 M H₂SO₄ (Merck, Tyskland) og 8 ml acetonitril (Merck). Deretter ble prøven ristet for hånd og satt i en MultiRS-60 BIOSAN vendemaskin (Montebello Diagnostics A/S, Oslo, Norge) i 30 minutter. Prøvene ble så sentrifugert ved romtemperatur i 15 minutter ved 1470 x g (3400 rpm) i en Kubota 2010 sentrifuge (Kubota Corporation, Tokyo, Japan). Supernatanten ble deretter filtrert med 0,2 µm PTFE-membran (Acrodisc CR 13 mm Syringe Filter, PALL, Storbritannia) over i et HPLC-rør (VWR, USA). 25 µl av prøven ble injisert i HPLC-instrumentet.

Etter opparbeidelse ble prøvene analysert ved hjelp av en Aminex HPX-87H kolonne (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA) 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, MA), 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), med en hastighet 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 maltose, fruktose, 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 til standardløsninger. Karbohydratene og eddiksyre ble detektert ved hjelp av en Perkin Elmer Serie 200 RI-detektor (Perkin Elmer), mens organiske syrer ble detektert ved hjelp av en Perkin Elmer Serie 200 UV/VIS-detektor (Perkin Elmer).

3.3.2.3 Headspace gasskromatografi (HSGC), flyktige komponenter

Det ble analysert for flyktige komponenter i yoghurtene etter 15 og 16 dagers lagring ved bruk av headspace gasskromatografi (HSGC). Aromakomponentene acetaldehyd, etanol, aceton, dimetylsulfid, 2-metylpropanol, diacetyl, 2-butanon, 2-butanol, etylacetat, 2-metyl-1-propanol, 3-metyl-butanal, 2-metyl-butanal, 2,3-pentadione, acetoin, 3-metyl-1-butanol og 2-metyl-1-butanol ble bestemt og kvantifisert. Yoghurtprøve ble analysert i henhold til en metode beskrevet av Grønnevik et al. (2011) med noen modifikasjoner.

Yoghurtprøvene ble for prøveopparbeidelse rørt med en Omino-mikser med intensitet 4 (Broch, 350 W) i 30 sekunder ved bruk av stoppeklokke. Etter at yoghurtprøvene var godt blandet, ble prøvene veiet opp til 10,00 g i headspace-flasker (Machery Nagel, Dueren, Tyskland). Headspace-flaskene ble forseglet med teflonbelagt septa med aluminiumring (PTFA/Si septa, Aglient 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. Som bæregass ble det benyttet helium (Aga, Norge) med en total flow på 11,1 ml/min. Vilkårene for headspaceflaskene var 60 °C med en forvarmingstid på 30 minutter. Deretter ble de mikset i 5 minutter ved setting fem. Headspaceflaskene var trykksatt til 10 PSIG i 1.50 minutter før injeksjon. Injeksjonstiden var på 1.00 minutt. 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°, 1min; 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 stasjonære fase. Identifisering og kvantifisering av de ulike forbindelsene ble gjennomført ved kalibrering med standardløsninger med kjent konsentrasjon.

3.3.2.4 Fosfolipidanalyser

Prøveuttak for fosfolipidanalyser ble gjort av råmelk, etter ultrafiltrering og etter varmebehandling (75 °C, 85 °C og 95 °C) ved hjelp av 100 ml polyetylenflasker (bulkotest) med snabel for hygienisk uttak (Skala prosessteknikk, Oslo, Norge). Etter prøveuttak ble prøvene fryst ved -40 °C ved pilotanlegget på IKBM. Etter >1 måned fryselagring ble prøvene sendt i en isbelagt isoporkasse til Vitas AS (Gaustadalléen, Oslo) med forsendelsesinformasjon for analyse.

Metodebeskrivelsen fulgte en prosedyre hvor bruk av HPLC var knyttet til ELSD (Evaporative Light Scattering Detector) (Aker, 2017). Prøvene ble nøyaktig veiet, løst opp i isopropanol, ristet og sentrifugert (5 min, 4000 g ved 10 °C). Supernatanten ble overført til nye glass. Pelleten ble vasket med isopropanol og sentrifugert (5 min, 4000 g ved 10 °C). Supernatanten fra vaskingen med isopropanol ble blandet med den første supernatanten.

Supernatanten ble fordampet til den ble tørr, oppløst i en miks av kloroform:metanol:vann og deretter analysert ved bruk av en Aglient 1000 normalfase væskechromatografi med Evaporative Light Scattering Detector (ELSD). Separasjonen var gjennomført ved bruk av en PVC-SIL-NP 250x4.6 mm HPLC-kolonne fra YMC med bruk av heksan, isopropanol, acetonitril, kloroform, MTBE, eddiksyre og vann som en mobil fase. Analysene var kalibrert mot kjente standarder fra Lipoid GMBH og Larodan SWE og ble oppgitt som g/100g prøve (Aker, 2017).

3.4 Reologi

3.4.1 Viskositetsmålinger

Viskositet (Pa*s) og skjærspenning (Pa) ble analysert som funksjon av økende skjærhastighet (1/s) gjennom en rotasjonsanalyse ved hjelp av et Paar Physica-rheometer (Physia MRC 301, Anton Paar GmbH, Graz, Østerrike) etter 15 og 16 dagers lagring. Rotasjonsanalysen skulle illustrere yoghurtprøvenes flyteegenskaper, og følgelig være et mål for utviklingen under konsum med hensyn på hvordan produktene oppleves i munn eller på skje.

Yoghurtprøvene ble rørt opp med en håndmikser med intensitet 4 (Broch, 350 W) i 30 sekunder ved bruk av stoppeklokke før analyse for standardisering. Prøvene ble analysert i et kon-plate system, hvor en konisk probe (den øvre platen) ble senket ned mot en fast plate til avstanden mellom probe og plate var 0,5 mm. Den fastsittende platen var temperert til 11 °C. Denne temperaturen ble benyttet fordi yoghurt under konsum etter en viss tid (ved romtemperatur) er ekvivalent til denne temperaturen. Yoghurt ble overført til proben med 3 ml plastpipetter, hvor tuppen var klippet av. Det ble brukt konisk probe av typen CC27/Ti (diameter 26,65) og en plate av formatet C-CC27/T200/Ti (diameter 28,926 mm).

To paralleller av hver yoghurttype (L-SK, M-SK, H-SK, L-KM, M-KM og H-KM) ble undersøkt for hver blokk/gjentak (tre gjentak). Det ble registrert målinger av 25 punkter under analyseforløpet i reometeret, hvor hvert punkt ble analysert i 10 sekunder, med verdier for temperatur, viskositet (Pa*s), skjærspenning (Pa) og skjærhastighet (1/s) i hvert punkt. Disse dataene ble brukt til å fremstille yoghurtens flyteegenskaper i form av skjærspenning (Pa) mot skjærhastighet (1/s). Dataene ga også mulighet for å framstille målt viskositet (Pa*s) mot skjærhastighet (1/s).

Verdiene for skjærspenning (Pa) og viskositet (Pa*s) ble i tillegg valgt ut ved skjærhastighet 0,01 1/s (1. målepunkt), ved skjærhastighet 1 1/s (12. målepunkt), ved skjærhastighet 10 1/s (18. målepunkt) og ved 100 1/s (25. målepunkt) for å analysere hvordan skjærspenningen og viskositeten utviklet seg i prøvene gjennom analysen, som et grunnlag for å undersøke flyteegenskapene (deformasjonen/flyten) til yoghurt under konsum. Disse skjærhastighetene (1/s) ble valgt fordi uttakene er passende intervaller mellom målepunkt 1 og 25. Data ble behandlet med programvaren US RheoPlus/32 V3.40 (Anton Paar GmbH). Tabell 10 gir en oppsummering av betingelsene som ble benyttet ved reologimålingene.

Tabell 10. Betingelser ved utførte reologianalyser (Physia MRC 301, Anton Paar GmbH).

Målepunkter	1-25
Skjærhastighet (1/s)	0,01-100
Tid (sek) i hvert målepunkt	10
Temperatur (°C)	11
Målingssystem	Kon-plate system (rotasjonsanalyse), CC27/TI-SN4106

3.4.2 Vannbindingsevne og myseutskillelse

Vannbindingsevnen og myseutskillelsen i yoghurtene ble målt etter 15 og 16 dagers lagring i henhold til en metode utført av Zhang, Folkenberg, Amigo & Ipsen (2016) med noen modifikasjoner. Yoghurtprøvene ble rørt med en håndmikser med intensitet 4 (Broch, 350 W) i 30 sekunder før prøveopparbeidelse. 30 g opprørt yoghurt ble målt i sentrifugerør av plast (diameter 55 mm, høyde 120 mm) og sentrifugert ved 500 x g ved 4 °C i 20 minutter (Sorvall RC 5B Plus). Etter sentrifugering ble separert myse (supernatanten) helt av og veid i tomme rør og gitt som prosentvis vannbindingsevne (w/w) av yoghurtprøvene (gjennomsnitt av to paralleller). Formelen benyttet for utregnet vannbindingsevne (%) er gitt ved:

$$\text{Vannbindingsevne (\%)} = 1 - \frac{\text{gram myse etter sentrifugering}}{30 \text{ gram (mengde yoghurtprøve)}} \times 100 \%$$

Myseutskillelsen (gram) ble også regnet ut ved gjennomsnittet av to paralleller. Formelen som ble benyttet for utregning av mengde myseutskillelse (gram):

$$\text{Myseutskillelse (g)}: \quad \frac{\text{gram myse etter sentrifugering}}{30 \text{ gram (mengde yoghurtprøve)}}$$

3.5 Sensorisk analyse

Det ble foretatt tre omganger av sensoriske analyser av yoghurt som var lagret i 11 eller 12 dager. Den sensoriske analysen ble utført i form av en profileringstest av seks typer yoghurt (pluss en referanseprøve). Analysene ble gjennomført i sensorikklaboratoriet på IKBM. Analysene ble foretatt ved at dommerne satt i separate båser, med romtemperert vann og spyttbakker. Den sensoriske analysen fulgte øvrige retningslinjer for farge, lys, innredning, luktfuktighet og temperatur i rommet gitt av Strandos (2015). Dommerpanelet besto av 7-9 personer, som inkluderte ansatte og studenter på matvitenskap. De ansatte (n=4), tilknyttet meieriteknologi og matvitenskap ved NMBU, hadde relativt god erfaring med bedømmelse av yoghurt. Ulike dommere bedømte yoghurtene de tre gangene. Fire av dommerne var med alle ganger.

Før den sensoriske analysen ble yoghurtene rørt opp med en håndmikser med intensitet 4 (Broch, 350 W) i 30 sekunder. Yoghurtene hadde stått i romtemperatur i omtrent 15 minutter før dommerne startet analysen. Dommerne smakte først på en gresk yoghurt fra Synnøve

Finden med 2 % fett og 8,3 % protein som en referanse. Yoghurtenes konsistens- og smaksmessige profileringssegenskaper ble diskutert i fellesskap blant dommerne for å bli enige om samme bruk av skalaen. For den sensoriske analysen ble det benyttet et skjema hvor ulike egenskaper ble bedømt fra 1-7, fra lav til høy intensitet (vedlegg A5). De sensoriske egenskapene dommerne analyserte for var viskositet, trådtrekkende konsistens, munnfølelse/kremet smak, fnokker, sur smak, bismak, glatthet og melen/tørr. Dommerne smakte og kjente på yoghurtene med separate skjeder som ble plassert i yoghurtene. Yoghurtene ble kodet med en tresifret kodet i henhold til en randomisert rekkefølge av tre prøver eller flere gitt i Lawless & Heymann (2010).

3.6 Statistisk analyse

For å undersøke effekten av blokk (gjentak), råstoff (skummetmelk og kjernemelk) og varmebehandling (75°C, 85°C og 95°C, 5 min) med hensyn på kjemiske, reologiske og sensoriske analyser, ble det utført en variansanalyse i form av ANOVA, lineær modell type 2, i statistikkprogrammet R Commander versjon 3.3.2 (©2016 The R Foundation for Statistical Computing, Wien, Østerrike). Modellen som ble brukt var følgende:

$$Y_{ijk} = \eta + \beta_i + \tau_j + \gamma_k + \tau\gamma_{jk} + \epsilon_{ijk},$$

der Y_{ijk} er responsene som ble undersøkt med forsøksfaktorene blokk, råstoff, varmebehandling og interaksjonseffekten av råstoff*varmebehandling, η =gjennomsnittlig respons, β_i =blokk ($i=1-3$), τ_j =råstoff ($j=1-2$), γ_k =varmebehandling ($k=1-3$), $\tau\gamma_{jk}$ =interaksjonseffekten av råstoff*varmebehandling og ϵ_{ijk} =uforklart variasjon.

Nullhypotese (H_0), med utgangspunkt i at forsøksfaktorene ikke hadde effekt på kvaliteten til yoghurtprøvene, ble testet mot alternativ hypotese (H_1), altså at noen av forsøksfaktorene hadde effekt på kvaliteten til yoghurtprøvene. Hypotesen ble testet på 5 % signifikansnivå (forkastningsnivå). Forsøksfaktorer som fører til at yoghurtprøvene er forskjellige fra et nivå til et annet vil oppnå en verdi av $p < 0,05$. Ved en p -verdi under 0,05 kan nullhypotesen forkastes med 95 % sikkerhet, og det kan følgelig konkluderes med at det er signifikant effekt av forsøksfaktoren. Ulike signifikansnivå er oppgitt i resultatdelen fra den statistiske analysen, og gir henholdsvis 95 % (+), 99 % (++) og 99,9 % (+++) sikkerhet for at forsøksfaktorene har påvirkning på resultatene. Disse plusstegnene er oppgitt i tabellene for å vise at det er en økende sannsynlighet for påvirkning i takt med antall tegn. R^2 -verdier er

oppgitt for å forklare hvor mye av variasjonen som er forklart. Disse korrelasjonsverdiene går fra 0,00-1,00. Jo høyere en R^2 -verdi er, desto mer av variasjonen kan forklares.

I tilfeller med signifikante forskjeller ($p < 0,05$) mellom forsøksfaktorene blokk og varmebehandling, ble disse forskjellene rangert ved hjelp av Turkeys (HSD) parvise sammenligningstest i R Commander. Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom responsvariablene, hvor a er høyest nivå og d er lavest nivå.

Ved analyser av organiske syrer og karbohydrater, flyktige komponenter og ved sensorisk profilering, ble det benyttet prinsippal komponent analyse (PCA) for å kartlegge innholdet og sammenhengene mellom disse komponentene og yoghurtprøvene (The Unscrambler®X V10.4.4, CAMO Software AS, Oslo, Norge). I PCA-analysene har parametere som ligger nærme hverandre en sammenheng med hverandre, mens parametere nær origo antas å ha liten innvirkning på resultatene. For de kjemiske analysene var kun de signifikante faktorene inkludert i plottene for å for å oppnå en høyere forklaringsandel fra PC1 og PC2. Ved PCA-analysene av de kjemiske komponentene ble variablene vektet ved at de ble delt på standardavviket. For den sensoriske profileringen ble ikke dette premisset utført på grunn av at skalalengden til variablene var identiske. Ved fremstilling av viskositetskurver ble det benyttet programvaren Post4 (abc-library, tilgjengelig på blueshift.ife.no).

4.0 Resultater

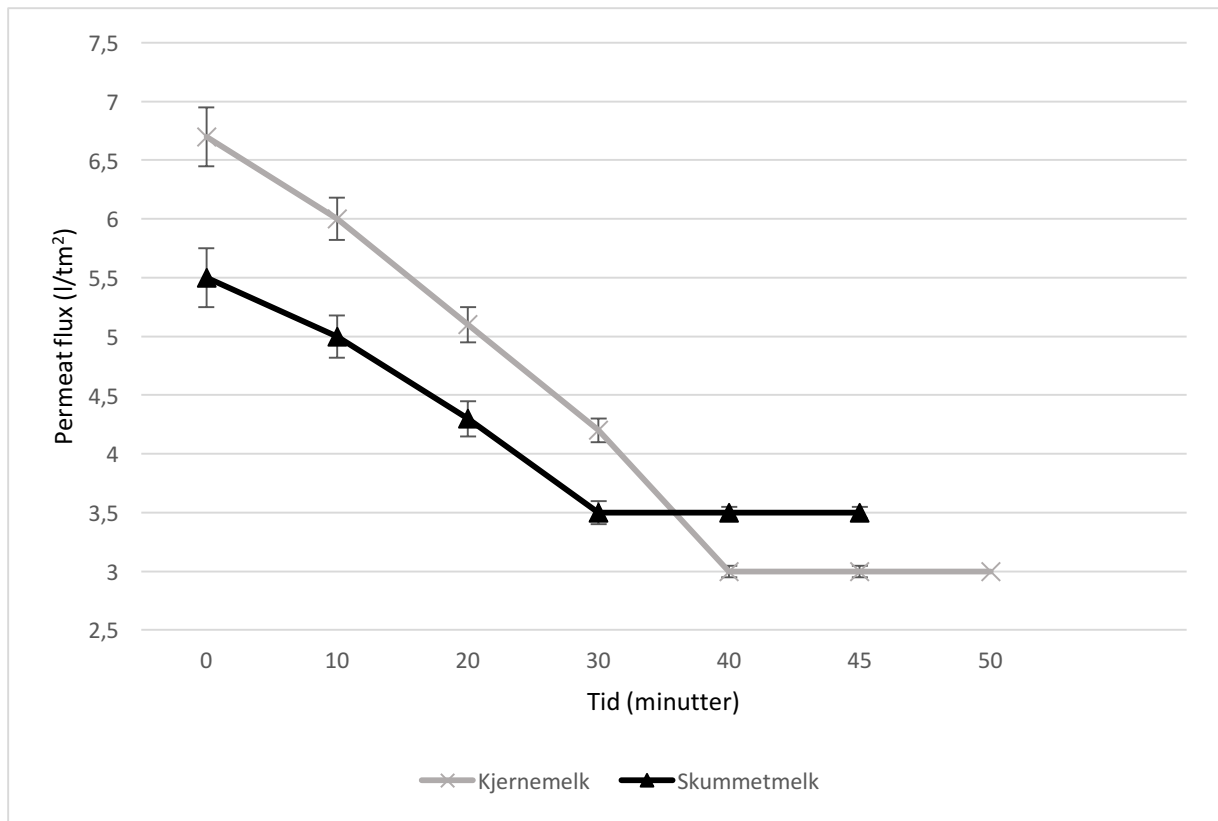
Forsøkene ble utført for å undersøke om yoghurt laget av ultrafiltrert kjernemelk (med et proteininnhold på 8 % og et fettinnhold på 2 %) ga signifikante forskjeller sammenlignet med kontroll-yoghurter laget av ultrafiltrert skummetmelk (tilsvarende protein- og fettinnhold) med hensyn på kjemiske, funksjonelle og sensoriske egenskaper. Det ble gjennomført statistiske analyser av alle resultatene, hvor effekt av blokk, råstoff (kjernemelk og skummetmelk), varmebehandling (75 °C, 85 °C eller 95 °C) og interaksjon mellom råstoff og varmebehandling ble testet. De viktigste resultatene fra analysene som ble utført presenteres i dette kapitlet. Rådataene er tilgjengelig under vedlegg B1-B10.

4.1 Kjemiske resultater

Det ble gjennomført kjemiske analyser for å undersøke sammensetning av yoghurtbasene, pH-utvikling under syrning samt nivåer av organiske syrer, karbohydrater og flyktige komponenter i ferdiglaget yoghurt. Kvantifisering av fosfolipidinnholdet i kjernemelk og skummetmelk i rå melk, etter membranfiltrering samt etter varmebehandling ble også utført. Resultater fra de kjemiske analysene er presentert under 4.1.1, 4.1.2, 4.2, 4.2.1, 4.2.2, 4.3 og 4.4.

4.1.1 Permeatflux ved ultrafiltrering

I forsøket ble det målt permeatflux mens membranfiltreringen pågikk. Flux er mengden væske som passerer membranen per tid og overflate (l/tm^2). Flux som ble registrert i permeatet kan vise effektiviteten av filtreringen. Figur 9 viser permeatflux ved ultrafiltrering av kjernemelk og skummetmelk.

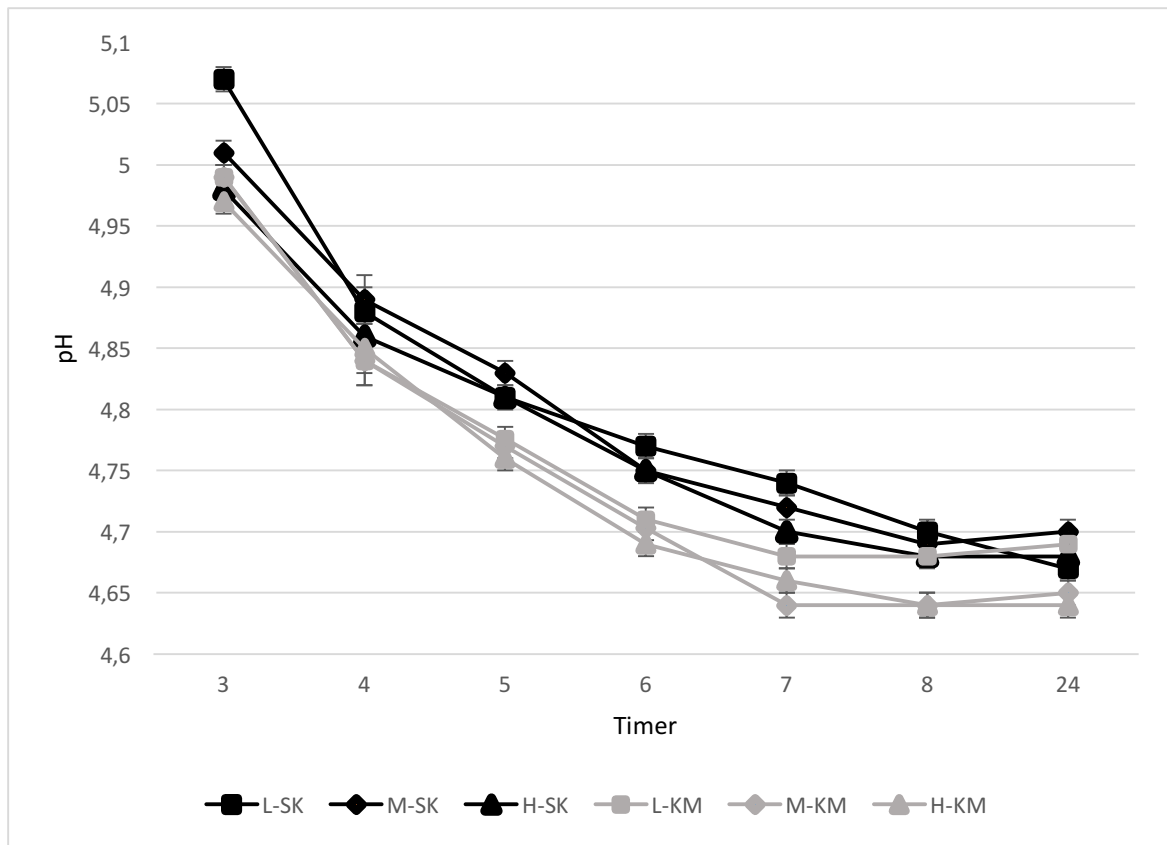


Figur 9. Permeatflux (l/tm²) ved ultrafiltrering av kjernemelk og skummetmelk. Figuren viser gjennomsnittlige verdier av tre gjentak (\pm SD).

Startfluxen var ulik mellom kjernemelk og skummetmelk. Kjernemelk hadde en høyere startflux enn skummetmelk ved filtreringsstart, med over 1 l/tm² høyere flux enn skummetmelk. Etter rundt 30 minutter flatet permeatfluxen ut ved bruk av skummetmelk, og etter omtrent 40 minutter flatet fluxen ut ved bruk av kjernemelk. Konsentreringen av proteininnholdet i melken skjedde 5-10 minutter raskere ved bruk av skummetmelk enn ved kjernemelk.

4.1.2 pH-målinger

Det ble utført målinger av pH i yoghurtbasene under fermentering samt av ferdiglaget yoghurt etter 24 timer. Første målepunkt under fermenteringen var etter tre timer. Utviklingen av pH, basert på gjennomsnittsverdier fra de tre blokkene, er vist i figur 10. Standardavvik er inkludert i figuren.



Figur 10. Utviklingen av pH i yoghurt under syring og etter 24 timer. Figuren viser gjennomsnitt av tre gjentak (\pm SD). L-SK: lav varmebehandling, 75°C, skummetmelk, M-SK: middels varmebehandling, 85°C, skummetmelk, H-SK: høy varmebehandling, 95°C, skummetmelk, L-KM: lav varmebehandling, 75°C, kjernemelk, M-KM: middels varmebehandling, 85°C, kjernemelk, H-KM: høy varmebehandling, 95°C, kjernemelk.

Figur 10 viser at pH sank gjennom fermenteringsforløpet. Yoghurt laget av kjernemelk tenderte til å ha en noe raskere pH-nedgang målt mellom 3 og 24 timer fra syring sammenlignet med yoghurt laget av skummetmelk som råstoff. Samtlige yoghurter hadde en pH mellom 4,64 og 4,7 etter endt fermentering (8 timer) og etter 24 timer. Samlet sett hadde yoghurt laget av kjernemelk en noe lavere pH-verdi etter 8 og 24 timer enn yoghurt laget av skummetmelk. Denne pH-forskjellen var signifikant etter 8 og 24 timer ($p > 0,05$) mellom kjernemelk og skummetmelk.

Yoghurtprøvene som var lavt varmebehandlet (75 °C), både av kjernemelk og skummetmelk, tenderte til å ha en noe høyere pH etter 8 timer enn yoghurtprøver som var varmebehandlet ved 85 °C og 95 °C. Denne forskjellen var signifikant for yoghurt laget av skummetmelk varmebehandlet ved 75 °C i forhold til 95 °C etter 8 og 24 timer i ferdig yoghurt ($p > 0,05$), men ikke ved 75 °C vs. 85 °C. For yoghurt laget av kjernemelk var også forskjellen i pH kun signifikant når det gjaldt varmebehandling ved 75 °C i forhold til 95 °C ved 8 og 24 timer ($p > 0,05$).

4.1.3 Organiske syrer og karbohydrater

Det ble foretatt HPLC-analyser av yoghurtene for å undersøke nivåer av organiske syrer og karbohydrater. Tabell 11 gir en oversikt over den statistiske behandlingen av innholdet av organiske syrer i yoghurtprøvene. Det ble ikke detektert ravsyre og DL-pyroglumatminsyre fra analysene. Disse er dermed ikke tatt med i den statistiske behandlingen eller i presentasjonen av resultatene.

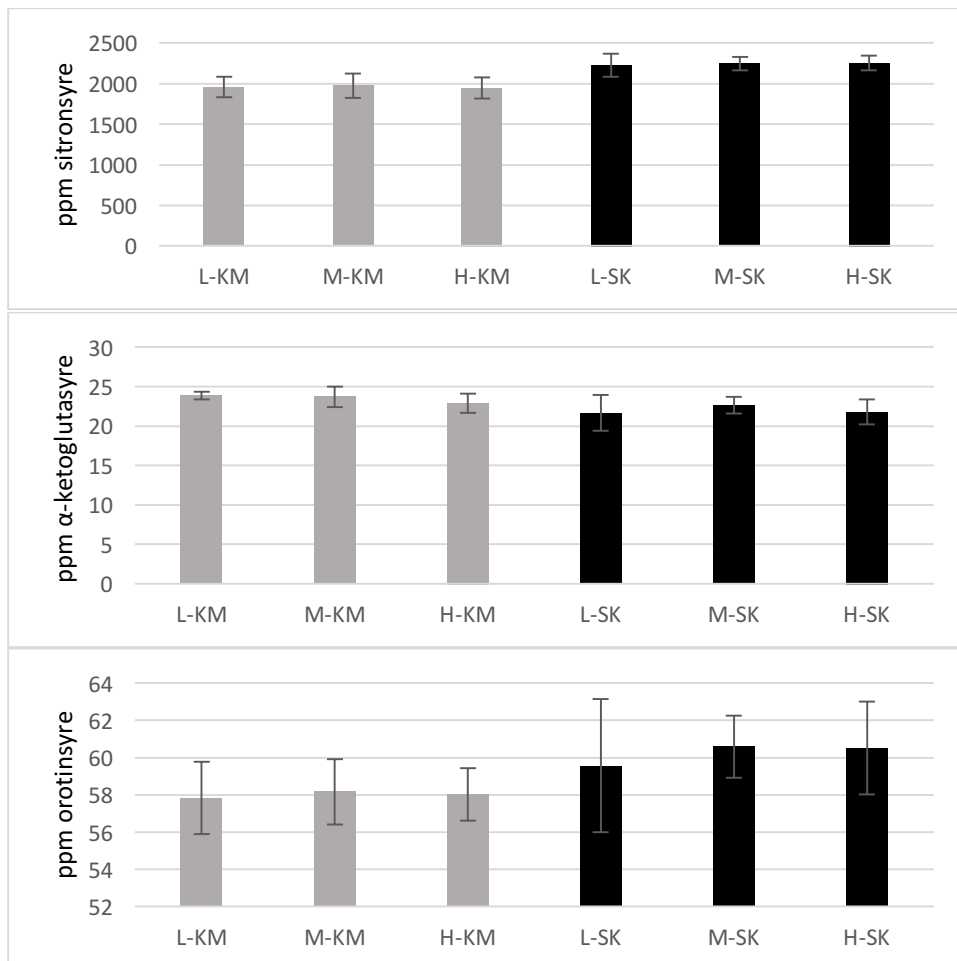
Tabell 11. Statistiske resultater av innholdet av organiske syrer i yoghurt. Tabellen viser signifikante effekter av blokk, råstoff, varmebehandling og interaksjon mellom råstoff og varmebehandling. Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom responsvariablene, hvor a er høyest nivå og b er lavest nivå. Signifikante effekter er gitt som +=p<0,05, ++=p<0,01 og +++ = p<0,001. NS = ikke-signifikant.

Organiske syrer	Signifikans				
	Blokk	Råstoff	Varmebehandling	Råstoff *varmebehandling	R ²
Sitronsyre	+++ 1: a 2: b 3: a	+++ SK: a KM: b	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,95
a-ketoglutarsyre	NS 1: a 2: a 3: a	+ KM: a SK: b	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,38
Orotinsyre	+ 1: a 2: ab 3: b	+ SK: a KM: b	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,45
Pyrodruesyre	++ 1: b 2: a 3: b	+++ SK: a KM: b	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,78
Maursyre	NS 1: a 2: a 3: a	++ KM: a SK: b	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	+	0,60
Melkesyre	NS 1: a 2: a 3: a	+ SK: a KM: b	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	+	0,86
Eddiksyre	NS 1: a 2: a 3: a	NS KM: a SK: a	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,34
Urinsyre	+++ 1: a 2: b 3: c	+++ SK: a KM: b	+ 75°C: b 85°C: ab 95°C: a	NS	0,93

SK=skummetmelk, KM=kjernemelk

Resultatene fra den statistiske behandlingen viste at råstoff hadde størst signifikant påvirkning for innholdet av organiske syrer i ferdig yoghurt. Det var et signifikant høyere innhold av sitronsyre, orotinsyre, pyrodruesyre, urinsyre og melkesyre i yoghurt laget av skummetmelk, mens det var et signifikant høyere innhold av α -ketoglutaratsyre og maursyre i yoghurt produsert av kjernemelk. Faktoren blokk har også en signifikant innvirkning på innholdet av sitronsyre, orotinsyre, pyrodruesyre og urinsyre i yoghurt. Varmebehandling hadde ingen signifikant effekt på innholdet av noen av de organiske syrene i yoghurten. Interaksjonen mellom varmebehandling og råstoff var kun signifikant for innholdet av maursyre og melkesyre.

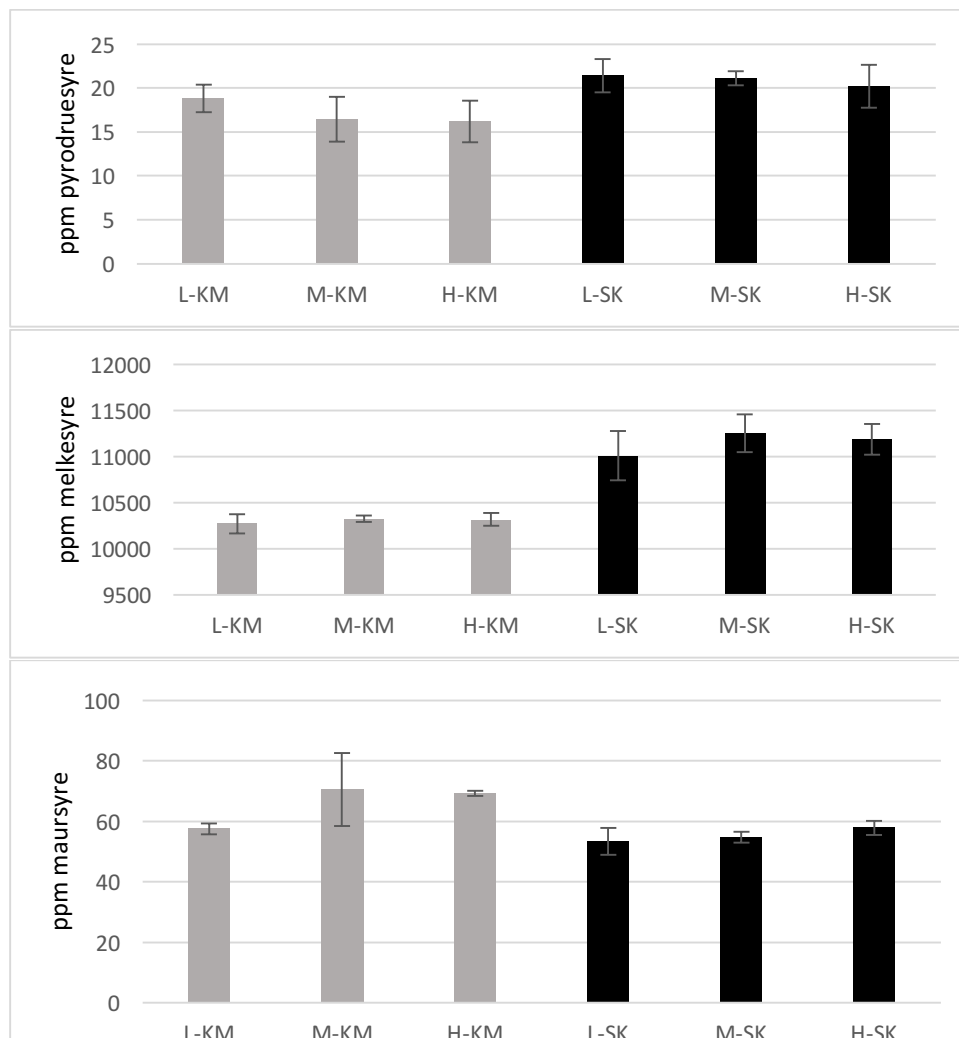
Figur 11 og 12 gir en gjennomgang av innholdet av de ulike organiske syrene i ferdig yoghurt. Kun signifikante organiske syrer er vist i disse stolpediagrammene. Innholdet av sitronsyre, α -ketoglutaratsyre og orotinsyre er presentert i figur 11. Merk ulik skala på y-aksen.



Figur 11. Gjennomsnittlig konsentrasjon av sitronsyre, α -ketoglutaratsyre og orotinsyre i yoghurt ($n=3$ blokker, \pm SD). L-KM: lav varmebehandling, 75°C, kjernemelk, M-KM: middels varmebehandling, 85°C, kjernemelk, H-KM: høy varmebehandling, 95°C, kjernemelk. L-SK: lav varmebehandling, 75°C, skummetmelk, M-SK: middels varmebehandling, 85°C, skummetmelk, H-SK: høy varmebehandling, 95°C, skummetmelk.

Av figur 11 vises det at yoghurt laget av skummetmelk hadde et signifikant høyere innhold av sitronsyre (omkring 2250 ppm) sammenlignet kjernemelkyoghurt (rundt 1950 ppm). Yoghurt laget av kjernemelk hadde et nivå av sitronsyre som er i underkant av 2000 ppm. Innholdet av a-ketoglutaratsyre var signifikant høyere i yoghurt laget av kjernemelk (ca. 23 ppm) enn yoghurt fremstilt av skummet melk (rundt 21 ppm). Signifikante forskjeller ble også påvist mellom yoghurtene med hensyn på nivået av orotinsyre: Nivået av orotinsyre var signifikant høyere i yogurt laget av skummetmelk (verdier rundt 60 ppm) enn i yoghurt fremstilt av kjernemelk, men hadde også et gjennomsnittelig større standardavvik (større forskjell i innhold mellom hver blokk).

Innholdet av pyrodruesyre, melkesyre og maursyre i yoghurtprøvene er presentert i figur 12.



Figur 12. Gjennomsnittlig konsentrasjon av pyrodruesyre, melkesyre og ravsyre (n=3 blokker, \pm SD). L-KM: lav varmebehandling, 75°C, kjernemelk, M-KM: middels varmebehandling, 85°C, kjernemelk, H-KM: høy varmebehandling, 95°C, kjernemelk. L-SK: lav varmebehandling, 75°C, skummetmelk, M-SK: middels varmebehandling, 85°C, skummetmelk, H-SK: høy varmebehandling, 95°C, skummetmelk

Nivået av pyrodruesyre var signifikant høyere i yoghurt laget av skummet melk enn kjernemelk, med verdier over 20 ppm. Videre hadde yoghurt laget av kjernemelk et innhold av pyrodruesyre i området 16-18,83 ppm, et signifikant høyere nivå enn i yoghurt fremstilt av skummet melk. Samlet sett hadde yoghurt laget av skummetmelk et noe mindre standardavvik mellom gjentakene (blokkene). Innholdet av melkesyre var signifikant høyere i yoghurt laget av skummet melk, med verdier over 11000 ppm, sammenlignet med yoghurt laget av kjernemelk, med nivåer av melkesyre rundt 10300 ppm. Standardavvikene var imidlertid større i yoghurtprøvene laget av skummetmelk. Innholdet av maursyre var gjennomgående høyere (signifikant) i yoghurt fremstilt med kjernemelk (verdier mellom 57-69 ppm) sammenlignet med yoghurt laget av skummetmelk (verdier fra 53-57 ppm). Standardavviket mellom gjentakene var imidlertid stort for prøven M-KM.

Tabell 12 viser statistiske resultater fra analysene av innholdet av karbohydrater (laktose, glukose og galaktose) i yoghurten.

Tabell 12. Statistiske resultater av innholdet av karbohydrater (laktose, glukose og galaktose) i yoghurt. Tabellen viser signifikante effekter av blokk, råstoff, varmebehandling og interaksjon mellom råstoff og varmebehandling. Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom responsvariablene, hvor a er høyest nivå og b er lavest nivå. Signifikante effekter er gitt som + = $p < 0,05$, ++ = $p < 0,01$ og +++ = $p < 0,001$. NS = ikke-signifikant.

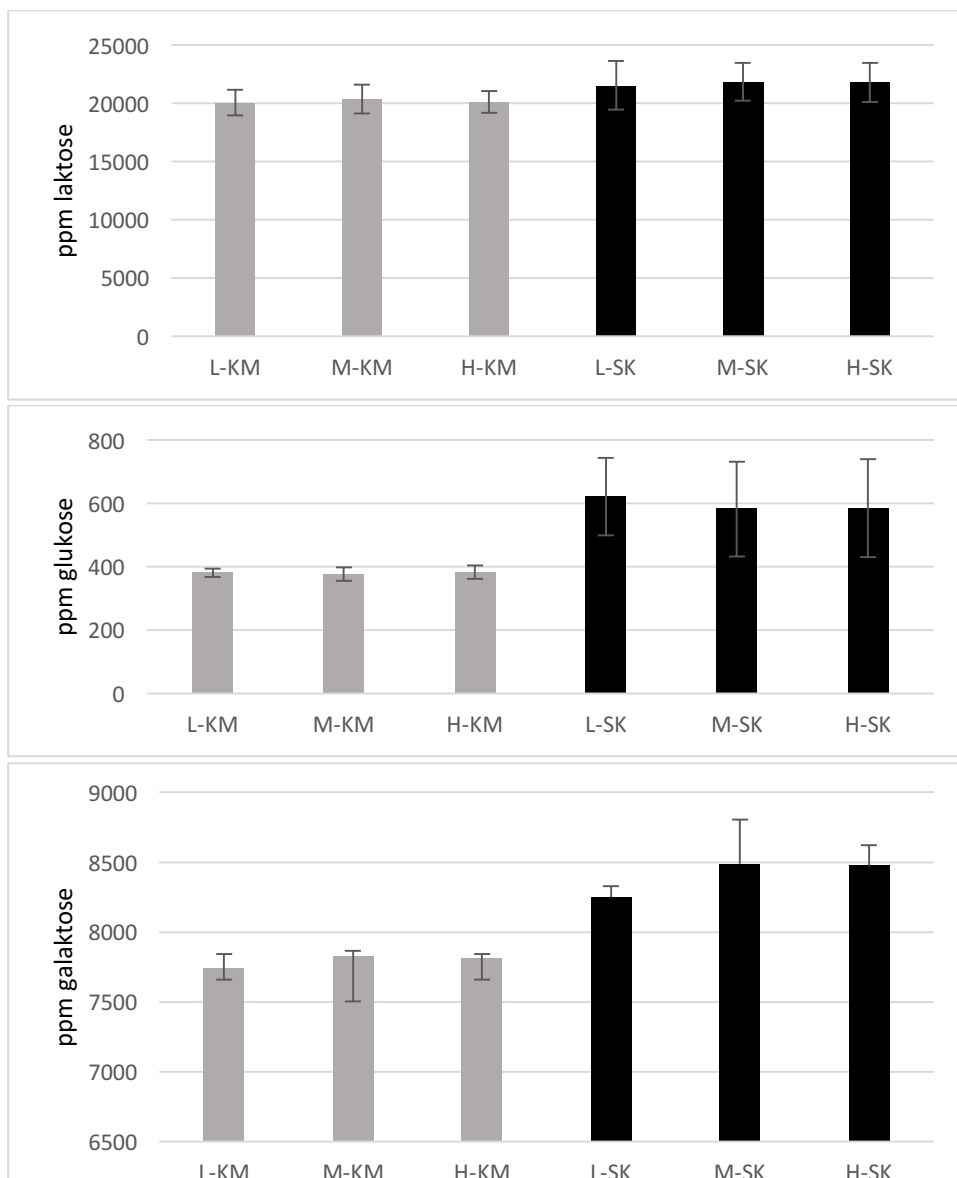
Karbohydrater	Signifikans				
	Blokk	Råstoff	Varmebehandling	Råstoff *varmebehandling	R ²
Laktose	+++ 1: a 2: b 3: a	+++ SK: a KM: b	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,80
Glukose	++ 1: b 2: a 3: b	++ SK: a KM: b	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,71
Galaktose	NS 1: a 2: a 3: a	+++ SK: a KM: b	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	+	0,79

SK=skummetmelk, KM=kjernemelk

Tabellen viser at blokk har hatt en signifikant innvirkning på innholdet av laktose og glukose i ferdig yoghurt. Det kan imidlertid ikke observeres noen tydelig trend om hvordan innholdet av disse karbohydratene varierte mellom gjentakene. Råstoff har hatt en signifikant påvirkning på innholdet av både laktose, glukose og galaktose, hvor yoghurt laget av

skummet melk hadde signifikant høyere innhold av disse karbohydratene sammenlignet med yoghurt fremstilt av kjernemelk. Varmebehandling hadde ikke noen signifikant innvirkning på karbohydratinnholdet. Interaksjonen mellom varmebehandling og råstoff viste kun signifikans ved innholdet av galaktose, der yoghurt av skummetmelk ved alle varmebehandlinger hadde et signifikant høyere nivå av galaktose enn yoghurt av kjernemelk. Innholdet kan synes å gå opp ved høyere varmebehandling.

Innholdet av laktose, glukose og galaktose i yoghurtprøvene er vist i form av stolpediagram i figur 13. Merk ulik skala på y-aksen.

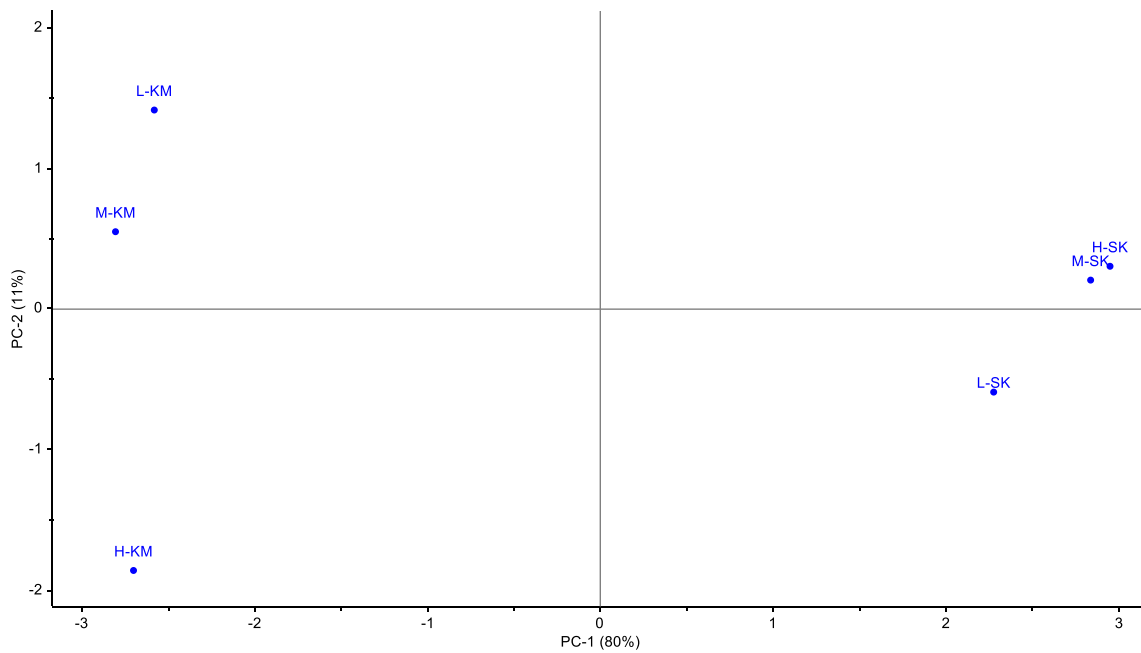


Figur 13. Gjennomsnittlig konsentrasjon av laktose, glukose og galaktose i yoghurt (n=3 blokker, \pm SD). L-KM: lav varmebehandling, 75°C, kjernemelk, M-KM: middels varmebehandling, 85°C, kjernemelk, H-KM: høy varmebehandling, 95°C, kjernemelk. L-SK: lav varmebehandling, 75°C, skummetmelk, M-SK: middels varmebehandling, 85°C, skummetmelk, H-SK: høy varmebehandling, 95°C, skummetmelk

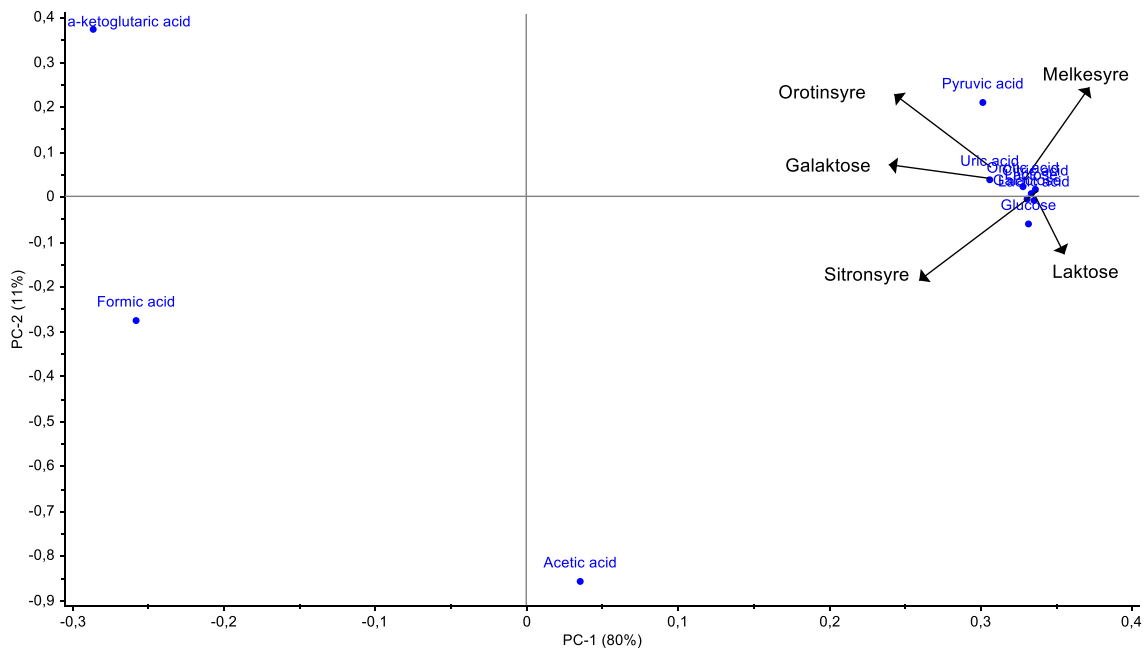
Det var signifikante forskjeller i innholdet av laktose, glukose og galaktose i ferdig yoghurt. Figuren viser at innholdet av laktose var signifikant høyere i yoghurt laget av skummetmelk sammenlignet med yoghurt fremstilt av kjernemelk. Standardavviket mellom gjentakene var imidlertid høyere i yoghurtprøvene laget av skummetmelk enn i yoghurt av kjernemelk. Resultatene viste at innholdet av glukose var signifikant høyere i yoghurt laget av skummetmelk (med verdier rundt 600 ppm) sammenlignet med yoghurt fremstilt av kjernemelk. Standardavvikene var betydelig høyere i yoghurtene laget av skummetmelk enn hos yoghurt fremstilt av kjernemelk, noe som indikerer en større variasjon mellom blokkene for skummetmelk-yoghurt. Innholdet av galaktose var signifikant høyere i yoghurt laget av skummetmelk, med verdier over 8000 ppm. Yoghurt fremstilt av kjernemelk hadde nivåer av galaktose rundt 7800 ppm.

I figur 14 presenteres score- og loadingsplott (PCA-plott) av yoghurtprøvene og de organiske syrene og karbohydratene som ble signifikant påvirket.

(a)



(b)



Figur 14. PCA-plott over signifikante organiske syrer og karbohydrater i yoghurtprøvene. Figuren viser gjennomsnittlige verdier av tre gjentak. Plott (a) og (b) viser sammenhengen mellom yoghurtprøver og nivået av de organiske syrene og karbohydratene: scoreplottet (a) viser yoghurtprøvene, mens loadingsplottet (b) viser de organiske syrene og karbohydratene som ble signifikant påvirket. L-KM: lav varmebehandling, 75°C, kjernemelk, M-KM: middels varmebeh., 85°C, kjernemelk, H-KM: høy varmebeh., 95°C, kjernemelk. L-SK: lav varmebeh., 75°C, skummetmelk, M-SK: middels varmebeh., 85°C, skummetmelk, H-SK: høy varmebeh., 95°C, skummetmelk.

PCA-plottene viser at PC-1 forklarer 80 % av variasjonen langs x-aksen. Totalt forklares 91 % av variasjonen i materialet i disse PCA-plottene. Langs PC-1-aksen synliggjøres forskjellene i yoghurtprøvenes innhold av organiske syrer. Det er et høyere innhold av sitronsyre, orotinsyre, pyrodruesyre, urinsyre og melkesyre i yoghurt laget av skummetmelk, hvilket plasserer disse organiske syrene og yoghurtprøvene laget av skummetmelk til høyre i plottene både i (a) og i (b). PC-2 forklarer 11 % av variasjonen langs y-aksen. Yoghurtene laget av kjernemelk er gruppert sammen med a-ketoglutarsyre og ravsyre til venstre i plott (a) og (b), og peker i retning av et høyere innhold av disse syrene i kjernemelk-yoghurtene sammenlignet med yoghurt fremstilt av skummet melk. Det er også en sammenheng mellom et høyere nivå av laktose, glukose og galaktose i yoghurt laget av skummetmelk sammenlignet med yoghurtprøver fremstilt avkjernemelk .

4.1.4 Flyktige komponenter

Det ble foretatt HSGC-analyser av yoghurtene for å undersøke nivået av flyktige komponenter. Tabell 13 viser statistiske resultater fra analyseresultatene. Det ble ikke detektert 2,3-pentadion fra analysene.

Tabell 13. Statistiske resultater av flyktige komponenter i yoghurt. Tabellen viser signifikante effekter av blokk, råstoff, varmebehandling og interaksjon mellom råstoff og varmebehandling. Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom responsvariablene, hvor a er høyest nivå og b er lavest nivå. Signifikante effekter er gitt som +=p<0,05, += p<0,01 og +++= p<0,001. NS = ikke-signifikant.

Flyktige komponenter	Signifikans				
	Blokk	Råstoff	Varmebehandling	Råstoff *varmebehandling	R ²
Acetaldehyd	NS 1: a 2: a 3: a	+++ KM: a SK: b	+++ 75°C: b 85°C: a 95°C: a	+++	0,95
Etanol	NS 1: a 2: a 3: a	NS KM: a SK: a	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,04
Aceton	NS 1: a 2: a 3: a	+++ KM: a SK: b	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	+	0,90
Diacetyl	+ 1: a 2: b 3: ab	++ KM: a SK: b	+ 75°C: a 85°C: b 95°C: b	+	0,66
2-butanon	NS 1: a 2: a 3: a	NS KM: a SK: a	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,21
Acetion	NS 1: a 2: a 3: a	+++ SK: a KM: b	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	+	0,73

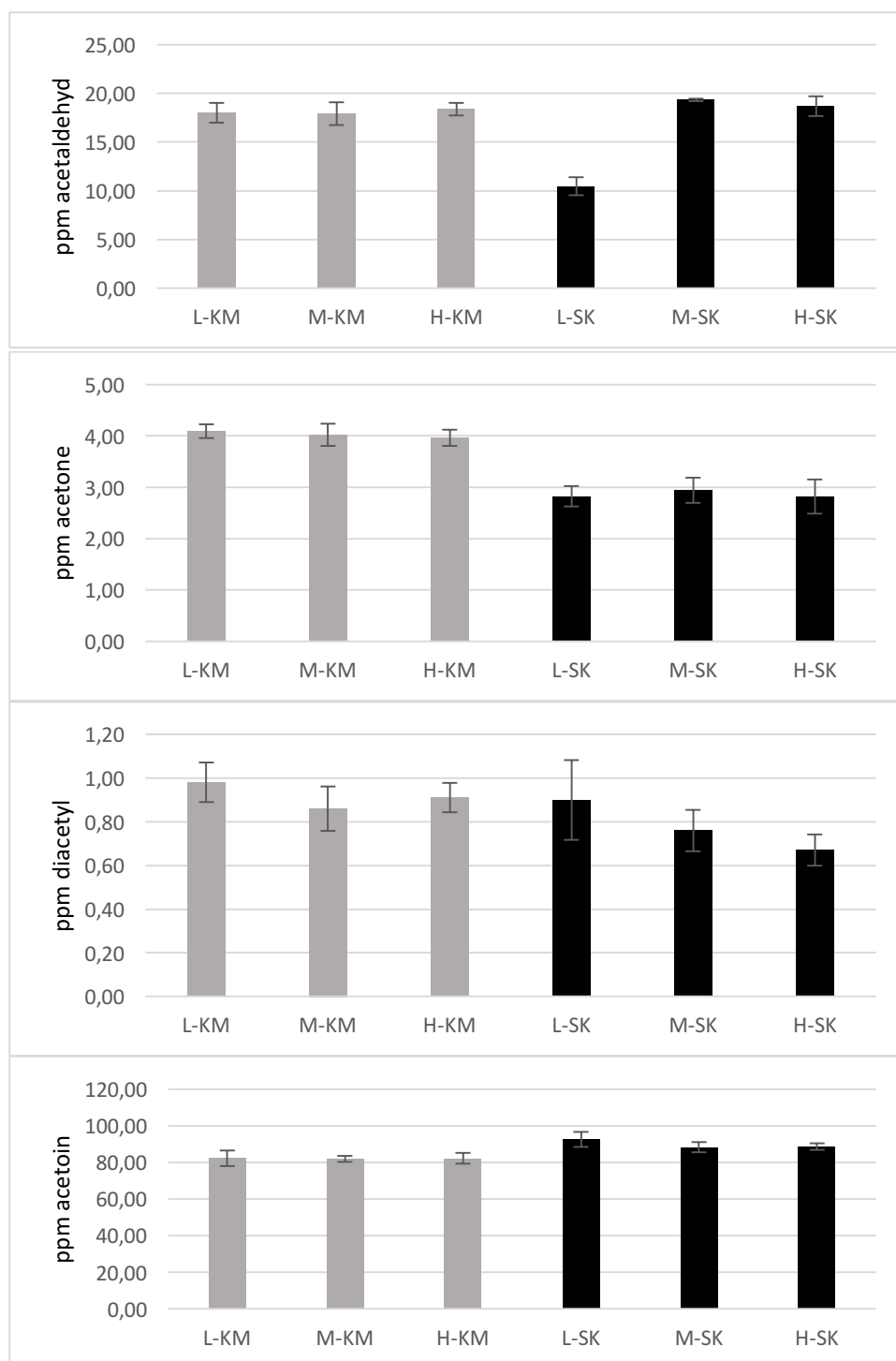
SK=skummetmelk, KM=kjernemelk

Tabellen viser at blokk hadde minimal innvirkning på innholdet av de flyktige komponentene i yoghurtene. Innholdet av acetaldehyd, aceton og diacetyl var signifikant høyere i yoghurt laget av kjernemelk sammenlignet med skummet melk. Innholdet av acetion var signifikant høyere i yoghurt fremstilt av skummetmelk enn i yoghurt laget av kjernemelk.

Varmebehandling hadde kun signifikant effekt på innholdet av acetaldehyd og for innholdet av diacetyl i yoghurtene, uavhengig av råstoff. Interaksjonseffekten mellom varmebehandling og råstoff var signifikant for innholdet av acetaldehyd, aceton, diacetyl og acetoin.

Innholdet av acetaldehyd, acetone, diacetyl og acetoin i yoghurtprøvene er vist i figur 15.

Disse flyktige komponentene som blir presentert viser signifikante effekter mellom prøvene.



Figur 15. Gjennomsnittlig konsentrasjon av acetaldehyd, acetoin, diacetyl og acetoin (n=3 blokker, \pm SD). L-KM: lav varmebehandling, 75°C, kjernemelk, M-KM: middels varmebehandling, 85°C, kjernemelk, H-KM: høy varmebehandling, 95°C, kjernemelk. L-SK: lav varmebeh., 75°C, skummetmelk, M-SK: middels varmebeh., 85°C, skummetmelk, H-SK: høy varmebeh., 95°C, skummetmelk.

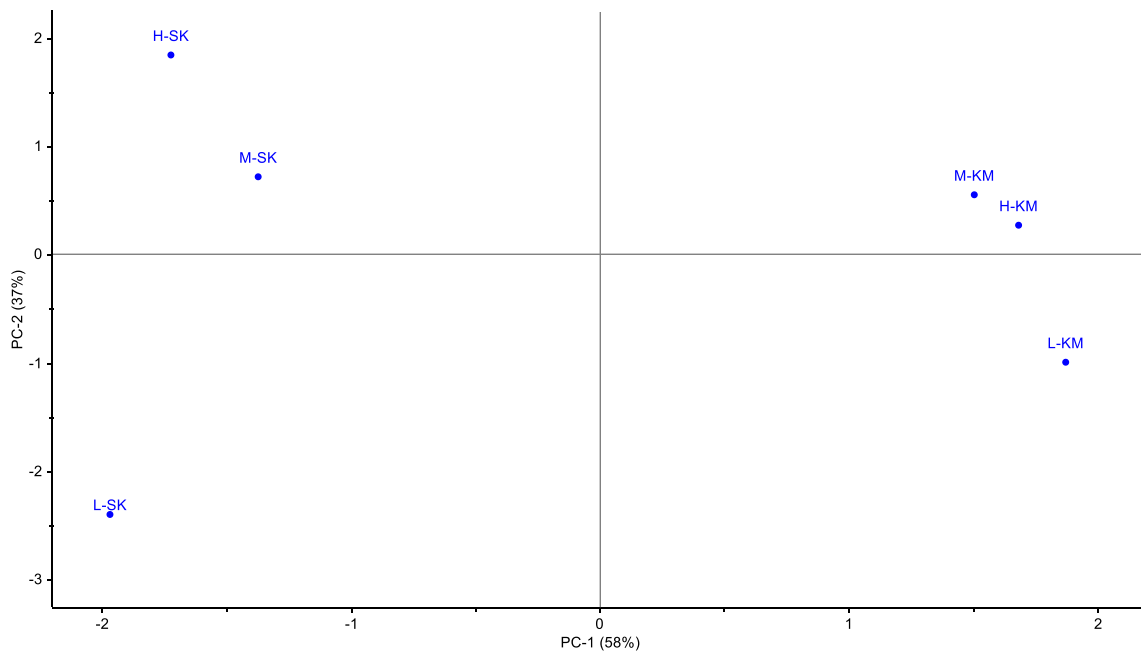
Under fermentering dannes det acetaldehyd, aceton, diacetyl og acetoin. Figuren viser at innholdet av acetaldehyd samlet sett var høyere i yoghurt laget av kjernemelk (signifikant), enn i yoghurt laget av skummet melk. Dette skyldes trolig at prøven L-SK trekker ned det totale snittet over nivået av acetaldehyd for yoghurt laget av skummetmelk. Det var et lavt

innhold av acetaldehyd i prøven L-SK i alle gjentakene, noe som reflekteres av standardavviket. Bortsett fra prøven L-SK er innholdet av acetaldehyd stabilt rundt 18 ppm. En slik situasjon kan forklares av interaksjonseffekten mellom råstoff og varmebehandling. Innholdet av aceton er gjennomgående høyere i yoghurt produsert av kjernemelk (signifikant), med verdier rundt 4 ppm. Nivået av aceton er under 3 ppm for yoghurtprøvene laget av skummetmelk.

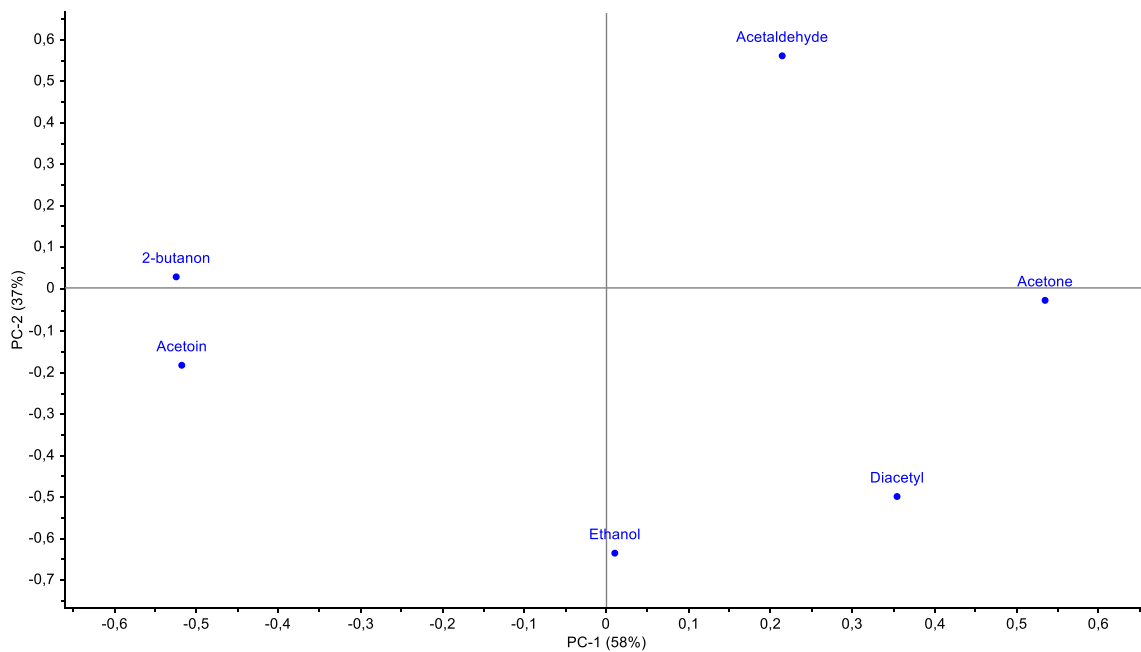
Yoghurt laget av kjernemelk har et signifikant høyere innhold av diacetyl (0,86-0,96 ppm) enn yoghurt laget av skummetmelk (0,67-0,90 ppm). Effekten av både råstoff og varmebehandling har innvirkning på mengden diacetyl. Interaksjonseffekten viser at innholdet av diacetyl i yoghurt laget av skummetmelk går ned som følge av høyere varmebehandling. Standardavvikene bekrefter at dette er en tendens ved at de blir smalere og smalere. Denne effekten ikke gjelder for yoghurt av kjernemelk. Innholdet av acetoin er signifikant høyere i yoghurt laget av skummetmelk (88-92 ppm) sammenlignet med yoghurt fremstilt at kjernemelk (stabilt rundt 82 ppm). Det er også en interaksjonseffekt mellom varmebehandling og råstoff. Prøven laget av skummetmelk som er varmebehandlet lavt (75°C) hadde høyest innhold av acetoin.

I figur 16 presenteres score- og loadingsplott (PCA-plott) over yoghurtprøvene og de flyktige komponentene som ble signifikant påvirket.

(a)



(b)



Figur 16. PCA-plott over signifikante flyktige komponenter i yoghurtprøvene. Figuren viser gjennomsnittlig innhold av tre gjentak. Plott (a) og (b) viser sammenhengen mellom nivået av de flyktige komponentene i yoghurtprøvene. Scoreplottet (a) viser yoghurtprøvene, mens loadingsplottet (b) viser de flyktige komponentene som ble signifikant påvirket. L-KM: lav varmebeh., 75°C, kjernemelk, M-KM: middels varmebeh., 85°C, kjernemelk, H-KM: høy varmebeh., 95°C, kjernemelk. L-SK: lav varmebeh., 75°C, skummetmelk, M-SK: middels varmebeh., 85°C, skummetmelk, H-SK: høy varmebeh., 95°C, skummetmelk.

I figur 16 forklares 58 % av variasjonen av PC-1 langs x-aksen i PCA-plottene. PC-2 forklarer 37 % av variasjonen langs y-aksen. Størstedelen av forklaringen til nivået av diacetyl, aceton og acetaldehyd kan knyttes til yoghurtprøvene laget av kjernemelk, mens yoghurt laget av skummetmelk hadde et høyere innhold av acetoin.

4.1.5 Kvantifisering av fosfolipidinnhold før og etter prosessstrinn

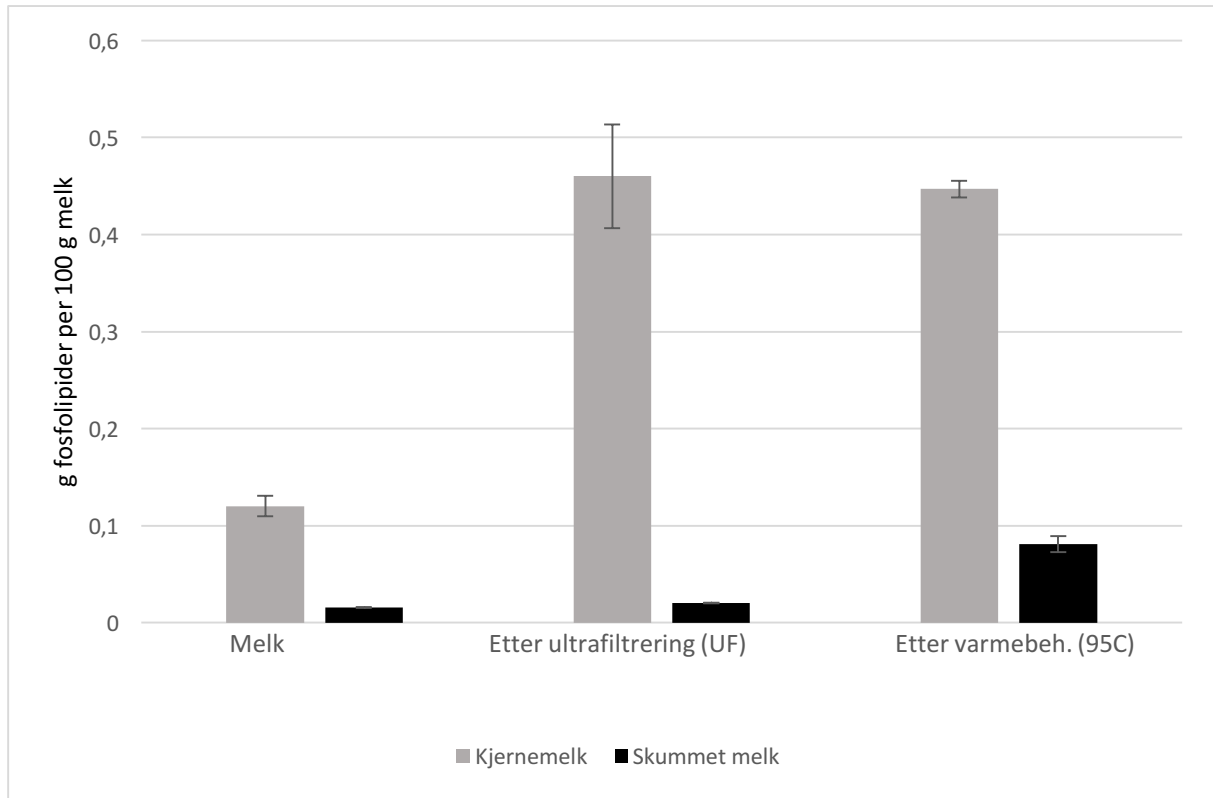
Innholdet av fosfolipider i kjernemelk og skummet melk ble analysert i rå melk, etter ultrafiltrering og etter varmebehandling (95 °C), oppgitt som gram fosfolipider per 100 gram melk. Resultatene fra den statistiske analysen av er presentert i tabell 14.

Tabell 14. Statistiske resultater fra analysen av fosfolipider i rå melk og yoghurtbase. Tabellen viser signifikante effekter av blokk, råstoff, behandling og interaksjon mellom råstoff og behandling. Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom responsvariablene, hvor a er høyest nivå og d er lavest nivå. Signifikante effekter er gitt som +=p<0,05, ++= p<0,01 og +++ = p<0,001. NS = ikke-signifikant

	Signifikans					R ²
	Blokk	Råstoff	Behandling	Råstoff *behandling		
Innhold av fosfolipider	NS 1: a 2: a 3: a	+++ KM: a SK: b	+++ Melk: b Etter UF: a Etter 95°C: a	+++ Melk:KM: b Etter UF:KM: a Etter 95:KM: a	Melk:SK d Etter UF:SK: d Etter 95C:SK: cd	0,98

Resultatene viser at det var et signifikant høyere innhold av fosfolipider i kjernemelk enn i skummet melk (p>0,001). Etter behandlingstrinn under yoghurtproduksjon var det signifikant høyere innhold av fosfolipider i yoghurtbasene etter ultrafiltrering og etter varmebehandling (95 °C) enn innholdet i rå melk for begge råstoff. Når det gjalt interaksjonen mellom behandling i pilotanlegget og råstoff, var det et signifikant høyere innhold av fosfolipider i yoghurtbasene laget av kjernemelk etter ultrafiltrering og etter varmebehandling (95 °C) enn i både rå melk av kjernemelk og samtlige melkebaser av skummet melk. Råmelk av skummet melk og yoghurtbase laget av skummet melk etter ultrafiltrering hadde det signifikant laveste innholdet av fosfolipider.

Det totale innholdet av fosfolipider (g/100 g) i rå melk, i yoghurtbasene etter ultrafiltrering og etter varmebehandling, av både kjernemelk og skummet melk som råstoff, er presentert i figur 17.



Figur 17. Gjennomsnittlig innhold av fosfolipider i kjernemelk og skummet melk og i yoghurtbasene etter behandling på meieriet, henholdsvis etter ultrafiltrering og etter varmebehandling ved 95°C (n=3 blokker, \pm SD).

Figur 17 viser at det var et gjennomsnittlig høyere innhold av fosfolipider i kjernemelk (0,12 g fosfolipider per 100 g melk) enn i skummet melk (0,015 g fosfolipider per 100 g melk). Innholdet av fosfolipidene steg etter ultrafiltrering, særlig i yoghurtbasen basert på kjernemelk (til 0,46 g fosfolipider per 100 g melk). Standardavviket var imidlertid størst ved målingene av fosfolipidinnholdet etter ultrafiltrering, noe som kan tyde på en større variasjon i innholdet av fosfolipider mellom blokkene. Etter varmebehandling var det samlet sett en liten reduksjon av innholdet av fosfolipider i yoghurtbasen laget av kjernemelk. I yoghurtbasen fremstilt at skummet melk var innholdet av fosfolipider blitt signifikant høyere.

Innholdet av de ulike fosfolipidene i melk og i yoghurtbasene laget av henholdsvis kjernemelk og skummet melk ble kvantifisert. Resultatene fra den statistiske analysen er vist i tabell 15.

Tabell 15. Statistiske resultater fra kvantifiseringen av typene fosfolipider i melk og i yoghurtbasene laget av kjernemelk og skummet melk etter ultrafiltrering og varmebehandling. Tabellen viser signifikante effekter av blokk, råstoff, behandling og interaskjon mellom råstoff og behandling. Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom responsvariablene, hvor a er høyest nivå og c er lavest nivå. Signifikante effekter er gitt som +=p<0,05, ++=p<0,01 og +++=p<0,001. NS=ikke-signifikant.

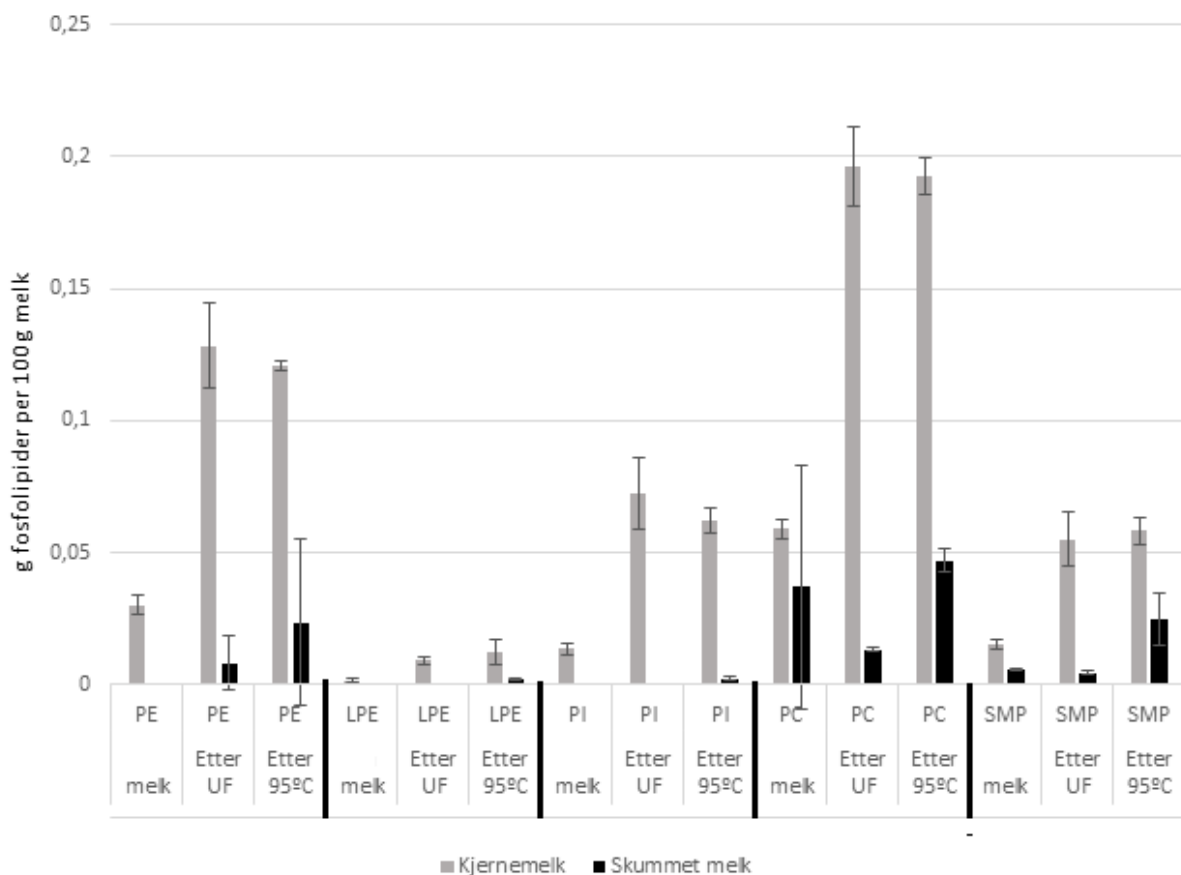
Fosfolipid-analyse	Signifikans				
	Blokk	Råstoff	Behandling	Råstoff *behandling	R ²
PE	NS 1: a 2: a 3: a	+++ KM: a SK: b	+++ Rå melk: b Etter UF: a Etter 95°C: a	++	0,92
L-PE	NS 1: a 2: a 3: a	+++ KM: a SK: b	+++ Rå melk: b Etter UF: a Etter 95°C: a	++	0,86
PI	NS 1: a 2: a 3: a	+++ KM: a SK: b	+++ Rå melk: b Etter UF: a Etter 95°C: a	+++	0,96
PC	NS 1: a 2: a 3: a	+++ KM: a SK: b	+++ Rå melk: b Etter UF: a Etter 95°C: a	+++	0,93
SMP	NS 1: a 2: a 3: a	+++ KM: a SK: b	+++ Rå melk: c Etter UF: b Etter 95°C: a	+++	0,95

PE=phosphatidylethanolamine, LPE=lipoprotein phosphatidylethanolamine, PI= phosphatidylinositol, PC= phosphatidylcholine, SMP= sphingomyelin

Resultatene viser at det var et signifikant høyere innhold av samtlige fosfolipidtyper (p>0,001) i kjernemelk enn i skummet melk. Innholdet av fosfolipidtypene PE, L-PE, PI og PC steg også signifikant etter ultrafiltrering og etter varmebehandling. For fosfolipidet SMP var det et signifikant høyere innhold av denne i yoghurtbasen laget av både kjernemelk og skummet melk etter varmebehandling enn det var etter ultrafiltrering. En slik økning av innholdet etter varmebehandling synliggjøres i figur 18 nedenfor. I forbindelse med interaksjonen mellom råstoff og behandling på forsøksmeieriet, var det et signifikant høyere innhold av PE, L-PE, PI og PC kjernemelk og i yoghurtbasene laget av kjernemelk etter ultrafiltrering og varmebehandling enn det var i skummet melk og i yoghurtbasene fremstilt

av skummet melk etter de samme prosessbehandlingene. Fosfolipidtypen SMP hadde et signifikant høyere innhold etter varmebehandling i yoghurtbasene laget av både kjernemelk og skummet melk, men fremdeles signifikant høyere i yoghurtbasen laget av kjernemelk.

Det gjennomsnittlige innholdet av de ulike typene fosfolipider i melk og i yoghurtbasene laget av henholdsvis kjernemelk og skummet melk etter ultrafiltrering og etter varmebehandling er vist i figur 18.



Figur 18. Gjennomsnittlig innhold av fosfolipidene PE, LPE, PI, PC og SMP i kjernemelk og skummetmelk og i yoghurtbasene etter behandlingstrinn på meieriet, henholdsvis etter ultrafiltrering og etter varmebehandling ved 95 °C (n=3 blokker, \pm SD). PE=phosphatidylethanolamine, LPE=lyso phosphatidylethanolamine, PI= phosphatidylinositol, PC= phosphatidylcholine, SMP= sphingomyelin.

Figur 18 viser at kjernemelk innholdt samtlige fosfolipidtyper i rekkefølgen PC>PE>SMP>PI. Etter ultrafiltrering steg innholdet signifikant av samtlige fosfolipider i yoghurtbasen laget av kjernemelk. Økningen var særlig stor for PC, PE og PI. Nivået av PC, PE og PI sank i yoghurtbasen laget av kjernemelk etter varmebehandling ved 95 °C (ikke signifikant), mens innholdet av L-PE og SMP (signifikant) økte etter varmebehandling. I skummet melk var det høyest innhold av PC. De andre fosfolipidene var detektert i liten mengde, særlig av PE og PI.

Etter ultrafiltrering økte innholdet av PE, mens PC og SMP gikk ned. Etter varmebehandling ved 95 °C økte innholdet PE, PC og SMP.

4.5 Reologi

Det ble gjort reologiske målinger av ferdig yoghurt etter 14 dager ved bruk av reometer. Yoghurtens reologiske egenskaper ble undersøkt i form av målinger av viskositet og skjærspenning basert på rotasjonsanalyser. Vannbindingsevne og myseutskillelse i ferdig yoghurt ble også analysert.

4.5.1 Viskositetsmålinger

Viskositetsmålinger ble utført i form av målt viskositet (Pa*s) mot skjærhastighet (shear rate, 1/s). Dataene ga også mulighet for å framstille målt skjærspenning (shear stress, Pa) mot skjærhastighet (1/s) av yoghurtprøvene i egne diagram. Tabell 16 viser statistiske resultater fra analysene.

Tabell 16. Statistiske resultater fra viskositetsmålinger (viskositet og skjærspenning) av ferdig yoghurt. Tabellen viser signifikante effekter av blokk, råstoff, varmebehandling og interaskjon mellom råstoff og varmebehandling. Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom responsvariablene, hvor a er høyest nivå og c er lavest nivå. Signifikante effekter er gitt som + = p<0,05, ++ = p<0,01 og +++ = p<0,001. NS = ikke-signifikant.

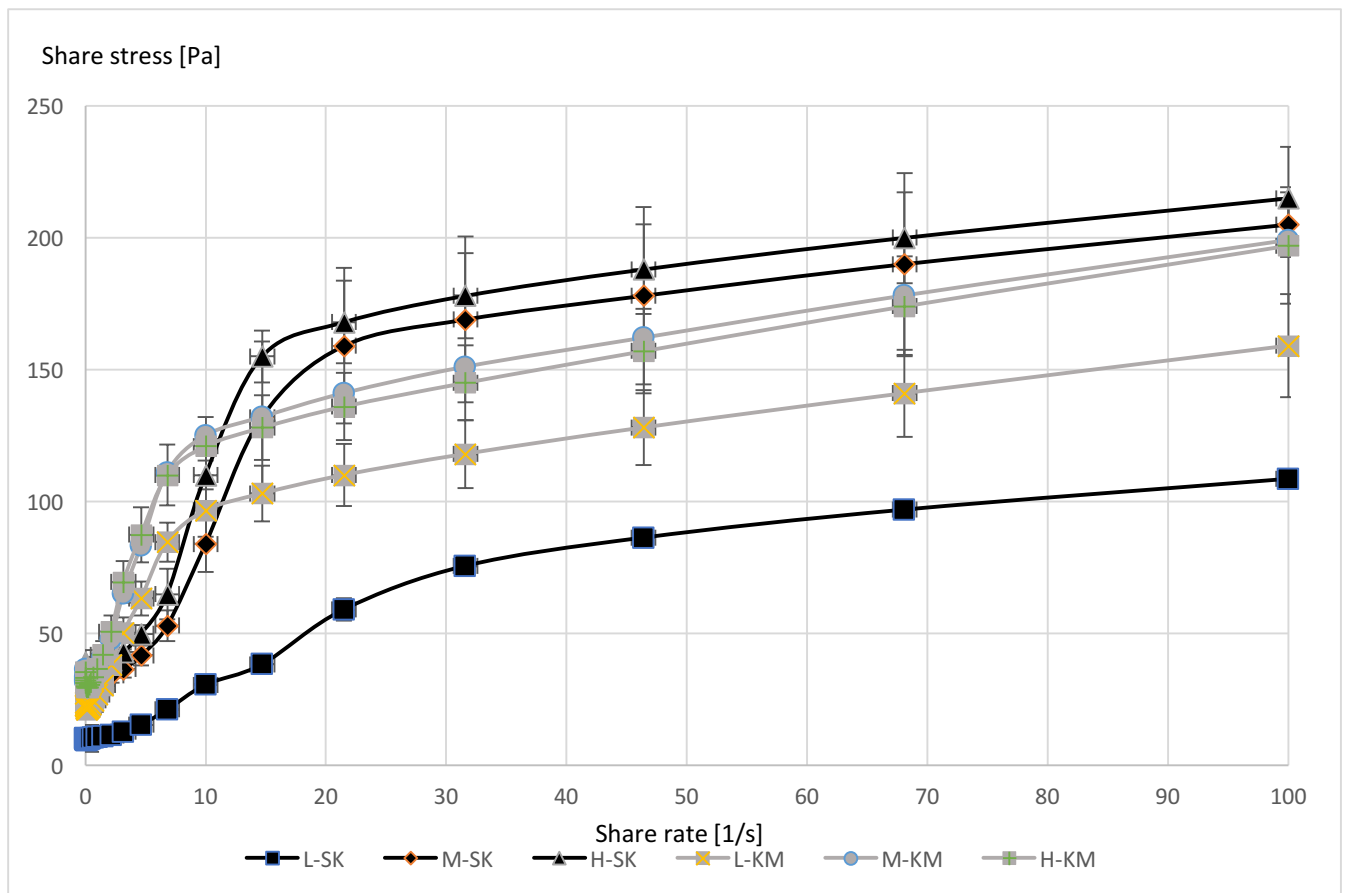
Reologi	Signifikans			
	Blokk	Råstoff	Varmebehandling	Råstoff *varmebehandling
Viskositet (Pa*s)	NS	NS	++	+
	1: a	KM: a	75°C: b	75C:KM: ab 75C:SK: b
	2: a	SK: a	85°C: ab	85C:KM: ab 85C:SK: ab
	3: a		95°C: a	95C KM: ab 95C:SK: a
Skjærspenning (Pa)	NS	NS	+++	+
	1: a	KM: a	75°C: b	75C:KM: b 75C:SK: c
	2: a	SK: a	85°C: a	85C:KM: ab 85C:SK: ab
	3: a		95°C: a	95C KM: ab 95C:SK: a

SK=skummetmelk, KM=kjernemelk

Tabell 16 viser at blokk eller råstoff hadde ingen signifikant effekt på målt viskositet i yoghurtprøvene. Varmebehandling hadde imidlertid en signifikant effekt på viskositeten i yoghurtprøvene ($p < 0,01$). Yoghurt som var varmebehandlet ved 75 °C viste lavest viskositet, mens yoghurt som var varmebehandlet ved 95 °C hadde høyest viskositet. Interaksjonen mellom råstoff og varmebehandling var signifikant ($p < 0,05$) med hensyn på en høyere viskositet i yoghurt av skummet melk, mens yoghurt laget av kjernemelk ble plassert i samme gruppe (Tukey test). Yoghurt produsert av skummetmelk, som var varmebehandlet ved 75 °C, viste lavest viskositet, mens yoghurt produsert av skummetmelk, som var varmebehandlet ved 95 °C, viste høyest viskositet sammenlignet med yoghurtene laget av kjernemelk behandlet ved samme temperatur.

Skjærspenning er et mål på endringer eller deformasjon i yoghurt når prøvene beveger seg langs et plan parallelt med kraftens retning. Formulert på en annen måte er skjærspenning kraften som får væsken til å flyte, og hvor gradienten kalles for skjærrate. Slike målinger skjer i rotasjonsanalysen. Tabell 16 viser at varmebehandling ($p < 0,001$) og interaksjonen mellom råstoff og varmebehandling ($p < 0,05$) hadde en signifikant effekt på yoghurtenes skjærspenning gjennom at skjærspenningen avtar ved behandling av laveste temperatur. Yoghurtprøver som var varmebehandlet ved 85 °C og 95 °C viste størst motstand mot å flyte, og uttrykte dermed mest viskøse egenskaper sammenlignet med prøvene varmebehandlet ved 75 °C. Yoghurt laget av skummetmelk, som var varmebehandlet ved 85 °C og 95 °C, viste størst motstand mot å flyte sammenlignet med tilsvarende kjernemelk-yoghurter. Prøven L-SK hadde imidlertid den laveste motstanden mot å flyte (signifikant minst skjærspenning, $p < 0,05$) sammenlignet med de andre yoghurtene.

Forholdet mellom skjærhastighet (påført kraft mot yoghurtene) og skjærspenning (motstanden mot flyt/deformasjon) beskriver yoghurtenes flyteegenskaper. Sammenhengen mellom skjærhastighet og skjærspenning i yoghurtprøvene er vist i figur 19 for å visualisere de statistiske resultatene i form av en flytkurve, og for å vise standardavvikene av hver prøve.



Figur 19. Gjennomsnittelig skjærspenning (Pa) mot skjærhastighet (1/s) i yoghurt (n=3 blokker, \pm SD). L-SK: lav varmebehandling, 75°C, skummetmelk, M-SK: middels varmebehandling, 85°C, skummetmelk, H-SK: høy varmebehandling, 95°C, skummetmelk. L-KM: lav varmebehandling, 75°C, kjernemelk, M-KM: middels varmebehandling, 85°C, kjernemelk, H-KM: høy varmebehandling, 95°C, kjernemelk.

Figuren 19 illustrerer hvordan forholdet mellom påført kraft i prøvene (skjærhastighet) og motstanden mot deformasjon (skjærspenning) beskriver yoghurtens flyteegenskaper. Figuren viser at nivået av skjærspenning som funksjon av skjærhastighet er ulike i prøvene: Grafene synliggjør at yoghurtene viser forskjellig motstand mot deformasjon/flyt. Yoghurtprøvene av skummetmelk (M-SK og H-SK) viser samlet sett større motstand mot å flyte/deformasjon enn yoghurtene laget av kjernemelk (L-KM, M-KM og H-KM), men viser en senere motstand mot å flyte enn L-KM, M-KM og H-KM ved innledende skjærhastighet (mellom 0,01 til 15 1/s). Yoghurtprøven laget av kjernemelk, som var lavt varmebehandlet (L-KM), hadde større motstand mot å flyte enn tilsvarende yoghurtprøve laget av skummetmelk (L-SK).

Verdien for skjærspenning (eller viskositet) ved skjærhastighet 0,01 1/s angir utgangsposisjonen til yoghurtprøvene. Den påfølgende utviklingen av skjærspenningen som funksjon av økende skjærrate beskriver forskjeller i prøvenes flytgrenser. Målingene av

skjærspenningen er vurdert til å være informasjonen som gir best utgangspunkt for å forklare hvordan flytegenskapene til prøvene utvikler seg, ekvivalent til hvordan prøvene kan oppleves under konsum av forbruker. Skjærspenningen i yoghurt ved fire ulike skjærrater ble plukket ut med passende intervaller for å danne et bilde av flytutviklingen til prøvene, oppgitt i tabell 17. Tabellen viser statistiske resultater av skjærspenningen i yoghurt målt ved ulike skjærrateintervaller.

Tabell 17. Statistiske resultater av skjærspenning i yoghurt utført på bestemte målepunkter av skjærhastighet. Skjærspenning ble målt ved målepunkt 1 (0,01 1/s skjærhastighet), ved målepunkt 12 (1 1/s skjærhastighet), ved målepunkt 18 (10 1/s skjærhastighet) og ved siste målepunkt 25 (100 1/s skjærhastighet). Tabellen viser signifikante effekter av blokk, råstoff, varmebehandling, målepunkt, målepunkt*råstoff samt målepunkt*varmebehandling. Målepunktene 1, 12, 18 og 25 er oppgitt som henholdsvis M1, M2, M3 og M4.

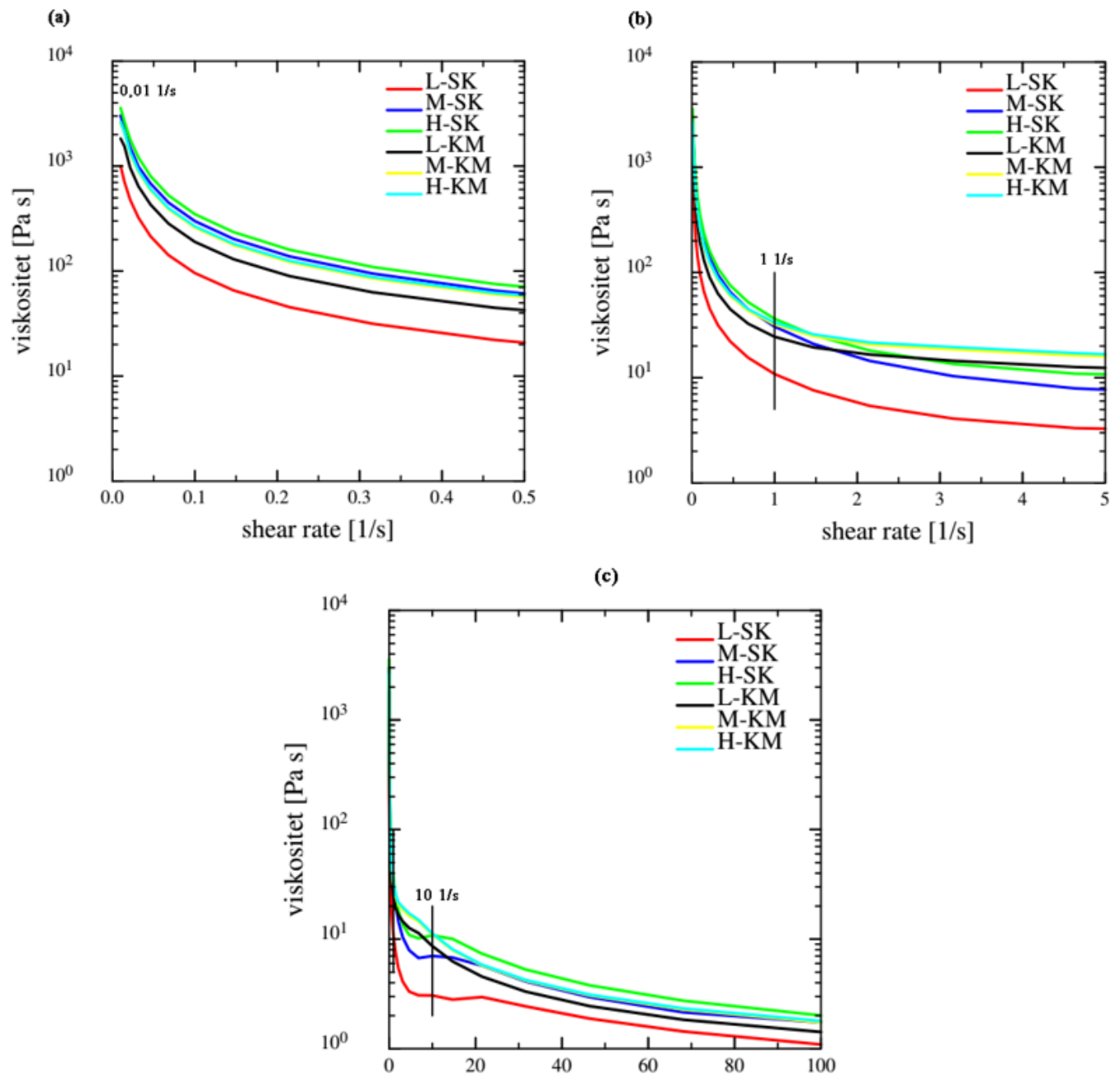
Reologi	Signifikans						
	Blokk	Råstoff	Varmebeh.	Målepunkt	Råstoff*målepunkt	Varmebeh.* målepunkt	R ²
Skjærspenning (Pa)	+ 1: a 2: ab 3: b	++ KM: a SK: b	+++ 75°C: c 85°C: b 95°C: a	+++ M1: c M2: c M3: b M4: a	+++ M1:KM d M1:SK d M2: KM c M2: SK c M3: KM b M3: SK b M4: KM a M4: SK a	+++ M1:95C de M1:85C de M1:75C e M2:95C de M2:85C de M2:75C e M3:95C bc M3:85C c M3:75C d M4:95C a M4:85C a M4:75C b	0,94

KM=kjernemelk, SK=skummetmelk

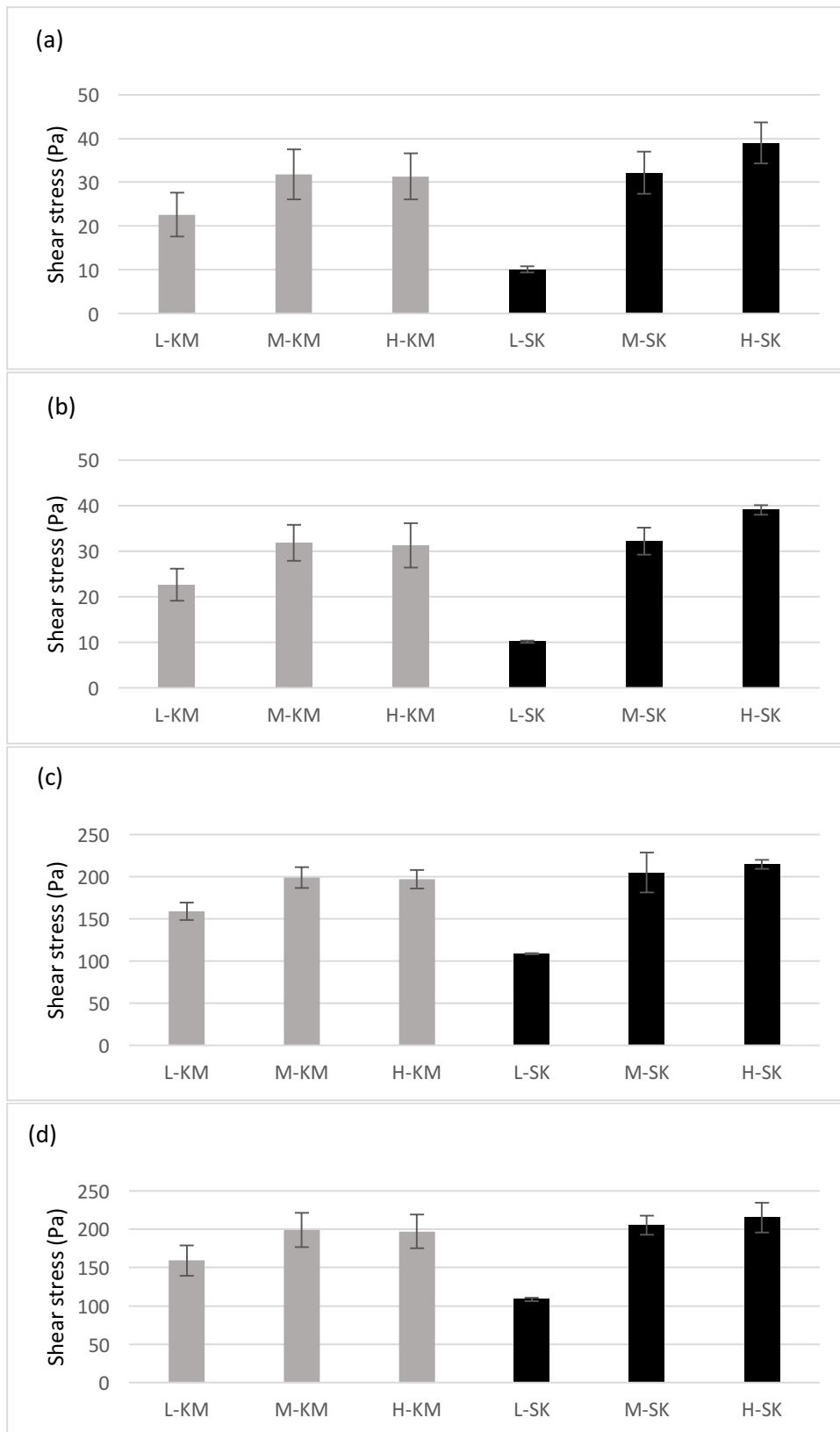
Tabell 17 viser at det var signifikant forskjell på benyttet råstoff og applikert varmebehandling med hensyn på skjærspenning i yoghurtprøvene ved de fire målepunktene for skjærhastighet. Yoghurt laget av skummetmelk hadde en signifikant større skjærspenning enn yoghurt fremstilt av kjernemelk ved disse skjærhastighetsmålingene ($p > 0,01$). Det var også signifikante forskjeller i skjærspenning i yoghurtprøvene mellom de ulike målepunktene for skjærhastighet, henholdsvis $M4 > M3 > M2 > M1$ ($p > 0,001$). Med hensyn på interaksjonen mellom råstoff og målepunktene for skjærrate, synliggjorde resultatene at skjærspenningen i prøvene for begge råstoff var lavest ved målepunkt 1 (første målepunkt) og høyest ved målepunkt 4 (siste målepunkt) ($p > 0,001$). Råstoffet (kjernemelk og skummetmelk) ble imidlertid plassert i samme gruppe i hver av målepunktene ved bruk av Tukeys parvise test ($p > 0,05$): Det ble ikke avdekket en signifikant forskjell i skjærspenningen mellom yoghurtprøvene av kjernemelk og skummetmelk i noen av de fire målepunktene.

Når det gjaldt interaksjonen mellom varmebehandling og målepunkter for skjærhastighet, viste prøvene med lavest varmebehandling (ved 75 °C) signifikant lavere verdier for skjærspenning enn prøver som var varmebehandlet ved høyere temperatur. Yoghurt utsatt for skjærrate ved siste målepunkt (M4) hadde signifikant større verdier for skjærspenning enn målepunkt 3 (M3). Innad ved målepunkt 2 og 3 hadde prøvene som var varmebehandlet ved 95 °C en signifikant større skjærspenning enn prøvene varmebehandlet ved 85 °C, som igjen hadde signifikant større skjærspenning enn prøver behandlet 75 °C. Interaksjonen mellom varmebehandling og de to andre målepunktene (M1 og M2) var ikke signifikant forskjellig fra hverandre, og ble plassert i samme gruppe. Ved disse målepunktene viste kun prøver varmebehandlet ved 75 °C en signifikant lavere skjærspenning enn prøver behandlet ved 85 °C og 95 °C.

Flyteegenskapene til yoghurt i form av skjærspenning kan utdypes nærmere i form av viskositetsmålinger ($\text{Pa}\cdot\text{s}$): Målinger av viskositet nyanserer data av målt skjærspenning i yoghurt. Figur 20 og 21 viser henholdsvis prøvenes viskositet og skjærspenning ved de utvalgte målepunktene av påført skjærhastighet, presentert i form av flytkurver av viskositet (figur 20) og ved bruk av stolpediagram for skjærspenning (figur 21). Figurene forklarer hvordan viskositeten og skjærspenningen utvikler seg i prøvene under rotasjonsanalysen ved de utvalgte målepunktene for skjærrate (0,01 1/s, 1 1/s, 10 1/s og 100 1/s), noe som gir supplerende og bekreftende informasjon om flyteegenskapene i yoghurt.



Figur 20. Gjennomsnittlig viskositet (Pa*s) plottet mot skjærhastighet (1/s) for yoghurtprøvene (n=3 blokker). Diagrammet viser viskositet mot skjærhastighet merket av ved 0,01 1/s (a), ved 1 1/s (b) og ved 10 1/s og 100 1/s (c). L-SK: lav varmebehandling, 75°C, skummetmelk, M-SK: middels varmebeh., 85°C, skummetmelk, H-SK: høy varmebeh., 95°C, skummetmelk. L-KM: lav varmebeh., 75°C, kjernemelk, M-KM: middels varmebeh., 85°C, kjernemelk, H-KM: høy varmebeh., 95°C, kjernemelk.



Figur 21. Skjærspenning (Pa) i yoghurtprøvene ved henholdsvis første målepunkt ved 0,01 1/s skjærrate (a), 12. målepunkt ved 1 1/s skjærrate (b), 18. målepunkt ved 10 1/s skjærrate (c) og ved siste målepunkt (25. målepunkt) ved 100 1/s skjærrate (d). L-KM: lav varmebehandling, 75°C, kjernemelk, M-KM: middels varmebehandling, 85°C, kjernemelk, H-KM: høy varmebehandling, 95°C, kjernemelk. L-SK: lav varmebehandling, 75°C, skummetmelk, M-SK: middels varmebehandling, 85°C, skummetmelk, H-SK: høy varmebehandling, 95°C, skummetmelk

Ved utgangspunktet (0,01 1/s skjærhastighet) og ved slutt punktet (100 1/s skjærhastighet) var både viskositet (figur 20) og skjærspenning (figur 21) høyest i yoghurt laget av skummet melk som var høyt varmebehandlet (95 °C). Ved verdier av skjærrate ved 1 1/s og 10 1/s var skjærspenningen også høyest i yoghurt fremstilt av skummet melk (95 °C) (figur 21), men viskositetskurvene (b) og (c) i figur 20 viser at viskositeten mellom 1 1/s og 10 1/s er målt til å være høyere for H-KM (yoghurt laget av kjernemelk, varmebehandlet ved 95 °C). Dette kommer ikke frem ved målingene av skjærspenningene for 1 1/s og 10 1/s skjærrate (innledende skjærrate-verdier), (b) og (c) i figur 21, slik at resultatene viser at målingene av skjærspenning og viskositet gir noe ulik og utfyllende informasjon om prøvenes egenskaper ved lave verdier av skjærrate (1 1/s-10 1/s).

Denne initielle viskositeten, fra 1 1/s-10 1/s, har relevans til hvordan viskositeten i yoghurtprøvene kan oppleves før bearbeiding i munnen: Mellom disse verdiene av skjærrate tyder resultatene på at prøven H-KM kan oppleves som mest viskøs ved plassering i munnen (lave verdier av motstand) når skjærraten er mellom 1 1/s-10 1/s. Ved skjærrate-verdier fra 10 1/s synliggjøres også målepunktene i figur 20 for når viskositeten begynner å stabilisere seg i yoghurtprøvene (fra og med 10 1/s skjærrate har H-SK høyest viskositet både ved målinger av skjærspenning og viskositet). Viskositetskurvene får imidlertid fram utviklingen av viskositeten initielt, og synliggjør noen ulike trender.

4.5.2 Vannbindingsevne og myseutskillelse

Graden av vannbindingsevne (%) til yoghurtprøvene og myseutskillelse eller synerese av yoghurtprøvene ble målt. Tabell 18 viser statistiske resultater fra analysene.

Tabell 18. Statistiske resultater fra målt vannbindingsevne (%) og myseutskillelse (g) i yoghurt. Tabellen viser signifikante effekter av blokk, råstoff, varmebehandling og interaskjon mellom råstoff og varmebehandling. Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom responsvariablene, hvor a er høyest nivå og d er lavest nivå. Signifikante effekter er gitt som +=p<0,05, ++=p<0,01 og +++=p<0,001. NS = ikke-signifikant.

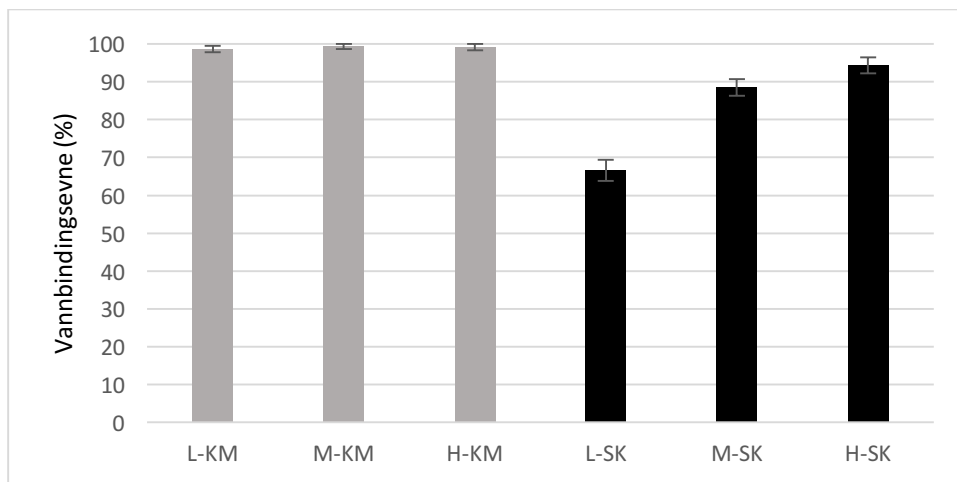
Vannbindingsevne	Signifikans				
	Blokk	Råstoff	Varmebehandling	Råstoff *varmebehandling	R ²
Vannbindingsevne (%)	NS 1: a 2: a 3: a	+++ KM: a SK: b	+++ 75°C: c 85°C: b 95°C: a	+++	0,91
Myseutskillelse (g)	NS 1: a 2: a 3: a	+++ SK: a KM: b	+++ 75°C: a 85°C: b 95°C: c	+++	0,90

SK=skummetmelk, KM=kjernemelk

Faktoren råstoff gir en signifikant effekt (p<0,001) med hensyn på vannbindingsevnen i yoghurtprøvene: Yoghurt laget av kjernemelk har en signifikant høyere prosentvis vannbindingsevne enn yoghurt produsert ved bruk av skummetmelk. Faktoren varmebehandling viser også en signifikant effekt (p<0,001) på vannbindingsevnen til yoghurtene. Yoghurt varmebehandlet ved 75 °C viser lavest vannbindingsevne, yoghurt varmebehandlet ved 85 °C har nest høyest vannbindingsevne mens yoghurt varmebehandlet ved 95 °C viser høyest vannbindingsevne. Når det gjelder interaksjonen mellom råstoff og varmebehandling, er det også en signifikant effekt (p<0,001).

Råstoff har en signifikant innvirkning på myseutskillelse i yoghurtprøvene ($p < 0,001$). Yoghurt laget av skummetmelk viser en signifikant høyere synerese enn yoghurt laget av kjernemelk. Varmebehandling har også en signifikant påvirkning på myseutskillelsen av yoghurtene ($p < 0,001$): Yoghurt varmebehandlet ved 75 °C viser høyest synerese, yoghurt varmebehandlet ved 85 °C har nest høyest synerese mens yoghurt varmebehandlet ved 95 °C viser lavest synerese. Interaksjonen mellom råstoff og varmebehandling viser også en signifikant påvirkning ($p < 0,001$). Det er signifikante forskjeller mellom yoghurt laget av kjernemelk og yoghurt fremstilt av skummetmelk ved ulike varmebehandlingstemperaturer.

Vannbindingsevenen (%) av yoghurtprøvene er vist i figur 22.

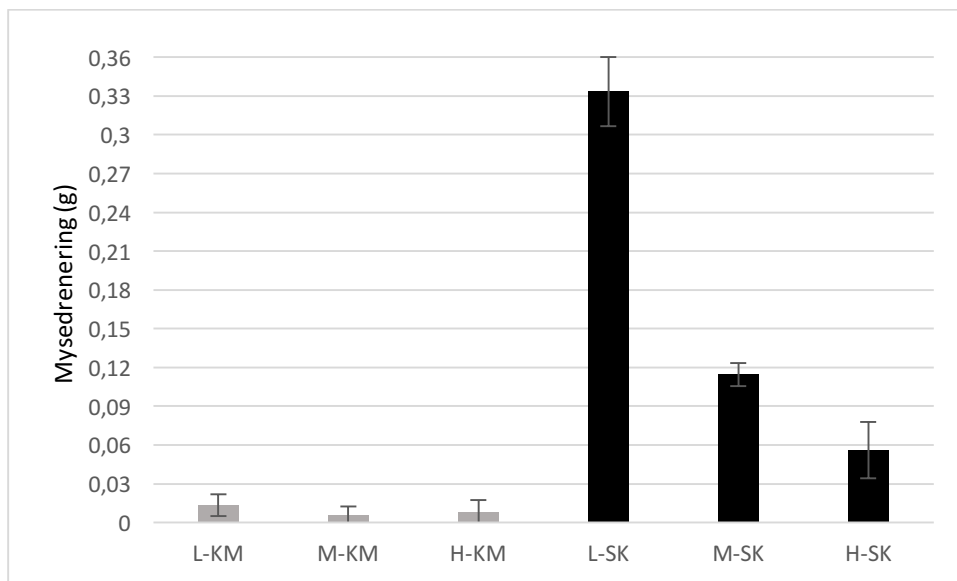


Figur 22. Gjennomsnittelig vannbindingsevne av yoghurtprøvene ($n=3$ blokker, \pm SD).

L-KM: lav varmebehandling, 75°C, kjernemelk, M-KM: middels varmebehandling, 85°C, kjernemelk, H-KM: høy varmebehandling, 95°C, kjernemelk. L-SK: lav varmebehandling, 75°C, skummetmelk, M-SK: middels varmebehandling, 85°C, skummetmelk, H-SK: høy varmebehandling, 95°C, skummetmelk

Yoghurt laget av kjernemelk har en høyere vannbindingsevne enn yoghurt produsert med skummetmelk. Yoghurtprøvene L-KM, M-KM og H-KM har en prosentvis vannbindingsevne på henholdsvis 98,66 %, 99,41 % og 99,16 %. Kun H-SK av yoghurtene laget av skummetmelk som råstoff hadde en vannbindingsevne på over 90 % (94,35 %). Særlig L-SK viste lav vannbindingsevne (66,62 %).

Figur 23 viser gjennomsnittelig myseutskillelse (synerese) av yoghurtprøvene.



Figur 23. Gjennomsnittelig myseutskillelse oppgitt i gram av yoghurtprøvene (n=3 blokker, \pm SD). L-KM: lav varmebehandling, 75°C, kjernemelk, M-KM: middels varmebehandling, 85°C, kjernemelk, H-KM: høy varmebehandling, 95°C, kjernemelk. L-SK: lav varmebehandling, 75°C, skummetmelk, M-SK: middels varmebehandling, 85°C, skummetmelk, H-SK: høy varmebehandling, 95°C, skummetmelk

Figuren viser at yoghurt laget av kjernemelk hadde lav synerese, med uskilt veid myse tilsvarende rundt 0,01 g. Yoghurtprøven L-SK viste mest synerese med 0,33 g utskilt myse etter separering. Yoghurtprøven M-SK hadde 0,1154 g separert myse, mens yoghurtprøven H-SK gjennomsnittelig hadde 0,056 g utskilt myse. Det var samlet sett et høyere nivå av utskilt veid myse i gram i yoghurtprøver laget av skummetmelk enn i yoghurt laget av kjernemelk.

4.6 Sensorisk analyse

Det ble gjennomført sensorisk analyse av yoghurtene etter 11 eller 12 dagers lagring. Det ble foretatt en sensorisk analyse av yoghurtene for å evaluere de sensoriske egenskapene viskositet, fnokkethet, trådtrekkende, yoghurt smak, surhet, glatthet, bismak, munnfølelse og melenhet/tørighet. Tabell 19 viser statistiske resultater fra den sensoriske analysen.

Tabell 19. Statistiske resultater fra sensorisk analyse av yoghurt. Tabellen viser signifikante effekter av blokk, råstoff, varmebehandling og interaskjon mellom råstoff og varmebehandling. Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom responsvariablene, hvor a er høyest nivå og b er lavest nivå. Signifikante effekter er gitt som +=p<0,05, += p<0,01 og +++ = p<0,001. NS = ikke-signifikant

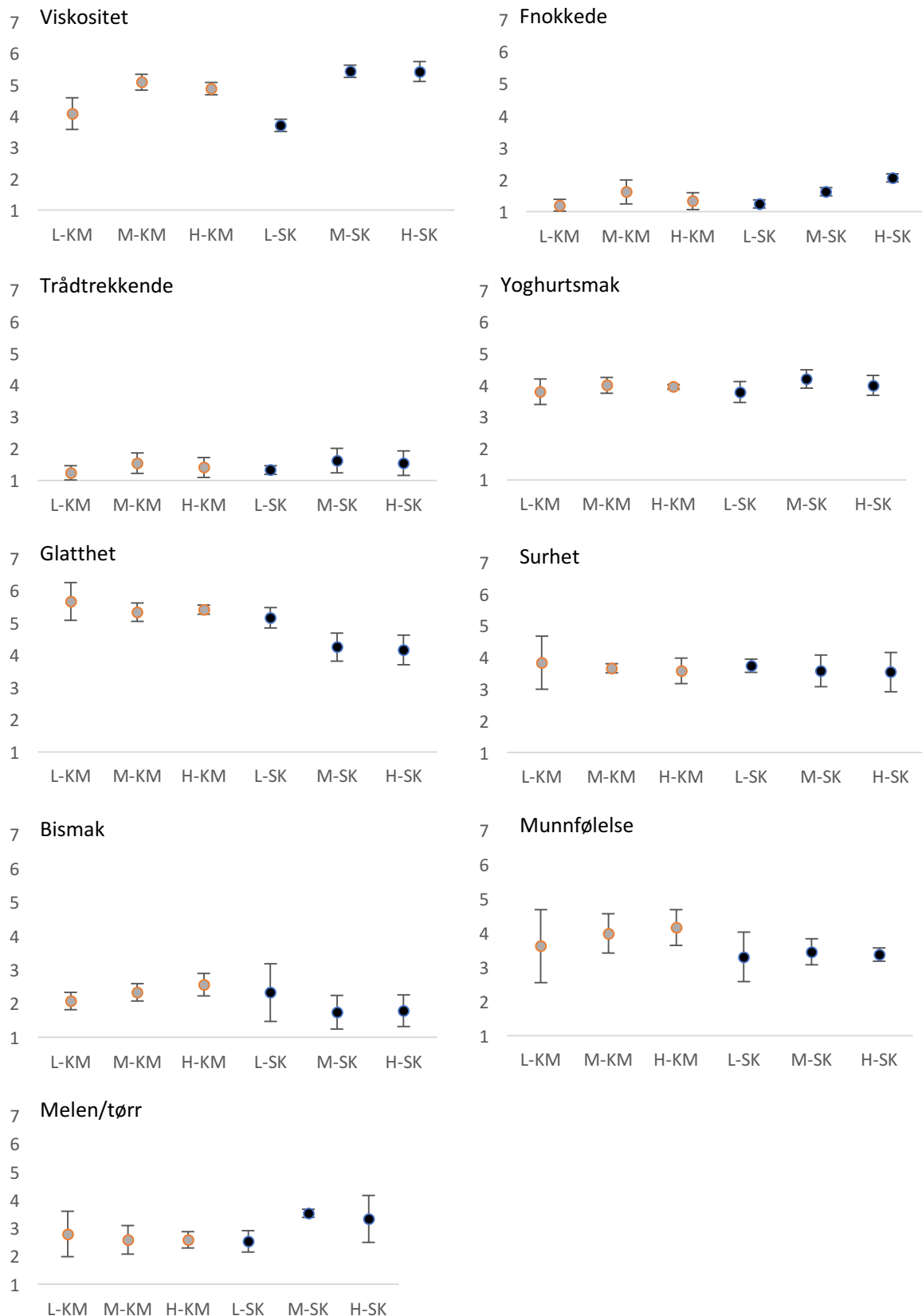
Sensorisk profilering	Signifikans				
	Blokk	Råstoff	Varmebehandling	Råstoff *varmebehandling	R ²
Viskositet	NS 1: a 2: a 3: a	NS KM: a SK: a	+ 75°C: b 85°C: a 95°C: a	+	0,43
Fnokkete	NS 1: a 2: a 3: a	NS KM: a SK: a	+ 75°C: a 85°C: ab 95°C: b	+	0,31
Tråd- trekkende	+++ 1: a 2: a 3: b	NS KM: a SK: a	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,72
Yoghurt- smak	++ 1: b 2: b 3: a	NS KM: a SK: a	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,5
Surhet	+ 1: b 2: a 3: a	NS KM: a SK: a	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,39
Glatthet	NS 1: a 2: a 3: a	+ KM: a SK: b	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,58
Bismak	NS 1: a 2: a 3: a	NS KM: a SK: a	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,19
Munn- følelse	++ 1: b 2: b 3: a	++ KM: a SK: b	++ 75°C: b 85°C: a 95°C: ab	NS	0,76
Melen	NS 1: a 2: a 3: a	NS SK: a KM: a	NS 75°C: a 85°C: a 95°C: a	NS	0,20

SK=skummetmelk, KM=kjernemelk.

Tabell 19 viser at effekten av råstoff kun var signifikant for munnfølelse og glatthet. Yoghurt laget av kjernemelk hadde en signifikant høyere munnfølelse enn yoghurt laget av skummetmelk ($p < 0,01$). Yoghurt produsert av kjernemelk hadde også en signifikant høyere score for egenenskapen glatthet enn yoghurt laget av skummetmelk ($p < 0,05$). Effekten av varmebehandling hadde en signifikant innvirkning på de sensoriske egenskapene viskositet, fnokkethet og munnfølelse. Yoghurt varmebehandlet ved 75 °C hadde en signifikant lavere sensorisk opplevd viskositet enn yoghurt varmebehandlet ved 85 °C og 95 °C ($p < 0,05$). Yoghurt varmebehandlet ved 75 °C hadde høyest sensorisk bedømmelse av fnokker i yoghurt sammenlignet med yoghurt varmebehandlet ved 85 °C og 95 °C ($p < 0,001$). Yoghurt varmebehandlet ved 85 °C hadde høyest sensorisk evaluert munnfølelse, mens yoghurt varmebehandlet ved 75 °C hadde lavest sensorisk munnfølelse ($p < 0,01$).

Med hensyn på interaksjonen mellom råstoff og varmebehandling, hadde denne sammenhengen en signifikant effekt på viskositet ($p < 0,05$) og fnokkethet ($p < 0,05$). Yoghurt laget av skummetmelk, som var varmebehandlet ved 95 °C, hadde en signifikant høyere opplevd sensorisk viskositet enn de andre yoghurtprøvene. Lavest evaluert viskositet hadde yoghurt som var laget av skummetmelk og som var varmebehandlet ved 75 °C. Prøvene M-M-SK, L-KM, M-KM og H-KM ble plassert i samme kategori. For fnokkethet var yoghurt laget av skummetmelk, som var varmebehandlet ved 95 °C, blitt evaluert til å ha signifikant større grad av fnokker enn de øvrige yoghurtene. Yoghurt laget av kjernemelk, varmebehandlet ved 75 °C, hadde lavest grad av sensorisk bedømmelse av fnokkethet enn alle de andre yoghurtene. Resten av yoghurtprøvene ble plassert i samme kategori.

I figur 24 presenteres resultatene (poenggivningen) fra den sensoriske analysen med hensyn på egenskapene viskositet, fnokkethet, trådtrekkende, yoghurt smak, glatthet, surhet, bismak, munnfølelse og melen/tørr, gitt på en poengskala fra 1-7.

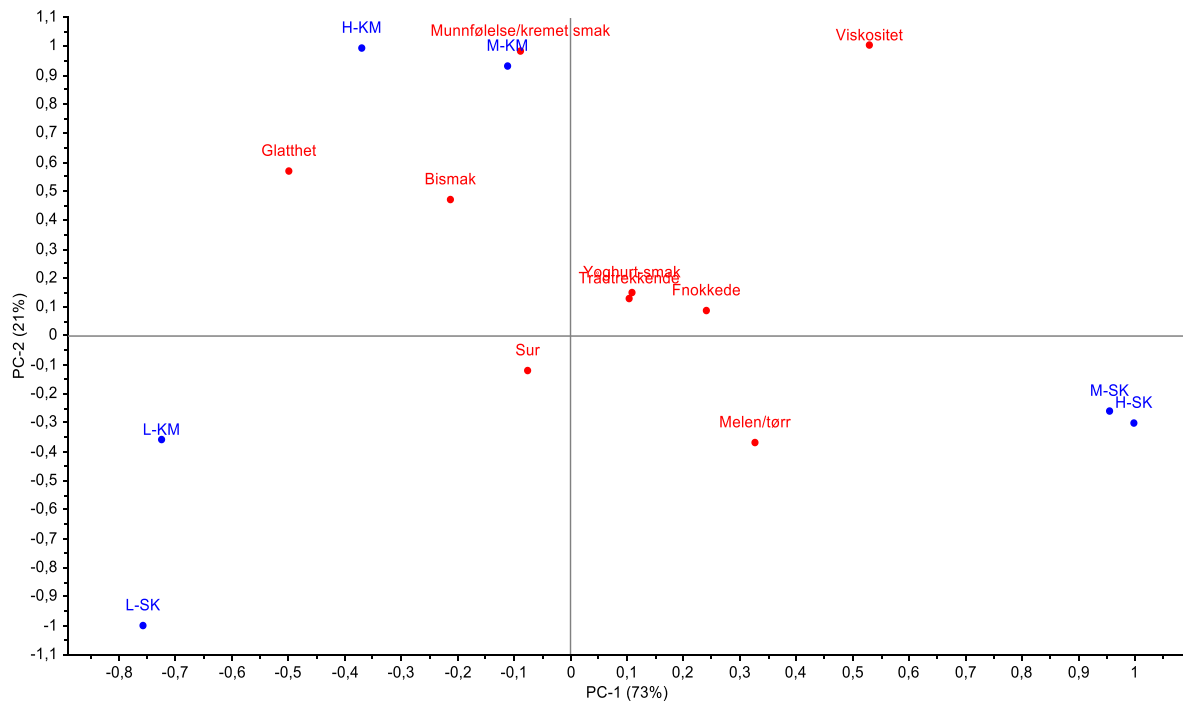


Figur 24. Sensorisk profilering av yoghurt ved bruk av en intensitetsskala fra 1-7 for viskositet, fnokkedhet, trådtrekkende, yoghurtsmak, glatthet, surhet, bismak, munnfølelse og melen/tørr (gjennomsnitt \pm SD, n=3). L-SK: lav varmebeh. (75°C), sk.melk, M-SK: middels varmebeh. (85°C), sk.melk, H-SK: høy varmebeh. (95°C), sk.melk, L-KM: lav varmebehand. (75°C), kjernemelk, M-KM: middels varmebehand. (85°C), kjernemelk, H-KM: høy varmebehand. kjernemelk (95°C).

Figur 24 viser at viskositeten var høyere i yoghurt med høy varmebehandling. Yoghurt laget av skummetmelk som råstoff hadde også en noe høyere score for viskositet enn yoghurt laget av kjernemelk. Unntaket er for L-SK (lav varmebehandling av yoghurt laget av skummetmelk). For grad av fnokkethet peker yoghurt laget av skummetmelk, varmebehandlet ved 95 °C (H-SK), seg ut som prøven med gjennomsnittlig mest fnokker i. Forskjellene mellom graden av trådtrekkenhet i yoghurtprøvene var minimale, men yoghurt som var varmebehandlet ved 95 °C (H-SK og H-KM) hadde en noe høyere gjennomsnittelig score for denne egenskapen enn øvrige yoghurter.

Yoghurtsmak ble evaluert til å ha en tilnærmet identisk gjennomsnittelig poenggivning for samtlige yoghurtprøver (≈ 4 poeng). Glatthet fikk en gjennomsnittelig høyere (signifikant) score i yoghurtprøver laget av kjernemelk enn prøver fremstilt av skummetmelk som råstoff. For egenskapen bismak hadde alle yoghurtprøvene tilnærmet samme gjennomsnittelige lave score (≈ 2 poeng). Yoghurt laget av kjernemelk ble bedømt til å ha en høyere score for munnfølelse enn yoghurt laget av skummetmelk. Standardavvikene var imidlertid noe større for prøvene laget av kjernemelk, men høyest for prøven med minst score for denne egenskapen. Melenhet/tørr hadde høyere score i yoghurt laget av skummetmelk. Et noe høyt standardavvik for prøven L-KM gjør trolig at denne forskjellen ikke synliggjøres signifikant i tabell 18.

I figur 25 presenteres resultatene fra den sensoriske analysen i et biplott.



Figur 25. PCA-plott (biplott) av yoghurtprøvene mot sensoriske egenskaper.

L-SK: lav varmebehandling, 75°C, skummetmelk, M-SK: middels varmebehandling, 85°C, skummetmelk, H-SK: høy varmebehandling, 95°C, skummetmelk, L-KM: lav varmebehandling, 75°C, kjernemelk, M-KM: middels varmebehandling, 85°C, kjernemelk, H-KM: høy varmebehandling, 95°C, kjernemelk.

Biplottet (PCA-plottet) i figur 24 viser at PC-1 (x-aksen) forklarer 73 % av variasjonen, mens PC-2 forklarer 21 % av variasjonen. De sensoriske egenskapene munnfølelse og glatthet trekkes mot yoghurt laget av kjernemelk, særlig prøvene som er høyt varmebehandlet (M-KM og H-KM). Viskositeten er i noe større grad korrelert med yoghurt laget av skummetmelk. Graden av viskositet er også korrelert med en høyere grad av varmebehandling. Egenskapene bismak, yoghurtsmak, grad av fnokker og sur forklares dårlig av både råstoff og varmebehandling. Melen/tørre yoghurtprøver er i større grad forbundet med yoghurt laget av skummetmelk.

5.0 Diskusjon

Hensikten med oppgaven var å undersøke kvalitetsegenskapene til mager, proteinrik yoghurt laget av kjernemelk for å øke forståelsen rundt bruk av kjernemelk som en ingrediens.

Resultatene fra analysene av yoghurt fremstilt av ultrafiltrert kjernemelk ble sammenlignet med kontroll-yoghurt laget av ultrafiltrert skummet melk. Analysene tok sikte på å undersøke om det var signifikante forskjeller mellom produktene. Effektene av blokk (gjentak), råstoff (kjernemelk og skummet melk) og varmebehandling (75 °C, 85 °C, 95 °C, 5 min) på yoghurtens utvikling av kjemiske egenskaper, smak, aroma og tekstur, analysert ved hjelp av biokjemiske og reologiske analyser, vil bli omtalt og diskutert i denne delen av oppgaven.

Drøfting av kjernemelk som ingrediens i yoghurt og i syrnede produkter blir også viet plass i lys av eksisterende litteratur.

5.1. Kjemiske analyser

5.1.1 Bruk av ultrafiltrering og effekt av permeatflux

Ultrafiltrering er en egnet metode for å øke protein- og tørrstoffinnholdet i yoghurt. Et økt protein- og tørrstoffinnhold kan fremme en sterkere yoghurtgel (koagel), bidra til høyere viskositet i produktet og forebygge myseutskillelse sammenlignet med andre metoder for å heve tørrstoffet på (Yildiz, 2010). Ultrafiltrering konsentrerer tørrstoffinnholdet i favør proteininnholdet; proteinene utgjør en høyere andel av tørrstoffinnholdet enn det proteinene gjør ved for eksempel tilsetning av skummetmelkpulver (Sodini, Remeuf, Haddad og Corrieu, 2004). Tørrstoffanrikning i form av pulver kan gi yoghurten større innhold av laktose og mineraler, hvilket gjør at proteinandelen av det totale tørrstoffet blir mindre enn ved ultrafiltrering. En økning av kalsium i UF-retentatet, som følge av at en stor del av melkas kalsium er bundet til proteinene, kan også bidra til flere kryssbindinger mellom proteinene, og dermed bidra til en fastere gel (Singh og Muthukumarappan, 2008). Sodini et al. (2004) peker på at en økning i protein-protein-interaksjoner kan forklare hvorfor yoghurtgelen (koagelet) blir fastere ved bruk av ultrafiltrering enn ved andre metoder for tørrstoffanrikning.

En økning av protein-protein-interaksjonene leder til økte bevegelser av proteinene under varmebehandling. Dette tilrettelegger for kovalente interaksjoner mellom myseproteinene og hovedsakelig κ -kasein, hvilket fører til en fastere gel (Sodini et al., 2004). El-Khair (2009) hevder sågar at en for hard gel ved konsentrering av melkebasen ved bruk av ultrafiltrering kan være det største ankepunktet mot å øke proteininnholdet i yoghurt på denne måten. Yildiz

(2010) legger også til at andre hovedfordeler ved bruk av ultrafiltrering er et høyere utbytte, kortere prosesseringstid og lavere volumer av melk og syrekulturer sammenlignet med andre metoder.

I forsøkene ble permeatfluxen lavere i takt med økningen i proteininnholdet (tørrestoffet) ved ultrafiltrering av kjernemelk og skummet melk. En slik karakteristisk nedgang i permeatfluxen i den første fasen av filtreringen, etterfulgt av at fluxen stabiliserer seg, er i tråd med teorien (Rinaldoni, Campderrós og Padilla, 2012). Ultrafiltrering av kjernemelk hadde gjennomsnittlig en høyere permeatflux og en noe lenger filtreringstid enn skummet melk. Kjernemelk hadde en kraftigere nedgang i permeatfluxen enn skummet melk, noe som kan skyldes tendenser til beleggdannelse på membranen som følge av et høyere fosfolipidinnhold. En sterk nedgang i fluxen er energikrevende med hensyn på å holde flythastigheten oppe gjennom membranen for å unngå beleggdannelse og dårligere membranselektivitet (Rinaldoni et al., 2012).

Fluxen ved ultrafiltrering av kjernemelk hadde en større variasjon mellom blokkene. Dette ble reflektert av standardavviket av permeatfluxen mellom blokkene ved første måling av fluxen under filtreringen. Årsaken kan være variasjonen i sammensetningen av kjernemelken. En større variasjon i sammensetningen av kjernemelk enn i skummet melk kan føre til at permeatfluxen og filtreringstiden varierte mer. Ved separering av kjernemelken var det også generelt vanskelig å oppnå god ren-skumming i forsøket. Abrahamsen (1991) hevder at utfordringer med separering av kjernemelken blant annet kan skyldes at andelen av små fettkuler er vesentlig høyere i kjernemelksfettet enn i melka den stammer fra. Fosfolipidene utgjør for eksempel en stor andel av fettene i kjernemelk. Videre kan en stor del av kjernemelkas fettkomponenter være vanskelig å separere fra serum ved hjelp av vanlige separatorer (Abrahamsen, 1991).

Rinaldoni, Tarazaga, Campderrós og Padilla (2009) konkluderer med at å øke trykket, noe som reduserer muligheten for beleggdannelse, er mer hensiktsmessig enn å øke temperaturen med hensyn på membranens levetid og energikostnader. Yildiz (2010) hevder at den ideelle arbeidstemperaturen ved bruk av ultrafiltrering for yoghurtproduksjon er mellom 35-45 °C, der det indre trykket av anlegget ikke bør overstige 0,7-0,8 MPa, og forskjellen mellom indre og ytre trykk ikke skal være over 0,25-0,30 MPa. Trykket som ble brukt under ultrafiltreringen i forsøket var 0,9 MPa inn og 2,2 MPa ut, mens temperaturen ble satt til om lag 50 °C. Disse filtreringsbetingelsene har muligens ikke vært optimale i henhold til Yildiz

(2010), men ble utført i pilotanlegget av praktiske årsaker. Variasjoner i trykk og temperatur kan også ha forekommet på grunn av manuell kontroll av disse og derav gitt utslag på resultatet av membranfiltreringen, men antas å ha vært av minimal betydning.

5.1.2 pH

Yoghurtbakteriene spalter laktose og danner melkesyre som et hovedprodukt fra pyruvatmetabolismen. Produksjonen av melkesyre fører til at pH i yoghurt synker. Det var en raskere reduksjon i pH i yoghurt laget av kjernemelk enn i yoghurt fremstilt av skummet melk. Sluttverdien av pH i yoghurt laget av kjernemelk var signifikant lavere enn for yoghurt laget av skummet melk. Disse resultatene er i samsvar med Trung et al. (2011), som observerte en raskere reduksjonen av pH og en lavere slutt-pH i yoghurt tørrstoffanrikt med kjernemelkpulver sammenlignet med yoghurt tørrstoffanrikt med skummetmelkpulver. Lavere pH-verdier i yoghurt laget av kjernemelk enn ved bruk av skummet melk som råstoff har også blitt rapportert av Weie Berg (1990), El-Nour et al. (2014) og Chapagain, Karki og Ojha (2013). Trachoo og Mistery (1998) viser også til at yoghurt tilsatt kjernemelk og kjernemelkpulver hadde lavere pH enn yoghurt tilsatt fettfritt tørrstoff. En redusert pH i syrnede meieriprodukter med tilsatt kjernemelk i forhold til kontroll er også blitt rapportert av Bjørke (2004), Rabben (2005) og Romeih, Moe og Skeie (2012). I yoghurt kan grunnen til disse observasjonene være at kjernemelk gir gode vekstvilkår til bakterien *Streptococcus thermophilus* på grunn av lavmolekylære peptider og aminosyrer (Trachoo og Mistery, 1998). Disse peptidene og aminosyrene kan være til knyttet membranproteiner i MFGM. En større mengde MFGM i kjernemelk kan gi en forbedret vekst og metabolisme av bakteriene i syrekulturen (Martinovic et al., 2013).

Gaucheron (2005) påpeker at bufferkomponenter som kalsiumfosfat, sitrat og aminosyrekjeder i kasein blir protonert (til positivt og negativt ladete partikler), og hvor kalsiumfosfat blir oppløst i serum (væskefasen). En økt konsentrasjon av bufferkomponenter kan øke bufferkapasiteten og potensielt senke pH. Varmebehandling fører til at løselig kalsium og magnesium blir omdannet til uløselige komplekser i myse, hvilket fører til en delvis utfelling av slike salter (Sodini, Mattas og Tong, 2006). En større mengde utfelte salter i kjernemelk, som følge av gjentatte varmebehandlinger, kan ha gitt melkesyrebakteriene bufferkomponenter som kan bidratt til å redusere pH. Kalsium kan også bidra til å danne bindinger mellom kasein og myseprotein, styrke gelnettverket og derav inneslutte mer vann og restlaktose. Laktose kan fungere som et substrat for yoghurtbakteriene til å produsere mer

melkesyre og senke pH. Målingene av innholdet av laktose og melkesyre i kjernemelkyoghurt bekrefter imidlertid ikke denne hypotesen. Det var et signifikant høyere innhold av laktose og melkesyre i yoghurt laget av skummet melk. Standardavvikene var imidlertid høye i disse prøvene. Et visst forbehold om større variasjoner i innholdet av disse komponentene mellom blokkene i yoghurt laget av skummet melk bør derfor tas hensyn til.

Samtidig har det blitt rapportert en økning i pH i takt med et høyere innhold av salter i syrnede meieriprodukter (Raval og Mistry, 1999). Aportela-Palacios, Sosa-Morales og Velez-Ruiz (2005) viser også til at yoghurt tilsatt kalsium førte til en høyere pH sammenlignet med kontroll-yoghurter. Et lavere innhold av kalsium eller mineraler i kjernemelkyoghurt, på grunn av gjentatte varmebehandlinger og/eller en større varmestabilitet, kan ha ført til en lavere pH i yoghurt laget av kjernemelk enn i yoghurt fremstilt av skummet melk.

Ved varmebehandling er det antatt at myseproteinene har et samspill med kaseinmicellene, hvor myseproteinene knytter seg til eller dekker micellene. De biokjemiske egenskapene til micellene blir dermed endret ettersom det isoelektriske punktet til myseproteinene er markant høyere ($pI=5,2$) enn det isoelektriske punktet til kaseinene ($pI=4,6$) (Vasbinder, van Mil, Bot og Kruif, 2001). Dette kan også være grunnen til at yoghurt tilsatt MFGM-isolat (med et samlet isoelektrisk punkt på rundt 4,8) (Saffon, 2013), kan danne interaksjoner med denaturerte myseproteiner og dermed forklare en syrligere pH i denne yoghurten sammenlignet med yoghurt tilsatt skummetmelkpulver (Trung et al., 2011). I kjernemelk er det et naturlig høyere innhold av MFGM. Denne teorien kan synes å være plausibel ettersom innholdet av melkesyre i dette forsøket ikke var en forklaring på hvorfor pH i yoghurt laget av kjernemelk var signifikant lavere i forhold til yoghurt fremstilt av skummet melk.

Varmebehandling av melken fører til en senkning av pH på grunn av en mindre mengde Ca^{2+} i ionisk form (Walstra et al., 2006). Yoghurtprøver som var varmebehandlet ved 75 °C, laget av både kjernemelk og skummet melk, hadde en signifikant høyere pH enn prøver varmebehandlet ved 95 °C. Dette er resultater som samsvarer med pH-målinger i yoghurt laget av ultrafiltrert skummet melk (tilsatt native myseproteiner til kaseinkonsentrat) utført av Jørgensen et al. (2015). En lavere pH i yoghurt varmebehandlet ved 95 °C sammenlignet med 75 °C var observert for samtlige yoghurter. Kjernemelk hadde på forhånd vært gjennom en varmebehandling ved 91 °C ved meieriet i TINE Verdal. Det har imidlertid blitt observert mer alkaliske pH-verdier i melk i forbindelse med geldanning når mengden

myseproteindenaturering øker (Vasbinder et al., 2001). Sammenhengen mellom en lavere mengde Ca^{2+} i melk ved høy varmebehandling kan ha påvirket pH i en retning av lavere verdier for yoghurtprøvene varmebehandlet ved 95 °C versus 75 °C. Ved et senere forsøk kunne det vært interessant å måle graden av myseproteindenaturering mellom skummetmelk- og kjernemelkbasene som effekt av varmebehandling og pH.

Syrningstiden for yoghurtprøvene var noe lengre enn det som var beskrevet i produktdeklarasjonen fra Chr. Hansen om Yo-Flex yoghurtkulturens syringstider (Chr.-Hansen, 2017). Ved en inokulasjon av syrekulturen tilsvarende 500u/2500ml, og med en inkubasjonstemperatur ved 43 °C, var det beskrevet at yoghurt skulle gå ned til pH 4,6 etter 6 timer. Disse betingelsene var imidlertid tilpasset skummet melk med 4,2 % protein, og ikke bruk av ultrafiltrert melk. I forsøkene måtte syrningen stoppes etter 8 timer på grunn av at pH stagnerte og ikke gikk lengre ned. Syringstiden har blitt rapport av Johansen og Olsrud (1994) til å være lengre i UF-yoghurt enn i kontroll-yoghurter (med pulvertilsetning). Yoghurtbakterier krever ifølge Rasic et al. (1992) et visst nivå av frie aminosyrer og peptider for å kunne initiere vekst. Under ultrafiltrering vil frie aminosyrer og peptider kunne passere membranen. Vekstfaktorer for yoghurtbakteriene kan dermed ha blitt redusert, med en lengre syringstid som resultat. En økning i proteininnholdet ved bruk av ultrafiltrering kan også ha ført til en større bufferevne i melka, slik at yoghurtkulturen kan vokse i lengre tid før den ønskede pH-verdien er oppnådd. Dette fører til at det tar lenger tid å redusere pH under syrningen, fordi mer melkesyre må dannes for å oppnå lik pH (Narvhus et al., 1998). Verdiene av pH i yoghurtprøvene sank heller ikke lenger ned enn 4,64, en noe høy pH-verdi sammenlignet med standard pH-verdier i yoghurt omtalt av Tamime og Robinson (2007) til å være i område pH 4,0-4,4.

5.1.3 Organiske syrer og karbohydrater

Individuelle forskjeller i innholdet av organiske syrer, karbohydrater og sporstoffer i melka kan ha ført til at mengden organiske syrer og karbohydrater i ferdig yoghurt varierte. Ved at melkens sammensetning varierer, på grunn av for eksempel laktasjonsperiode, helsetilstand, og tilgjengelig fôr, vil også innholdet av disse syrene og karbohydratene variere noe (Walstra et al., 2006). I forsøkene har hver leveranse av melk vært forskjellig mellom blokkene.

Forsøksfaktoren varmebehandling og interaksjonen mellom varmebehandling og råstoff har hatt minimal innvirkning på innholdet av organiske syrer og karbohydrater. Blokk viser noen

signifikante forskjeller, uten at det er noen tydelig trend som kan observeres mellom gjentakene. Innholdet av organiske syrer og karbohydrater varierte i større grad signifikant som følge av benyttet råstoff (kjernemelk eller skummet melk). Av de organiske syrene var det et signifikant høyere innhold av sitronsyre, orotinsyre, pyrodruesyre, melkesyre og urinsyre i yoghurt laget av skummet melk enn i yoghurt fremstilt av kjernemelk. Standardavvikene for innholdet av orotinsyre var spesielt stort i yoghurt laget av skummet melk, dernest var også standardavvikene for mengden melkesyre noe større. Slike standardavvik kan tyde på en noe større variasjon i innholdet av disse syrene mellom blokkene.

Til tross for et signifikant høyere innhold av sitronsyre i yoghurt laget av skummet melk enn i yoghurt fremstilt av kjernemelk, bekreftet et forholdsvis høyt innhold av sitronsyre i begge yoghurttypene at yoghurtbakteriene er sitratnegative (Walstra et al., 2006). Likevel kan det i noe større grad kan ha vært en omsetning av sitronsyre gjennom andre (alternative) metabolske veier i kjernemelkyoghurt, siden mengden sitronsyre var signifikant mindre i disse prøvene, og mengden eddiksyre større (ikke signifikant). Produksjon av eddiksyre kan antagelig være et tegn på en alternativ pyruvatmetabolisme (Liu, 2003).

Pyrodruesyre er et metabolsk mellomprodukt i glykolysen som følge av homofermentativ fermenerting av yoghurtbakteriene (Walstra et al., 2006). I yoghurt laget av kjernemelk var det et signifikant lavere innhold av pyrodruesyre. En slik omsetning av pyrodruesyre kan tyde en større omdanning av pyrodruesyre via en alternativ pyruvatomsetning (Liu, 2003), bekreftet av et høyere innhold av eddiksyre og et signifikant høyere innhold av maursyre i kjernemelkyoghurt. Videre kan pyruvat brytes ned til acetyl-CoA og format, en forbindelse som stimulerer vekst av *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* og følgelig gir *Streptococcus thermophilus* frie aminosyrer. Orotinsyre er også et metabolsk mellomprodukt i produksjonen av aminosyrer og nukleotider, og virker som byggesteiner og vekstfaktorer for yoghurtbakteriene (Liu, 2003; Walstra et al., 2006). Et signifikant lavere innhold av orotinsyre og pyrodruesyre i yoghurt laget av kjernemelk (høyere omsetning), som kan tyde på en økt dannelse av metabolske mellomprodukter og vekstfaktorer for yoghurtbakteriene, kan muligens også underbygge hvorfor pH-nedgangen var raskere i kjernemelkyoghurt.

Pyruvat har en nøkkelrolle under fermenteringen i kraft av å fungere som en elektronakseptor i omdanningen av NADH til NAD⁺ (Axelsson, 2004). Denne regenereringen må hele tiden

gjenskapes for at glykolysen kan fortsette. Fra glykolysen og homofermentativ fermentering dannes det 2 ATP per glukosemolekyl og 2 mol melkesyre (Axelsson, 2004). *Streptococcus thermophilus* produserer L(+)-isomeren av melkesyre, mens *Lactobacillus* produserer D(-)-varianten (Baglio, 2014). Av disse er L(+)-melkesyren regnet som den mest fordøyelige. I yoghurt er det antatt at 50-70 % av melkesyreinnholdet er av L(+)-varianten. Dersom det er et større overskudd av pyruvat i bakteriecellene til *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* og *Streptococcus thermophilus* enn det behov for å regenerere NAD^+ , vil yoghurtbakteriene kunne danne diacetyl og acetoin istedenfor melkesyre gjennom den alternative pyruvatmetabolismen (Baglio, 2014). Dette kan ha forekommet i kjernemelkyoghurt, hvor det var et signifikant større innhold av diacetyl, men et signifikant mindre innhold av melkesyre. Sammenhengen mellom diacetyl og acetoin blir utdypet under diskusjonen av flyktige komponenter.

Nivået av laktose i ultrafiltrert yoghurt vil være lavere enn i kontroll-yoghurt på grunn av tap av laktose i permeatet (Tamine og Robinson, 2007). En reduksjon av laktoseinnholdet i samtlige yoghurtprøver ble registret fra det opprinnelige innholdet av laktose i melka rundt 4 %. Det var om lag 2,5-3 % gjenværende laktose igjen i ferdig yoghurt, tilsvarende 50-55 mg mL^{-1} laktose (20 000-22 000 ppm). Innholdet av laktose hadde imidlertid store standardavvik for yoghurtprøvene laget av skummet melk. Dette kan ha ført til at forskjellene i laktoseinnholdet mellom yoghurt laget av kjernemelk og skummet melk har blitt vist som signifikante. De reelle forskjellene mellom yoghurttypene var imidlertid ikke store målt i ppm, med rundt 20 000-22 000 ppm laktose for samtlige yoghurtprøver. En noe lavere og senere laktoseomsetning kan likevel ha en sammenheng med den noe mindre dannelsen av organiske syrer i kjernemelkyoghurt. Det har blitt rapportert at kjernemelk har et noe lavere initialt innhold av laktose enn skummet melk (Dewettinick et al., 2008). En annen årsak til hvorfor det var et høyere innhold av organiske syrer i yoghurt laget av skummet melk, kan være knyttet til et signifikant høyere innhold av galaktose, et tegn på høy metabolsk omsetning i yoghurt. Under fermentering blir galaktose skilt ut av yoghurtbakteriene ved omsetning av laktose, fordi *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* og *Streptococcus thermophilus* ikke kan metabolisere galaktose (Walstra et al., 2006).

5.1.4 Flyktige aromakomponenter

En kombinasjon av flyktige komponenter er viktig for aromaprofilen til yoghurt. Det er særlig innholdet av acetaldehyd som blir ansett som viktig for den karakteristiske yoghurtsmaken, i enkelte tilfeller omtalt som en ”grønn smak” (Walstra et al., 2006). Videre er diacetyl, acetoin og 2,3-butanol regnet for å være viktige bidragsyttere for yoghurtens sammensatte aroma. Det er avgjørende at disse flyktige komponentene blir produsert i riktige mengdeforhold.

Aromakomponentene bør være innenfor visse ømtfintlige grenser (Baglio, 2014). I yoghurt skal innholdet av acetaldehyd normalt være mellom 2-40 ppm. I norsk yoghurt er det likevel ikke vanlig at innholdet av acetaldehyd er høyere enn rundt 10-15 ppm (Narvhus, 2017, pers. meddelelse). Mengden diacetyl forventes å være mellom 0,5-1,00 ppm (Baglio, 2014).

Innholdet av acetoin er vanligvis mellom 50-100 ppm, mens mengden av aceton er rapportert å ligge innenfor 1-4 ppm. I for store eller små mengder kan hver enkelt forbindelse bli for anonym eller dominere, og dermed påvirke smaksbalansen i negativ retning (Baglio, 2014).

Den sentrale aromakomponenten acetaldehyd blir dannet gjennom pyruvatomsetning og fra aminosyren L-threonin. Ved omdanningen av threonin til glysin spaltes det av acetaldehyd (Baglio, 2014). Det var forventet at yoghurtene i forsøket hadde en betydelig mengde acetaldehyd på grunn av et høyt proteininnhold, til tross for at syrekulturen som ble benyttet i forsøket (YoFlex Premium 1.0) blir karakterisert ved at den skal gi en mild (yoghurt)aroma (Chr.-Hansen, 2017). Et høyt proteininnhold fører til et høyere innhold av aminosyren threonin, slik at mer acetaldehyd kan dannes.

Samtlige yoghurtprøver hadde en acetaldehydmengde rundt 18 ppm, godt innenfor normalverdiene, men prøven L-SK trakk ned gjennomsnittet for yoghurt laget av skummet melk med et markant lavere innhold (10 ppm). Standardavviket var også lavt for denne prøven, slik at det ikke har vært noen gjentak som har senket gjennomsnittet betydelig. Innholdet av acetaldehyd i yoghurt laget av kjernemelk var dermed vist som signifikant høyere enn i yoghurt laget av skummet melk. En slik sammenheng er resultater som samsvarer med funnene av en større mengde acetaldehyd i yoghurt ved bruk av kjernemelk sammenlignet med kontroll etter to ukers lagring (El-Nour et al., 2014; Weie Berg, 1990). El-Nour et al. (2014) spekulerer i om kjernemelk inneholder komponenter som stimulerer yoghurtbakteriene til å danne mer acetaldehyd. En økt mengde membranproteiner tilknyttet

MFGM som følge av bruk av kjernemelk kan teoretisk også tilføre melkesyrebakteriene med mer threonin, men for å konkludere med en slik sammenheng kreves det mer kartlegging.

Flere studier viser en forbedret sensorisk poenggivelse for aroma i yoghurt tilsatt eller laget av kjernemelk (Trachoo og Mistry, 1998; Romeih et al. 2014). Om denne effekten kan relateres til et økt innhold av acetaldehyd eller til andre aromakomponenter er imidlertid ikke vist. Kartleggingen av acetaldehydinnholdet i kjernemelkyoghurt er generelt lite belyst. Mengdene av acetaldehyd er imidlertid avhengig av miljøforholdene for bakteriene, proteininnholdet i yoghurtbasen og syrekulturen som tilsettes (Baglio, 2014), slik at sammenligning av acetaldehydinnholdet mellom yoghurt isolert sett kan være en vanskelig øvelse.

Hvorfor en lav varmebehandling (75 °C) av yoghurt laget av skummetmelk har en gitt en lavere acetaldehydproduksjon enn i yoghurt fremstilt av kjernemelk, er vanskelig å forklare. En slik sammenheng kan også skyldes tilfeldigheter i yoghurtbakteriens metabolisme. Fra det metabolske veikrysset acetyl-CoA fra pyruvatomsetningen kan det dannes acetaldehyd, etanol og acetat (Axelsson, 2004). Det er mulig at prøven L-SK hadde et høyere innhold av acetat, men denne forbindelsen ble det ikke målt for. I utgangspunktet kan også acetaldehyd reduseres videre til etanol, men fordi enzymet etanol dehydrogenase ikke er aktiv på grunn av inkubasjonstemperaturen (43 °C), er etanolproduksjonen i yoghurt lav (Walstra et. al, 2006), noe som bekreftes av resultatene med verdier rundt 5 ppm etanol.

Aromakomponentene diacetyl, acetoin og 2,3-butandiol har et tett metabolsk samspill (Axelsson, 2004). I yoghurt kan diacetyl bli redusert til acetoin av acetoin reduktase. Fra acetoin kan det videre dannes 2,3-butandiol. Acetoin og/eller 2,3-butandiol blir dannet i større mengder enn diacetyl i yoghurt. Diacetyl er en mer potent forbindelse som kan dominere smaksbilde i for store mengder ("smøraroma") (Axelsson, 2004). Oberman og Libudzisz (1998) hevder at diacetyl er ansvarlig for den karakteristiske smøraromaen i yoghurt ved konsentrasjoner opp til 5 ppm. En forskjell i mengdeforholdene mellom diacetyl og acetoin ble observert i forsøket. Yoghurt laget av skummet melk hadde en signifikant lavere mengde av diacetyl enn yoghurt fremstilt av kjernemelk. Der mengden av diacetyl i yoghurt laget av skummetmelk var lavest (0,6-0,7 ppm), var innholdet av acetoin høyest (ca. 90 ppm) i yoghurt laget av skummet melk. Mengden av acetoin var altså signifikant større i yoghurt laget av skummet melk, mens innholdet av diacetyl var signifikant høyere i yoghurt laget av

kjernemelk. Kjernemelkyoghurt med et signifikant høyere nivå av både diacetyl og acetaldehyd enn kontroll ble også funnet i El-Nour et al. (2014) og Weie Berg (1990).

Det var ingen av yoghurtprøvene som hadde et ”lavt” innhold av både diacetyl og acetoin. I tilfeller der yoghurtene lå i det nedre sjiktet for innhold av disse komponentene, som for prøven M-SK, er forklaringen at mengden acetoin igjen er redusert til 2,3-butandiol eller konvertert til 2-butanon (Axelsson, 2004). M-SK hadde gjennomsnittlig det høyeste innholdet av 2-butanon (1,49 ppm). Acetoin kan teoretisk også reduseres til ravsyre, men det ble ikke detektert ravsyre i noen av yoghurtprøvene. Innholdet av acetoin i yoghurtprøvene var også innenfor de normale verdiene fra 50-100 ppm. Et interessant faktum er at det ved bruk av kjernemelk som råstoff i yoghurtproduksjon, ikke ble målt lavere mengder av de flyktige komponentene i yoghurtprøvene enn det som er de rapporterte (anbefalte) områdene.

5.1.5 Kvantifisering av fosfolipidinnholdet før og etter prosessstrinn

Tilstedeværelsen av fosfolipider i yoghurtbasene etter prosessering på meieriet kan være avgjørende for yoghurtens funksjonelle, ernæringsmessige og sensoriske egenskaper. Innholdet av fosfolipider var signifikant høyere i kjernemelk sammenlignet med fosfolipidinnholdet i skummet melk. Det var også et signifikant høyere innhold av fosfolipider i yoghurtbasene laget av kjernemelk etter ultrafiltrering og varmebehandling (95°C) sammenlignet med yoghurtbasene fremstilt av skummet melk. Disse resultatene var som forventet fordi kjernemelk har, som følge av kjerningsprosessen, et naturlig høyere innhold av fosfolipider. Det har blitt rapportert et utgangspunkt på 7-9 ganger så mye fosfolipider i kjernemelk som i skummet melk (Sodini et al. 2006). Denne forskjellen mellom innholdet av fosfolipider i kjernemelk og skummet melk reflekteres av resultatene. I oppgaven var det gjennomsnittlige utgangspunktet av fosfolipider i kjernemelk over 8 ganger høyere enn i skummet melk (0,015 g fosfolipider per 100 g skummet melk i forhold til 0,12 g fosfolipider per 100 g kjernemelk).

Utgangspunktet av de ulike typene fosfolipider i kjernemelk og skummet melk samsvarte i varierende grad med tidligere funn av fosfolipider i melk. I denne oppgaven fulgte innholdet av de ulike typene hovedfosfolipidene i både kjernemelk og skummet melk rekkefølgen PC>PE>SMP>PI. Fosfolipidene PI og L-PE ble ikke registrert i skummet melk, men kun i kjernemelk. Lyso-derivater av fosfolipider i kjernemelk kan tilskrives degradering ved

ekstraksjon eller fosfolipase-aktivitet under lagring eller behandling (Keenan og Patton, 1995).

Barry, Dinan og Kelly (2017) hevder at bruk av ultrafiltrering sikrer et minimalt tap av fosfolipider sammenlignet med erfaringene ved bruk av mikrofiltrering. Et vesentlig tap av fosfolipider ved bruk av mikrofiltrering er illustrert gjennom forsøk utført av Morin, Jimenez-Flores og Pouloit (2004), hvor det ble rapportert om at over 45 % av fosfolipidene ble tapt i permeatet. Ultrafiltrering utført av Ferreira, Martínez, Gayoso og Rodríguez-Otero (2016) førte ikke til tap av fosfolipider gjennom permeatet. Morin et al. (2004) peker på at bruk av en porestørrelse på 0,1 μm , en porestørrelse som vanligvis brukes ved ultrafiltrering, var mest effektivt for oppkonsentrering av fosfolipidene. Fosfolipidene vil i liten grad passere over i permeatet til tross for en mindre porestørrelse ved ultrafiltrering enn ved mikrofiltrering. Årsaken er at fettkulemembranen (MFGM) blir tilknyttet kaseinene under kjerning. I tillegg vil β -lactoglobulin samt andre proteiner vil danne komplekser med MFGM under pasteurisering av fløten avhengig av temperaturen (Morin et al., 2004).

Det kan virke som at det kun i nyere tid blitt utført studier som benytter ultrafiltrering som en hovedmetode for å separere fosfolipidene i kjernemelk (Barry, Dinan, Murray og Kelly, 2016; Barry et al., 2017; Costa, Elias-Argote, Jimenez-Flores og Gigante, 2010). I de fleste tilgjengelige studier som omhandler membranfiltrering av kjernemelk for å separere fosfolipidene, har det vært benyttet mikrofiltrering. Årsaken har vært at en større porestørrelse og lavere trykk ved bruk av mikrofiltrering (sammenlignet med ultrafiltrering) separerer proteinene og lipidene i melken (Costa et al., 2010). En slik separering av makromolekyler har blitt vurdert som en lovende første fase i å utvinne et konsentrat av fosfolipider. Samtidig har det vært en utfordring at MFGM-komponenter i fosfolipidene og kaseinmiceller har tilnærmet samme størrelse. Separeringen av fosfolipidene i retentatet har dermed vært krevende (Costa et al., 2010).

En økning i fosfolipidinnholdet i kjernemelken etter ultrafiltreringen i oppgaven var i tråd med flere studier (Barry et al., 2016; Ferreira et al., 2016; Turcot, Turgeon og Gelais, 2001). Ferreira et al. (2016) fremstilte kvarg av ultrafiltrert kjernemelk, og er en av få studier som undersøkte innholdet av fosfolipidene gjennom prosesstrinnene fram til ferdig produkt. Det kan gis inntrykk av at studier som undersøker innholdet av fosfolipider etter behandlingstrinn i utviklingen mot ferdig produkt, i liten grad har blitt belyst i litteraturen. I studien utført av

Ferreiro et al. (2016) var fosfolipidinnholdet i retentatet etter ultrafiltrering av kjernemelken signifikant høyere (enn før bruk av ultrafiltrering). Barry et al. (2016) hevder at det tidligere ikke har vært rapportert om en større oppkonsentrering av fosfolipider av kjernemelk enn en nesten ti-dobling av fosfolipidinnholdet i retentatet. I dette forsøket ble det brukt enzymatisk hydrolyse av melkeproteinene, som følge av kaseinmicellens likhet i størrelsen med MFGM-komponenter, med påfølgende ultrafiltrering. En slik oppkonsentrering av fosfolipidene har vist seg å være effektiv. Med de rapporterte mengdene fosfolipidene i UF-retentatene i flere studier (Barry et al., 2016; Barry et al., 2017; Ferreiro et al., 2016; Turcot et al., 2001), både med og uten enzymatisk hydrolyse av kaseinmicellene, kan ultrafiltrering virke som en lovende metode for oppkonsentrering og eventuell senere separering av fosfolipider av kjernemelk, og bør trolig bli applikert i større grad i meieriprodukter med hensyn på å kartlegge funksjonelle, ernæringsmessige og sensoriske egenskaper. I denne oppgaven oppnådde ultrafiltrering en 3,5x konsentrering av fosfolipidene i kjernemelk, resultater i samme størrelsesorden som i studiene av Ferreiro et al. (2016) og Turcot et al. (2001), begge studiene uten bruk av enzymatisk hydrolyse.

Singh (2006) hevder at MFGM kan bli endret under prosessering av melken. Resultatet av en endring i strukturen av MFGM kan være et tap av fosfolipider. Under prosessering av melken vil også serumproteinene (myseproteinene) tendere til å assosiere med MFGM rundt lipidkjernen (Singh, 2006). Corredig og Dagleish (1998) peker på at kraftig varmebehandling kan føre til tap av fosfolipider i kjernemelk, fordi disse membranfragmentene kan løsne og gå tapt fra MFGM-strukturen. En økt dannelse av kovalente bindinger mellom membranfragmentene og denaturerte og uløselige proteiner, kan gjøre at forbindelser knyttet til fosfolipidbærende membranproteiner blir avgitt under varmebehandling. De eksakte mekanismene for endringene som forekommer i MFGM under varmebehandling er imidlertid ikke fullt ut kartlagt (Evens, 2004). Det har likevel blitt alminnelig akseptert at det forekommer interaksjoner mellom β -laktoglobulin og MFGM, hovedsaklig gjennom disulfidbindinger (Corredig og Dagleish, 1998).

Under behandlingstrinnene i meieriet er det ifølge Gallier, Gragson, Cabral, Jiménez-Flores og Everett (2010) ikke hovedsaklig homogeniseringen som endrer innholdet og sammensetningen av fosfolipider i melk. Det er imidlertid kjent at homogenisering øker overflaten av fettkulene og kan stimulere til adsorpsjon av kasein og til interaksjoner av myseproteiner til membranproteinene (Walstra et al., 2006). Gallier et al. (2010) konkluderer

med at det er graden av varmebehandling som til slutt er hovedansvarlig for innholdet av ulike fosfolipider etter prosessering. Lavere varmebehandling av kjernemelken kan tyde på en høyere bevaringsevne av MFGM-materiale og dermed en større konservering av fosfolipidene og fettkulemembranens funksjonelle egenskaper (Corredig og Dagleish, 1998; Morin, Jimenes-Flores, Pouloit, 2007; Romeih et al., 2012). Det har for eksempel blitt indikert at det dannes mer interaksjoner mellom MFGM og myseproteiner ved høyere temperaturer (Corredig og Dagleish, 1998), og en større assosiasjon av myseproteiner til κ -kasein (Saffon, 2013). Slike effekter kan redusere løseligheten til proteinene i kjernemelk, og dermed MFGMs funksjonelle egenskaper. Det har også blitt rapportert at spray-tørket kjernemelkpulver ved 85°C inneholdt signifikant mindre fosfolipider enn pasteurisert kjernemelk ved 72°C i 20 sek. (Gallier et al., 2010).

Til tross for at flere studier kan tyde på at fosfolipidinnholdet i kjernemelk, og særlig kjernemelkpulver, tapes ved kraftig varmebehandling, er det fortsatt igjen en betydelig høyere andel fosfolipider etter dette behandlingstrinnet enn observert hos skummet melk (Gallier et al., 2010). Slike resultater ble også gjenspeilet i denne oppgaven etter varmebehandling med hensyn på innholdet av fosfolipider i yoghurtbasene laget av kjernemelk sammenlignet med yoghurtbasene fremstilt av skummet melk. Etter varmebehandling var et omtrent 6 ganger så mye fosfolipider i yoghurtbasen laget av kjernemelk som i yoghurtbasen fremstilt av skummet melk, med henholdsvis 0,45 g fosfolipider per 100 g melkebase av kjernemelk sammenlignet med kun 0,081 g fosfolipider per 100 g melkebase av skummet melk.

Av hensyn til mulig gjennomførbarhet av analysene ble det kun valgt å sammenligne fosfolipidinnholdet i ferdig yoghurt etter en varmebehandlingstemperatur (95°C). For kjernemelk var ikke dette av særlig betydning ettersom fløten før smørproduksjon var 91°C, men for yoghurtbasene laget av skummetmelk kunne effekten av varmebehandling på innholdet av fosfolipider blitt tydeligere synliggjort ved å sammenligne flere temperaturer. Før forsøkene ble planlagt og utført ble det imidlertid antatt at fløten før smørproduksjon hadde en pasteuriseringstemperatur på 74 °C, og at effekten av temperaturbehandlingene på yoghurtbasene dermed kunne få en tydeligere effekt. Ifølge Walstra et al. (2006) kan også noe av MFGM-materiale, særlig fosfolipidene, bli frigjort i melkens serum (vandige fase) ved kjøling av melken (ca. 20 % tap). Kjernemelken som var benyttet i forsøkene hadde vært kjølelagret i 4-6 dager før yoghurtproduksjon, hvorav 12 timer på pilotanlegget på NMBU. Det gjenværende innholdet av fosfolipidene etter prosessering av yoghurtbasene må også ta

hensyn til en slik påvirkning. En lang kjølelagringstid kan muligens også ha redusert innholdet av fosfolipidene i noe større grad.

Mesteparten av fosfolipidene i kjernemelk er knyttet til MFGM. Innholdet av fosfolipider etter homogenisering og varmebehandling vil derfor være en indikasjon på eventuelle tap av MFGM-fragmenter (Morin, Pouliot og Britten, 2008). På tross av et signifikant høyere innhold av fosfolipider etter varmebehandling i yoghurtbasen laget av kjernemelk enn i yoghurtbasen fremstilt av skummet melk, gikk innholdet av fosfolipidene i yoghurtbasen laget av kjernemelk noe ned etter varmebehandling. Denne observasjonen samsvarer blant annet med teorien om varmebehandlingens effekt på MFGM-materiale (Corredig og Dagleish, 1998; Morin et al., 2008) og med resultater fra Ferreiro et al. (2016).

I studien utført av Ferreiro et al. (2016) var det en signifikant nedgang i fosfolipidinnholdet i melkebasene av kjernemelk for kvargproduksjon etter homogenisering og varmebehandling sammenlignet med nivået av fosfolipider oppnådd etter ultrafiltrering. Nedgangen i fosfolipidinnholdet etter varmebehandling var i denne oppgaven imidlertid mindre (ikke-signifikant) enn observert i studien til Ferreiro et al. (2016), hvor det var en signifikant nedgang i nivået av fosfolipider etter varmebehandling. Fløten før kjerning var i studien til Ferreiro et al. (2016) varmebehandlet ved 85°C i 30 sekunder. Kjernemelken før kvargproduksjon ble varmebehandlet ved 90-95°C i 5 minutter. Innholdet av PE og PS sank etter varmebehandling (90-95°C i 5 minutter) i studien til Ferreiro et al. (2016) i samsvar med resultatene i denne oppgaven (95 C i 5 minutter).

Morin et al. (2007) viser også til at innholdet av fosfolipider i kjernemelk sank etter pasteurisering fra 1,28 % av tørrstoffet til 1,19 % av tørrstoffet, nok til at nedgangen ble betegnet signifikant. Fløten før kjerning var i denne studien varmebehandlet ved 85°C i 30 sek, mens kjernemelken ytterlige ble varmebehandlet ved 72°C i 15 sekunder. Av fosfolipidene økte PC, PI og SM etter varmebehandling, mens PE og PS sank (Morin et al., 2007). Disse endringene i fosfolipidprofilen etter varmebehandling lignet resultatene i denne oppgaven, bortsett fra at det ikke ble registrert en økning i SMP i studien utført av Morin et al. (2007). Samtlige typer fosfolipider i denne oppgaven økte imidlertid fra pasteuriseringen på pilotanlegget (NMBU) og etter ytterlige varmebehandling (95°C). Nedgangen i fosfolipidinnholdet var kun registrert etter ultrafiltrering i denne oppgaven. På grunn av manglende ultrafiltrering i studien til Morin et al. (2007) er det mer krevende å sammenligne disse resultatene enn ved resultatene fra Ferreiro et al. (2016).

Fosfolipidprofilen i yoghurtbasen av kjernemelk etter varmebehandling var i denne oppgaven PC>PE>PI>SMP>L-PE. I yoghurtbasen basert på skummet melk var fosfolipidprofilen PC>PE>SMP>PI>L-PE etter varmebehandling. Disse fosfolipidprofilene holdt seg relativt stabilt gjennom produksjonstrinnene. I yoghurtbasen ble kun innholdet av SMP høyere og PE og PI lavere etter varmebehandling. I yoghurtbasen fremstilt av skummet melk ble kun innholdet av SMP høyere enn innholdet av PE etter varmebehandling. I kvaug laget av kjernemelk (Ferreiro et al., 2016) og i kommersiell yoghurt laget av melk (Rombaut, Dewettinck og van Camp, 2007) var fosfolipidprofilene lignende det som ble observert i denne oppgaven, med en rekkefølge av fosfolipidene i form av PE>PC>SMP>PI. Flere studier, inkludert disse, oppgir at typen PE er funnet i høyest mengde. PE utgjør i utgangspunktet også 42,9 % av fosfolipidene i melken, mens PC og SMP følger bak med henholdsvis 19,1 % og 17,9 % (Contarini og Povolito, 2013). Hvorfor mengden PC var registrert som større enn PE både i kjernemelk- og skummetmelk-yoghurt før og etter prosessstrinnene, kan skyldes særdeles store standardavvik for mengdene av PC og PE. Naturlige forklaringer som ekstraksjonsmetode, fôr og individuelle forskjeller mellom kyrene kan også spille inn. Innholdet av fosfolipider vil for eksempel synke noe utover i laktasjonsperioden (Walstra et al., 2006).

Morin et al. (2007) hevder at fosfolipidene PE og PI kan være mer utsatt for å gå tapt etter varmebehandling fordi de er lokalisert på innsiden av MFGM, og dermed er i kontakt med enkeltmembranen som omgir triglyseridkjernen. I kjernemelk er denne indre membran eksponert mot serum (den vandige fasen). Prosessering og varmebehandling kan indusere interaksjoner og mulige forflytninger i membranen. I skummet melk er denne indre membran beskyttet inne i fettkulen, og forebygger i større grad interaksjoner mellom myseproteiner og kasein.

Krevende ekstraksjonsarbeid av fosfolipidene kan generelt ha vært en årsak til varierende oppgitte fosfolipidinnhold både i denne og andre studier. Årsaken til dette er at fosfolipidene etter varmebehandling er knyttet til triglyserider, myseproteiner og andre membranproteiner, særlig i kjernemelk (Rombaut, Dewettinck, K. og Van Camp, 2007). Videre kan denaturering av proteiner under prosessering påvirke ekstraksjonen av fosfolipider. Et spesielt kritisk steg er å skille fettkulene fra serumfasen, det vil si å skille dem fra proteinet. Små fettkuler har forholdsvis mye proteiner og kan gå med serumfasen (Skeie, 2017, pers. meddelelse). Metoder

som anvender bruk av HPLC knyttet til ELSD (Evaporative Light Scattering Detector) er den mest vanlige prosedyren for å identifisere og kvantifisere fosfolipider (Rombaut et al., 2007), og ble også brukt ved fosfolipidanalysene i denne oppgaven (Aker, 2017).

Innholdet av de ulike fosfolipidene kan også påvirke kjernemelkens ernæringsmessige egenskaper. I oppgaven var det et størst økning av SMP etter varmebehandling. SMP kan være involvert i biologiske og strukturelle funksjoner (Gallier et al., 2010). Videre kan SMP ha en sentral funksjon i celledifferensiering og nervefunksjon (Contarini og Povolo, 2013). Conway et al. (2014) viser til en studie hvor 17 grupper à 16 personer fikk en diett som inneholdt enten 0.03% (wt/wt) sphingomyelin i kornolje, 0.03% (wt/wt) SMP i vannfritt melkefett eller MFGM fra ultrafiltrert kjernemelk (0.11% sphingomyelin, wt/wt). Ved bruk av en ACF-model ("aberrant crypt foci") tydet ultrafiltrert kjernemelk på å beskytte mot tarmkreft i form av en reduksjon i apoptose-resistente celler i modellen. SMP ble foreslått å være hovedansvarlig for denne effekten. Det er imidlertid ingen kliniske bevis i litteraturen på undersøkelse av kjernemelkens og MFGMs helsemessige effekter i in vitro-forsøk med RTC-studiedesign (Random Trial Conduction), hvilket er gullstandarden for å vise effekt av tiltak innen ernæringsforskning (Conway et al., 2014). Av fosfolipidtypene var det et høyt innhold av PC og PE i yoghurtprøvene. Det er antydning at PC og PE kan motvirke enkelte typer kreft, bedre den kognitive funksjonen og beskytte mot Alzheimer og depresjon (Contarini og Povolo, 2013).

5.2 Reologi

5.2.1 Yoghurtens viskositet og flyteegenskaper

Yoghurt er et produkt med en kompleks reologi, avhengig av temperatur, innhold av tørrstoff og tilstanden til proteinene (graden av mysedenaturering) i melk. Flyteegenskapene i et produkt er en hovedfaktor som påvirker konsistensen (Fangary, Barigou og Seville, 1999). Evalueringen av konsistensen i yoghurt avhenger av flyteegenskapene, best uttrykt som viskositet som funksjon av skjærrate ifølge Fangary et al. (1999). Mellom tungen og ganen vil yoghurt bli presset og forflyttet i munnen, og til slutt begynne å flyte. Denne skjærspenningen/flyteegenskapene (Pa) og viskositeten (Pa*s) som funksjon av skjærrate ble målt instrumentelt for å kartlegge konsistensen i yoghurt laget av kjernemelk og skummet melk (varmebehandlet ved ulike temperaturer). Yoghurtprøvene viste skjærtynnende flyteegenskaper ved påført skjærrate. Viskositeten i yoghurtene sank når prøvene var utsatt for

kraft (skjærrate). Dette er typiske egenskaper som kjennetegner den reologiske profilen til yoghurt (Uduwerella et al., 2017; Bylund, 1995). Resultatene bekrefter at yoghurt er et materiale som faller inn under kategorien et ikke-newtonsk materiale, hvor viskositeten i produktet er en funksjon av nivået og varigheten av skjærhastighet som blir påført (Bylund, 1995).

Det var ikke funnet en signifikant forskjell i viskositet og skjærspenning mellom yoghurt laget av kjernemelk og skummet melk. Interaksjonseffekten mellom råstoff og varmebehandling var imidlertid signifikant. Grunnen til at det ikke var en signifikant forskjell i viskositet og skjærspenning basert på råstoff alene, kan være at yoghurt laget av skummet melk varmebehandlet ved 75°C trakk ned gjennomsnittet ved å vise signifikant lavest viskositet og skjærspenning av samtlige yoghurtprøver. Den høyere målte viskositeten og skjærspenningen i prøvene M-SK og H-SK sammenlignet med M-KM og H-KM, fremstilt i plott og grafer, ble dermed ikke synliggjort som statistisk signifikant. Sammenhengen var imidlertid signifikant dersom ”uteliggeren” L-SK ble oversett. Årsaken til at det var en tydelig lavest viskositet i yoghurt laget av skummet melk varmebehandlet ved 75°C (L-SK) sammenlignet med tilsvarende prøve laget av kjernemelk (L-KM), beror på at L-SK hatt en lavere varmebelastning og en mindre grad av mysedenaturering enn L-KM. Fløten før kjerning var ved TINE Verdal varmebehandlet ved 91 °C. Prøven L-SK har derfor dannet et svakere gelnettverk enn L-KM, hvor mindre interaksjoner i gelen er involvert. En svakere gelstruktur gir utslag i lavere viskositet.

Til tross for en lavere målt pH i kjernemelkyoghurt og en mer omfattende varmehistorikk, som kan påvirke mengden denaturerte myseproteiner, var viskositeten og skjærspenningen i yoghurt laget av kjernemelk signifikant lavere enn yoghurt fremstilt av skummet melk (ved varmebehandling ved 85°C og 95°C). Slike resultater kan tyde på at myseproteinene i kjernemelken i stor grad allerede var denaturerte, og ikke fikk noen ekstra effekt (økning av viskositet) av en ytterligere varmebehandling. Observasjoner som ikke støtter en slik slutning er at vannbindingsevnen var signifikant høyere i kjernemelk yoghurt varmebehandlet ved 95°C versus 85°C og 75°C, og et mulig lavere mineral- og kalsiuminnhold i kjernemelk, hvor kalsiuminnholdet kan tapes ved omfattende varmebelastning, kan føre til at myseproteinene kan være mer beskyttet mot denaturering. Binding av kalsium til α -lactalbumin øker signifikant protein stabiliteten mot varmedenaturering (Permyakov og Berliner, 2000). Det var også observert, i form av plottene over viskositet og skjærspenning, at kjernemelkyoghurt

varmebehandlet ved 95°C hadde en høyere viskositet enn yoghurt laget av kjernemelk varmebehandlet ved 85°C, slik at varmebehandlingseffekten av yoghurtbasene av kjernemelk også har gitt utslag. Denne forskjellen var imidlertid ikke vist som signifikant.

Forskjellen i skjærspenningen mellom yoghurtprøvene av kjernemelk og skummetmelk ble heller ikke avdekket signifikant i noen av de fire målepunktene av skjærrate som ble plukket ut for nærmere analyser. Resultatene fra analysene av skjærspenning og viskositet kan imidlertid tyde på å vise ulike trender som kan gi utfyllende informasjon. Mellom 1-10 1/s skjærrate tyder resultatene på at prøven H-KM kan oppleves som mest viskøs, ekvivalent til hvordan det kan oppleves ved første kontakt i munnen (lave verdier av skjærrate/motstand), et resultat som ikke ble tydeliggjort av målingene av skjærspenning. En høyere viskositet av H-KM ble imidlertid ikke vist signifikant, men kan muligens bidra som en av mange årsaker til hvorfor yoghurt laget av kjernemelk ble vurdert til å ha en høyere sensorisk munnfølelse enn yoghurt laget av skummet melk. Tendensen til en høyere viskositet av H-KM ved lav skjærrate (motstand), tilsvarende når yoghurt blir forflyttet mellom tungen og ganen i munnen, kan ytterligere bli undersøkt ved å benytte sensoriske metoder som Temporal Dominance of Sensations (TDS). Denne metoden er egnet for bedømmelse av tidsavhengige (temporale) sensoriske sanseinntrykket av komplekse næringsmidler som yoghurt (Lawless og Heymann, 2010). En endring i den sensoriske oppfattelsen innebærer at intensiteten og varigheten av ulike sensoriske egenskaper knyttet til produktet varierer. Slike egenskaper kan endres fra første innrykk i munnen til senere bearbeidelse gjennom for eksempel økt bevegelse av tungen og tygging (Lawless og Heymann, 2010).

En ustabil gel eller en ustabil yoghurt er karakterisert av et produkt med en høy aktiveringsenergi (fri energi) for kjemiske reaksjoner eller fysiske endringer, og en raskere bevegelse av molekyler på grunn av en lav viskositet i produktet (Damodaran et al., 2008). Høy viskositet er dermed viktig for at yoghurt skal være et stabilt produkt: Forutsetningene for en langsommere bevegelse av partikler eller molekyler er mindre på grunn av yoghurtens høye viskositet (Damodaran et al., 2008). Yoghurt laget av skummet melk hadde en høyere viskositet enn yoghurt laget av kjernemelk. Viskositet alene vil imidlertid ikke være godt nok for å bestemme yoghurtens kvalitetsegenskaper. Det har for eksempel blitt vist at yoghurt laget av kjernemelk, eller med tilsatt MFGM-isolater, har en mindre myseutskillelse og en bedre emulsjonsevne- og stabilitet enn kontroll-yoghurter, trolig på grunn av et høyere innhold av amfiliske og overflateaktive fosfolipider og membranproteiner tilknyttet MFGM. En

tendens til lav viskositet kan i utgangspunktet være et tegn på dårlig produktkvalitet i yoghurt. En lavere viskositet i kombinasjon med økt vannbindingsevne, bedre emulsjonsstabilitet og en mykere/glatt konsistens, som kan gi en bedre sensorisk munnfølelse i lavfett-yoghurt, vil nødvendigvis ikke være negativt.

I tråd med resultatene i denne oppgaven har det blitt rapportert at tilsetning av kjernemelk eller kjernemelkpulver i yoghurt gir en lavere viskositet sammenlignet med kontroll (Bagging og Forsingdal, 1989; Guinee et al. 1995; Trachoo og Mistry 1998; El-Nour et al., 2014). Ved en sammenligning av yoghurt tilsatt skummetmelkpulver med yoghurt tilsatt kjernemelkpulver, kan en ulik varmehistorikk og sammensetning i pulverne også ha spilt inn på konsistensen i yoghurtene. Sammensetningen i pulverne kan variere noe mellom studiene, for eksempel kasein/myse-ratioen. En endring av forholdet mellom myseproteiner og kasein kan endre viskositeten og påvirke myseutskillelsen og mikrostrukturen i yoghurt (Silva og O'Mahony, 2016), men resultatene kan tidvis oppleves uentydige. Tendensen til en lavere viskositet i yoghurt laget av kjernemelk sammenlignet med kontroll yoghurt forsterkes av at viskositeten i re-kombinert melk er funnet å være lavere ved tilsetning av kjernemelk enn ved tilsetning av skummet melk (Scott et al., 2003). Videre er det observert at viskositeten i olje-vann-emulsjoner ved bruk av mikrofiltrert kjernemelk og MFGM-isolater gir uttrykk for å være lavere enn ved bruk av skummetmelkpulver og myseproteinpulver (Sodini et al. 2006; Phan et al. 2013).

Fettets sammensetning i yoghurt kan i stor grad påvirke de reologiske egenskapene. Tendensen til en lavere viskositet i yoghurt laget av kjernemelk kan forklares med en høyere andel av umettet fosfolipider i yoghurt fremstilt av kjernemelk. Fosfolipidene er organisert i membraner, hvor de er avgjørende for egenskapene til disse biologiske cellemembranene (Damodaran et al., 2008). For at funksjonen til membranene skal ivaretas, er det nødvendig å holde membranene flytende. Fettsyrene som er funnet i fosfolipider er dermed i stor grad umettet for å forebygge krystallisering ved temperaturer som omgir fosfolipidene (Damodaran et al., 2008). Innholdet av de ulike fosfolipidene bidrar til å bestemme yoghurtens flyteegenskaper, særlig i yoghurt laget av kjernemelk på grunn av et høyere innhold av fosfolipider i disse prøvene. I denne oppgaven var det en større økning av SMP etter varmebehandling av yoghurt laget av skummet melk enn i yoghurt fremstilt av kjernemelk. SMP er en mettet fettsyre. Et høyere innhold av SMP kan i teorien føre til en liten påvirkning i retning av en fastere konsistens i yoghurt laget av skummet melk, noe som samlet sett også

kan bekreftes av resultatene. På den andre siden var det et signifikant høyere innhold av PC og PE i yoghurt laget av kjernemelk enn i yoghurt laget av skummet melk. Samlet sett kan fosfolipidene påvirke viskositeten i yoghurt i retning av å være mer flytende (mindre viskøs), en årsak kan være fettsyresammensetningen og en annen årsak kan være bedre emulgeringsevne som også gir bedre flyt. Yoghurt som inneholder en større mengde kalsium, som antagelig er yoghurt laget av skummet melk på grunn av mindre varmebelastning, er også funnet å øke kryssbindingene av kolloidalt kalsiumfosfat mellom kaseinmicellene, hvilket kan tyde på å resultere i høyere viskositet sammenlignet med kontroll (Singh og Mupatwella, 2008).

Interessante observasjoner gjort av Serafeimidou, Zlatanos, Laskaridis og Sagredos (2012) og (Kim og Liu, 2002) kan også tyde på fettsyren konjugert linolensyre (CLA) kan spille inn på både reologiske og ernæringsmessige egenskaper i yoghurt. Serafeimidou et al. (2012) viser til at i Hellas er yoghurt det nest mest populære meieriproduktet etter ost (spesielt Feta). Statistikk viser at Hellas har en av de laveste ratene av dødelighet som følge av hjerte- og karsykdommer og brystkreft i Europa, noe som mulig kan knyttes til inntaket av ost og yoghurt gjennom innholdet av blant annet den umettede fettsyren CLA. Det har blitt indikert at CLA kan være ansvarlig for en lang rekke helsefordeler (Serafeimidou et al., 2009). Det har blitt vist at bakteriestammer som *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Lactobacillus* og *Bifidobacteria* kan omdanne linolensyre til CLA (Kim og Liu, 2002; Jiang, Bjorck og Fonden, 1998), selv om resultatene i flere studier kan tyde på å variere. Disse bakteriene er imidlertid vanlige bakteriestammer i syrende produkter.

I kjernemelk er det et naturlig høyere innhold av linolensyre enn i skummet melk, noe som kan være knyttet til oksidativ ustabilitet i kjernemelk (Johansen et al., 2005). Forfatterne viser til at fosfolipidene i fettkulemembranen er antydnet å inneholde ca. 6 % linolsyre (Johansen et al., 2005). Van Nieuwenhove, Oliszewski, Gonzales og Chaia (2007) evaluerte stammer av *Lactobacillus*, *Bifidobacteria* and *Streptococci* for deres evner til å produsere konjugert linolensyre (CLA) fra linolensyre. Resultatene viste at *Streptococcus thermophilus* viste en av de høyeste omdanningsratene av linolensyre til CLA (i bøffelmelk). I denne oppgaven kan teoretisk *Streptococcus thermophilus* ha omdannet mer linolensyre til CLA, og kan dermed utgjøre en av flere årsaker til at en lavere viskositet ble observert i yoghurt laget av kjernemelk (på grunn av et høyere innhold av umettede fettsyrer). En kartlegging av innholdet av CLA i yoghurt laget av kjernemelk sammenlignet med yoghurt laget av skummet melk, vil

være av stor interesse i senere studier, særlig knyttet til ernæringsmessige, reologiske og oksidative egenskaper.

5.2.2 Vannbindingsevne og myseutskillelse

Mengden myse som skilles ut fra yoghurtgelen kan gi et mål på hvor godt gelen holder på myse. Graden av myseutskillelse er et uttrykk for vannbindingsevnen til yoghurten. I yoghurt er det ønskelig med så lite myseutskillelse som mulig for å oppnå god produktkvalitet. Å hindre myseutskillelse er fremdeles ansett som en av hovedutfordringene i yoghurtproduksjon, spesielt yoghurt med et lavt innhold av fett. I oppgaven hadde yoghurt laget av kjernemelk både en signifikant høyere vannbindingsevne og en signifikant mindre myseutskillelse enn yoghurt produsert av skummet melk. Yoghurt laget av skummet melk, som var varmebehandlet ved 75°C, viste signifikant lavere vannbindingsevne og høyere synerese enn resten av yoghurtprøvene.

Resultatene kan skyldes at kjernemelk har vært gjennom fire varmebehandlingstrinn i form av pasteurisering av rå melk ved ankomst TINE Meieriet Verdal (72°C i 15 sekunder), varmebehandling av fløten før kjerning ved 91°C i 30 sekunder ved TINE Meieriet Verdal, ny pasteurisering ved 72 °C i 15 sekunder ved ankomst i pilotanlegget ved NMBU og deretter påført varmebehandlinger av yoghurtbasen ved tre ulike temperaturer (75°C, 85°C og 95°C). Fløten kan også ha vært suppleringsfløte og mottatt ytterligere en varmebehandling. Flere varmebehandlingstrinn av kjernemelka enn av skummet melk kan ha ført til en større grad av denaturerte myseproteiner, en økt utfoldelse av myseproteinene og en høyere assosiering av myseproteiner til kaseinet i kjernemelka. Disse biokjemiske endringene av proteinene i kjernemelka kan øke vannbindingsevnen i yoghurt laget av kjernemelk. En større mengde vann kan dermed være innesluttet i det tredimensjonale gelnettverket i kjernemelkyoghurt. En slik situasjon bekreftes av en høyere vannbindingsevne og mindre myseutskillelsen i yoghurt laget av kjernemelk i forsøket.

Skummet melk hadde kun vært gjennom pasteurisering i pilotanlegget (72 °C i 15 sekunder) og deretter varmebehandlinger av yoghurtbasen under samme betingelser. Graden av denaturering i yoghurt laget av skummet melk var dermed mindre, særlig i yoghurt varmebehandlet ved maksimalt 75 °C. Forskjellene i vannbindingsevnen mellom

yoghurtprøvene laget av skummet melk var dermed tydeligere, og ble vist som signifikante mellom prøvene varmebehandlet ved 75°C, 85°C og 95°C.

Det har blitt indikert at det forekommer en nesten fullstendig denaturering av β -lactoglobulin etter varmebehandling ved 95°C i 5 min (Dannenberg and Kessler, 1987). Noe av α -lactalbumin har imidlertid blitt rapportert som udenaturert etter en varmebehandling ved 95°C i 5 min (Anema, 2009). Graden av aggregeringen (irreversibel denaturering) av α -lactalbumin er også avhengig av mengden frie thiol-grupper til stede i andre myseproteiner. En kraftig varmebehandling av øvrige myseproteiner (økt eksponering av frie thiol-grupper) får dermed en forsterkende effekt også på denatureringen av α -lactalbumin. Samtidig er altså α -lactalbumin mer varmestabilt enn β -lactoglobulin (Walstra et al., 2006). Ifølge Dannenberg and Kessler (1987) førte en varmebehandling av skummet melk ved 75°C i 5 min til en denatureringsgrad av β -lactoglobulin på rundt kun 20%. Varmebehandlingen av skummet melk ved 75°C har dermed en betydelig mindre denaturert mengde β -lactoglobulin som kan bidra til å danne et sterkt gelnettverk og inneslutte vann i yoghurtgelen. En signifikant lavere vannbindingsevne og høyere myseutskillelse i yoghurt laget av skummet melk enn yoghurt fremstilt av kjernemelk, særlig vist ved yoghurtprøvene av skummet melk lavt varmebehandlet ved 75°C og 85°C i 5 min versus tilsvarende prøver av kjernemelk, er i tråd med teorien.

Flere studier har også redegjort for at denatureringsgraden ikke kun er avhengig av temperatur. Ionekonsentrasjon, pH ved varmebehandling og proteinkonsentrasjonen kan spille inn (Walstra et al., 2006). Ved de ulike varmebehandlingene av yoghurtbasene hadde proteininnholdet blitt konsentrert til over 8 % (2-3x konsentrering av proteininnholdet), det vil også si at mengden eventuelle udenaturerte myseproteiner også hadde blitt konsentrert opp. Det mulig at denaturert β -lactoglobulin ikke like lett vil danne aggregater med divalente kationer i kjernemelk, fordi kjernemelk inneholder mindre av disse divalente kationene (som for eksempel kalsium) enn det skummetmelk gjør (Johansen et al., 2005). Dette kan også spille inn på den endelige denatureringsgraden i ferdig yoghurt og dermed vannbindingsevnen og mengde myseutskillelse avgitt etter sentrifugering. Et lavere laktoseinnhold i kjernemelkyoghurt kan også føre til en høyere grad av denaturering i yoghurtene på bakgrunn av at laktose kan ha en svakere hydreringseffekt på β -lactoglobulin (Anema, Lee og Klostermeyer, 2006). Lavere nivåer av laktose kan senke ordningen av

vannstrukturen rundt β -lactoglobulin-molekylene og favorise av en denaturert tilstand av β -lactoglobulin på grunn av lavere laktoseinnhold (Anema et al., 2006)

Lucey (2001) hevder at en lav vannbindingsevne i yoghurt er relatert til et ustabil gelnettverk og en stor grad av re-organisering av nettverket. En økning i proteininnholdet i yoghurt fører generelt til mindre myseutskillelse på grunn av tettere interaksjoner mellom proteinene i gelen (Lucey, 2001). Evnen en gel har til å binde vann er også avhengig av volumfraksjonen, porestørrelsen og graden av molekylære bevegelser i gelen (Damodaran et al., 2008). Store partikler vil lettere bli deformert ved eksponering for ytre krefter, og mer vann vil slippes ut av gelnettverket. Små partikler utgjør en mer kompakt struktur som er mer robust overfor ytre krefter, og har en mindre gjennomtrengelighet for vann gjennom porene. Disse biokjemiske tilstandene forklarer hvorfor en polymer-gel av små partikler utgjør en mindre gjennomtrengelig gel enn en struktur dannet av større partikler (Damodaran et al., 2008). Dette var tydelig i yoghurt laget av skummet melk, særlig for yoghurtprøvene som var lavt varmebehandlet. Ved senere forsøk kan det være av interesse å undersøke mikrostrukturen i yoghurt laget av kjernemelk sammenlignet med yoghurt fremstilt av skummet melk i sammenheng med vannbindingsevne, myseutskillelse og emulsjonskapasitet.

Det har også blitt observert en økt vannbindingsevne i yoghurt tilsatt kjernemelk, kjernemelkpulver og MFGM-isolat sammenlignet med yoghurt tilsatt skummetmelkpulver (Guinée et al., 1995; Trachoo og Mistry, 1998; Romeih et al. 2014; Chekaleva og Ostretsova, 2014). Dette er antatt å være på grunn av den totale varmebelastningen kjernemelkpulveret hadde gjennomgått sammenlignet med skummetmelkpulveret, hvor en høyere grad av denaturering av myseproteinene kan ha hatt positiv innvirkning på gelnettverket. Videre kan en økt hydreringskapasitet av komponenter i kjernemelk og MFGM-isolater, særlig innholdet av proteiner og fosfolipider, øke vannbindingsevnen. Fosfolipider er kjent for å ha høy vannbindingsevne på grunn av en amfifil profil (Morin et al., 2008).

Det er ønskelig med flere studier som omhandler vannbindingsevnen i yoghurt laget av kjernemelk. Utgangspunktet for en høy vannbindingsevne i yoghurt laget av kjernemelk er til stede på grunn av studier som kan tyde på en høyere bevaring av fosfolipidene enn i for eksempel spray-tørket kjernemelkpulver (Gallier et al., 2010). Det har blitt indikert at syrnede produkter som er tilsatt kjernemelk, og særlig MFGM-isolater, fører til en mindre porestørrelse og en lavere gjennomtrengelighet i proteinnettverket, og dermed inneslutter mer

vann (Trung, Camp, Pascual, Meesen, Thienpont, Messens og Dewettinck, 2011; Pascual, 2017). En mindre porestørrelse i emulsjoner er for eksempel observert i olje-i-vann-emulsjoner laget av MFGM-isolater (Sodini et al., 2006; Phan et al., 2013). Trachoo og Mistry (1998) fremstilte yoghurt med lav porestørrelse i gelnettverket og med en tett proteinmatriks. Denne effekten var knyttet til bruk av ultrafiltrert kjernemelk i yoghurtbasen. En finere gelmikrostruktur har blitt korrelert med en økning av vannbindingskapasiteten (Trachoo og Mistry, 1998; Damodaran et al., 2008).

Videre har Turcot et al. (2001), Turcot et al. (2002), Mistry, Metzger og Maubois (1996) og Lilbæk, Broe, Høier, Fatum, Ipsen og Sørensen (2006) observert en økt vannbindingsevne i syrnede meieriprodukter som ost. Det er først og fremst fosfolipidene som blir tilskrevet denne effekten. Lilbæk et al. (2006) konkluderer med at interaksjonen av lyso-fosfolipider med proteinene i melk, i kombinasjon med overflateaktiviteten til lyso-fosfolipid-protein-komplekset, bør bli ytterligere kartlagt med hensyn på å forstå mekanismene som leder til høyere utbytte og en høyere andel innesluttet vann i gelnettverket i syrnede produkter. I denne oppgaven var det et signifikant høyere innhold av lyso-fosfolipider sammenlignet med yoghurt laget av skummet melk, hvilket er i samsvar med funnene til Lilbæk et al. (2006), og i tråd med konklusjonen til Keenan og Patton (1995) om at slike fosfolipid-derivater først og fremst finnes i kjernemelk. Det er også verdt å nevne at betingelsene for sentrifugering (temperatur, tid og kraft) i de ulike studiene som har blitt omtalt med hensyn på vannbindingsevne har variert. Definisjonen av vannbindingsevnen til en gel er imidlertid formulert som motstanden en gel har mot komprimering ved en kraft tilsvarende 500 g eller høyere (Saffon, 2013).

5.3 Sensorisk analyse

Resultatene fra den sensoriske bedømmelsen tydet på at egenskapene surhet, yoghurtmak, bismak, melen/tørr og trådtrekkenhet ble dårlig forklart av både benyttet råstoff og påført varmebehandling. Verken råstoff eller varmebehandling hadde noen signifikant effekt på evalueringen av disse egenskapene. Egenskapen fnokkethet viste signifikante effekter av interaksjonen mellom varmebehandling og råstoff, men det var ingen tydelig trend å lese ut av de signifikante resultatene. I PCA-plottet er disse egenskapene derfor plassert nærmere midten av plottet, uten noen særlig draging mot noen av prøvene. Årsakene til at disse egenskapene er dårlig korrelert med yoghurtprøvene, kan også skyldes mangelfulle

definisjoner av egenskapene innad i dommerpanelet før oppstart av analysen, et skiftende panel mellom hver evaluering og bruk av et utrent panel med flere studenter.

Den typiske yoghurtsmaken er knyttet til innholdet av melkesyre, som gir en syrlig og frisk smak, og en blanding av ulike karbonylforbindelser som diacetyl, acetoin og acetaldehyd. Innholdet av melkesyre var signifikant høyere i yoghurt laget av skummet melk. Yoghurt laget av skummet melk ble likevel ikke bedømt til å være signifikant surere enn yoghurt fremstilt av kjernemelk. Nivået av melkesyre i yoghurt laget av skummet melk var imidlertid signifikant forskjellig mellom blokkene og hadde større standardavvik enn for yoghurt fremstilt av kjernemelk, noe som kan tyde på en større variasjon mellom innholdet av melkesyre i yoghurt laget av skummet melk fra blokk til blokk. Slike variasjoner ha påvirket bedømmelsen av surhet i retning av å ikke vises som signifikant. En signifikant lavere pH i yoghurt laget av kjernemelk enn i yoghurt fremstilt av skummet melk innvirket heller ikke på evalueringen av surhet i yoghurtene.

Yoghurtsmaken er i stor grad antatt å være knyttet til innholdet av acetaldehyd, som er betraktet som den viktigste aromakomponenten i yoghurt (Walstra et al., 2006). Kneifel, Ulberth, Erhard og Jaros (1992) indikerer at yoghurtsmaken i utgangspunktet øker i takt med mengden acetaldehyd som produseres. Nivået av acetaldehyd var signifikant høyere i yoghurt laget av kjernemelk sammenlignet med yoghurt laget av skummet melk, uten at denne nivåforskjellen ble vist signifikant i form av en høyere poenggivelse for bedømt yoghurtmak i kjernemelkyoghurt. Resultatet kan tyde på at det kan være vanskelig å skille yoghurtene på bakgrunn av yoghurtmak. Grunnen kan være at de fleste yoghurtprøvene hadde et acetaldehydinnhold mellom 17-19 ppm, en mengde acetaldehyd som ansett som normalt i yoghurt og som også kan korrelere med mengden acetaldehyd i den kommersielle referanseprøven (gresk yoghurt fra Synnøve Finden). Prøven L-SK inneholdt imidlertid kun 10 ppm acetaldehyd. Det har blitt rapportert at acetaldyd mengder ved 10 ppm og under gir lite smaksintensitet (Kneifel et al., 1992). Et lavt innhold av acetaldehyd i prøven L-SK ble imidlertid ikke bedømt til å ha signifikant mindre yoghurtmak, noe som kan peke på at egenskapen yoghurtmak kan være utfordrende for de sensoriske dommerne å evaluere.

Det ble ikke funnet en noen signifikant sammenheng mellom den sensoriske egenskapen melenhet/tørr og bismak i yoghurt laget av kjernemelk og skummet melk varmebehandlet ved ulike temperaturer. PCA-plottet viser imidlertid at yoghurt laget av skummet melk var

evaluert til å ha en større grad av melenhet/tørrhet enn yoghurt laget av kjernemelk. Yoghurt fremstilt av skummet melk fikk en gjennomsnittlig høyere poenggivning for melenhet/tørr. Store standardavvik kan ha ført til at disse prøvene ikke ble vist til å være signifikant mer melen/tørr enn kjernemelkyoghurt.

Det kunne vært forventet at kjernemelkyoghurt hadde en høyere verdi for bismak på grunn av tilbøyeligheten mot oksidasjon. Kjernemelken hadde en alder på 4-6 dager ved produksjonsstart av yoghurtene. At det ikke var noen signifikant bismak i yoghurt laget av kjernemelk sammenlignet med yoghurt laget av skummet melk, kan indikere at lagringsstabiliteten og produktkvalitet av kjernemelkyoghurt kan nærme seg kommersiell holdbarhet (rundt 20 dager). Effekten av oksidasjonsdefekter og bismak i kjernemelkyoghurtene kunne imidlertid ha vært større ved en lengre lagringstid enn 11 eller 12 dager før den sensoriske analysen ble utført. Muligheten for oksidasjon i melk er til stede ved at enkelte prooksidanter tilknyttet fettkulemembranen, som Cu^{2+} og Fe^{2+} , kommer i kontakt med hverandre og initierer lipidoksidasjon av umettede fettsyrer som kan være reaktive (Johansen et al., 2005). Det er indikert at melk som utvikler en typisk oksidert smak har et høyere innhold av Cu^{2+} . Metallsmaken som kan forekomme under oksidasjon av melk er forbundet dannelsen av peroksider (Johansen et al., 2005).

Cooredig og Dagleish (1998) konkluderer med at mengden jern (Fe^{2+} og Fe^{3+}) går ned i takt med høyere varmebehandling. Mindre prooksidanter kan i prinsippet gi mindre oksidasjon i kjernemelk. Kraftig varmebehandling kan dermed være en fordel for oksidasjonsstabiliteten i kjernemelk. Det er også fremhevet at søt kjernemelk er mer lagringsstabil enn sur kjernemelk på grunn av at søt kjernemelk kun har et naturlig innhold av prooksidanter i fettkulemembranen (Johansen et al., 2005). Videre er det antydning at en varmeindusert forflytning av prooksidanter fra fettkulemembranen til serum kun forekommer i sur kjernemelk (Johansen et al., 2005). Det er også fremsatt en hypotese om at membrankomponentene i MFGM kan opptre som både prooksidanter og antioksidanter avhengig av temperaturbehandling (Chen og Nawar, 1991). Ved analyse av MFGM-isolater med hensyn på oksidasjonsegenskaper fungerte membrankomponentene i MFGM som en antioksidant ved 95 °C, mens ved en varmebehandling ved 50 °C fungerte disse som en prooksidant (Chen og Nawar, 1991). En kartlegging av oksidasjonsprodukter i kjernemelk i sammenheng med varmebehandling kan muligens vise til effekten av temperatur på oksidasjonstilbøyeligheten.

Studier som har omtalt oksidasjonspotensialet til kjernemelk viser noe uklare resultater. Johansen et al. (2005) peker på at de fleste studiene av oksidasjon i kjernemelk og MFGM omfatter forskning hvor disse inngår i komplekse produkter. Effekten av tilbøyeligheten for oksidasjon i kjernemelk og i fettkulemembranen er dermed mindre kartlagt (Johansen et al., 2005). Trachoo og Mistry (1998) fant at ved tilsetning av en for stor mengde kjernemelk (31,7 %) ble smaken sensorisk bedømt som å ikke svare til en typisk ”yoghurtsmak” etter to uker. Ved tilsetning av kjernemelkpulver ble imidlertid smaken eller aromaen evaluert til å være bedret. Dette kan være på grunn av at tørket kjernemelkpulver har mindre tilbøyelighet til å oksidere, og derfor er mer lagringsstabil (Trachoo og Mistry, 1998; O'Connell og Fox, 2000). Bagger og Forsingsdal (1989) konkluderte med at yoghurt tilsatt 75 % kjernemelk ga en mer unormal smak enn kontroll-yoghurt, mens tilsetning av 50 % kjernemelk ikke ga noen signifikante smaksendringer. Weie Berg (1990) viste til at kjernemelkyoghurt ble bedømt til å ha en høyere bismak enn kontroll-yoghurt laget av skummet melk.

Mangel på en typisk yoghurt smak eller karakterisering av en unormal smak i yoghurt tilsatt kjernemelk kan tilskrives en ”metallsmak” eller oksidert smak (Walstra et al., 2006). Lagringsbetingelsene i kjølerom og eksponering for faktorer som kan indusere lipidoksidasjon kan være ulike i studiene som er omtalt. Weie Berg (1990) presiserer i sin oppgave at yoghurtprøvene i kjølerommet var eksponert for døgnkontinuerlig lystilførsel under lagring. Prøvene med yoghurt ble også oppbevart i blanke glass med stor lysgjennomgang. En oksidert smak i disse prøvene har dermed en naturlig forklaring. Hansen (2004) fant for eksempel ikke en signifikant forskjell i oksidert smak ved bruk av kjernemelk og kjernemelkpulver i iskrem sammenlignet med bruk av skummetmelkpulver og skummet melk. Analyser av oksidasjonsproduktene i iskrem viste heller ingen andre eller større mengder oksidasjonsprodukter i is laget av kjernemelk eller kjernemelkpulver enn kontrolliskrem (Hansen, 2004). Det er også rapportert at tilsetning av kjernemelk har bedret aroma og smak i yoghurt og en rekke syrnede meieriprodukter (Shrestha, Pradhananga og Das, 2015; Romeih et al. 2014; Turcey et al., 2001). Wong og Kitts (2003) hevder at kjernemelk sågar kan vise en vesentlig antioksidantaktivitet. Melken har også naturlige forsvarsmekanismer mot oksidasjon, som innhold av antioksidanten α -tokoferol (Walstra et al., 2006).

Viskositeten i yoghurt med ble samlet sett evaluert til å være høyere i takt med økende varmebehandling. Denne effekten var ikke signifikant mellom yoghurt varmebehandlet ved

95°C versus 85°C, men var signifikant ved yoghurt varmebehandlet ved 95°C sammenlignet med 75°C. Dette resultatet kan gjenspeile årsaken til hvorfor evaluert munnfølelse ikke var signifikant forskjellig ved varmebehandling ved 95°C og 85°C, men ble vist signifikant forskjellig mellom varmebehandling av yoghurtbasene ved 95°C versus 75°C. Interaksjoner mellom råstoff og varmebehandling viser at yoghurt laget av skummetmelk, varmebehandlet ved 95°C, ble bedømt til å ha en signifikant høyere viskositet enn resten av yoghurtene. De andre yoghurtene hadde ikke en signifikant forskjellig evaluert viskositet. Imidlertid hadde yoghurt laget av skummetmelk (M-SK og H-SK) en gjennomsnittlig høyere score for viskositet (5,41 og 5,42) sammenlignet med yoghurt laget av kjernemelk (M-KM og H-KM), med poenggivelse på henholdsvis 5,08 og 4,87. Disse resultatene reflekteres også de instrumentelle målingene gjennomført som reologiske rotasjonsanalyser av målt viskositet og skjærspenning som funksjon av skjærrate.

Det har blitt vist at reologi alene ikke forutsi komplekse sensoriske parametere som munnfølelse, fyldighet og kremenhet (Gierczynski, Guichard, & Laboure, 2011). Flere studier har imidlertid vist en sammenheng mellom målte instrumentelle reologiske egenskaper og sensoriske evalueringer for noen sensoriske egenskaper (Harte, Clark, & Barbosa-Canovas, 2007; Jørgensen, Abrahamsen, Rukke, Johansen, Schüller og Skeie, 2015). I disse studiene har det imidlertid blitt benyttet trente panel, hvilket ikke ble brukt i denne oppgaven. Korrelasjonen mellom sensorisk evaluert viskositet og instrumenelt målt viskositet er derfor i denne oppgaven å betrakte som god.

En høyere sensorisk evaluert viskositet i yoghurt laget av skummet melk sammenlignet med yoghurt tilsatt kjernemelk, er også rapport av Trachoo og Mistry (1998), Bagger og Forsingsdal (1989) og Weie Berg (1990). I Trachoo og Mistry (1998) sin studie ga tilsetning av kjernemelk til yoghurt en lavere sensorisk bedømt viskositet, mens ved tilsetning av kjernemelkpulver ble produktet bedømt å ha en høyere viskositet enn kontroll-yoghurt. Bagger og Forsingsdal (1989) konkluderte med at yoghurt tilsatt 50 % kjernemelk ga et produkt som hadde en lavere bedømt viskositet enn kontroll-yoghurt.

Yoghurt laget av kjernemelk ble bedømt til å ha en høyere score for munnfølelse enn yoghurt laget av skummetmelk. Standardavvikene var imidlertid noe større for prøvene laget av kjernemelk, men høyest for prøven med minst score for denne egenskapen. Samlet sett hadde

yoghurt varmebehandlet ved 85°C høyest sensorisk evaluert munnfølelse, mens yoghurt varmebehandlet ved 75°C hadde lavest sensorisk munnfølelse. Et slikt resultat kan tyde på at å gå ned i temperatur av yoghurtbasene fra 95°C til 85°C kan øke munnfølelsen. Interaksjonen mellom råstoff og varmebehandlingen viste imidlertid ingen signifikante effekter, slik at en slik samlet effekt av høyere munnfølelse ved varmebehandling av yoghurtbasene ved 85°C versus 95°C antagelig kan tilskrives egenskapene i kjernemelkyoghurt eller tilfeldigheter.

En høyere evaluert bedømmelse av ”smooth” (glatt/myk), skinnende og høyere munnfølelse i yoghurt tilsatt kjernemelk, kjernemelkpulver eller av MFGM-isolater sammenlignet med kontroll er i tråd med flere studier av syrnede meieriprodukter (Trachoo og Mistry, 1998; Saffon et al., 2013; Phan et al. 2013; El-Nour et al. 2014; Romeih et al., 2012). Innholdet av fosfolipider er en av årsakene som kan forklare denne effekten. Lopez et al. (2007) forklarer at det kan dannes kryssbindinger mellom MFGM-materiale og gelmatriksen, hvilket i tur kan påvirke mikrostrukturen og reologiske egenskaper i gelen. Tilsetning av kjernemelk til syrnede meieriprodukter har også vist å øke vanninnholdet (Morin et al., 2008). En slik sammenheng, tilskrevet de funksjonelle egenskapene i kjernemelk, kan muligens også forklare den økte evaluerte glattheten i i yoghurt. Porestørrelsene til partiklene og mikrostrukturen i kjernemelkyoghurt kan også tyde på å være mindre, jevnere og mer tettpakket basert på MFGMs egenskaper i syrnede meieriprodukter og i olje-i-vann-emulsjoner. Slike egenskaper kan føre til en økt munnfølelse og myk/skinnende konsistens. En myk, glatt og homogen konsistens kan samtidig gi utslag i en høyere bedømt munnfølelse, til tross for at viskositeten i kjernemelkyoghurtene var lavere. Glatthet fikk en gjennomsnittelig høyere (signifikant) score i yoghurtprøver laget av kjernemelk enn prøver fremstilt av skummetmelk.

5.4 Effekt av varmebehandling

Ved planlegging av dette forsøket var det tatt utgangspunkt i at fløten før kjerning ble pasteurisert ved 74 °C. Siden temperaturbehandlingen av fløten før kjerning viste seg å være 91 °C, ble ikke effekten av temperaturbehandlingene av yoghurtbasene laget av kjernemelk like stor som antatt. Varmebehandling av fløten før kjerning fremstår likevel som et behandlingstrinn som kan endre de funksjonelle egenskapene til kjernemelk, og er et mye omtalt tema med hensyn på kjernemelkens funksjonelle egenskaper. Det er antydning at fosfolipider kan tapes fra MFGM under kraftig og gjentatt varmebehandling (Morin et al.,

2008), men en slik effekt kan det være behov for å undersøke i større grad. Det har i noen studier blitt vist at et slikt tap er lite (Ferreiro et al, 2016), inkludert resultatene fra denne oppgaven.

På tross av et det er antatt at høy og repetitiv varmebehandling av fløten før kjerning og av kjernemelka kan endre de funksjonelle egenskapene til MFGM negativt (Morin et al., 2008), har det blitt indikert at effekten av fosfolipid-berikede meieriprodukter i stor grad kan være knyttet til interaksjoner mellom nettopp fosfolipider og myseproteiner (Kasinos, Le og Van der Meeren, 2014). En økt interaksjon mellom fosfolipidene og myseproteiner fører til mindre interaksjoner mellom myseproteinene internt eller mellom myseproteinene og kaseinmicellene (Kasinos et al., 2014).

Studier som omhandler effekten av varmebehandling på emulsjonsevnen til MFGM har også flere sider. Det har blitt konkludert med at MFGM-isolater som er pasteurisert har en dårligere emulsjonsevne sammenlignet med MFGM-isolater fra rå fløte (Corredig og Daghleish, 1998). Forfatterne konkluderer med at industriell kjernemelk er antydnet å vise dårligere emulgeringsevne og funksjonelle egenskaper enn kjernemelk fra rå fløte. I denne studien var imidlertid ikke emulgeringsevnen til MFGM-isolater sammenlignet med ”alternativer” til bruk i meieriprodukter, for eksempel emulgeringsevnen til MFGM-isolater sammenlignet med skummetmelkpulver eller myseproteinpulver. I en studie utført av Svaneborg, Johansen, Abrahamsen og Skeie (2015) påvirket ikke proteindenatureringen, forårsaket av gjentatte og høy varmebehandling av fløten før kjerning (86°C /5 sekunder), løseligheten til proteinene i mysepulver laget fra kjernemelk (proteinfraksjonering ved hjelp av mikrofiltrering) sammenlignet med mysepulver laget fra skummet melk. Videre viser Guggisberg, Chollet, Schreier, Portmann og Egger (2012) til en signifikant bedre stabilitet i olje-vann-emulsjoner av kjernemelk produsert av fløte som var varmebehandlet ved 90°C sammenlignet med varmebehandling av fløten før kjerning ved 60°C og 75°C. Forfatterne konkluderte med at denatureringsgraden før homogenisering og homogeniseringsprosessen i seg selv kunne være en forklaring på slike resultater.

5.5 Oppsummerende diskusjon

Resultatene fra de kjemiske, reologiske og sensoriske analysene viste at råstoff og varmebehandling påvirket flere av yoghurtens kvalitetsegenskaper. De funksjonelle egenskapene i kjernemelk kan forbedre noen produkttegenskaper i yoghurt, som en signifikant bedre vannbindingsevne og munnfølelse samt en signifikant større glatthet i kjernemelkyoghurt sammenlignet med kontroll laget av skummet melk. Det var ingen signifikant forskjell mellom yoghurt laget av kjernemelk og yoghurt laget av skummet melk med hensyn på sensorisk evaluering av negative egenskaper som bismak, surhet, fnokker og melen/tørr.

Det var en signifikant høyere mengde av sitronsyre, orotinsyre, pyrodruesyre, melkesyre og karbohydrater i yoghurt laget av skummet melk enn i yoghurt fremstilt av kjernemelk. Mengden melkesyre påvirket ikke pH i retning av lavere verdier i ferdig yoghurt laget av skummet melk. Lavere pH i yoghurt laget av kjernemelk kan skyldes at kjernemelk gir gode vekstvilkår bakteriene på grunn av lavmolekylære peptider og aminosyrer tilknyttet membranproteiner i MFGM. Det var et signifikant høyere innhold av de flyktige komponentene acetaldehyd, diacetyl og aceton i yoghurt av kjernemelk enn i yoghurt av skummet melk. Den signifikante effekten av et høyere innhold av acetaldehyd i kjernemelkyoghurt, ble imidlertid påvirket av at yoghurt av skummetmelk (varmebehandlet ved 75 °C) dro ned det samlede gjennomsnittet for acetaldehydinnholdet i yoghurt av skummet melk. Acetaldehydinnholdet indikerte å henge sammen med varmebehandlingen, men det var et lavt nivå av acetaldehyd kun i yoghurt laget av skummet melk, som ikke har vært gjennom samme temperaturbehandling som kjernemelka.

Det var en høyere viskositet i yoghurt laget av skummet melk enn i yoghurt laget av kjernemelk, målt både sensorisk og instrumentelt. På grunn av lavere viskositet av prøven L-SK sammenlignet med L-KM (på grunn av mindre varmebehandling av L-SK), ble forskjellene i viskositeten i yoghurt laget av skummet melk sammenlignet med yoghurt av kjernemelk samlet sett ikke vist signifikant, fordi L-SK dro ned snittet. Interaksjonseffekten mellom råstoff og varmebehandling viste imidlertid at viskositeten var signifikant høyere i yoghurt av skummet melk ved 95 °C versus kjernemelkyoghurt varmebehandlet ved 95 °C. Innholdet av fosfolipider kan ha bedret emulgeringsevnen og ha ført til en lavere viskositet og bedre flyt i kjernemelkyoghurt. Videre kan en større varmebelastning, en mer omfattende

denaturering og en mulig lavere porestørrelse i gelnettverket i kjernemelkyogurt, ha bedret vannbindingsevnen i disse prøvene sammenlignet med yoghurt laget av skummet melk. Yoghurt laget av kjernemelk har i flere studier tydet på å gi en tettere mikrostruktur utgjort av partikler med mindre porer i flere studier. Slike egenskaper signaliserer en bedret evne til å holde på vann, ettersom partikler med små porestørrelser i koagelet fører til en mer kompakt struktur, en økt motstandsevne mot bevegelser og mindre gjennomtrengelighet for vann.

De funksjonelle egenskapene i yoghurt laget av kjernemelk er antagelig knyttet til innholdet av fosfolipider og membranproteiner knyttet til MFGM. Disse er amfifile av natur og besitter overflateaktive egenskaper, noe som gjør at disse kan bidra funksjonelt i en lavfett-yoghurt. I denne oppgaven var innholdet av fosfolipider i kjernemelk 8 ganger høyere enn i skummet melk. Etter ultrafiltrering ble det ytterligere oppnådd en 3,5x konsentrering av fosfolipidene i kjernemelk. Etter varmebehandling ved 95 °C ble innholdet av fosfolipidene i kjernemelk noe redusert, men inneholdt fremdeles 6 ganger så mye fosfolipider i yoghurtbasen etter varmebehandling sammenlignet med yoghurtbasen av skummet melk.

I yoghurt med et lavt innhold av fett, kan det være en utfordring å heve munnfølelsen i produktet. Bruk av kjernemelk i yoghurt kan tilsynelatende, basert på resultatene i denne oppgaven, ivareta et slikt ønske om å heve munnfølelsen og gi yoghurt en glatt/myk konsistens. En glattere konsistens kan også ha bidratt positivt til en høyere evaluert score for munnfølelse i yoghurt laget av kjernemelk sammenlignet med yoghurt fremstilt av skummet melk.

Evnen MFGM har til å danne emulsjoner kan ha påvirket de funksjonelle egenskapene som ble fremhevet i kjernemelkyoghurt, som en høy munnfølelse, økt glatthet og en lavere viskositet. Rollen MFGM har som en emulsjonsdanner er imidlertid ikke entydig beskrevet som god eller dårlig. Det har også blitt antydnet at det fremdeles er uklart hvorvidt det er fosfolipidene, proteinene eller begge deler som er ansvarlig for MFGMs emulsjonsevner. Det er heller ikke helt klart hvordan disse egenskapene blir endret i positiv eller negativ retning ved varmebehandling, og ved mulige interaksjoner mellom MFGM-materiale og myseproteiner eller kasein. Ved siden av temperatur er også emulgeringsevnen til MFGM avhengig av pH og andre proteiner til stede i løsningen.

God vannbindingsevne, økt munnfølelse, større glatthet, lavere viskositet og mulig bedre emulgeringsevne i yoghurt laget av kjernemelk sammenlignet med yoghurt fremstilt av skummet melk, er egenskaper som likevel kan tyde på at egenskapene til MFGM har blitt ivarettatt i kjernemelkyoghurt til tross for omfattende varmebehandling og en alder på kjernemelken fra 4-6 dager. Effekten av varmebehandling ble ikke i like stor grad synliggjort. Den tydeligste effekten var at viskositeten i yoghurtprøver økte med økende temperatur, særlig for yoghurt laget av skummet melk. Noen interaksjonseffekter mellom varmebehandling og innholdet av organiske syrer og flyktige komponenter i yoghurtprøvene ble også påvist. Interaksjonseffektene var imidlertid verken mange eller entydige.

5.6 Videre perspektiv

Et tema for videre studier kan være å undersøke hvordan porestørrelsen til partiklene påvirker munnfølelsen og glatthet samt vannbindingsevnen og graden av myseutskillelse i yoghurt laget av kjernemelk. Videre er det en utfordring at varmebehandlingen av og behandlingshistorikken til både fløte og kjernemelk i flere studier er ulike eller mangelfulle. Fullstendig informasjon og standardiserte forsøk kan gjøre det lettere å sammenligne resultater. Effekten av temperaturbehandling på kjernemelkens egenskaper kan bli ytterligere studert. Effekten av yoghurt laget av kjernemelk, hvor fløten har vært lavpasteurisert (72 °C), kan sammenlignes med yoghurt laget av kjernemelk, der fløten er høypasteurisert (91 °C). Videre kan varmebehandling av yoghurtbasene ved ulike temperaturer (75°C, 85°C eller 95°C, 5 min) bli påført yoghurtbasene, hvor yoghurt laget av skummet melk fungerer som kontroll-yoghurt. Tilstedeværelsen av fosfolipider i disse yoghurtene kan indikere om bevaringen av fosfolipider er høyere ved lavpasteurisering av fløten før kjerning sammenlignet med høypasteurisering av fløten før kjerning. Slik informasjon kan i større grad indikere hvilken prosess eller kombinasjon av råstoff og temperatur som gir best yoghurtkvalitet.

Kjernemelkpulver laget fra mysefløte blir også trukket fram som en interessant ingrediens i næringsmidler med lav pH (syrnede produkter, pH>5) på grunn av høyest emulgeringskapasitet sammenlignet med bruk av skummetmelkpulver, myseproteinpulver og andre derivater av kjernemelkpulver (sur og søt) (Sodini et al., 2006). Videre har kjernemelkpulver:mysepulver (75:25) vist god produktstabilitet og god emulgeringsevne i yoghurt (Suffon, 2013). I tillegg kan en erstatning av skummetmelkpulver med

myse:kjernemelk-aggregater i yoghurtproduksjon være lovende (Saffon, 2013a). De tekstuelle egenskapene i yoghurt ble endret som følge av denne tilsetningen gjennom en myk og glatt konsistens, og en økt vannbindingsevnen. Bruk av disse aggregatene ble antatt å være årsaken til disse resultatene. Det har blitt signalisert at det er mulig å kontrollere vannbindingsevnen til aggregatene ved å hindre dannelsen av disulfidbindinger mellom de denaturerte myseproteinene (Saffon, 2013a).

Kraftig varmebehandling av fløten og kjernemelken kan muligens i større grad være negativt ved anvendelse av kjernemelk til meieriprodukter som for eksempel ost enn ved bruk i yoghurt. Grunnen er at ved dannelse av et gelnettverk i ost er kaseinmicellene sårbare for å bli assosiert med denaturerte myseproteiner før geldanning (Singh og Waungana, 2001). Høy grad av mysedenaturering i kjernemelka fra kraftig eller gjentatte varmebehandlinger fører til en økt assosiering til kaseinmicellene som i tur kan skape en sterisk hindring mellom kaseinmicellene, og dermed kan osten utvikle en svakere gel fordi det blir færre og svakere bininger i gelen (Singh og Waungana, 2001). I yoghurt er det ønskelig med en kraftig mysedenaturering for å øke antall bindinger og interaksjoner i gelen.

Siden kjernemelk kan være mer varmestabilt enn skummet melk, kan muligens applikasjoner av kjernemelk i produkter som yoghurt, drikke-yoghurt, kvarg og re-komponert melk være mer hensiktsmessig. Det har også blitt rapportert at varmebehandling kan redusere oksidasjonsraten og kontrollere defekter som metallsmak og oksidert smak i kjernemelk. En smakstilsetning av yoghurt eller drikkeyoghurt tilsatt eller laget av kjernemelk kan også øke lagringsstabiliteten, og eventuelt skjule en oksidert smak dersom utfordringer knyttet til oksidering av kjernemelk skulle forekomme.

Det kan være av stor interesse å produsere yoghurt av skummet melk og/eller kjernemelk eller andre meieriprodukter med tilsetning av MFGM-isolat. Det er få studier som hittil har omtalt effekten av slike tilsetninger. Det kan virke som teknologien og isoleringsmetodene også viser fremskritt. Barry et al. (2017) fremstilte et UF-retentat med nesten en ti-dobling av fosfolipidinnholdet ved enzymatisk hydrolyse av kaseinmicellene. En så høy konsentrering av fosfolipidene har det ifølge forfatterne ikke blitt rapportert om før. Det kan også virke lovende med for eksempel super-ekstraksjon med CO₂ (Holzmuller og Kulozik, 2016) for å fremstille MFGM-isolater som kan ha en funksjonell, ernæringsmessig og bærekraftig verdi ved tilsetning i yoghurt og andre meieriprodukter. Flere meierier selger også MFGM-isolater i

form av PC700 fra Fonterra og Lacprodan PL-75 fra Arla Foods, hvor isolatene av MFGM er fremstilt ved tilsetning av løsningsmidler eller enzymatisk hydrolyse (Gassi, Beaucher, Robert, Leconte, Camier og Gaucheron, 2016). Kvantifisering og sammenligning av fosfolipidinnholdet i disse kan være av interesse i senere studier. Med bakgrunn i at kjernemelk inneholder linolsyre, kan det også ved videre studier være svært interessant om yoghurtbakteriene kan omdanne denne fettsyren til CLA og dermed bidra til et produkt med gode helsemessige egenskaper og endrede reologiske egenskaper. Evaluering av smak og stabilitet under lagring i slike produkter, og generelt av produkter tilsatt kjernemelk, er også nødvendig med hensyn på et kommersielt fokus.

Videre analyser av de viskoelastiske egenskapene i yoghurt kan være av interesse når produktet har en optimal sammensetning og smak. I oppgaven ble viskositet og flyteegenskaper i yoghurt analysert for å illustrere hva som skjer i prøvene under konsum. Disse rotasjonsanalysene ble vurdert til å være mest sentrale i første omgang. Oscillasjonsanalysene, som uttrykker elastitets egenskapene og de viskøse egenskapene gjennom G' og G'' , ble av den grunn utelatt. Slike analyser kan imidlertid være av interesse ved ytterligere reseptutvikling av yoghurt fremstilt av kjernemelk.

6.0 Referanseliste

- Abrahamsen, R. K (1991). Alternative metoder til fremstilling av aromatisk smør. *Meieriposten*, 2, 9-15.
- Agrote, X. E., Laubscher, R. og Jiménez-Flores, R. (2013). Kapittel: Dairy Ingredients Containing Milk Fat Globule Membrane: Description, Composition, and Industrial Potential. I: Smithers, G. W. og Augustin, M. A. (red.). *Advanced in Dairy Ingredients* (2. utg.). John Wiley & Sons, US.
- Aker, A. (2017). Metodebeskrivelse: Quantification of lipid classes in milk by NP-HPLC-ELSD (e-mail). Vitas AS, Oslo.
- Anema, S. G. (2009). Kapittel: The whey proteins in milk: thermal denaturation, physical interactions and effects on the functional properties in milk, 239-281. I: Thompson, A., Boland, M. og Singh, H. (red.). *Milk proteins: From expression to food*. Elsevier Inc, Oxford, UK.
- Anema, S. G., Lee, S. K. og Klostermeyer, H. (2006). Effect of protein, nonprotein-soluble components, and lactose concentrations on the irreversible thermal denaturation of β -lactoglobulin and α -lactalbumin in skim milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 7339-7348
- Antila, P., Harju, M., Korpela, von Koskull, Merilainen og Salminen (1992). Synspunkter på mjølk næring og helse. *Mælk – hva ellers!* (1. utg.) Den nordiske Meierikongress, NMK. Odense, Danmark.
- Aportela-Palcios, A., Sosa-Moralea, M. E. og Velez-Ruiz, J. F. (2005). Rheological and physicochemical behavior of fortified yogurt, with fiber and calcium. *Journal of texture Studies*, 36(3), 333–349.
- Arla (2017). *Mælketyper, kærnemelk*. Danmark. Tilgjengelig: <https://www.arla.dk/produkter/produkt historier/malketyper/>
- Axelsson, L. (2004). *Lactic Acid Bacteria: Classification and Physiology*. I Salminen, S., von Wright, A. & Ouwehand, A. C. (redaktør), *Lactic Acid Bacteria. Microbiological and Functional Aspects*, 1-66. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Bagger, L. H. og Forsingsdal, K. (1989). Anvendelse av søt kærnemælk i mejeriprodukter. *Statens mejeriforsøg*, forsøgsrapport nr 38.
- Baglio, E. (2014). *Chemistry and Technology of Yoghurt Fermentation* (2. utg.). Springer, New York.
- Bahrami, M., Ahmadi, D., Beigmohammadi, F. og Hosseini, F. (2015). Mixing sweet cream buttermilk with whole milk to produce cream cheese. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 54(2), 16-28
- Barry, K. M., Dinan, T. D. og Kelly, P. M. (2017). Selective enrichment of dairy phospholipids in a buttermilk substrate through investigation of enzymatic hydrolysis of milk proteins in conjunction with ultrafiltration. *International Dairy Journal*, 68, 80–87.
- Barry, K. M., Dinan, T. G, Murray, A. B. og Kelly, P. M. (2016). Comparison of dairy phospholipid preparative extraction protocols in combination with analysis by high performance liquid chromatography coupled to a charged aerosol detector. *International Dairy Journal*, 56, 179-185
- Bylund, M. S. (1995). *Dairy Processing Handbook*. Tetra Pak Processing Systems AB, Sverige.

- Chapagain, Karki og Ojha (2013). Development and quality assessment of functional probiotic yoghurt drink from sweet cream buttermilk. *Journal of Food Science and Technology Nepal*, 8, 52-59.
- Chekaleva, A.V. og Ostretsova, N.G. (2014). Study of the combined dairy basis composition influence on the starter population development activity. *Dairy Farming Journal*, Central Scientific Agricultural Library, Russian Academy of Agricultural Sciences.
- Chen, Z. og Nawar, W. (1991). Role of milk fat globule membrane in autooxidation of milk fat. *Journal of Food Science*, 56(2), 398-401.
- Christian-Hansen AS (2017). *YoFlex® Premium 1.0: Product information*. Hørsholm, Danmark.
- Codex General Standard for Cheese. *General standard for Cheeses 283-1978*. FAO/WHO.
- Codex Standard for yoghurt (yogurt) and sweetened yoghurt (sweetened yogurt). *Standards for yoghurt (yogurt) and sweetened yoghurt (yogurt)*. A-118, 1975. FAO/WHO.
- Contarini, G. og Povolo, M. (2013). Phospholipids in Milk Fat: Composition, Biological and Technological Significance, and Analytical Strategies. *International Journal of Molecular Science*, 14, 2808-2831.
- Conway, V., Gauthier, S. F. og Pouliot, Y. (2014). Buttermilk: Much more than a source of milk phospholipids. *Journal of Animal Science*, 2, 1-8.
- Corredig, M og Dalgleish, D. G. (1997). Isolates from industrial buttermilk: emulsifying properties og materials derived from the milk fat globule membran. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 45(12), 4595-4600.
- Corredig, M. og Dalgleish, D. G. (1997a). Studies on the susceptibility of membrane-derived proteins to proteolysis as related to changes in their emulsifying properties. *Food Research International*, 30(9), 689–697
- Corredig, M. og Dalgleish, D. G. (1998). Effect of Heating of Cream on the Properties of Milk Fat Globule Membrane Isolates. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46, 2533–2540.
Corredig Novel
- Corredig, M., Roesch, R. og Dalgleish, D. G. (2003). Production of a Novel Ingredient from Buttermilk. *Journal of Dairy Science*, 86, 2744–2750.
- Costa, M. R., Elias- Argote, X. E. og Jiménez- Flores, R. (2010). Use of ultrafiltration and supercritical fluid extraction to obtain a whey buttermilk powder enriched in milk fat globule membrane phospholipids. *International Dairy Journal*, 20, 598-602
- Dalgleish, D. G. (2011). On the structural models of bovine casein micelles - review and possible improvements. *Soft Matte Journal*, 7(6): 2265-2272.
- Damodaran, S., Parkin, K. og Fennema, O. R. (2008). *Food Chemistry* (4. utg). CRC Press, Taylot & Francis Group, Boca Raton, US.
- Dannenber, F. og Kessler, H.-G. (1987). Untersuchungen zur Reaktionskinetik der Molkenprotein-Denaturierung und deren technologischer Bedeutung. *Chemie-Ingenieur-Technik*, 59, 575-577

- Dewettinck, R., Rombaut, N., Thienpont, T.T., Le, Messens, K. og van Camp, J. (2008). Nutritional and technological aspects of milk fat globule membrane material. *International Dairy Journal*, 18(436–457)
- El-Batawy, M. A., Ibrahim, S. A. og Hefnawy, SH. A. (1987). Use of cowa buttermilk in making a yoghurt like fermented milk product. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 15(2), 239-245.
- El-Khair, A. A. A. (2014). Production and Evaluation of a High Protein Version of Non-fat Yogurt. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(4), 310-316.
- El-Nour, A., El-Kholy, A. M., El-Saffy, M. S. og Mokbel, S. M. (2014). Using buttermilk in making fat-free yoghurt. *Journal of Dairy Science and Technology*, 2(6).
- Evers, J. M. J. M. (2004). The milkfat globule membrane - methodologies for measuring the milkfat globule (membrane) damage. *International Dairy Journal*, 14(9), 747-760.
- Eyzaguirre, R. Z. og Corredig, M. (2011). *Buttermilk and Milk Fat Globule Membrane Fractions (Encyclopedia of Dairy Science)*. Elsevier Ltd, US.
- Fangary, Y. S., Barigou, M. og Seville, P. K. (1999). Simulation of yoghurt flow and prediction of its end-of-process properties using rheological measurements. *Chemical Engineering Research and Design*, 77, 33-39
- FAOSTAT (2015). *FAOStat. World cow butter production*. Tilgjengelig: <http://faostat3.fao.org/download/O/OP/E>
- Ferreiro, T., Martínez, S, Gayoso, L. og Rodríguez-Otero, J. L. (2016). Evolution of phospholipid contents during the production of quark cheese from buttermilk. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4154-4159
- Fisberg, M. & Machado, R. (2015). History of yogurt and current patterns of consumption. *Nutrition Reviews Journal* (Oxford University Press), 73(1), 4-7.
- Fox, P. F, Guinee, T. P., T. M., Cogan, McSweeney, P. L. H. (2017). *Fundamentals of Cheese Science* (2. utg.). Springer LCC, New York
- Frøst, M. B. og Janhøj, T. (2007). Understanding creaminess. *International Dairy Journal*, 17(11), 1298–1311
- Gallier, S., Gragson, D., Cabral, C., Jimenez-Flores, R. og Everett. D. W. (2010). Composition and Fatty Acid Distribution of Bovine Milk Phospholipids from Processed Milk Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 10503-10511.
- Gassi, M. B.; Beaucher, E., Robert, B., Leconte, N., Camier, A. og Gaucheron, F. (2016). Preparation and characterisation of a milk polar lipids enriched ingredient from fresh industrial liquid butter serum: Combination of physico-chemical modifications and technological treatments. *International Dairy Journal*, 52, 26-34.
- Gierczynski, I., Guichard, E. og Laboure, H. (2011). Aroma perception in dairy products: the roles of texture, aroma release and consumer physiology. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 26(3), 141–152

- Grønnevik, H., Falstad, M. og Narvhus, J. A. (2011). Microbiological and chemical properties of Norwegian kefir during storage. *International Dairy Journal*, 21(2), 601-606
- Guggisberg, D., Chollet, M., Schreier, K., Portmann, R. og Egger, L. (2012). Effects of heat treatment of cream on the physical–chemical properties of model oil-in-buttermilk emulsions. *International Dairy Journal*, 26, 88–93.
- Guinée, T. P., Mullins, C. G. Reville, W. J. and Cotter, M. P. (1995). Physical properties of stirred-curd unsweetened yoghurts stabilised with different dairy ingredients. *Milchwissenschaft*, 50, 196–200.
- Haimov-Kochman, R., Shore, L. S. og Laufer, N. (2016). The milk we drink, food for thought. *American Society for Reproductive Medicine*, 106(6), 1310–1311.
- Hansen, M. (2004). *Bruk av fersk kjernemelk som ingrediens i iskrem*. Mastergradsoppgave ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap, Norges landbrukshøgskole, Ås.
- Harte, F., Clark, S. og Barbosa-Cánovas og G.V. (2007). Yield stress for initial firmness determination on yogurt. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 990-995.
- Haug, A., Høstmark, A. T. and Harstad, O. M. (2007). Buttermilk in human nutrition - a review. *Lipids in Health and Disease*, 6 (25), 5-12
- Holzmüller, W. og Kulozik, U. (2016). Technical difficulties and future challenges in isolating membrane material from milk fat globules in industrial settings – A critical review. *International Dairy Journal*, 61, 51-66.
- Huserbråten, J. (2017). Personlig meddelelse. TINE Verdal.
- Ibarz, A. og Barbosa-Canovas, V. G. (2002). *Unit Operations in Food Engineering (Food Preservation Technology)* (1. utg). CRC Press LLC, Boca Raton, US.
- Jiang, J., Bjorck, L. og Fonden, R. (1998). Production of conjugated linoleic acid by dairy starter cultures. *Journal of Applied Microbiology*, 85, 95–102.
- Johansen, E. og Olsrud, B. (1994). *Yoghurt av laktoseredusert melk*. Mastergradsoppgave ved Institutt for næringsmiddelfag, Norges landbrukshøgskole (NLH), Ås.
- Johansen, A. J., Vogt, G., Selmer-Olsen, E. og Abrahamsen, R. K. (2005). Mulig utnyttelse av kjernemelk. Et litteraturstudium. Del 1: Variasjoner i kjernemelkas sammensetning. *Meieriposten*, 1, 5-14
- Johansen, A. J., Vogt, G., Selmer-Olsen, E. og Abrahamsen, R. K. (2005a). Mulig utnyttelse av kjernemelk. Et litteraturstudium. Del 2: Anvendelse av kjernemelk. *Meieriposten*, 2, 36-46.
- Jørgensen, C., E., Abrahamsen, R. K., Rukke, E.-O., Johansen, A.-G., Schüller, R. og Skeie, S. (2015). Improving the structure and rheology of high protein, low fat yoghurt with undenatured whey proteins. *International Dairy Journal*, 47, 6-18.
- Keenan, T. W. og Patton, S. (1995). Kapittel: The structure of milk: implications for sampling and storage, 5–49. I: Jensen, R.G. (red.). *Handbook of Milk Composition*. Academic Press; San Diego, CA, US.

- Kasinos, M., Le, T. T og Van der Meeren, P. (2014). Improved heat stability of recombined evaporated milk emulsions upon addition of phospholipid enriched dairy by-products. *Food Hydrocolloids*, 34, 112-118.
- Kim, Y. J. og Li, R. H. (2002). Increase of conjugated linoleic acid content in milk by fermentation with lactic acid bacteria. *Journal of Food Science*, 67,1731–7.
- Kneifel, W., Ulberth, F., Erhard, F og Jaros, D. (1992). Aroma Profiles and Sensory Properties of Yoghurt and Yoghurt-Related Products. Screening of Commercially Available Starter Cultures. *Milchwissenschaft-Milk Science International*, 47(6), 362-365.
- Kumar Puniya, A. (2016). *Fermented Milk and Dairy Products* (2. utg). CRC Press, Boca Raton
- Landbruksdirektoraret (2016). *Endring i forskrift om satser i prisutjevningsordningen for melk og satser for produksjonsfløte og tilvirkningsverdi på smør*. FOR-2016-06-20-777. Tilgjengelig: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2016-06-20-777>
- Landbruks- og matdepartementet (2017). *Forskrift om kvalitet på melk og melkeprodukter*. FOR-2015-06-03-607. Tilgjengelig: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-06-03-607>
- Lawless, T. H & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food – Principles and Practices* (2. utg). Springer Media LLC, New York, US.
- Lilbæk, H. M., Broe, M. L., Høier, E., Fatum,, T. M, Ipsen, R. og Sørensen, N. K. (2006). Improving the Yield of Mozzarella Cheese by Phospholipase Treatment of Milk. *Journal of Dairy Science*, 89, 4114–4125
- 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), 115–131.
- Lopez, C., Madeca, M. N. og Jimenez-Flores, R. (2010). Lipid rafts in the bovine milk fat globule membrane revealed by the lateral segregation of phospholipids and heterogeneous distribution of glycoproteins. *Food Chemistry*, 120(1), 22–33
- Lucey, J. A. (2001).The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels. *Food Hydrocolloids*, 15, 603–608
- Mansour, A. A., Khalifa, M. Y. og Hefnawy, N. M. (1995). *Egyptian Journal of Food Science*, 22, 87.
- Martinovic, A., Moe, K. M., Romeihc, E., Aideh, B., Vogensen, F. K., Østlie, H. (2013). Growth of adjunct Lactobacillus casei in Cheddar cheese differing in milk fat globule membrane components. *International Dairy Journal*, 31(2), 70–82
- Mellentin, J. (2013). 12 key trends in food, nutrition and health 2014. *New Nutritional Business*, London, UK.
- Mills, S., Ross, R. P., Hill, C., Fitzgerald, G. F. og Stanton, C. (2011). Milk intelligence: mining milk for bioactive substances associated with human health. *International Dairy Journal*, 21, 377–401
- Mistry, V. V., Metzger, E. og Maubois, AJ. L. (1996). Use of Ultrafiltered Sweet Buttermilk in the Manufacture of Reduced Fat Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*, 79(7), 1137-1145
- Moreno, O., Pastor, C., Muller, J., Atarés, L., González, C., og Chiralt, A. (2014)Physical and bioactive properties of corn starch – Buttermilk edible films. *Journal of food engineering*, 141, 27-36

- Morin, P., Britten, M., Jiménez- Flores, R. og Pouliot, Y. (2007). Microfiltration of buttermilk and washed cream buttermilk for concentration of milk fat globule membrane components. *Journal of Dairy Science*, 90, 2132-2140
- Morin, P., Jimenez-Flores, R. og Pouliot, Y. (2004). Effect of temperature and pore size on the fractionation of fresh and reconstituted buttermilk by microfiltration. *Journal of Dairy Science*, 87, 267–273
- Morin, P., Jiménez-Flores, R. og Pouliot, Y. (2007). Effect of processing on the composition and microstructure of buttermilk and its milk fat globules membranes. *International Dairy Journal*, 17, 1179-1187
- Morin, P., Pouliot, Y. og Britten, M. (2008). Effect of Buttermilk Made from Creams with Different Heat Treatment Histories on Properties of Rennet Gels and Model Cheeses. *Journal of Dairy Science*, 91(3), 871–882
- Narvhus, J. A. (2017). Personlig meddelelse.
- Narvhus, J. A., Østeraas, K., Mutukumira, T. og 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), 73-80
- Oberman, H. og Libudzisz, Z. (1998). Kapittel: Fermented milk, 308-315. I: Wood, B. J. B. *Microbiology of fermented food*. Springer, US.
- O'Connell, J. E. og Fox, P. F. (2000). Heat Stability of Buttermilk. *Journal of Dairy Science*, 83, 1728-1732.
- Pascual, P. A. L. (2017). Effects of Different Types of Milk Fat Globule Membrane Materials on the Physical and Rheological Characteristics of Set Yoghurts. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*. 5(6), 2319-1473
- Permyakov, E. A. og Berliner, L. J. (2000). α -Lactalbumin: structure and function. *FEBS Letters*, 473(3), 269–274
- Phan, T. T. Q., Asaduzzaman, M., Trung Le, T. Fredrick, E., Van der Meeren, P. B og Dewettinck, K. (2013). Composition and emulsifying properties of a milk fat globule membrane enriched material. *International Dairy Journal*, 29, 99-106.
- Rasić, J. L., Vujičić, I. F., Škrinjar, M. og Vulić, M. (1992). Assimilation of cholesterol by some cultures of lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Biotechnology Letters*, 14(1), 39–44
- Raval, D. M og Mistry, V. V. (1999). Application of ultrafiltered sweet buttermilk in the manufacture of reduced fat process cheese. *Journal of Dairy Science*, 82, 2334–2343
- Rinaldoni, A. N., Campderrós, E. M. og Padilla, A. P. (2012). Physico-chemical and sensory properties of yogurt from ultrafiltered soy milk concentrate added with inulin. *LWT - Food Science and Technology*, 45(2),142-147.
- Rinaldoni, A. N., Tarazagab, C. C., Campderrós, M. E. og Padilla, A. P. (2009). Assessing performance of skim milk ultrafiltration by using technical parameters. *Journal of Food Engineering*, 92(2), 226–232.

- Roesch, R. R., Rincon, A. og Corredig, M. (2004). Emulsifying properties of fractions prepared from commercial buttermilk by microfiltration. *Journal of Dairy Science*, 87, 4080–4087
- Rombaut, R., Dewettinck, K. og Van Camp, K. (2007). Phospho- and sphingolipid content of selected dairy products as determined by HPLC coupled to an evaporative light scattering detector (HPLC-ELSD). *Journal of Food Composition Analysis*, 20, 308–312
- Romeih, E. A., Abdel-Hamid, M. og Awad, A. A. (2014). The addition of buttermilk powder and transglutaminase improves textural and organoleptic properties of fat-free buffalo yogurt. *Dairy Science og Technology*, 94, 297–309
- Romeih, E. A, Moe, K. M. og Skeie, S. (2015). The influence of fat globule membrane material on the microstructure of low-fat Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 26(1), 66–72
- Saffon, M. (2013). *Development of a new dairy ingredient for the utilization of buttermilk constituents*. Universitet Lavel, Québec, Canada.
- Saffon, M, Richard, R., Jiménez-Flores, R., Gauthier, S. F., Britten, M. og Pouliot, Y. (2013a). Behavior of Heat-Denatured Whey:Buttermilk Protein Aggregates during the Yogurt-Making Process and Their Influence on Set-Type Yogurt Properties. *Journal of Foods*, 2(4): 444–459.
- Scott, L. L., Duncan, S. E., Sumner, S. S., Waterman, K. M. og Kaylegian, K. E. Influence of emulsifying component composition on creams formulated with fractionated milkfat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 5933–5940
- Serafeimidou, A., Zlatanov, S., Laskaridis, K. og Sagredos, A. (2012). Chemical characteristics, fatty acid composition and conjugated linoleic acid (CLA) content of traditional Greek yogurts. *Food Chemistry*, 134, 4(15), 1839-1846
- Shrestha, R., Pradhananga, M. og Das, S. K. L. (2015). Utilization of Milk By-Product (Buttermilk) in the Preparation of Chhurpi and its Quality Evaluation. *Sunsari Technical College Journal*, 2(1), 1-6
- Silva, J. V. C. og O'Mahony, J. A. (2016). Flowability and wetting behaviour of milk protein ingredients as influenced by powder composition, particle size and microstructure. *International Journal of Dairy Technology*, 70(2), 277–286.
- Singh, H. (2006). Milk fat bullet membrane - A biophysical system for food applications. *Current opinion in colloid and interdisciplinary science*, 11 (2-3), 154-163.
- Singh, H. og Waugana, A. Influence of heat treatment of milk on cheesemaking properties. *International Dairy Journal*, 11, 543-551
- Singh., G. A. og Muthukumarappan, K (2008). Influence of calcium fortification on sensory, physical and rheological characteristics of fruit yogurt. *LWT - Food Science and Technology*, 41(7),145-1152
- Singh, H. og Tokley, R. P. (1990). Effects of preheat treatments and buttermilk addition on the seasonal variations in the heat stability of recombined evaporated milk and reconstituted concentrated milk. *Australian Journal of Dairy Technolgy*, 45, 10–16
- Skeie, S. (2017). Personlig meddelelse.
- Smolan, G. og Vaksvik, S. (2014). *HACCP – arbeid med mattrygghet* (1. utg.). Yrkeslitteratur AS, Oslo.

Sodini, I., Morin, P., Olabi, A. og Jimenes-Florez, R. (2006). Compositional and Functional Properties of Buttermilk: A Comparison Between Sweet, Sour, and Whey Buttermilk. *Journal of dairy Science*, 89, 525-536.

Sodini, I., Remeuf, F., Haddad, S. og Corrieu, G. (2004). The relative effect of milk base, starter and process on yoghurt texture: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 113–137.

Stephen, A. M., Phillips, G. O og Willams, P. A. (2006). *Food Polysaccharides and Their Applications* (2. utg.). CRC Press, Taylor & Francis Group.

Strandos, L. B. U. (2015). Retningslinjer for gjennomføring av sensoriske analyser. Sensorikk – måling med menneskelige sanser (3. utg). Sensorisk studiegruppe. Kopinor Pensum AS, Oslo, Norge.

Thoshniwal, V. J (2009). *Utilization of sweet cream buttermilk for the manufacture of low fat dairy whey employing ultrafiltration process*. National Dairy Research Institute, Karnal, India.

Surono, S. og Hosono, A. (2011). Kapittel: Starter cultures. I: Fuquay, J. W, Fox, P. F og McSweeney. *Encyclopedia of dairy science*. Academic Press, US.

Svanborg, S., Johansen, A.-G., Abrahamsen, R. K. og Skeie, S. B. (2015). The composition and functional properties of whey protein concentrates produced from buttermilk are comparable with those of whey protein concentrates produced from skimmed milk. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 5829-5840.

Tamine, A. Y. og Robinson, K. R. (2007). *Yoghurt: Science and Technology* (3. utg.). CRC Press, Woodhead Publishing, Cambridge, UK.

TINE (2005). Årsrapport. *Konsernstyrets beretninger, årsregnskap og statistikk*. Oslo. Tilgjengelig: https://www.tine.no/presserom/om-tine-gruppa/_attachment/8965?true&_ts=109f3bade9

TINE (2015). *Innspill til jordbruksforhandlingene*. Tine Medlem, Oslo. Tilgjengelig: https://medlem.tine.no/aktuelt/nyheter/Nytt+fra+konsernstyret/_attachment/351087?_ts=14bc03616b0

TINE (2015a). *Årsrapport. Konsernstyrets beretninger, årsregnskap og statistikk*. Oslo. Tilgjengelig: https://medlem.tine.no/praktiskinformasjon/eierdemokrati/aarsrapport/_attachment/375854?ts=152f3a13b33

Trachoo, N. og Mistry, V. V. (1998). Application of Ultrafiltered Sweet Buttermilk and Sweet Buttermilk Powder in the Manufacture of Nonfat and Low Fat Yogurts. *Journal of Dairy Science*, 81, 3163.

Trung Le, T., van Camp, J., Pascuala, P. A. L., Meesenc, G., Thienponta, N., Messens, K. og Dewettincka, K. (2011). Physical properties and microstructure of yoghurt enriched with milk fat globule membrane material. *International Dairy Journal*, 21(10), 798–805

Turcot, S., St-Gelais, D. og Turgeon, S. L. (2002). Ripening of low-fat Cheddar cheese made from milk enriched with phospholipids. *Le Lait*, 82, 209–223

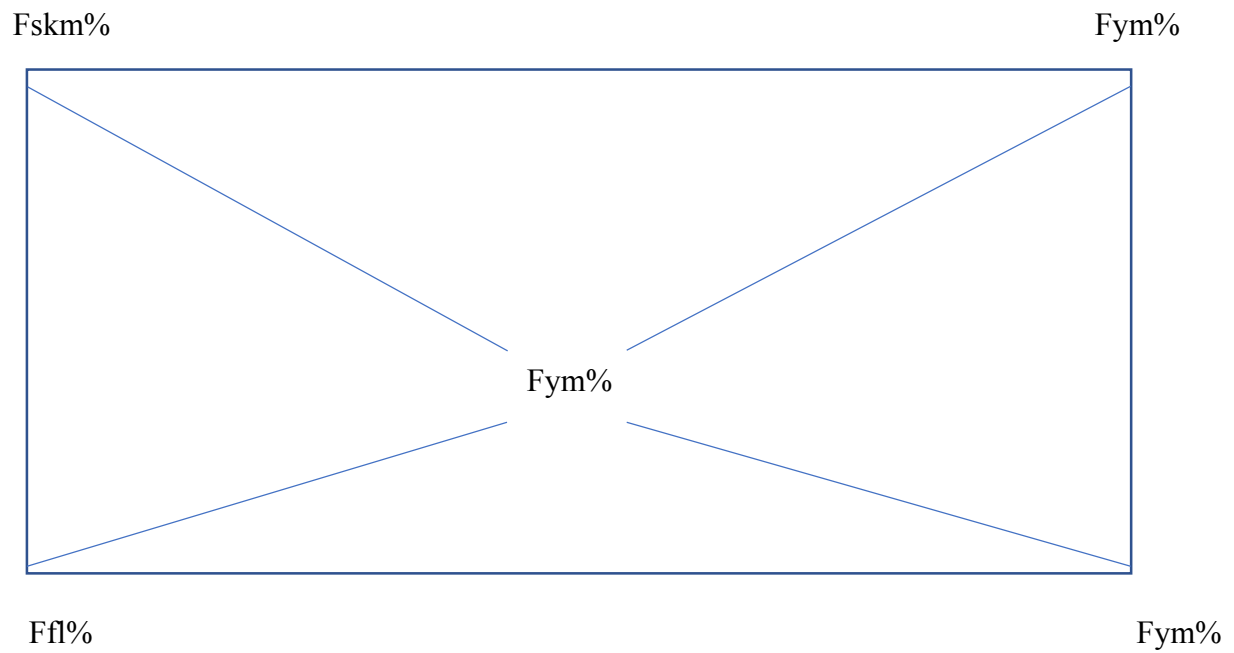
Turcot, S., Turgeon, S. L. og St-Gelais, D. (2001). Effet de la concentration en phospholipides de babeurre dans le lait de fromagerie sur la production et la composition de fromage allégés de type cheddar. *Le Lait*, 81, 429-442

- Uduwerella, G. I., Chandrapala, J. I og Vasiljevic, T. (2017). Preconcentration of yoghurt base by ultrafiltration for reduction in acid whey generation during Greek yoghurt manufacturing. *International Journal of Dairy Technology*, 70(1), 1-10
- Van Nieuwenhove, C. P., Olszewski, R., Gonzalez, S. N. og Perez, C. (2007). Conjugated linoleic acid conversion by dairy bacteria cultured in MRS broth and buffalo milk. *Letters in Applied Microbiology*, 44, 467-74.
- Vanderghem, C., Bodson, P., Danthine, S., Paquot, M., Deroanne, C. og Blecker, C. (2010). Milk fat globule membrane and buttermilks: From composition to valorization. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 14, 485–500.
- Vasbinder, A. J., van Mil, P. J. J. og de Kruif, K. G. (2001). Acid-induced gelation of heat-treated milk studied by diffusing wave spectroscopy. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 21(1-3), 245-250
- Vijayalakshmi, R., Khan, M. M. H., Narasimhan, R. og Kumar, C. N. (1994). Utilization of butter milk powder in preparation of low-fat yoghurt. *Cheiron*, 23, 248.
- Vodickova, M., Forman, L. og Pechacova, M. (1987). *Dairy Science Abstracts*, 49, 821.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M. & Geurts, T.J. (2006). *Dairy Science and Technology* (2. utg). CRC, Taylor & Francis, Boca Raton, London, New York.
- Weie Berg, E. (1990). *Anvendelse av søt kjernemelk, konsentrert ved bruk av ultrafiltrering eller hyperfiltrering i yoghurt*. Hovedfagsoppgave ved Institutt for næringsmiddelfag, Norges Landbruksskole (NLH), Ås.
- Wong, P. Y. og Kitts, D. D. (2003). Chemistry of buttermilk solid antioxidant activity. *Journal of Dairy Science*, 86(5), 1541-7.
- Yildiz, F. (2010). *Development and Manufacture of Yoghurt and other Functional Dairy Products* (2. utg.). CRC Press, Taylor & Francis
- Zhang, L., Folkenberg, D. M., Amigo, J. M og Ipsen, R. (2016). Effect of exopolysaccharide-producing starter cultures and post-fermentation mechanical treatment on textural properties and microstructure of low fat yoghurt. *International Dairy Journal*, 53, 10-19

7.0 Vedlegg

A1: Formel for tilsetning av fløte til yoghurtbase

Konvoluttmetoden



$$L \text{ fløte} = \frac{L \text{ Skm} \times (F_{skm}\% - F_{ym}\%)}{(F_{fl}\% - F_{ym}\%)}$$

A2:

Utrekninger av tilsetning av fløte til yoghurtbasene ved bruk av formel:

$$L \text{ fløte} = \frac{L \text{ Skm} \times (\text{Fskm}\% - \text{Fym}\%)}{(\text{Ffl}\% - \text{Fym}\%)}$$

Blokk	Kode	Utrekning L fløte	Yoghurtbase (liter)
1	L-SK M-SK H-SK	$50 \times \frac{(2-0,74)}{2,72-2} = 4,45 \text{ l}$	54,5 l
	L-KM M-KM H-KM	$50 \times \frac{(2-0,16)}{38,97-2} = 2,30 \text{ l}$	52,30 l
2	L-SK M-SK H-SK	$50 \times \frac{(2-0,08)}{42,26-2} = 1,91 \text{ l}$	51,91 l
	L-KM M-KM H-KM	$50 \times \frac{(2-0,08)}{3,20-2} = 5,65 \text{ l}$	55,65 l
3	L-SK M-SK H-SK	$50 \times \frac{(2-0,08)}{40,35-2} = 2,55 \text{ l}$	52,55 l
	L-KM M-KM H-KM	$50 \times \frac{(2-0,08)}{3,08-2} = 5,54 \text{ l}$	55,54 l

A3:

Kjemisk sammensetning av yoghurtbasene

Yoghurtene som ble fremstilt hadde en godtatt feilmargin på +/- 0,30 % med hensyn på et proteininnhold på 8 % og et fettinnhold på 2 %. Den kjemiske sammensetningen av yoghurtbasene vist i form av protein-, fett- og tørrstoffinnhold.

Blokk	Kode	Proteininnhold (%)	Fettinnhold (%)	Tørrstoff (%)
1	L-SK	8,30	1,97	15,42
	M-SK	8,30	1,97	15,42
	H-SK	8,30	1,97	15,42
	L-KM	8,02	1,84	14,57
	M-KM	8,02	1,84	14,57
	H-KM	8,02	1,84	14,57
2	L-SK	8,13	2,03	15,05
	M-SK	8,13	2,03	15,05
	H-SK	8,13	2,03	15,05
	L-KM	7,80	1,80	14,62
	M-KM	7,80	1,80	14,62
	H-KM	7,80	1,80	14,62
3	L-SK	7,80	1,90	15,64
	M-SK	7,80	1,90	15,64
	H-SK	7,80	1,90	15,64
	L-KM	8,03	2,00	14,98
	M-KM	8,03	2,00	14,98
	H-KM	8,03	2,00	14,98

A4: Registreringer av tid, temperatur og fluksnivå under membranfiltrering (ultrafiltrering).

Filtreringsanlegg: UF-S4. Membrantype: 20 000 Dalton			Retentat	Permeat	
	Yoghurtbase	Tid (min)	Temperatur (°C)	Flux	
Blokk 1	Kjernemelk	0	50	6,9	
		10	48	6,2	
		20	48	5,3	
		30	48,5	4,3	
		40	49	3,1	
		45	48	3	
		50	49	3	
	55	49	3		
	Skummet melk	0	48	5,6	
		10	49	5,1	
		20	50	4,4	
		30	49	3,5	
		40	50	3,5	
		45	50	3,5	
Blokk 2	Kjernemelk	0	49,5	6,7	
		10	50	6	
		20	50	5,2	
		30	51	4,2	
		40	49	3,1	
		45	49	3	
	Skummet melk	0	48	5,3	
		10	49	4,9	
		20	49	4,3	
		30	48,5	3,5	
		40	48,5	3,5	
	Blokk 3	Kjernemelk	0	50	6,5
			10	50	5,8
20			49	4,8	
30			50	4,2	
40			50	3,1	
50			49	3	
Skummet melk		0	48	5,4	
		10	49	5	
		20	48	4,2	
		30	48	3,5	
		40	50	3,5	
		50	50	3,5	

A5:

Skjema gitt ved profileringstest ved sensorisk analyse:

Sensorisk analyse av yoghurt									
Vurder hver prøve for disse 8 egenskaper								Dato:	
Score fra 1 til 7, hvor 1 er lav intensitet og 7 er høy intensitet								Navn:	
Prøve	viskositet	fnokkete	trådtrekkende	yoghurt-smak	sur	glatthet	bismak	kremet smak	Mel /tør
Referanse									
218									
105									
456									
109									
873									
365									

Kodenummer for sensorisk analyse av yoghurt (sensorisk)		
	Prøve- nummer	Hadde kode- nummer:
L-KM	1	218
H-SK	2	105
L-SK	3	456
M-KM	4	109
M-SK	5	873
H-KM	6	365

A6:



YoFlex® Premium 1.0

Product Information

Version: 3 PI EU EN 07-18-2016

Description

Thermophilic YoFlex® culture.

Culture composition:

Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus

Streptococcus thermophilus

Material No: 713156
Size: 20X250 U
Type: Bag(s) in box

Color: Off-white to slightly reddish or brown
Format: F-DVS
Form: Frozen pellets

Storage and handling

< -45 °C / < -49 °F

Shelf life

At least 12 months from date of manufacture when stored according to recommendations.

Patent information* Patented

Application

Usage

The culture will produce yoghurt with mild flavor, extra high viscosity and low post-acidification. Suitable for stirred and set yoghurt.

Recommended inoculation rate

Amount of milk to be inoculated	250 l / 66 gal	1,000 l / 264 gal	2,500 l / 660 gal	5,000 l / 1,320 gal	10,000 l / 2,640 gal
Amount of DVS culture	50 U	200 U	500 U	1,000 U	2,000 U

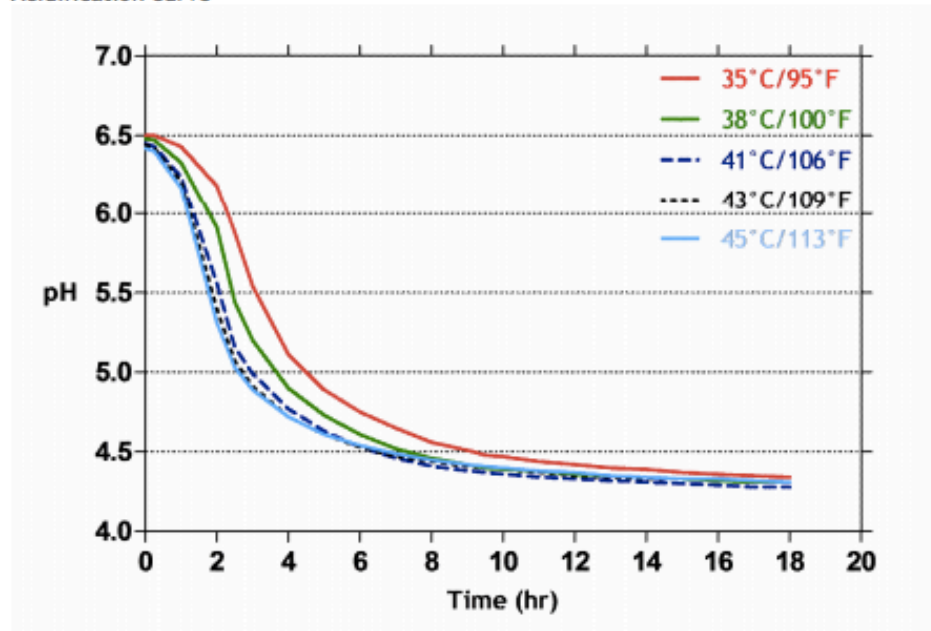
Directions for Use

Remove cultures from the freezer just prior to use. Do not thaw. Disinfect the package prior to opening. Open the package and pour the frozen pellets directly into the pasteurized product. Agitate the mixture slowly for 10-15 minutes to distribute the culture evenly. For more information on specific applications please refer to our technical brochures and suggested recipes.

YoFlex® Premium 1.0

Product Information

Version: 3 PI EU EN 07-18-2016

Acidification curve**Fermentation conditions:**

Skim milk (0.1% fat, 4.2% protein): 90°C/194°F, 20 minutes

Inoculation: 500U/2500L

Analytical Methods

References and analytical methods are available upon request.

Dietary information

Kosher:	Kosher Dairy Excl. Passover
Halal:	Certified
VLOG:	Certified

Legislation

Chr. Hansen's cultures comply with the general requirements on food safety laid down in Regulation 178/2002/EC. Lactic acid bacteria are generally recognized as safe and can be used in food, however, for specific applications we recommend to consult national legislation.

The product is intended for use in food.

Food Safety

Good Manufacturing Practice (GMP) is implemented in all plants manufacturing Chr. Hansen cultures. Chr. Hansen has made a risk assessment of microbiological, physical and chemical risks in our manufacturing and distribution plants for dairy, wine and meat cultures. Control points (CP's) and Critical Control Points (CCP's) are based on the risk assessment. A HACCP team as well as HACCP plans are established for each plant.

Labeling

Suggested labeling "lactic acid culture" or "starter culture", however, as legislation may vary, please consult national legislation.

B1: Registreringer av pH under fermentering og etter 24 timer (yoghurtbase: kjernemelk).

	Yoghurtbase av kjernemelk - prøver	Tid (timer)	pH
Blokk 1	L-KM M-KM H-KM	3	5,00 4,99 4,97
	L-KM M-KM H-KM	4	4,87 4,85 4,86
	L-KM M-KM H-KM	5	4,79 4,78 4,76
	L-KM M-KM H-KM	6	4,72 4,72 4,71
	L-KM M-KM H-KM	7	4,69 4,68 4,66
	L-KM K-KM H-KM	8	4,68 4,66 4,65
	L-KM M-KM H-KM	24	4,69 4,68 4,65
	Blokk 2	L-KM M-KM H-KM	3
L-KM M-KM H-KM		4	4,86 4,82 4,85
L-KM M-KM H-KM		5	4,78 4,77 4,76
L-KM M-KM H-KM		6	4,71 4,70 4,70
L-KM M-KM H-KM		7	4,68 4,69 4,66
L-KM M-KM H-KM		8	4,68 4,67 4,66
L-KM M-KM H-KM		24	4,68 4,65 4,64
Blokk 3		L-KM M-KM H-KM	3
	L-KM M-KM H-KM	4	4,87 4,83 4,85
	L-KM M-KM H-KM	5	4,79 4,77 4,76
	L-KM M-KM H-KM	6	4,73 4,70 4,70
	L-KM M-KM H-KM	7	4,69 4,70 4,65
	L-KM, M-KM, H-KM	8	4,69, 4,68, 4,65
	L-KM, M-KM, H-KM	24	4,69, 4,69, 4,64

Registreringer av pH under fermentering og etter 24 timer (yoghurtbase: skummetmelk).

	Yoghurtbase av skummetmelk - prøve	Tid (timer)	pH
Blokk 1	L-SK M-SK H-SK	3	5,07 5,02 4,87
	L-SK M-SK H-SK	4	4,90 4,89 4,82
	L-SK M-SK H-SK	5	4,80 4,84 4,74
	L-SK M-SK H-SK	6	4,75 4,76 4,70
	L-SK M-SK H-SK	7	4,73 4,70 4,70
	L-SK M-SK H-SK	8	4,70 4,68 4,67
	L-SK M-SK H-SK	24	4,69 4,67 4,66
	Blokk 2	L-SK M-SK H-SK	3
L-SK M-SK H-SK		4	4,92 4,83 4,80
L-SK M-SK H-SK		5	4,81 4,83 4,75
L-SK M-SK H-SK		6	4,76 4,77 4,69
L-SK M-SK H-SK		7	4,73 4,71 4,70
L-SK M-SK H-SK		8	4,70 4,67 4,67
L-SK M-SK H-SK		24	4,70 4,68 4,67
Blokk 3		L-SK M-SK H-SK	3
	L-SK M-SK H-SK	4	4,92 4,85 4,81
	L-SK M-SK H-KK	5	4,79 4,82 4,75
	L-SK M-SK H-SK	6	4,74 4,69 4,70
	L-SK M-SK H-SK	7	4,72 4,69 4,69
	L-SK, M-SK, H-SK	8	4,70, 4,68, 4,69
	L-SK, M-SK, H-SK	24	4,70, 4,69, 4,69

B2: Rådata av innholdet av organiske syrer

	Prøve	Sitronsyre (ppm)	aketooglutarat (ppm)	Orotinsyre (ppm)	Pyrodoesyre (ppm)	Maurisyre (ppm)	Melkesyre (ppm)	Eddiksyre (ppm)	Urinsyre (ppm)
Blokk 1	L-KM	1815,23	24,35	56,98	22,86	55,56	10177,62	150,82	9,88
	M-KM	1805,64	24,55	57,74	21,41	84,44	10339,75	148,59	10,17
	H-KM	1797,59	22,71	57,52	23,05	69,73	10364,29	168,95	10,04
	L-SK	2076,43	19,86	55,53	20,58	51,37	10177,62	168,55	11,12
	M-SK	2160,78	21,43	58,71	19	56,19	10339,75	179,05	11,04
	H-SK	2151,62	20,01	57,66	18,9	60,47	10364,29	167,29	11,36
Blokk 2	L-KM	1996,33	23,34	60,07	19,27	57,65	10246,5	148,32	11,57
	M-KM	2077,12	22,21	60,11	21,76	62,13	10284,8	158,37	11,69
	H-KM	2030,38	21,76	59,64	18,81	68,21	10239,69	170,66	11,55
	L-SK	2251,96	20,88	60,81	18,33	50,33	11066,38	172,58	13,2
	M-SK	2267,29	22,97	61,91	13,85	52,72	11286,06	164,49	13,26
	H-SK	2289,5	22,36	61,73	13,46	56,05	11363,66	158,35	13,56
Blokk 3	L-KM	2059,98	23,89	56,49	17,58	59,14	10384,55	173,47	9,18
	M-KM	2043,15	24,39	56,68	16,46	65,22	10343,31	161,6	9,73
	H-KM	2017	24,19	56,94	16,13	69,88	10346,24	160,59	9,6
	L-SK	2354,32	24,19	62,35	22,11	58,56	11243,53	176,73	9,45
	M-SK	2308,2	23,44	61,14	20,22	55,54	11027,91	161,6	10,18
	H-SK	2322,95	23,01	62,16	18,75	57,16	11166,59	160,59	10,79

B3: Rådata av innholdet av karbohydrater

	Prøve	Laktose (ppm)	Glukose (ppm)	Galaktose (ppm)
Blokk 1	L-KM	18957,56	381,51	7635,57
	M-KM	19253,81	401,42	7772,22
	H-KM	19301,53	400,25	7819,95
	L-SK	19166	761,03	8187,08
	M-SK	20004,24	747,91	8806,18
	H-SK	19867,15	755,58	8575,21
Blokk 2	L-KM	21146,47	531,09	7740,77
	M-KM	21679,24	544,49	7865,77
	H-KM	21146,6	547,17	7765,66
	L-SK	22574,09	367,63	8225,11
	M-SK	22692	363,41	8480,83
	H-SK	22649,25	359,35	8545,13
Blokk 3	L-KM	20098,02	394,69	7842,37
	M-KM	20172,85	364,91	7823,94
	H-KM	19972,46	387,66	7833,37
	L-SK	22919,4	571,96	8338,35
	M-SK	22917,55	456,07	8176,58
	H-SK	22881,06	453,11	8309,69

B4: Rådata av innholdet av flyktige komponenter

	Prøve	Acetaldehyd (ppm)	Etanol (ppm)	Aceton (ppm)	Diacetyl (ppm)	2-butanon (ppm)	Acetoin (ppm)	2,3-pentadiol (ppm)
Blokk 1	L-KM	17,93	5,06	4,05	0,93	0,43	82,50	n.d
	M-KM	18,99	5,06	4,27	0,95	0,43	81,38	0,05
	H-KM	18,70	4,98	4,14	0,95	0,43	79,13	n.d
	L-SK	11,37	5,01	2,69	1,11	0,29	95,46	0,02
	M-SK	19,38	5,03	2,81	0,87	0,31	84,95	n.d
	H-SK	18,52	4,95	2,79	0,74	0,29	86,88	0,06
Blokk 2	L-KM	17,02	5,07	3,99	0,92	0,37	77,78	0,01
	M-KM	16,64	4,75	3,88	0,75	0,36	80,70	n.d
	H-KM	17,60	5,05	3,93	0,83	0,35	82,18	n.d
	L-SK	10,45	5,73	2,73	0,79	0,30	87,73	n.d
	M-SK	19,20	5,22	2,80	0,71	0,32	89,63	0,05
	H-SK	17,77	4,73	2,51	0,60	0,26	88,20	n.d
Blokk 3	L-KM	19,07	5,48	4,25	1,08	0,39	86,41	n.d
	M-KM	18,14	5,05	3,93	0,87	0,35	83,76	0,03
	H-KM	18,74	4,92	3,83	0,94	0,35	85,19	0,08
	L-SK	9,52	4,98	3,05	0,80	1,39	94,32	n.d
	M-SK	19,38	4,86	3,23	0,70	1,49	89,89	n.d
	H-SK	19,78	4,82	3,17	0,68	1,43	90,47	0,02

n.d=ikke detektert

B5: Rådata av innholdet av fosfolipider i melk og yoghurtbase etter behandling oppgitt som gram fosfolipider per 100 gram melk eller yoghurtbase

	Prøve	PE g/100g	L-PE g/100g	PI g/100g	PC g/100g	SMP g/100g	L-PC g/100g	Totalt
Blokk 1	SK	n.d	n.d	n.d	0,010	0,006	n.d	0,016
	SK etter UF	0,002	n.d	n.d	0,013	0,005	n.d	0,020
	SK etter 95°C	0,005	0,001	0,003	0,052	0,030	n.d	0,090
	KM	0,034	0,002	0,015	0,063	0,017	n.d	0,130
	KM etter UF	0,118	0,009	0,060	0,188	0,053	n.d	0,428
	KM etter 95°C	0,123	0,018	0,065	0,091	0,055	n.d	0,453
Blokk 2	SK	n.d	n.d	n.d	0,009	0,005	n.d	0,015
	SK etter UF	0,002	n.d	n.d	0,013	0,005	n.d	0,020
	SK etter 95°C	0,006	0,001	0,002	0,045	0,025	n.d	0,079
	KM	0,027	0,001	0,011	0,056	0,014	n.d	0,109
	KM etter UF	0,120	0,008	0,071	0,187	0,046	n.d	0,431
	KM etter 95°C	0,119	0,011	0,065	0,187	0,056	n.d	0,437
Blokk 3	SK	n.d	n.d	n.d	0,011	0,006	n.d	0,016
	SK etter UF	0,003	n.d	n.d	0,014	0,004	n.d	0,021
	SK etter 95°C	0,006	0,002	0,002	0,044	0,020	n.d	0,074
	KM	0,030	0,002	0,015	0,058	0,015	n.d	0,121
	KM etter UF	0,147	0,008	0,084	0,214	0,066	n.d	0,522
	KM etter 95°C	0,121	0,009	0,057	0,200	0,064	n.d	0,451

n.d=ikke detektert

B6: Rådata over verdier av skjærspenning målt mot skjærhastighet (gjennomsnitt av to gjentak, n=3 blokker)

	L-SK	M-SK	H-SK	L-KM	M-KM	H-KM
Skjærrate (1/s)	Skjærspenning (Pa)	Skjærspenning (Pa)	Skjærspenning (Pa)	Skjærspenning (Pa)	Skjærspenning (Pa)	Skjærspenning (Pa)
0,01	10,035	29,61667	35,83333	18,3	25,63333	24,4333
0,0147	10,35	32,2167	38,9167	22,633	30,4667	30,6
0,2015	10,327	32,6667	38,95	20,817	28,5	29,31667
0,0316	10,205	32,3833	38,2833	20,2833	27,8666	28,6333
0,0464	9,926667	31,66667	37,21667	19,93333	27,28333	27,98333
0,0681	9,671667	30,61667	35,88333	19,3	26,48333	27,15
0,1	9,593333	29,96667	34,96667	19,01667	26,06667	26,76667
0,147	9,636667	29,71667	34,56667	19,06667	26,01667	26,76667
0,215	9,766667	29,76667	34,4	19,31667	26,25	27,06667
0,316	9,981667	29,91667	34,65	19,86667	26,51667	27,68333
0,464	7,256667	30,5	35,03333	20,78333	27,85	28,8
0,681	10,54333	30,46667	35,6	22,21667	29,53333	30,58333
1	10,84	30,61667	36,31667	24,51667	32,15	33,45
1,47	11,15	30,81667	37,33333	28,55	36,45	38
2,15	11,63333	31,1833	39,16667	35,78333	44,43333	46,55
3,16	12,91667	32,73333	42,76667	45,78333	58,83333	61,67667
4,64	15,41667	36,71667	50,7333	58,6	75,56667	79,5
6,81	20,91667	45,73333	69,26667	77,41667	98,83333	102,2333
10	30,58333	70,06667	108,0833	86,38333	110,6667	112,3333
14,7	41,16667	99,43333	147,3333	91,83333	130,5	118,3333
21,5	63,78333	123,3833	158,5	98,1	123,8333	125,8333
31,6	77,06667	130,05	167	105,1667	132	134,1667
46,4	87,5	137,2167	176	113,6167	142,1667	144,6667
68,1	97,76667	146,4833	186,8333	125,1667	155,3333	158,8333
100	109,1667	174	200,8333	142	173,8333	179

B7: Rådata over verdier av skjærspenning (Pa) måt mot fire utvalgte verdier av skjærhastighet (1/s) (gjennomsnitt av to gjentak, n=3 blokker)

	Skjærrate (1/s)	L-SK	M-SK	H-SK	L-KM	M-KM	H-KM
Blokk 1	Målepunkter	Skjær- spenning (Pa)	Skjær- spenning (Pa)	Skjær- spenning (Pa)	Skjær- spenning (Pa)	Skjær- spenning (Pa)	Skjær- spenning (Pa)
	Målepunkt 1 (0,01 1/s)	10,13	29,85	38,8	22,75	31,35	31,9
	Målepunkt 2 (1 1/s)	10,57	31,3	36,65	27,55	36,65	38,25
	Målepunkt 3 (10 1/s)	30,50	80,9	103,25	97,45	125	125
	Målepunkt 4 (100 1/s)	108,5	186,5	213,5	159,5	199	204,5
Blokk 2	Målepunkt 1 (0,01 1/s)	10,7	34,3	38,3	19,3	25,55	26,09
	Målepunkt 2 (1 1/s)	10,9	33,15	37,15	25,35	29,3	29,6
	Målepunkt 3 (10 1/s)	31,45	59,9	107	83,95	103	104,5
	Målepunkt 4 (100 1/s)	111,5	162	210,5	145,5	166	165
Blokk 3	Målepunkt 1 (0,01 1/s)	9,275	27,4	30,4	12,85	20	31,35
	Målepunkt 2 (1 1/s)	11,05	27,4	35,15	20,65	30,5	32,5
	Målepunkt 3 (10 1/s)	29,75	107	114	77,75	104	107,5
	Målepunkt 4 (100 1/s)	107,5	210,5	178,5	121	156,5	167,5

B8: Rådata over viskositet (Pa*s) målt mot skjærhastighet (1/s) (gjennomsnitt av to gjentak, n=3 blokker).

	L-SK	M-SK	H-SK	L-KM	M-KM	H-KM
Skjærrate (1/s)	Viskositet (Pa*s)	Viskositet (Pa*s)	Viskositet (Pa*s)	Viskositet (Pa*s)	Viskositet (Pa*s)	Viskositet (Pa*s)
0,01	1003,5	3036,6667	3583,333333	1830	2563,33	2643,33333
0,0147	705,5	2195	2651,666667	1541,666667	2078,333	2085
0,2015	479,5	1516,6667	1805	968	1323,333	1358,33333
0,0316	322,833333	991	1211,666667	641,8333333	880,5	906,5
0,0464	214,1666667	682	801,8333333	429,3333333	588,1667	602,5
0,681	15,5	44,7166667	36,31666667	24,51666667	43,316667	44,8833333
0,1	95,93333333	299,666667	349,1666667	190,1666667	260,6667	267,66667
0,147	65,61666667	202,666667	235,5	130	177,3333	182,33333
0,215	45,36666667	138,166667	159,8333333	89,7	177,3333	182,33333
0,316	31,53666667	94,8166667	109,5	62,85	84,9	87,5
0,464	22,11666667	65,1666667	75,466667	44,78333333	60,06667	62,033333
0,681	15,5	44,7166667	52,52	32,61666667	43,316667	44,8833333
1	10,84	30,6166667	36,31667	24,51666667	32,15	33,466666667
1,47	7,598333333	20,9666667	25,45	19,43333333	24,85	25,85
2,15	5,406666667	14,4666667	18,15	16,61666667	20,63333	21,61666667
3,16	4,088333333	10,355	13,15	14,48333333	18,6	19,566666667
4,64	3,318333333	7,91	10,91666667	12,63333333	16,28333	17,1333333
6,81	3,07	6,71833333	10,17	11,35	14,48333	15
10	3,058333333	7,01166667	10,81	8,635	11,06667	11,2333333
14,7	2,806666667	6,78166667	10,045	6,26	7,931667	8,065
21,5	2,96	5,728	7,365	4,55	5,743333	5,98
31,6	2,435	4,10783333	5,2833333	3,318333333	4,178333	5,835
46,4	1,883333333	2,95516667	3,79	2,448333333	3,061667	3,11333333
68,1	1,436666667	2,14816667	2,741667	1,838333333	2,28	2,3316666667
100	1,091666667	1,73833333	2,008333	1,42	1,738333	1,79

B9: Rådata av innholdet over gram veid myse (gjennomsnitt to gjentak) etter sentrifugering for utregning av vannbindingsveve og myseutskillelse

	Prøve	Gram myse
Blokk 1	L-SK	9,34575
	M-SK	3,7065
	H-SK	0,9485
	L-KM	0,305
	M-KM	0,02
	H-KM	0,0115
Blokk 2	L-SK	10,944
	M-SK	3,1725
	H-SK	2,035
	L-KM	0,69
	M-KM	0,4035
	H-KM	0,191
Blokk 3	L-SK	9,746
	M-SK	3,465
	H-SK	2,198
	L-KM	0,214
	M-KM	0,125
	H-KM	0,113

B10: Rådata fra poenggivelsen fra den sensoriske analysen (score fra 1-7).
Gjennomsnittscore fra n=8 deltagere, n=3 blokker.

	Prøve	Viskositet	Fnokkethet	Trådrekende	Yoghurtsmak	Sur	Glatthet	Bismak	Munnfølelse/ kremet smak	Melen/tørr
Blokk 1 n=8	L-SK	3,12	1,25	1,5	3,37	3,5	5,5	2,62	2,5	2,87
	M-SK	5,56	1,75	1,87	3,62	3	4	1,75	3,12	3,62
	H-SK	5,5	2,37	1,75	3,75	3,25	4,37	2,12	3	3,75
	L-KM	4,25	1	1,12	3,62	2,87	5,87	1,87	3,5	2,75
	M-KM	5	1,62	1,75	4	3,5	5	2,25	4,12	3,12
	H-KM	5	1,62	1,62	4	3,12	5,25	2,21	3,75	2,75
Blokk 2 n=8	L-SK	4	1,37	1,37	3,12	3,87	4,87	3	3,75	2,12
	M-SK	5	1,5	1,87	3,87	3,87	4	2,25	3,37	3,62
	H-SK	5	2	1,87	3,37	3,12	3,5	2	3,12	3,87
	L-KM	3,5	1,37	1,5	3,5	4,37	5	2,37	2,72	3,62
	M-KM	4,87	2	1,75	3,75	3,75	5,5	2,12	3,37	2,5
	H-KM	4,62	1,25	1,62	3,87	3,87	5,5	2,62	4	2,75
Blokk 3 n=8	L-SK	4	1,12	1,12	4,87	3,87	5,12	1,37	3,75	2,62
	M-SK	5,62	1,62	1,12	5,12	3,87	4,75	1,25	3,87	3,37
	H-SK	5,75	1,82	1	4,87	4,25	4,62	1,25	3,87	3,37
	L-KM	4,5	1,25	1,12	4,25	4,25	6,12	2	4,75	2
	M-KM	5,37	1,25	1,12	4,25	3,75	5,5	2,62	4,5	2,12
	H-KM	5	1,12	1	4	3,75	5,5	2,87	4,75	2,25



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway