



Skrevet ved

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

i samarbeid med

TINE FoU

Proteinrik geitmelkyoghurt

-Betydning av laktasjonsperiode, membranfiltrering, varmebehandling og yoghurtkultur for produktkvalitet.

Mastergradsoppgave i Matvitenskap ved
Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap
Fakultet for veterinærmedisin og biovitenskap
Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

av Maja Sandvold Skipenes

Hovedveileder: Professor Judith Narvhus
Veileder fra TINE FoU: Forsker Anne-Grethe Johansen
Veileder: Professor Siv Borghild Skeie

Sammendrag

Hensikten med denne oppgaven var å lage en god geitmelkyoghurt ved bruk av membranfiltrert melk. Målet var å framstille en yoghurt med et høyt proteininnhold (10 %) og et normalt fettinnhold for geitmelk (4 %). I dette arbeidet ble effekten av forsøksfaktorene laktasjonsperiode (tidlig og sen), membranfiltreringsmetode (mikrofiltrering (MF) og ultrafiltrering (UF)), varmebehandling (72 og 95 °C i 5 minutter) og to ulike yoghurtkulturer vurdert opp mot produktegenskaper.

De funksjonelle egenskapene til den proteinrike geitmelkyoghurten var avhengig av membranfiltreringsmetode og varmebehandling. Yoghurt laget av MF-melk og yoghurt laget av UF-melk, varmebehandlet ved 72 °C, dannet en svak syregel med utpregede trådtrekkende egenskaper. Yoghurt laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 95 °C, dannet en fast syregel.

Egenskapene til yoghurt laget av MF-melk fra tidlig laktasjon, varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter, var avvikende fra alle andre yoghurter laget av MF-melk og oppnådde funksjonelle egenskaper som minnet om konvensjonell kumelkyoghurt. Melka benyttet til denne produksjonen ble pasteurisert ved 72 °C i 15 sekunder i sammenheng med separering av fett, noe som var en høyere temperaturbehandling enn for de andre produksjonene før membranfiltrering. Det er derfor mulig at denaturerte myseproteiner har fulgt med kaseinmicellene i retentatet under mikrofiltrering. Dette kan ha gitt grunnlag for en bedre binding mellom kaseinmicellene ved syrning og ført til dannelse av et mer solid gelnettverk.

Den kjemiske sammensetningen av yoghurten var i størst grad påvirket av laktasjonsperiode og valg av yoghurtkultur. Innhold av acetaldehyd i yoghurt var signifikant avhengig av yoghurtkultur. I tillegg ble det observert et signifikant høyere innhold i yoghurt som var varmebehandlet ved 95 °C, sammenlignet med 72 °C. Uavhengig av dette, var innholdet av acetaldehyd innenfor det som er normalt for kumelkyoghurt i Norge.

Arbeidet som er utført i denne oppgaven har ledet til utvikling av geitmelkyoghurt med varierende funksjonelle egenskaper, og danner således et godt grunnlag for videre utvikling av en proteinrik geitmelkyoghurt. Arbeidet er også interessant med tanke på utvikling av forskjellige nye typer geitmelkprodukter.

Abstract

The purpose of this thesis was to make a high quality goat milk yogurt by using membrane fractionated milk. The aim was to produce a yogurt with high protein content (10 %) and a normal fat content for goat milk (4 %). During this work, the factors studied were; lactation (early or late), membrane separation method (microfiltration (MF) or ultrafiltration (UF)), heat treatment (72 or 95 °C for 5 minutes) and use of two different yogurt starter cultures. The effects of these factors were evaluated against various product characteristics.

The functional properties of yogurt were dependent on the membrane separation method and heat treatment. Yogurt made from MF-milk and yogurt made from UF-milk heat treated at 72 °C, resulted in weak acid gels, with a very ropy consistency. Yogurt made from UF-milk heat treated at 95 °C, gave a firm acid gel.

The functional properties of yogurt made by MF-milk from early lactation, heat treated at 95 °C for 5 minutes, was deviant from other yogurts made from MF-milk and obtained functional properties more similar to conventional cow milk yogurt. The milk used for this particular production, was pasteurized at 72 °C for 15 seconds in connection with separation of fat, which was a higher temperature treatment than used for the other productions ahead of membrane separation. It is therefore possible that some denatured whey proteins followed the casein micelles in the retentate during microfiltration. This may have provided a basis for a better bonding between casein micelles during fermentation and led to formation of a more solid gel network.

The chemical composition of the yoghurt was mostly affected by the lactation period and the selection of yogurt starter culture. The content of acetaldehyde in yogurt was significantly dependent of yogurt starter culture. In addition, it was observed significantly higher levels in yogurt which was heat treated at 95 °C, compared with 72 °C. Regardless of this, the content of acetaldehyde was within the normal range for Norwegian cow milk yogurt.

This work has led to the development of goat milk yogurt with varying functional properties, this forms a basis for further work in developing high protein goat milk yogurt. The work also provides an interesting basis for further development of various new types of goat milk products.

Forord

Denne masteroppgaven ble utført ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (IKBM) ved Norges miljø- og bioteknologiske universitet (NMBU), fra september 2014 til mai 2015. Oppgaven har vært en del av innovasjonsprosjektet ”Tilpasset Fraksjonering” ved TINE FoU, der forsker Anne-Grethe Johansen er prosjektleder. Prosjektet gjennomføres i tett samarbeid med IKBM, med prof. Siv Borghild Skeie som stedlig prosjektleder.

Jeg ønsker å rette en stor takk til mine veiledere, prof. Judith Narvhus (IKBM), forsker Anne-Grethe Johansen (TINE FoU og IKBM) og prof. Siv Borghild Skeie (IKBM). Deres bidrag under planlegging av praktisk arbeid, veiledning underveis, sensoriske vurderinger av yoghurt og gode faglige innspill, setter jeg veldig stor pris på.

En stor takk rettes til TINE for økonomisk støtte, som har vært avgjørende for gjennomføring av denne oppgaven.

Videre ønsker jeg å takke alle som har bidratt under produksjon ved pilotanlegget ved IKBM, NMBU. Dette gjelder spesielt avdelingsingeniører Geirfinn Lund og Ola Tjåland, som har stått på og vært til stor hjelp under produksjonsperioden. En takk rettes til Tom Hoffmann (TINE FoU) og stipendiat Sigrid Svanborg for verdifull hjelp og veiledning under mikrofiltreringsprosessene. Avdelingsingeniør Ahmed Abdelghani takkes også for å stille opp når det har vært behov for flere hender.

Jeg vil rette en stor takk til overingeniør Kari Olsen og ingeniør Mai Helene Aalberg for god veiledning og hjelp til kjemiske analyser som er gjennomført ved IKBM. Jeg ønsker også å takke overingeniør Solfrid Lohne ved Institutt for Miljøvitenskap for analyser av mineralinnhold, prof. Reidar Barfod Schüller for veiledning til utførelse av viskositetsanalyse og prof. em. Roger Abrahamsen for gode faglige bidrag.

Arbeidet med denne oppgaven har vært veldig spennende og lærerikt. Jeg har hatt et år med en bratt læringskurve, det har også vært et minneverdig år. Jeg ønsker igjen å takke alle som har bidratt, for all faglig støtte og et hyggelig og inkluderende arbeidsmiljø under hele perioden. Til slutt, takk til familie og venner for uvurderlig støtte og tålmodighet.

Maja Sandvold Skipenes

Ås, Mai 2015

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	III
Abstract	IV
Forord.....	V
Innholdsfortegnelse.....	VI
1 Introduksjon	1
2 Litteraturoversikt.....	2
2.1 Geitmelk som råstoff.....	2
2.1.1 Geitmelkas utvikling.....	2
2.1.2 Geitmelkas sammensetning sett i forhold til kumelk.....	2
2.2 Fermentert geitmelk	6
2.2.1 Yoghurt	7
2.2.2 Aromakomponenter i geitmelk syrnet med yoghurtkultur.....	8
2.3 Produksjonsfaktorenes innflytelse på produktkvalitet	10
2.3.1 Laktasjonsperiode	10
2.3.2 Membranfiltrering.....	12
2.3.3 Varmebehandling.....	13
2.3.4 Yoghurtkultur.....	14
2.4 Oppsummering.....	15
3 Forsøksdesign, materialer og metoder	16
3.1 Råstoff.....	16
3.1.1 Geitmelk.....	16
3.1.2 Yoghurtkultur.....	16
3.2 Opprinnelig forsøksplan.....	17
3.3 Forforsøk.....	17
3.3.1 Produksjonsprosessen	18
3.3.2 Analyser benyttet i forforsøk	18

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

3.3.3	Utvidelse av forforsøket.....	19
3.3.4	Forforsøk ved bruk av ultrafiltrering	19
3.4	Revurdering av forsøksplan	19
3.5	Forsøksdesign med analysetidspunkt.....	21
3.6	Produksjonsprosessen	22
3.6.1	Separering	23
3.6.2	Membranfiltrering.....	24
3.6.3	Justering av fett- og proteininnhold	24
3.6.4	Homogenisering	24
3.6.5	Varmebehandling	25
3.6.6	Syrning.....	25
3.7	Analysemetoder	25
3.7.1	Kjemiske analyser	26
3.7.2	Funksjonalitetsanalyser	34
3.7.3	Statistisk databehandling	39
3.8	Navnsetting av produksjoner og yoghurt.....	41
4	Resultater	42
4.1	Forforsøk.....	42
4.2	Hovedforsøk.....	44
4.2.1	Effekt av laktasjonsperiode og membranfiltrering på sammensetning av råstoff og fraksjoner	44
4.2.2	Syrning.....	52
4.2.3	Yoghurt	53
5	Diskusjon	68
5.1	Forforsøk.....	68
5.2	Hovedforsøk.....	68
5.2.1	Laktasjonsperiode	69

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

5.2.2	Membranfiltrering.....	73
5.2.3	Varmebehandling.....	79
5.2.4	Yoghurtkultur.....	82
5.3	Videre forskning	87
5.4	Fremtidige bruksområder for yoghurten.....	89
6	Konklusjon.....	91
6.1	Funksjonelle egenskaper	91
6.2	Kjemisk sammensetning	91
7	Referanser	93
8	Vedlegg – på egen minnepinne.....	98

1 Introduksjon

Dette kapittelet gir bakgrunnen for den valgte oppgaven og gir leseren en forståelse for hvorfor dette temaet er av interesse. Kapittelet inneholder en formulering av problemstilling og hovedmål for oppgaven.

Geitmelk har i den senere tid fått et økt fokus i Norge. Dette på grunn av arbeidet som har ført til en betydelig kvalitetsforbedring av melka. Det ble gjennomført en strategiendring med mål om å øke omsetningen av geitmelkprodukter fram mot 2010. For å nå dette målet har det foregått en avlsendring og sykdomssanering for å forbedre geitmelkas smak og egenskaper til produktapplikasjon.

I industrialiserte land, som Norge, er det en økende interesse for spesialprodukter. Produkter basert på geitmelk passer godt under denne kategorien. I tillegg til dette, er det en etterspørsel etter geitmelkprodukter som et alternativ for personer med allergi mot kumelk eller som har andre mage- og tarmproblemer (Haenlein 2004). Dette kommer av at geitmelk har en annen oppbygning enn kumelk, blant annet er sammensetningen av proteinene og arrangementen av fettulik.

TINE har gjennomført et omfattende arbeid med utvikling av nye produkter basert på geitmelk og for å gjøre forbrukeren oppmerksom på geitmelkas forbedrede kvalitet. Det har blitt utviklet flere ulike geitmelkbaserte oster, i tillegg har geitmelksmør og rømme laget av en blanding av geit- og kumelk kommet på markedet. Disse produktene har fått en positiv mottakelse og viser at markedet kan ha en interesse for flere geitmelkbaserte produkter.

Det har i senere år også vært et stort fokus på utvikling av næringsmidler som skal ha positive ernæringsmessige egenskaper. Eksempler på dette er TINE Styrk og YT-produktene til TINE, som er en serie med treningsmat og -drikker. Produkter med høyt proteininnhold, som cottage cheese og kvarg, har fått et stort fokus og legger noe av grunnlaget for denne studien.

Hensikten med denne oppgaven var å lage en god geitmelkyoghurt ved bruk av membranfiltrert melk. Målet var å fremstille en yoghurt med høyt proteininnhold (10 %) og et normalt fettinnhold for geitmelk (4 %). Under arbeidet ble forsøksfaktorene laktasjonsperiode (tidlig og sen), membranfiltreringsmetode (mikrofiltrering (MF) og ultrafiltrering (UF)), varmebehandling (72 og 95 °C i 5 minutter) og to ulike yoghurtkulturer vurdert opp mot produkttegenskaper.

2 Litteraturoversikt

Dette kapittelet gir en innføring i eksisterende litteratur som er relevant for denne oppgaven. Fokuset vil i hovedsak være på geitmelk, yoghurtproduksjon og de utvalgte faktorene som antas å gi en varierende effekt på produktkvalitet.

2.1 Geitmelk som råstoff

I 2014 ble 18,6 millioner liter geitmelk levert til TINE SA, et norsk samvirke som eies av melkeprodusenter som leverer melk til selskapet. Melka som blir levert til TINE ble enten prosessert av TINE eller levert til andre meierier. I 2013 var det en total produksjon av geitmelk på 20,2 millioner liter i Norge, av dette ble hele 18,9 millioner liter levert til TINE. Resten av melka ble prosessert av melkeprodusentene selv (Skeie 2014; TINE 2015). I 2014 var det 310 foretak i Norge som hadde melkekvote og drev med produksjon av geitmelk. Den største andelen av disse befant seg i Nord-Norge (35,8 %) og på Vestlandet (30,5 %) (Landbruksdirektoratet 2014; TINE 2015).

2.1.1 Geitmelkas utvikling

Den største utfordringen i geitmelkproduksjonen generelt, er de relativt små volumene som produseres og begrensinger knyttet til sesongbetinget produksjon (Park et al. 2007). I Norge har det også vært utfordringer i forhold til geitmelkas smak og dens egenskaper som produktapplikasjon (Nævdal & Blichfeldt 2007). Fram mot 2010 hadde TINE et mål om å øke produksjon og omsetning av geitmelkprodukter med 5 %. Strategien for å nå dette målet var å legge til rette for det særpregede norske geiteholdet med utmarksbeite og hovedproduktene skulle være hvit geitost og brunost. Innholdet av frie fettsyrer skulle i tillegg reduseres for å oppnå en mildere geitsmak på melka, en smak som i større grad møter forbrukernes preferanser (Nævdal & Blichfeldt 2007).

Norsk melkegeit har genetisk sett skilt seg ut fra melkegeiter i mange andre land. Dette gjelder evnen til å produsere α_{s1} -kasein, som er av betydning for produktkvalitet, spesielt i forhold til dannelse av løpegel. Norske melkegeiter har hatt en høy frekvens av null-allel i α_{s1} -genet, noe som gir lav forekomst av α_{s1} -kasein i melka. Ved avlsendringene, som ble satt i gang i sammenheng med TINE sin nye strategi, ble det også gjennomført tiltak for å avle frem en lavere forekomst av null-allelet i den norske melkegeita (Nævdal & Blichfeldt 2007).

2.1.2 Geitmelkas sammensetning sett i forhold til kumelk

Melkas sammensetning varierer i forholdt til mange faktorer, noen av de viktigste faktorene som spiller inn er rase, individ, fôring, miljø, laktasjonsperiode og helsetilstand (Park et al.

2007). I geitmelk varierer sammensetningen spesielt mye i løpet av laktasjonsperioden. Variasjonene vises hovedsakelig i innhold av fett, proteiner og laktose (Brendehaug & Abrahamsen 1986).

Variasjonen i melkekvalitet mellom ulike pattedyr kan være stor. I denne oppgaven er det kun gjennomført forsøk med geitmelk, men teoretisk kan det være interessant å sammenlikne geitmelk med kumelk, som er den melketyper det benyttes mest av i Norge. Tabell 1 er en framstilling av gjennomsnittlig innhold av proteiner, fett og laktose i melk fra geit og ku levert til TINE i 2014.

Tabell 1: Gjennomsnittlig innhold av protein, fett og laktose i melk fra geit og ku levert til TINE i 2014 (TINE 2015).

	Protein (%)	Fett (%)	Laktose (%)
Geitmelk	3,17	4,12	4,47
Kumelk	3,41	4,17	4,70

Fra Tabell 1 kan en se at det er forskjeller mellom geit- og kumelk, kumelk har et høyere innhold av protein, fett og laktose. Det vil naturligvis være variasjoner i innhold av de ulike komponentene mellom forskjellige raser og ulike besetninger. Denne variasjonen har blitt noe utjevnet for kumelk, etter mange år med avl på melkeku. For geit vil det være større variasjoner i melkas sammensetning grunnet sesongbetiget produksjon (Walstra et al. 2006a).

2.1.2.1 Proteiner

Proteinene i melk kan i hovedsak deles inn i to hovedgrupper, myseproteiner og kaseiner. Geitmelk inneholder hovedsakelig kaseinene κ -kasein, α_{s1} -kasein, α_{s2} -kasein og β -kasein, mens myseproteinene i stor grad består av proteinene β -laktoglobulin og α -lactalbumin. Proteinene i geitmelk har aminosyresammensetning og egenskaper som hovedsakelig korresponderer til de tilsvarende proteinene i kumelk. Det som skiller proteinene i geit- og kumelk fra hverandre, er i hovedsak mengdeforholdet mellom de ulike proteinene (Abrahamsen & Brendehaug 1986; Jenness 1980). I tillegg til disse hovedproteinene, inneholder melka også andre myseproteiner som laktoferrin, transferrin, prolaktin, immunoglobuliner og folatbindende glykoproteiner (Jenness 1980).

Kaseiner

I geitmelk er det vanligvis rapportert om et lavere kasein-nitrogen innhold enn i kumelk. Det

vil si at geitmelka har en mindre andel kasein. Kaseinene i melka er arrangert som miceller og disse micellene har en mindre gjennomsnittlig størrelse i geitmelk enn i kumelk (Abrahamsen & Brendehaug 1986). Kaseinmicellene i geitmelk skiller seg også fra ku ved at de er mindre løselige, mindre varmestabile og dissosierer β -kasein lettere ved lave temperaturer. De inneholder også mer kalsium og uorganisk fosfor (Jenness 1980; Park et al. 2007). Disse forskjellene kan ha en effekt på melkas produkttegenskaper, for eksempel på koaguleringssevner.

Av kaseinene er det β -kasein som kvantitativt er hovedproteinet. Forholdet mellom α_s -kasein og β -kasein har vist seg å være forskjellig i geit- og kumelk, med et lavere innhold av α_s -kasein i geitmelka (Abrahamsen & Brendehaug 1986). Det ble rapportert om at α_{s1} -kasein manglet i norsk geitmelk (Jenness 1980). Dette kommer av de ulike genetiske variantene av geiter, og i Norge har det hovedsakelig vært geiter som i liten grad uttrykker α_{s1} -genet. I kumelk spiller α_{s1} -kasein en vesentlig rolle i oppbygningen av kaseinmicellene, og mangel eller redusert forekomst av dette i geitmelk kan føre til dårligere koaguleringssevner og svakere gel i produktene (Abrahamsen & Brendehaug 1986; Jenness 1980). Etter at TINE satte som mål om å øke produksjon og omsetning av geitmelk, har det blitt avlet på geiter som uttrykker α_{s1} -genet, noe som har ført til høyere forekomst av α_{s1} -kasein i melka og et økt proteininnhold (Nævdal & Blichfeldt 2007; Skeie 2015).

Myseproteiner

Innholdet av myseproteiner ligger på omtrent samme nivå i geitmelk som i kumelk, men geitmelk inneholder noe mindre β -laktoglobulin (Abrahamsen & Brendehaug 1986). Denaturerte myseproteiner bidrar i dannelsen av en syregel og er viktig for å binde kaseinmicellene sammen for å oppnå en ønsket konsistens i yoghurt. Ved høy varmebehandling oppnår man denaturering av myseproteinene. Remeuf et al. (2003) oppnådde 58 % denaturering etter varmebehandling på 90 °C i 1 minutt og 77 % denaturering etter 5 minutter ved samme temperatur. Denaturerte myseproteiner bidrar til kryssbinding av proteinene i melka og fører til dannelse av et proteinnettverk i yoghurt (Kalab 1979). Remeuf et al. (2003) viste at denne effekten var større når melka var tørrstoffanriket med myseproteinkonsentrat (WPC) enn med skummetmelkpulver (SMP).

2.1.2.2 Fett

Fettet i geitmelk er hovedsakelig arrangert som fettkuler, med en gjennomsnittlig mindre diameter enn fettkulene i kumelk. Dette fører til at geitmelka har mindre effekt av

homogenisering, i tillegg mangler geitmelk agglutinin, som er et protein som bidrar til aggregering av fettkulene og oppfløting i kumelk (Abrahamsen & Brendehaug 1986).

Fettet i geitmelk karakteriseres med et høyere innhold av de såkalte kapra-syrene (kapra=geit) i forhold til i kumelk. Dette gjelder kapronsyre (C6), kaprylsyre (C8) og kaprinsyre (C10). Innholdet av laurinsyre (C12) er også høyere i geitmelk enn i kumelk (Abrahamsen & Brendehaug 1986; Walstra et al. 2006a). I geitmelk utgjør de kortkjedede fettsyrene om lag 20 % av den totale fettsyremengden, i ku er denne prosenten på 10-20 % (Jeness 1980).

Geitmelk har vært spesielt utsatt for lipolyse av melkefettet. Lipolyse kan være spontant, være avhengig av helsetilstanden til geita, variere med fôr og med laktasjonsperiode, men det kan også være knyttet til genetiske variasjoner. Det er vist at geiter med høy frekvens av null-allel i α_{s1} -genet, har en høyere lipolyseaktivitet i melka enn geiter med lav frekvens av dette allelet (Raynal-Ljutovac et al. 2005). Dette kan være et resultat av at geiter med høy frekvens av null-allel i α_{s1} -genet, produserer melk med fettkuler av mindre størrelse, slik at overflatearealet blir større og dermed i større grad kan bli utsatt for lipolyse (Skeie 2014). Lipolyse fører til dannelse av frie fettsyrer i melka og det er funnet korrelasjoner mellom sterk geitsmak av melka og innhold av frie fettsyrer. (Abrahamsen & Brendehaug 1986; Skeie 2014). Det er samtidig vist at lik sammensetningen av frie fettsyrer kan gi ulik smak, noe som tyder på at andre faktorer også spiller inn. Blant annet er det variasjoner i de frie fettsyrene med tanke på hvilke som bidrar til sterk geitsmak (Abrahamsen & Brendehaug 1986). I strategien for å nå TINE sitt mål om økt produksjon og omsetning av geitmelkprodukter, ble det gjennomført tiltak for å avle frem geiter med en lavere forekomst av frie fettsyrer i melka (Nævdal & Blichfeldt 2007). Det ble registrert en gjennomsnittlig reduksjon i innhold av fire fettsyrer, fra 1,5 mmol/L i 2005 til 0,6 mmol/L i 2012 (Skeie 2014). En kan også se at melka som har blitt levert til TINE har fått bedre vurderinger med hensyn på innhold av frie fettsyrer. I 2009 var 87,86 % av melka i eliteklasse med et innhold av frie fettsyrer på <1,8 mmol/L, mens i 2014 var 98,76 % av den leverte melka i eliteklasse, med et innhold av frie fettsyrer på <1,3 mmol/L (Skeie 2014; TINE 2010; TINE 2015).

2.1.2.3 Karbohydrater

I melk er laktose det viktigste karbohydratet. Geitmelka har i gjennomsnitt et noe lavere innhold enn kumelk. Som en kan se fra Tabell 1, hadde geitmelka som ble levert til TINE i 2014 et gjennomsnittlig laktoseinnhold på 4,47 %, mens kumelka hadde et laktoseinnhold på 4,70 % (TINE 2015). Laktoseinnholdet i geitmelka har blitt observert å ha en gradvis reduksjon gjennom laktasjonsperioden (Brendehaug & Abrahamsen 1986).

2.1.2.4 Mineraler

Geitmelk har generelt et høyere mineralinnhold enn kumelk. Innholdet av klor (Cl) og kalium (K) er spesielt høyt i geitmelk. Forholdet mellom kalsium (Ca), fosfor (P) og magnesium (Mg) i serumfase og kolloidal fase i melka skal være det samme i både geit- og kumelk (Raynal-Ljutovac et al. 2008). Mineralinnholdet i geitmelk varierer med laktasjonsperiode, hovedsakelig er innholdet størst mot slutten av laktasjonen (Brendehaug & Abrahamsen 1986).

2.2 Fermentert geitmelk

I den moderne meieriindustrien i Norge, benyttes det i hovedsak kumelk til produksjon av fermenterte produkter, som yoghurt. I andre land, hovedsakelig i middelhavsområdene og i Midtøsten-regionen, er det utbredt med produksjon av geitmelkyoghurt. Her er også geitmelkproduksjon og geitmelkprodukter en viktigere del av den nasjonale økonomien i forhold til i Norge (Park et al. 2007). I Norge har geitmelka blitt utnyttet i liten grad, kun 12,8 % av den totale melka (ku og geit) som ble levert til TINE i 2014 var geitmelk (TINE 2015).

De tradisjonelle geitmelkproduktene i Norge, har hovedsakelig vært ulike typer oster, både hvite geitoster og brunost. Siden 1980-tallet har det blitt gjennomført ulike forskningsprosjekter på bruk av geitmelk til produksjon av fermenterte produkter, men lite har hittil vært på markedet (Abrahamsen & Rysstad 1985; Abrahamsen & Rysstad 1991; Rysstad et al. 1990).

Det er registrert at fermentert geitmelk oppnår ulike karakteristikk på flere områder i forhold til fermentert kumelk. Blant annet er det funnet ulik metabolsk aktivitet i syrekulturer når de vokser i geitmelk i forhold til i kumelk. Dette er spesielt tydelig for mesofile syrekulturer, som har evnen til å fermentere sitronsyre. Et resultat av dette er at det produseres mindre karbondioksid og diacetyl i geitmelka, siden geitmelka inneholder mindre mengder sitronsyre. Dette er i liten grad aktuelt for produkter syrnet med yoghurtkulturer, på grunn av yoghurtbakterienes manglende sitronsyremetabolisme. Det er derimot registrert en betydelig lavere produksjon av acetaldehyd i geitmelkyoghurt enn i kumelkyoghurt (Abrahamsen & Rysstad 1991)

Ved syring av geitmelkyoghurt, har konsistensen vært en av de største utfordringene for å oppnå et godt produkt. Det har vist seg vanskelig å oppnå en tilstrekkelig fasthet av koagelet i urørt yoghurt av geitmelk, og viskositeten i rørt yoghurt har vært betydelig lavere enn det en

oppnår av kumelk (Abrahamsen & Rysstad 1991; Domagala 2011). Årsaken til denne dårlige konsistensen kan være den lave andelen α_{s1} -kasein i geitmelka, som i kumelk er med på å styrke koagelet som dannes ved syring (Abrahamsen & Rysstad 1985).

Flere studier har rapportert at syreproduksjonen i geitmelk er noe raskere enn i kumelk, ved bruk av samme yoghurtkultur, men det er også registrert motstridende resultater (Rysstad et al. 1990). Geitmelk har normalt en lavere bufferkapasitet enn kumelk, noe som kan føre til en raskere reduksjon av pH i geitmelka. I tillegg inneholder geitmelk mer ikke-protein-nitrogen, som er lettere fordøyelig enn protein-nitrogen for melkesyrebakteriene. Det er også antatt at geitmelk inneholder mer av vitaminene som er essensielle for bakteriene (Abrahamsen & Rysstad 1991). Sammen vil disse forskjellene kunne bidra til raskere fermentering av geitmelk.

2.2.1 Yoghurt

For å kunne kalle et produkt yoghurt i Norge, må produktet være sur melk, som er syret med yoghurtkultur og har minst 2,5 % økt melketørrstoff (Mattilsynet 2014). Yoghurtkulturer består av en blandingskultur med *Streptococcus thermophilus* og *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Fordelingen mellom disse to bakteriene kan variere fra kultur til kultur, og ulike stammer kan benyttes for å oppnå ønskede egenskaper i produktet, som smak og konsistens.

Yoghurtbakteriene er termofile og homofermentative melkesyrebakterier. Det vil si at de trives best ved høy temperatur og melkesyre er hovedproduktet ved fermentering av sukker (Walstra et al. 2006b). Ved siden av melkesyre, er det flere komponenter som bidrar til smak i yoghurt. Det ikke er fullstendig kartlagt hvilke komponenter som bidrar til aroma i yoghurt, men acetaldehyd og diacetyl er to viktige aromakomponenter. I tillegg er forbindelser som aceton og 2-butanon også med på å bidra til smak (Cheng 2010; Walstra et al. 2006b).

Det produseres større mengder acetaldehyd i yoghurtprodukter enn i andre fermenterte meieriprodukter, som følge av yoghurtbakterienes evne til å transformere treonin til acetaldehyd og glycin (Abrahamsen & Rysstad 1991). I tillegg har disse bakteriene redusert alkohol dehydrogenaseaktivitet, noe som fører til at acetaldehyd hoper seg opp og ikke omdannes til etanol. Antagelig er enzymet tilstede i de fleste yoghurtkulturer, men ved vanlig yoghurtfermentering er den ikke aktiv (Narvhus 2015).

Produksjon av ekstracellulære polysakkarider (EPS) kan også være avgjørende for kvalitet av yoghurt i forhold til konsistens. Både *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* og *S. thermophilus* har

EPS produksjon. Hvordan EPS skilles ut og er bygd opp, varierer mellom de ulike melkesyrebakteriene. Noen produserer EPS i form av en kapsel som kan være tett eller løst festet til bakteriecellen, mens andre skiller ut EPS i melka. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* og *S. thermophilus* produserer EPS med en trådaktig karakter (Walstra et al. 2006c). Forskning har vist at det hovedsakelig er i den siste delen av den eksponentielle vekstfasen at bakteriene produserer EPS. Disse polysakkaridene kan fremtre med egenskaper som slim og kan gjøre produktene trådtrekkende. Hensikten med å benytte yoghurtkulturer som gir trådtrekkende egenskaper, kan være å gi en tykkere og mer kremet konsistens, spesielt i rørte produkter. Det har derimot også blitt vist at slike polysakkarider kan være med på å svekke gelnettverket i produktene (Vlahopoulou et al. 2001).

2.2.2 Aromakomponenter i geitmelk syrnet med yoghurtkultur

Som hovedaromakomponent i yoghurt, er acetaldehyd den største bidragsyteren til yoghurt smak i produktene. Abrahamsen og Rysstad (1985) undersøkte fermentering av geitmelk og fant at det oppnådde acetaldehydinnholdet var betydelig lavere enn det som er vanlig i kumelk og normalt tilsvarer en god yoghurt smak på produktet (Rasic & Kurmann 1978). I Norge er innholdet av acetaldehyd i kumelkyoghurt stort sett noe under 20 ppm (Narvhus 2015). Det lave innholdet av acetaldehyd som oppnås i geitmelkyoghurt, indikerer at andre aromakomponenter, som diacetyl, vil være av større betydning for smaken i geitmelkyoghurt.

Det har blitt lansert flere hypoteser om hvorfor produksjonen av acetaldehyd er lavere i geitmelk enn i kumelk. Noen av disse har gått ut på at det er et resultat av ulikt innhold av laktose (Rasic & Kurmann 1978), raskere konvertering av acetaldehyd til etanol ved dehydrogenasesystemer eller høyt innhold av umettede fettsyrer i geitmelk (Manjunath et al. 1983). Abrahamsen et al. (1982) fant en økning i acetaldehydproduksjon i fermentert geitmelk med et økt innhold av frie fettsyrer, noe som svekker Manjunath et al. (1983) sin hypotese basert på innhold av frie fettsyrer. Rysstad et al. (1990) kunne ikke forklare lavt acetaldehydinnhold i geitmelkyoghurt som et resultat av rask konvertering av acetaldehyd til etanol, da det ble observert lave verdier av etanol i både fermentert geit- og kumelk. En annen hypotese, som har fått mer støtte gjennom forskning, er at lavt innhold av acetaldehyd skyldes høyere konsentrasjoner av glycin i geitmelka. Glycin har blitt rapportert å ha en hemmende effekt på enzymet treoninaldolase, som er et nøkkelenzym for konvertering av treonin til acetaldehyd og glycin (Raya et al. 1986).

Marshall og El - Bagoury (1986) undersøkte effekt av treonin på produksjon av acetaldehyd i geitmelkyoghurt og oppnådde høyere verdier ved tilsatt treonin i melka. Rysstad et al. (1990) undersøkte effekten av tilsatt treonin og glycin på produksjon av acetaldehyd, ved fermentering av melk med yoghurtkultur. I dette studiet ble effekten i geitmelk sammenlignet med effekt i kumelk. Det ble samtidig gjennomført analyser av innhold av frie aminosyrer i både geit- og kumelk. Rysstad et al. (1990) fant at innholdet av treonin var noe høyere i geitmelk enn i kumelk, med 0,18 mot 0,13 ppm. Innholdet av glycin var mer enn 2,8 ganger så høyt i geitmelk sammenlignet med kumelk. Ved undersøkelse av innhold av acetaldehyd i yoghurt uten tilsetninger, var det mer acetaldehyd tilstede i kumelkyoghurt. Ved tilsetning av treonin i melka, ble det observert en økning i acetaldehydproduksjon i både kumelk- og geitmelkyoghurt, med signifikant effekt i geitmelkyoghurt. Geitmelk tilsatt 10 mg treonin/100 g melk, oppnådde et acetaldehydinnhold tilsvarende kumelk uten tilsetninger. Dette var et signifikant høyere innhold enn i det som ble oppnådd i geitmelkyoghurt laget av melk uten tilsetning eller med kun 5 mg treonin/100 g melk. På grunn av at treonin opprinnelig var høyere i geitmelk, var det grunn til å tro at det ikke var treonin som var den begrensende faktoren for produksjon av acetaldehyd i geitmelkyoghurt.

Grunnet et betydelig høyere innhold av glycin i geitmelk, sammenlignet med kumelk, ble glycin sin påvirkning på acetaldehydproduksjon undersøkt ved å tilsette glycin i kumelk. Ved tilsetning av 2 mg glycin/100 g melk ble det observert en signifikant lavere produksjon av acetaldehyd ved syring av yoghurt. Ved tilsetning av minst 3 mg glycin/100 g kumelk, var det oppnådde acetaldehydinnholdet i kumelkyoghurt på nivå med innholdet i geitmelkyoghurt. Dette resultatet ga gode indikasjoner på at det var det høye innholdet av glycin i geitmelka, som førte til den lave acetaldehydproduksjonen i geitmelkyoghurt (Rysstad et al. 1990).

Den samme studien til Rysstad et al. (1990), viste at det var liten produksjon av diacetyl i både kumelk-og geitmelkyoghurt og ingen signifikante endringer ble observert ved tilsetning av treonin i melka. Diacetyl er en viktig smakskomponent i yoghurt, spesielt når innholdet av acetaldehyd er lavt, som i geitmelkyoghurt. Den bidrar til en delikat og fyldig aroma i produktet. Innholdet er generelt lavt i yoghurt, sammenlignet med innhold av acetaldehyd, men smaksterskelen er også relativt lav. Det er sjeldent et innhold av diacetyl på mer enn 0,5 ppm i yoghurt, men verdier opp mot 1,0 ppm er observert (Rysstad & Abrahamsen 1987).

2.3 Forsøksfaktorenes innflytelse på produktkvalitet

2.3.1 Laktasjonsperiode

For melkekyr er det i dag normalt å ha varierende kalvingstidspunkt, noe som gir melkeproduksjon hele året og reduserer sesongvariasjoner i melka (Park et al. 2007). Dette har vært en større utfordring å få til med geit, blant annet fordi geita er på sommerbeite store deler av sommeren. I Norge har det tradisjonelt vært normalt å ha sesongbasert laktasjon, som følge av kjeing på vinteren eller tidlig vår (Steinshamn et al. 2014). Dette fører til variasjon i samlemelka gjennom året. Ifølge Abrahamsen og Brendehaug (1986) kan variasjonen i sammensetning av melka til en besetning geiter, være så stor gjennom en laktasjonsperiode, at en kan forvente at melka har varierende funksjonelle egenskaper. Dette vil kunne gi ulik effekt på produktkvalitet, for eksempel med tanke på koaguleringssevner. Geitene vil også ha tørkeperioder omtrent fra inseminering og fram til kjeing, og når alle geitene har denne på samme tid, vil det vanskeliggjøre en helårig tilgjengelighet av geitmelk til industriell produksjon. I dag er det noen geitebønder i Norge som praktiserer kjeing på senvåren eller på høsten. Dette kan være med på å redusere sesongvariasjoner i samlemelka og gi en større tilgjengelighet av melk gjennom hele året (Skeie 2014).

Det har blitt gjennomført studier for å kartlegge geitmelkas sammensetning gjennom laktasjonsperioden. Brendehaug og Abrahamsen (1986) undersøkte melkas variasjoner i løpet av en laktasjonsperiode i en besetning på 70 geiter ved Norges Landbrukshøgskole i 1983. Dette forsøket ble gjennomført med geiter som hadde andre genetiske egenskaper enn det geitebesetningen på NMBU har i dag, som følge av avlsendringene som er gjennomført. Geitene hadde også et annet fôringsregime på den tiden enn det de har i dag. Dette kan være av betydning for effekten av laktasjonsperiode på melkekvalitet. I studien til Brendehaug og Abrahamsen (1986), ble det observert at fettinnholdet var spesielt høyt i starten av laktasjonsperioden og deretter gradvis ble redusert i løpet av 4 måneder, før det ble det observert en økning i løpet av perioden på fjellbeite. Proteinkonsentrasjonen var også høy i starten av laktasjonsperioden og hadde en reduksjon i 4 måneder fram til utebeite, før det ble observert en gradvis økning fram mot slutten av laktasjonsperioden. Det ble registrert høyest kasein-nitrogen-innhold i melka i midten av laktasjonsperioden. Innholdet av β -lactoglobulin-nitrogen hadde motsatt trend, noe som tyder på at andelen kasein av det totale proteininnholdet var høyest midt i laktasjonsperioden, som også var perioden på utebeite. Laktoseinnholdet hadde en tilnærmet lineær reduksjon gjennom hele laktasjonen, mens mineralinnholdet (P, K, Na, Ca og Mg) økte. På samme tid som studien til Brendehaug og

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

Abrahamsen (1986) ble utført, ble også sammensetningen av samlemelk fra 9 ulike meierier undersøkt i løpet av en laktasjonsperiode. Denne undersøkelsen ble gjennomført i samarbeid med Norske Meierier, og resultatet i denne undersøkelsen var at melkas kjemiske sammensetning var mindre varierende (Abrahamsen & Brendehaug 1986). Dette kan tyde på at de ulike besetningene har ulike variasjoner, som i en viss grad kan utjevnes når melka blandes sammen på meieriet.

Tidlig i laktasjonsperioden er melkeproduksjonen høy og geitene er i en negativ balanse, som vil si at geita bruker mer energi enn det den får i seg. Som et resultat av dette, blir fettlagrene mobilisert for å kompensere for den negative balansen. Brendehaug og Abrahamsen (1986) observerte at dette førte til et spesielt høyt innhold av langkjedede fettsyrer, som C_{18} og $C_{18:1}$, i melka. Når denne negative balansen hadde stabilisert seg og metabolismen i geitene gikk over til å hovedsakelig utnytte fôret til syntese av melkekomponenter, ble innholdet av de langkjedede fettsyrene redusert. Brendehaug og Abrahamsen (1986) rapporterte også om et høyere innhold av umettede fettsyrer i melka i perioden geitene var på beite. I dag kompenseres disse effektene i stor grad ved hjelp av føring (Skeie 2015).

Det har også blitt registrert at innholdet av sitronsyre i geitmelka reduseres i løpet av laktasjonsperioden. Brendehaug og Abrahamsen (1986) observerte en liten økning i innhold av sitronsyre mens geitene var på beite, med en påfølgende reduksjon mot slutten av laktasjonen. Høyt innhold av sitronsyre tidlig i laktasjonsperioden, henger sammen med den negative balansen geitene har i denne perioden (Brendehaug & Abrahamsen 1986). Kumelk er derimot funnet å ha et generelt høyere og mer stabilt innhold av sitronsyre. Sitronsyre i melka er ikke spesielt avgjørende for yoghurtprodukter, ettersom yoghurtbakteriene ikke fermenterer sitronsyre (Rysstad & Abrahamsen 1987). Sitronsyre vil i teorien ikke være med på å gi yoghurt laget av melk fra forskjellig laktasjonsperiode ulik aroma, og Rysstad og Abrahamsen (1987) fant at laktasjonsperiode ikke hadde noen innvirkning på produksjonen av aromakomponenter i geitmelk syrnet med yoghurtkultur. Endringer i sitronsyreinnhold kan derimot påvirke mineralbalansen i melka, noe som kan ha innflytelse på koaguleringssevnen til proteinene (Brendehaug & Abrahamsen 1986; Holt 1985).

Ved bruk av melk fra sen og tidlig laktasjonsperiode til produksjon av yoghurt, kan man ut i fra disse tidligere observasjonene, forvente liten forskjell i produktenes aroma. Melkas sammensetning av protein, fett, laktose, mineraler og sitronsyre er derimot forventet å variere. Dette kan føre med seg ulike egenskaper i forhold til produktapplikasjon, som for

eksempel forskjellig syringstid og bufferkapasitet, men også i forhold til produktens konsistens.

2.3.2 Membranfiltrering

For å produsere en yoghurt med ønsket tekstur og konsistens, er det nødvendig å tørrstoffrike melka før syring. Det finnes flere metoder en kan benytte for å oppnå dette, tilsetning av geitmelkspulver eller vakuuminndampning er mulige alternativer. Ettersom geitmelkspulver ikke er kommersielt tilgjengelig og vakuuminndampning er en energikrevende prosess og krever dyrt utstyr, kan membranfiltrering være en god løsning for å konsentrere tørrstoffet i melka (Abrahamsen & Holmen 1981). I en membranfiltreringsprosess kan en i tillegg ha en spesifikk konsentrering av proteinet i melka, og proteinet har en viktig betydning for geldannelse i et syret produkt (Abrahamsen & Rysstad 1985).

Membranfiltrering er et begrep som innen meieriteknologi omfatter flere forskjellige teknikker, der en fraksjonerer melka basert på komponentenes molekulære størrelse (Mistry & Maubois 1993). Prinsippet bak membranfiltrering, er at melka sendes forbi en semipermeabel membran med en bestemt porestørrelse. Prosessen drives av en hydrostatisk trykkforskjell over membranen, kalt transmembrantrykk, som fører til at kun ønskede komponenter i melka, med tilstrekkelig liten molekulær størrelse, kan passere gjennom membranen. Denne fraksjonen kalles permeat, mens den delen av melka som ikke kan passere gjennom membranen kalles retentat (Walstra et al. 2006d).

De ulike teknikkene som finnes innen membranfraksjonering egner seg til ulike formål, avhengig av komponentene som er ønsket for det spesifikke produkt. Denne teknologien gir et grunnlag for bedre utnyttelse av melkas komponenter og deres funksjonelle egenskaper i produkter. De første teknikkene som ble introdusert i meieriindustrien var revers osmose (RO), som er en prosess der kun vann passerer membranen, og UF. Etter dette ble MF introdusert med et tilsynelatende stort potensiale for fremtidig bruk i utviklingen av meieriprodukter (Mistry & Maubois 1993). I denne oppgaven skal det fokuseres på UF og MF som teknologi for å øke tørrstoffinnholdet i geitmelk for produksjon av yoghurt.

2.3.2.1 Ultrafiltrering

Ved UF benyttes det membraner med porestørrelser på 3-300 nm. Dette gir grunnlag for separering av makromolekyler som proteiner, fett, somatiske celler og mikroorganismer. Disse komponentene vil følge med retentatet, mens permeatet hovedsakelig vil bestå av vann,

laktose og salter (Walstra et al. 2006d). På denne måten vil det være mulig å øke proteininnholdet i melka uten å benytte tilsetninger. UF har blitt benyttet som metode for å tørrstoffrike melk til produksjon av yoghurt i lengre tid, blant annet har Marshall og El - Bagoury (1986), Karademir et al. (2002) og Domagala (2012) gjennomført studier på bruk av UF som metode for å tørrstoffrike melk til yoghurtproduksjon. Disse har observert positive effekter på yoghurtkvalitet ved bruk av UF, men konsistensen til produktene har vist seg å være avhengig av konsentreringsgrad.

2.3.2.2 Mikrofiltrering

MF er en teknikk som i membranfiltreringssammenheng ses på som en relativt grov prosess. Membranene som benyttes har normalt en porestørrelse på $>0,2 \mu\text{m}$ og transmembrantrykket er lavt. MF har tradisjonelt blitt benyttet til å fjerne mikroorganismer fra melk og fra saltlake benyttet i osteproduksjon (Walstra et al. 2006d). Det er i liten grad blitt benyttet MF for å oppnå et retentat som er egnet til produksjon av yoghurt. Det har derimot blitt gjennomført noe forskning på bruk av MF permeat til produksjon av prebiotisk fermentert melk (Debon et al. 2010; Debon et al. 2012). MF har også blitt vurdert som metode for å fjerne myse før produksjon av syrefelte oster, som cottage cheese (Nelson & Barbano 2005) og Goudédranche et al. (2000) benyttet MF for separering av melkefett i ulike fraksjoner av små og store fettkuler, for hovedsakelig å optimalisere teksturen til ulike meieriprodukter som smør, rømme, ulike typer oster og yoghurt.

I denne oppgaven er målet å konsentrere opp tørrstoffet i form av protein. I motsetning til bruk av UF, vil MF kunne gi en oppkonsentrering av kaseinene i melka, mens myseproteinene i hovedsak vil gå gjennom membranen som permeat (Walstra et al. 2006d). Sammensetningen i retentatet og permeatet man oppnår, er avhengig av membranens porestørrelse. Ved bruk av riktig membran, kan man oppnå et råstoff som har et ønsket forhold mellom myseproteiner og kaseiner, slik at sammensetningen er optimalt for et produkt med bestemte egenskaper.

2.3.3 Varmebehandling

Varmebehandling er først og fremst et tiltak som benyttes for å drepe patogene mikroorganismer og inaktivere organismer som er med på å ødelegge melkas kvalitet. Varmebehandling kan også påvirke melkas funksjonelle egenskaper. Dette kan være både positive og negative endringer av komponenter i melka, som har innvirkning på melkas egenskaper i produkter (Walstra et al. 2006e). I meieriindustrien varmebehandles melka ved bruk av ulike kombinasjoner av temperatur og tid (Creamer & Matheson 1980). Denne

kombinasjonen er avhengig av melkas applikasjon. I fermenterte meieriprodukter kan varmebehandling være avgjørende for melkas evne til å danne et gelnettverk. Dette er hovedsakelig et resultat av varmedenaturering av proteinene i melka, som kan føre til dannelse av gelnettverk og redusert myseutskillelse (Kalab 1979). I yoghurt er det vanlig å benytte en høy varmebehandling, for eksempel med temperaturer på 85-90 °C i en tidsperiode på rundt 5 minutter (Walstra et al. 2006b).

Det er i hovedsak myseproteinene som påvirkes av varmebehandling, kaseinmicellene påvirkes i mindre grad. Varmebehandling ved temperaturer over 70 °C fører til denaturering av myseproteiner, de ulike typene proteiner denatureres ved noe ulik temperatur (Walstra et al. 2006e). Ved varmebehandlinger over 90 °C, kan en også oppnå noe omorganisering i kaseinmicellestrukturen, ved aggregering og dissosiering. I den innledende fasen av varmebehandlingen, har kaseinmicellene en tendens til å danne disulfidbroer med hverandre. Denaturerte myseproteiner, spesielt β -lactoglobulin, kan danne kryssbindinger med hverandre og danne kompleks med κ -kasein. Dette vil bidra til binding mellom kaseinmicellene og føre til dannelse av et proteinnettverk i melka (Raynal & Remeuf 1998; Remeuf et al. 2003). Dette proteinnettverket vil være avgjørende for konsistensen i yoghurt.

Varmebehandling kan ha en effekt på saltbalansen i melka, noe som kan påvirke kaseinmicellen på grunn av saltenes interaksjon med denne. Varmebehandling fører til redusert mengde diffunderbar kalsium og uorganisk fosfat, grunnet utfelling av kalsiumfosfat. Denne reaksjonen kan reverseres noe ved avkjøling. Det er også observert irreversible modifikasjoner i kolloidalt kalsiumfosfat under varmebehandling, noe som kan være med på å endre kaseinmicellen permanent etter varmebehandling (Raynal & Remeuf 1998) (Holt 1985).

Økning i kaseinmicellenes størrelse har også blitt registrert i geitmelk ved varmebehandling på 85 og 90 °C i henholdsvis 10 og 1-10 minutter. Den samme effekten er ikke registrert i kumelk (Raynal & Remeuf 1998; Vegarud et al. 1999). Dette er derfor også en faktor som kan spille inn på kvaliteten av geitmelkyoghurt, sammenlignet med kumelkyoghurt.

2.3.4 Yoghurtkultur

Yoghurtkulturenes innvirkning på produktkvalitet er i hovedsak forventet å være i form av aroma og konsistens. Yoghurtkulturer kan ha ulike metabolske evner og varierer blant annet ved å ha ulik evne til å produsere aromakomponenter, som acetaldehyd, og å gi produktet høy

eller lav viskositet, som følge av EPS produksjon.

2.4 Oppsummering

Teoridelen har tatt for seg grunnleggende litteratur på områdene som er relevant for denne oppgaven. Kunnskap om råstoff og produksjonsbetingelser er et viktig grunnlag for å forstå de resultatene en oppnår i arbeidet med en slik oppgave. Hensikten var å lage en proteinrik geitmelkyoghurt med et relativt høyt fettinnhold. Oppgaven tar også for seg membranfiltrering som ny teknologi for tørrstoffanrikning av melk til yoghurtproduksjon. Gjennom denne produkt- og prosessutviklingen varieres faktorene laktasjonsperiode, membranfiltreringsmetode, varmebehandling og bruk av yoghurtkultur, for å vurdere disse opp mot produktkvalitet. Forsøksdesign og utførelse av det praktiske arbeidet som ble gjennomført, er beskrevet i kapittel 3 nedenfor.

3 Forsøksdesign, materialer og metoder

Dette kapittelet tar for seg oppsettet og utførelsen av det praktiske arbeidet som er gjennomført i denne oppgaven. Utsyr og hjelpemidler som er benyttet, både under produksjon, ved analyser og bearbeiding av resultater, er beskrevet i detalj her.

Det praktiske arbeidet i denne oppgaven ble gjennomført ved Instituttet for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (IKBM) ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU).

3.1 Råstoff

I produksjonene ble det kun benyttet geitmelk og yoghurtkultur som råstoff. Ingen andre ingredienser ble tilsatt.

3.1.1 Geitmelk

Melka som ble benyttet i forsøkene kom fra geitebesetningen ved NMBU. Besetningen bestod av ca. 80 norske melkegeiter, de fleste av geitene var homozygote for tilstedeværelse av α_{s1} -kasein, mens noen få var heterozygote for dette kaseingenet. Melka ble samlet opp over 2-3 dager og hver levering var på rundt 200 liter. Produksjonene ble gjennomført i løpet av to uker på høsten 2014 (uke 39 og 41), for å benytte melk fra sen laktasjonsperiode, og to uker på våren 2015 (uke 10 og 12), for å benytte melk fra tidlig laktasjonsperiode. I 2014 ble laktasjonen startet i uke 8 og avsluttet i uke 41, slik at melk fra sen laktasjon var fra rundt uke 31 og 33 i laktasjonsperioden. I 2015 startet laktasjonen i uke 9, slik at melk fra tidlig laktasjon var fra rundt uke 2 og 4 i laktasjonsperioden. Etter kjeing ble melka holdt igjen i 2 døgn før den ble samlet opp til levering. Fra hver laktasjonsperiode ble det gjennomført et gjentak av forsøkene, med to ukers mellomrom.

Melka som ble benyttet til forforsøk, var fra en 2 ukersperiode etter at geitene kom fra sommerbeite. Denne melka kan ha vært noe utypisk på grunn av transport av dyr og annet fôrgrunnlag.

3.1.2 Yoghurtkultur

Det ble benyttet termofile Direct Vat Set (DVS) yoghurtkulturer fra Chr. Hansen A/S (København, Danmark) for syring av melka. Yoghurtkulturene som ble benyttet var YC-183, YC-471, YF-L901 og YF-LX700. Disse bestod av en blanding av melkesyrebakteriene *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* og *Streptococcus thermophilus*. Fordelingen mellom de to bakteriene som ble benyttet i de ulike kulturene, var ikke oppgitt fra Chr.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

Hansen. En beskrivelse av kulturene er fremstilt i Tabell 2, med utgangspunkt i informasjon fra Chr. Hansen A/S i Vedlegg 1-4.

Tabell 2: Beskrivelse av yoghurtkulturene. Informasjon fra Chr. Hansen A/S.

Yoghurtkultur	Syrningstid (timer)* til pH=4,5 ved 43°C	Egenskaper	Bruk
YC-183	5-6	Mild smak, høy viskositet, lav ettersyrning	Set-, rørt- og drikkeyoghurt
YC-471	5	Sterk smak, medium viskositet og høy ettersyrning	Set-, rørt- og drikkeyoghurt
YF-L901	7-8	Veldig mild smak, ekstra høy viskositet, veldig lav ettersyrning	Set-, rørt- og drikkeyoghurt
YF-LX700	6	Veldig mild smak, veldig høy viskositet og veldig lav ettersyrning	Set-, rørt- og drikkeyoghurt

*Verdi avlest fra syrningskurve.

Som en kan se fra Tabell 2, har alle kulturene samme bruksområder, men syringstid og produktens egenskaper varierer. YC-kulturene har generelt en lavere syringstid og gir sterkere smak, lavere viskositet og gir noe mer ettersyrning enn YF-kulturene. YC-471 skiller seg ut med en sterk smak, medium viskositet og høy ettersyrning.

Kulturene ble levert som frosne pellets og ble tint opp i kort tid før poding av melka.

3.2 Opprinnelig forsøksplan

Den opprinnelige forsøksplanen var å se på effekten av laktasjonsperiode, benytte MF for tørrstoffanrikning av geitmelka og deretter lage en yoghurt der to nivåer av varmebehandling og to ulike yoghurtkulturer skulle benyttes som forsøksfaktorer. Etterbehandling ved bruk av kolloidmølle var også en planlagt faktor i forsøksdesignet. Det ble gjennomført et forforsøk for å gå gjennom de ulike trinnene i produksjonen, slik at betingelser for hovedproduksjonene kunne fastslås.

3.3 Forforsøk

Forforsøkene ble gjennomført i uke 37-38, rett etter geitenes hjemkomst fra sommerbeite. Melka kan derfor ha vært noe utypisk i komposisjon, men på grunn av tidsbegrensninger var det hensiktsmessig å gjennomføre forforsøkene på dette tidspunktet.

3.3.1 Produksjonsprosessen

Melkebehandlingen i forforsøket ble gjennomført som beskrevet for hovedforsøkene i kapittel 3.3.1. Melka ble separert ved 62 °C og avkjølt til 50 °C skummetmelka ble mikrofiltrert til en proteinkonsentrasjon på rundt 8 % var oppnådd i retentatet. Retentatet og fløten ble deretter blandet for å oppnå en fettmengde på 4 % i den ferdige yoghurtblandingen. Yoghurtblandingen ble satt på kjøll til neste dag.

Før homogenisering ble blandingen varmet opp til 50 °C. Homogeniseringen foregikk ved et trykk på 180 bar. Melka ble deretter varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter og temperert til 43 °C før den ble podet med to ulike yoghurtkulturer, i en mengde på 200 µl/L yoghurtblanding. Yoghurtkulturene som ble benyttet var YC-471, som i følge produsent skulle gi høy acetaldehydproduksjon og lav viskositet, og YF-LX700, som skulle gi lav acetaldehydproduksjon og høy viskositet. Blandingene ble tappet på glass på 5 dl og satt i vannbad ved 43 °C for syring.

Under syringen ble det gjennomført pH-målinger i et separat glass for å kontrollere pH-reduksjonen, slik at prosessen kunne stoppes ved pH 4,5. Ved endt syring ble glassene satt i isbad for rask avkjøling.

3.3.2 Analyser benyttet i forforsøk

Underveis i melkebehandlingen ble det gjennomført målinger ved bruk av Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), beskrevet i kapittel 3.7.1.1, hovedsakelig for å kontrollere fett- og proteininnhold i melka. Dette ble gjennomført i ubehandlet melk, skummetmelk, fløte, retentat og i ferdig yoghurtblanding. FTIR-instrumentet var ikke kalibrert for konsentrerte prøver, slik at det ble gjennomført en Gerber-analyse, beskrevet i kapittel 3.7.1.11, for å undersøke fettmengden i retentatet før tilsetning av fløte. En kontrollmåling av yoghurtblandingen ble gjennomført ved hjelp av FTIR, før produksjonsprosessen fortsatte. En Gerber-analyse ble gjennomført i etterkant av produksjonen for å få en nøyaktig verdi på fettinnholdet i yoghurtblandingen.

I etterkant av produksjon, ble proteininnholdet undersøkt i ubehandlet melk, skummetmelk, fløte, retentat og blanding. Dette ble gjennomført ved bruk av Kjeldahl-metoden, der både totalt nitrogen (TN), ikke protein nitrogen (IPN) og ikke kasein nitrogen (IKN) ble undersøkt, beskrevet i kapittel 3.7.1.7, 3.7.1.8 og 3.7.1.9. Analyse av frie aminosyrer, beskrevet i kapittel 3.7.1.5, ble gjennomført i ubehandlet melk, retentat og i blanding. Tørrestoffinnhold ble

analysert i ubehandlet melk, fløte, retentat og i blanding. Metode for analyse av tørrstoffinnhold er beskrevet i kapittel 3.7.1.12.

En smakstest av de ulike produktene ble gjennomført og yoghurtens myseutskillelse ble også forsøkt undersøkt, metode for utførelse av myseutskillelse er beskrevet i kapittel 3.7.2.3.

3.3.3 Utvidelse av forforsøket

Grunnet resultatene fra forforsøket, beskrevet i kapittel 4.1, ble det gjennomført en ny produksjon ved bruk av to nye yoghurtkulturer, kalt forforsøk 2. Samme retentat og fløte som i forforsøk 1 ble benyttet for å lage en ny yoghurtblanding, med tilsvarende innhold av fett og protein. Prosedyren for dette forsøket ble gjennomført på samme måte som tidligere, kun yoghurtkulturene ble endret. Yoghurtkulturene som ble benyttet i forforsøk 2 var YC-183, som i følge produsent skulle gi lav viskositet og høy acetaldehydproduksjon, og YF-L901, som skulle gi høy viskositet og lav acetaldehydproduksjon. Kjemiske analyser i etterkant av produksjon ble ikke gjennomført for forforsøk 2.

3.3.4 Forforsøk ved bruk av ultrafiltrering

Grunnet liten effekt av endring av syrekulturer i forforsøk 2, ble metodene benyttet i produksjonen revurdert. Det ble bestemt å gjennomføre et nytt forforsøk, kalt forforsøk 3, der UF skulle benyttes som metode for å øke tørrstoffinnholdet i melka. Resten av forsøket ble gjennomført slik som forforsøk 1, ved bruk av de opprinnelige yoghurtkulturene YF-LX700 og YC-471. Det ble ikke gjennomført kjemiske analyser i etterkant av produksjon for forforsøk 3.

3.4 Revurdering av forsøksplan

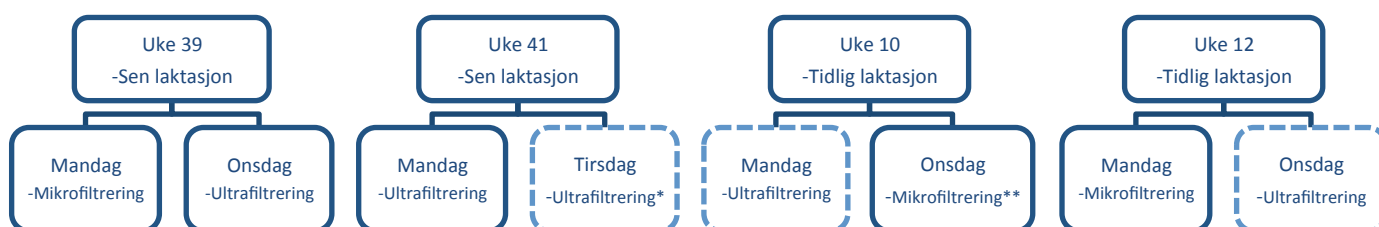
Det ble gjort en revurdering av forsøksoppsettet for hovedforsøkene og en ny forsøksplan ble bestemt på grunnlag av resultatene fra forforsøkene, som er beskrevet i kapittel 4.1. Forsøksplanen ble justert til å også omfatte ultrafiltrering som metode til å tørrestoffanrike melka.

Produksjonene ble gjennomført i løpet av to uker på høsten for å benytte melk fra sen laktasjonsperiode, og to uker på våren, for å benytte melk fra tidlig laktasjonsperiode. Dette var hensiktsmessig i forhold til tilgangen på geitmelk. Hver uke var det planlagt to produksjoner, en ved bruk av MF og en ved bruk av UF. Produksjonene skulle utover dette være identiske, ved bruk av to ulike varmebehandlinger og to ulike syrekulturer. På grunn av problemer med levering av nok geitmelk, gikk tre av disse produksjonene ut, og grunnet stor

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

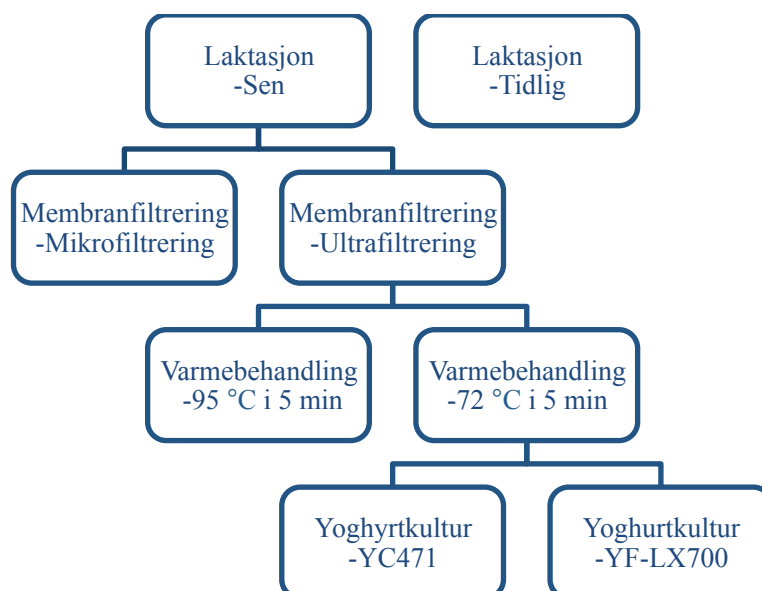
aktivitet i anlegget var det ikke mulig å gjennomføre disse produksjonene ved et senere tidspunkt. En illustrasjon av forsøksoppsettet er vist i Figur 1.

Forsøksplanen var lagt opp slik at det skulle gjennomføres to gjentak fra hver laktasjonsperiode, disse skulle gjennomføres med to ukers mellomrom. Det ble totalt gjennomført seks yoghurtproduksjoner og ved hver produksjon ble det produsert totalt fire ulike prøver. Faktoren filtrering var tenkt randomisert ved å bytte på hvilken filtreringsteknikk som ble benyttet først hver uke, men på grunn av mangel på produksjoner ble ikke dette gjennomførbart. Den siste produksjonen i uke 41 falt ut på grunn av tidligere avslutning på laktasjonen enn antatt. Det ble valgt å benytte ultrafiltrering i den siste produksjonen fra sen laktasjon (mandag uke 41), ettersom det var dette som viste seg å gi et produkt med en mer ønsket konsistens. Det ble gjennomført en ekstra produksjon påfølgende tirsdag, med rester av råstoffet fra mandagen. Det ble da laget en ny yoghurtblanding. Mandagsproduksjonen i uke 10 og onsdagsproduksjonen i uke 12 gikk også ut grunnet levering av for små mengder melk til å drive produksjonsprosessene. Manglende produksjoner er markert med stiplede bokser i Figur 1.



Figur 1: Oppsett av forsøkene med spesifisert laktasjonsperiode og randomisering av type membranfiltrering. Stiplede bokser markerer utgåtte produksjoner. *Grunnet utgått produksjon onsdag, ble råstoff fra mandag benyttet til å lage en ny yoghurtblanding på tirsdag. **Grunnet logistikkproblemer i forhold til bruk av maskiner i pilotanlegget, ble det gjennomført produksjon med UF istedenfor MF.

En utvidelse av oppsettet i Figur 1 er illustrert i Figur 2. Dette er en forenklet figur som viser oppsettet av alle forsøksfaktorene som ble benyttet i oppgaven.



Figur 2: Forenklet illustrasjon av faktorene som ble benyttet i oppgaven.

Figur 2 viser forenklet oppsettet av alle faktorene som ble benyttet i oppgaven. Hver faktor som ble benyttet hadde to nivåer. Dette ga totalt 16 ulike kombinasjoner.

3.5 Forsøksdesign med analysetidspunkt

Produksjonsdagene var tenkt randomisert med hensyn på ulik laktasjonsperiode og membranfiltrering, i tillegg var analysetidspunkt det samme hver uke. På denne måten skulle variasjoner i analysetidspunkt være lik for alle faktorene som ble undersøkt, slik at ulike analysetidspunkt ikke skulle ha en effekt på resultatene. Grunnet manglende produksjoner, var ikke dette fullstendig gjennomførbart. Figur 3 viser en oversikt over produksjonsdagene og hvilke påfølgende dager de ulike analysene av ferske melkeuttak fra produksjon og av yoghurt ble gjennomført.

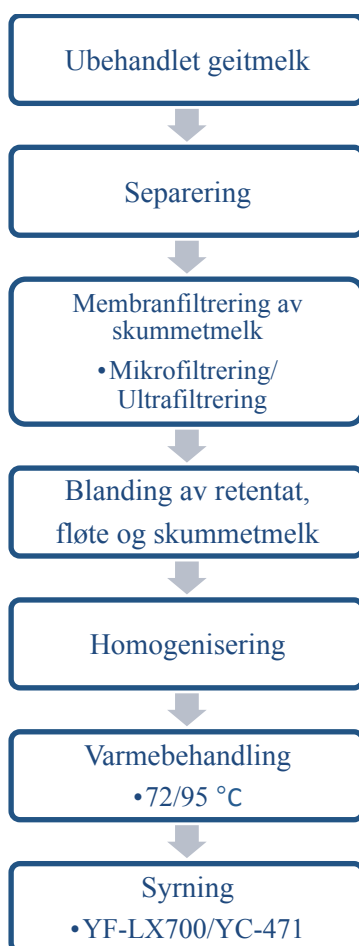


Figur 3: Forsøksoppsettet med tidspunkt for analyser av ferske melkeuttak og produkt.

Figur 3 viser at produksjonene, med tilhørende ferske og lagrede analyser, foregikk over en periode på 5 uker. Det ble lagt opp slik for at en kunne gjennomføre to gjentak fra hver laktasjonsperiode med kun to ukers mellomrom.

3.6 Produksjonsprosessen

Et flytdiagram med oversikt over enhetsoperasjonene i produksjonsprosessen av yoghurt er illustrert i Figur 4 nedenfor.



Figur 4: Illustrasjon over oppsettet av enhetsoperasjonene som inngikk i produksjonsprosessen av yoghurt.

Produksjonsprosessen, med enhetsoperasjoner som illustrert i Figur 4, ble i hovedsak gjennomført i løpet av en dag, syrningen foregikk over natt eller ble satt i gang neste dag.

3.6.1 Separering

For separering av geitmelka fra sen laktasjon ble det benyttet en pasteurlinje med kapasitet på 400 L/t. Melka ble varmet opp til 62 °C i en platevarmeveksler (A3-HRB, Alfa Laval, Sverige) før den ble ført videre inn i en separator (TA 1-01-525, Westfalia Separator AG, Oelde, Tyskland) og deretter kjølt ned til 50 °C. Prosessen ble manuelt styrt for å oppnå en ønsket separeringsgrad. Denne linja var i ustand under produksjonene der melk fra tidlig laktasjon ble benyttet. Produksjonen i uke 10 (3UF) ble gjennomført ved bruk av en elektrisk bordseparator med kapasitet på 125L/t (Separator Milky FJ125 EAR3, Franz Janschitz Ges.m.b.H., Althofen, Østerrike). Melka ble varmet opp manuelt for å best mulig etterligne temperaturforløpet benyttet under separeringen av melk fra sen laktasjon. Separeringen i uke 12 (4MF) ble gjennomført ved bruk av Westfalia Separator (MSD50-01-076, Westfalia Separator AG, Oelde, Tyskland) kjørt med en kapasitet på 2000 L/t. Separeringen ble

gjennomført ved en temperatur på 50-60 °C og pasteurisert ved 72 °C i 15 sekunder, før den ble avkjølt til 30 °C. Det var ikke mulig å styre temperaturforløpet for denne separeringen. Melka ble varmet opp igjen til 50 °C før membranfiltrering.

3.6.2 Membranfiltrering

Membranfiltrering ble gjennomført for å øke tørrstoffet, hovedsakelig proteininnholdet, i skummetmelka. Prosessen ble kjørt til det var oppnådd en proteinkonsentrasjon på mer enn 10 % i retentatet. Det ble gjennomført analyser ved bruk av MilkoScan underveis for å ha kontroll på proteinkonsentrasjonen.

3.6.2.1 Mikrofiltrering

MF ble gjennomført med skummetmelk ved en temperatur på 50 °C. Melka ble fraksjonert i et MF-anlegg (APV UF/MF pilot MCC RV 00109921 RKA 01118340, APV, Silkeborg, Danmark) med trykkrør av typen UF-SW-6.6-S1. Anlegget var spesialtilpasset med en rørvarmeveksler som sørget for kjøling under filtrering (Hoffmann 2011). Det ble benyttet en keramisk sunflower membran (INSIDE CÉRAM, Tami Industries, Frankrike) med en porestørrelse på 0,14 µm.

3.6.2.2 Ultrafiltrering

UF ble gjennomført med skummetmelk ved en temperatur på 50 °C. UF-enheten var av typen UFS-4 (Alfa Laval, Nakskov, Danmark) med membrantype GR60PP-6338/48 (Alfa Laval, Nakskov, Danmark) med porestørrelse på 20000 dalton. Trykket inn på membranen (fødetrykk) var 2,2 bar og trykket ut av membranen (sirkulasjonstrykk) var 0,9 bar.

3.6.3 Justering av fett- og proteininnhold

Retentat fra membranfiltrering, skummet melk og fløte ble blandet sammen for å oppnå en yoghurtblanding med et proteininnhold på ca. 10 % ($9,83 \pm 0,24$ %). Fettinnholdet var noe mer varierende, med verdier på ca. 4 % ($4,2 \pm 0,5$ %). Grunnet små mengder melk, var det i noen tilfeller ikke mulig å oppnå tilstrekkelig høy proteinkonsentrasjon i retentatet, som førte til at yoghurtblandingene fikk en større variasjon i sammensetning enn ønsket. Blandingen av yoghurtblandingene ble i tillegg basert på analyseresultater fra FTIR, som ikke var kalibrert for konsentrert melk.

3.6.4 Homogenisering

Før homogenisering ble yoghurtblandingene varmet opp til 50 °C i iskremmikser ved bruk av vanddamp, beskrevet i kapittel 3.6.5. De ble deretter overført i en oppvarmet

homogenisator (RANNIE model LAB, RANNIE, København, Danmark). Homogeniseringen foregikk ved en temperatur på 50 °C og med et trykk på 180 bar.

3.6.5 Varmebehandling

Varmebehandling ble gjennomført ved bruk av iskremmikser. Disse hadde en kapasitet på 5 liter og var bygget opp med en dobbeltvegg. Dette gjorde det mulig å styre temperaturen manuelt ved å sende inn vanndamp og kaldt vann. Yoghurtblandingen var under konstant røring under prosessen, ved bruk av Hitachi DV 18V drill (Tokyo, Japan) som rørverk. Lav varmebehandling ble gjennomført ved å holde temperaturen konstant ved 72 °C i 5 minutter og høy varmebehandling ble gjennomført ved å holde temperaturen konstant ved 95 °C i 5 minutter. Det ble benyttet et digitaltermometer (Fluke 51 II Thermocouple Thermometer, Fluke Corporation, Everett, WA) for å holde kontroll på temperaturen. Etter varmebehandlingen ble yoghurtblandingen avkjølt i iskremmikser ved hjelp av kaldt vann. Yoghurtblandingen som ble syret med YF-LX700 i produksjonsuke 41, ble avkjølt til 43 °C for umiddelbar syring. Grunnet usikker og varierende syringstid, var det hensiktsmessig at yoghurtblandingen i de resterende produksjonene ble avkjølt til kjøleromtemperatur for syring påkveld eller neste morgen. Yoghurtblandingen ble tappet over i glass på 5 dl. Dersom syringen ikke ble satt i gang umiddelbart, ble glassene satt på kjølerom, ved 4 °C, frem til temperering før syring.

3.6.6 Syring

Prøvene som ble satt på kjøle etter varmebehandling, ble temperert til 43 °C i vannbad før inokulering med yoghurtkultur. Yoghurtkulturene ble inokulert i en mengde på 200 µl/L yoghurtblanding og ble deretter inkubert i vannbad på 43 °C. Syringen ble stanset ved pH 4,5, men på grunn av treg pH-reduksjon i prøvene syret med YF-LX700, ble syringen i noen tilfeller stanset ved en høyere pH, etter om lag 20 timer.

3.7 Analysemetoder

Det ble gjennomført en rekke analyser både før, under og etter produksjon. Analyser ble gjennomført av de ulike prøveuttakene fra produksjonsdagene, samt på ferskt og lagret yoghurt. Det ble tatt ut prøver av ubehandlet melk, skummetmelk, fløte, retentat, permeat og yoghurtblanding. Noen bulkotester av hvert melkeuttak ble frosset ned for å kunne gjennomføre kjemiske analyser av disse ved et senere tidspunkt. Det ble også frosset ned prøver som backup.

3.7.1 Kjemiske analyser

Kjemiske analyser ble gjennomført av melkeuttak fra produksjonene og av ferdig yoghurt. Alle prøver fra melkeuttak under produksjon ble godt ristet før utveining til kjemiske analyser.

3.7.1.1 Fourier transform infrared spectroscopy

Under melkebehandlingen ble det tatt ut prøver som ble analysert ved FTIR med MilkoScan™ FT1 (FOSS Analytical A/S, Hillerød, Danmark). Kalibreringsprogrammet "Geitmelk" ble benyttet for ubehandlet melk, skummetmelk, retentat og blanding. Fløte ble analysert med kalibreringsprogram "Fløte" (ku), og permeat ble analysert med kalibreringsprogram "Myse" (ku). Instrumentet gjennomførte to parallelle målinger av samme prøve og beregnet et gjennomsnitt av dette. Programvaren som ble benyttet var MSC FT1 Software (versjon 2.2.3, FOSS Analytical A/S). Verdier for protein og fettinnhold ble benyttet fra disse analysene for å lage en yoghurtblanding med ønsket innhold av protein og fett.

3.7.1.2 pH

pH-målinger underveis i syrningen av yoghurt fra sen laktasjon ble gjennomført ved bruk av et pH-meter av typen Orion PerpHec LogR meter modell 320 (Orion Research, Boston, USA). Dette pH-meteret ble temperaturkalibrert hver uke ved bruk av temperaturer minst 5 °C lavere og minst 5 °C høyere enn i prøvene som ble målt (43 °C). Hver dag ble pH-meteret kalibrert med standard bufferløsninger, pH 4 og pH 7 (Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland).

pH-målinger underveis i syrningen av yoghurt fra tidlig laktasjon og målinger av ferdig syrnet yoghurt, ble utført med et PHM 92 Lab pH Meter (Radiometer Analytical S.A. Lyon, Frankrike) med kombinert pH-elektrode (Combined Red Rod pH Electrodes, Radiometer Analytical S.A.). Før bruk ble pH-meteret kalibrert med bufferløsninger, pH 4 og pH 7 (Merck KGaA) ved tilsvarende temperatur som yoghurten hadde.

3.7.1.3 Flyktige forbindelser

Kvantifisering av flyktige forbindelser ble gjennomført i ubehandlet melk og yoghurtblanding. Disse prøvene ble frosset ned under produksjon og tint i kjøleskap over natt før analyse. Kvantifisering av flyktige forbindelser ble også gjennomført i ferdig syrnet yoghurt. Før analyse av flyktige forbindelser i de ferdige yoghurtprøvene, ble de rørt opp ved bruk av håndmikser (BOSCH 350W MFQ35, BOSCH, München, Tyskland) i omtrent 20 sekunder ved hastighet 2. Det samme gjaldt for analyse av organiske syrer og karbohydrater,

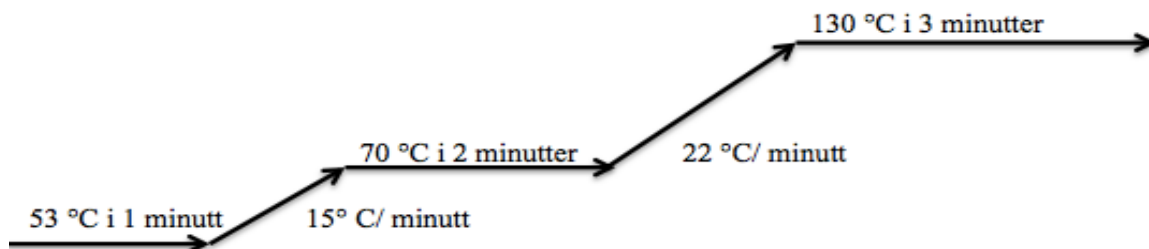
beskrevet i kapittel 3.7.1.4, og frie aminosyrer, beskrevet i 3.7.1.5. Analysen ble gjennomført av fersk yoghurt.

Prøvene ble analysert for flyktige forbindelser ved bruk av headspace gass kromatografi (HSGC), med utgangspunkt i metoden beskrevet i arbeidet til Narvhus et al. (1998).

Prøvene ble godt mikset til en homogen blanding før innveiling av 10,00 g i headspace-flasker (Machery Nagel, Dueren, Tyskland). Headspaceflaskene ble forseglet med teflonbelagt septa med aluminiumring (PTFA/Si septa, Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA). Prøvene ble plassert i en Teledyne Tekmar HT3 automatisk headspace sampler med et 6890 GC system (Agilent Technologies) og en flammeioniseringsdetektor. Programvaren som ble benyttet var Open LAB EZChrom (Agilent Technologies).

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, de ble deretter mikset i 5 minutter ved setting fem. Headspaceflaskene var trykksatt til 10 PSIG i 1.50 minutter før injeksjon og 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 temperaturprogram som vist i Figur 5 nedenfor.



Figur 5: Temperaturprogram benyttet for separering av flyktige forbindelser ved bruk av HSGC.

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 av følgende komponenter: acetaldehyd, diacetyl, etylacetat, 2-butanon, 2-hexanol, 2-metyl-butanal, 2-metyl-1-butanol, 2-metyl-1-propanal, 3-metyl-butanal, 3-metyl-

1-butanol, 2-metyl-1-propanol (Sigma-Aldrich), acetoin, aceton, etanol, 1-butanol, 1-propanol, 2-butanol og 2.3-pentadion (Merck, Tyskland).

3.7.1.4 Organiske syrer og karbohydrater

Innhold av organiske syrer og karbohydrater ble analysert i ubehandlet melk, retentat, permeat og yoghurtblanding. Disse prøvene ble frosset ned under produksjon og tint i kjøleskap over natt før analyse. Det ble også gjennomført kvantifisering av organiske syrer og karbohydrater i fersk yoghurt. Analysen ble gjennomført ved bruk av høytrykks væske kromatografi (HPLC), med utgangspunkt i en metode tidligere beskrevet av Marsili et al. (1981) og Narvhus et al. (1998).

Yoghurtene ble godt blandet før 1,00 g ble veid ut i syrevaskede 10 ml Belcorør. Prøvene ble tilsatt 2,5 ml ionebyttet vann, 200 µl 0,5 M H₂SO₄ (Merck, Darmstadt, Tyskland) og 8 ml acetonitril (Merck). Etter tilsetning av acetonitril ble prøvene umiddelbart ristet for hånd, deretter ble de satt i en MultiRS-60 BIOSAN vendemaskin (Montebello Diagnostics A/S, Oslo, Norge) i 30 min. Prøvene ble sentrifugert i romtemperatur i 15 minutter ved 1470 x g (3400 rpm) i en Kubota 2010 sentrifuge (Kubota Corporation, Tokyo, Japan). Supernatanten ble tatt opp i en 10 ml steril sprøyte (Becton Dickinson S.A., Madrid, Spania) med en engangskanyyle på 0,8x40mm (Becton Dickinson S.A., Madrid, Spania) og deretter filtrert med 0,2 µm PTFE Membran (Acrodisc CR 13 mm Syringe Filter, PALL, Storbritannia) over i et HPLC-rør (Agilent Technologies, USA). Prøven ble forseglet med Chromacol 8-SV plastkork med Chromacol 8-ST101 septa. 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 laktose, glukose og galaktose (Merck) og av organiske syrer ble sitronsyre, rotinsyre, pyrodruesyre, ravsyre, melkesyre, maursyre, eddiksyre, urinsyre,

propionsyre og pyro-glutaminsyre (Sigma-Aldrich, Kina) benyttet til standardløsninger. Karbohydratene 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).

3.7.1.5 Frie aminosyrer

Identifisering og kvantifisering av frie aminosyrer ble gjennomført i ubehandlet melk, fløte, retentat, permeat og i yoghurtblanding. Disse prøvene ble frosset ned under produksjon og tint i kjøleskap over natt før analyse. Analyse av frie aminosyrer ble også gjennomført av fersk yoghurt, prøver av disse ble veid inn fredag etter produksjon og frosset ned for senere analyse. Analysene ble gjennomført ved bruk av HPLC, med utgangspunkt i en metode beskrevet av Bütikofer og Ardö (1999) og Moe et al. (2013).

Ved opparbeidelse av prøvene, ble 5,00 g prøve veid inn i et 15 ml sterilt Nunc-rør og tilsatt 5,00 ml indre standardløsning (0,4 µmol/ml L-norvalin (Sigma-Aldrich, Kina) i 0,1 M HCl (Merck, Darmstadt, Tyskland)). Prøvene ble mikset i omlag 1 minutt på MS1 Minishaker (Ika, Staufen, Tyskland) og satt i en vendemaskin MultiRS-60 BIOSAN (Montebello Diagnostics A/S, Oslo, Norge) i 15 minutter. De ble deretter plassert i et ultralydvannbad (Branson 2510, Soest, Nederland) i 30 minutter før de ble sentrifugert (Thermo Scientific, Heraeus Multifuge X3R, Tyskland) i 40 minutter ved 2500 x g (3400 rpm) ved en temperatur på 4 °C. Det ble tilsatt 0,5 ml 4 % triklorediksyre (Merck) til 0,5 ml av supernatanten i et 1,5 ml eppendorfrør og blandingen ble mikset i en minishaker (Gene 2, Scientific Industries, New York, NY) før de ble satt på is i 30 minutter. Prøvene ble sentrifugert i en Eppendorf 5415D Microsentrifuge (Eppendorf, Hamburg, Tyskland) ved 15600 x g i 5 minutter ved 4 °C. Prøvene ble overført til en 10 ml steril sprøyte (Becton Dickinson S.A., Madrid, Spania) med en engangskanyle på 0,8x40mm (Becton Dickinson S.A., Madrid, Spania) og deretter filtrert med 0,2 µm cellulose acetat-filter (VWR, USA) over i et HPLC-rør. 50 µl av dette ble overført til et analyserør og lagt på fryser før analyse (-20 °C). Resten av prøven ble lagret i fryser som backup.

Før separering ble prøvene tilsatt 350 µl boratbuffer (0,4 M med pH 10,2, Agilent Technologies, Tyskland). Separeringen ble gjennomført ved bruk av et HPLC-instrument bestående av utstyret Agilent 1200 serie pumpe (Agilent Technologies, Singapore), Agilent 1200 serie autoinjektor (Agilent Technologies), Agilent 1200 serie kolonneovn (Agilent Technologies), Agilent 1200 serie termostat (Agilent Technologies) og en Agilent 1200 serie fluorescensdetektor. Programvaren som ble benyttet var Open LAB EZChrom (Agilent

Technologies). Før injisering ble prøvene derivatisert, 5 µl prøve ble mikset med 5 µl OPA-løsning (Agilent), reaksjonstiden var 0,15 min før injisering. 10 µl av hver prøve ble injisert i instrumentet og analysert med en XTera RP 18 kolonne (150 x 4.6 mm; Waters, Milford, MA) ved hjelp av to mobile faser, A (30 mmol/l natrium-acetat-trihydrat (Merck), 0,1 mmol/l titriplex III (Merck), pH 7,2 og 0,25 % tetrahydrofuran (Merck) og B (100 mmol/l natrium-acetat-trihydrat (Merck) og 0,53 mmol/l titriplex III (Merck) pH 7,2, tilsatt 80 % acetonitril (Merck)). Kolonnen holdt en temperatur på 42 °C og hastigheten på mobilfasen var 0,7 ml/min. Gradienten på mobilfasen var: fra 3,3-20,7 % B i 13 min, 20,7-30 % B i 12 min og 30-100% B i 4 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. De kjente aminosyrene var: L-asparaginsyre, L-glutaminsyre, L-asparagin, L-serin, L-glutamin, L-histidin, glycin, L-treonin, L-citrullin, L-arginin, L-alanin, GABA, L-tyrosin, L-valin, L-metionin, L-norvalin, L-isoleucin, L-fenylalanin, L-tryptofan, L-leucin, L-ornitin og L-lysin løst i 0,1 M HCl (Merck).

3.7.1.6 Mineraler

Analyse av innhold av kalsium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg), natrium (Na) og fosfor (P) ble gjennomført i ubehandlet melk og i yoghurtblanding. Prøvene som ble analysert var ferske, bortsett fra prøvene av ubehandlet melk fra sen laktasjon, disse hadde vært frosset ned. En kontroll ble gjennomført for å undersøke effekt av frysing av prøvene, men ingen forskjeller ble observert. Prøvene ble levert til Institutt for Miljøvitenskap ved NMBU for analyse. 2,5-3,5 g prøve ble veid inn og tilsatt 5 ml Ultrapure (UP) HNO₃. Prøvene ble dekomponert i en UltraClave (Milestone, Sorisole, Italia) ved 260 °C og fortynnet til 50 ml med ionebyttet vann. Bestemmelsene ble gjort på ICP-OES (Perkin Elmer Optima 5200DV). For kvalitetskontroll av analysen ble det benyttet sertifisert referansemateriale ERM-BD150 (Vedlegg 5) og CRM-063R (Vedlegg 6). Disse fulgte hele prosedyren under dekomponering og bestemmelse.

3.7.1.7 Totalt nitrogen

Analyse av TN ble gjennomført i nedfrosne prøver av ubehandlet melk, permeat, retentat og yoghurtblanding ved bruk av Kjeldahl-metoden med utgangspunkt i IDF (2014). Det ble laget en stamløsning med destillert vann for retentatet på grunn av høyt proteininnhold. En fortynningsfaktor på 1:1 ble benyttet og ved bruk av en Mettler PM480 Delta Range vekt ble

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

nøyaktig vekt av innveid prøve (P) og ferdig stamløsning (S) notert. 0,5 g prøve (1-2 g for permeat) ble veid inn i oppslutningsrør. Tre paralleller av hver prøve ble veid inn og vekten (L) ble notert med tre desimalers nøyaktighet. Prøvene ble tilsatt en Kjeldahl-tablett (Kjehl tabs Auto, Thompson & Capper Ltd. Cheshire, England; 1,5 g K₂SO₄ og 7,5 mg Se) og 3 ml svovelsyre (H₂SO₄) (Merck, Darmstadt, Tyskland). Rørene ble deretter satt på varmeblokk (Tecator™ Digestor, FOSS Analytical AB, Höganäs, Sverige) plassert i avtrekksskap, der de ble varmet opp til 420 °C i 75 minutter, med 15 minutters avkjøling. Prøvene ble titrert med 0,05 M HCl (Merck) ved bruk av Kjeltac™ 8400 Analyzer Unit (FOSS Analytical AB).

Mengde titer ble registrert og det totale nitrogeninnholdet ble beregnet på bakgrunn av mengde innveid prøve.

Utregningsformel:

$$\%TN = \frac{Titer \times 0,0700 \times S}{P \times L}$$

Der stamløsning ikke ble benyttet falt S og P vekk fra formelen.

3.7.1.8 Ikke protein nitrogen

Analyse av IPN ble gjennomført i nedfrosne prøver av ubehandlet melk, permeat, retentat og ferdig yoghurtblanding ved bruk av Kjeldahl-metoden med utgangspunkt i IDF (2001). Det ble benyttet samme stamløsning for retentatet, som beskrevet i kapittel 3.7.1.7. 9,9 g stamløsning/prøve (L) ble veid inn med tre desimalers nøyaktighet i en erlenmeyerkolbe og fortynnet med 10 % trikloreddiksyre til en total vekt på 49,9 g. Vekten av fortynnet prøve (V) ble notert med tre desimalers nøyaktighet. Løsningene ble deretter filtrert i flaske ved bruk av White ribbon rundfilter (Whatman GmbH, Dassel, Germany; Ø 150 mm) og trakt. 5 g filtrat ble deretter veid opp i oppslutningsrør med tre paralleller av hver prøve. Prosedyren videre fra tilsetning av Kjeldahl-tablett til titrering, ble gjennomført på samme måte som for bestemmelse av TN, beskrevet i kapittel 3.7.1.7. Mengde titer ble registrert og innholdet av IPN ble beregnet på bakgrunn av mengde innveid prøve.

Utregningsformel:

$$\%IPN = \frac{Titer \times 0,0700 \times V \times S}{P \times L \times F}$$

Der stamløsning ikke ble benyttet, falt S og P vekk fra formelen.

3.7.1.9 Ikke kasein nitrogen

Analyse av IKN ble gjennomført i nedfryste prøver av ubehandlet melk, permeat, retentat og yoghurtblanding ved bruk av Kjeldahl-metoden med utgangspunkt i IDF (2004). Det ble benyttet samme stamløsning for retentatet, som beskrevet i kapittel 3.7.1.7. 39,9 g stamløsning/prøve (L) ble veid inn i en erlenmeyerkolbe med tre desimalers nøyaktighet og tilsatt 40 ml destillert vann. Løsningen ble varmet opp til 35 °C i vannbad og tilsatt 4 ml 10 % w/v eddiksyre. Etter 5-10 minutters henstand, ble 4 ml 1 M natriumacetat tilsatt. Prøvene ble temperert og etter noen minutters henstand ble pH målt ved bruk av et pH-meter (PHM 92 Lab pH Meter Radiometer Copenhagen, Radiometer Analytical S.A. Lyon Frankrike) med kombinert pH-elektrode (Combined Red Rod pH Electrodes Radiometer Copenhagen, Radiometer Analytical S.A. Lyon, Frankrike) som ble kalibrert med bufferløsninger på pH 4 og pH 7 (Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland). Ønsket pH var 4,6 og prøvene ble tilsatt 10 % w/v eddiksyre eller 1 M natriumacetat for å oppnå denne pH-verdien. Prøvene ble overført til en ny erlenmeyerkolbe og ønsket vekt på prøven var 99,9 g. Dersom vekten var lavere, ble den gamle kolben skylt med destillert vann og tilsatt til ønsket vekt var oppnådd. Denne vekten (V) ble notert med tre desimalers nøyaktighet. Prøvene ble deretter filtrert i flaske ved bruk av White ribbon rundfilter (Whatman GmbH, Dassel, Tyskland; Ø 150 mm) og trakt. 2 g filtrat ble deretter veid opp i oppslutningsrør med tre paralleller av hver prøve. Vekten av filtratet (F) ble notert med tre desimalers nøyaktighet. Prosedyren videre fra tilsetning av Kjeldahl-tablett til titrering, ble gjennomført på samme måte som for bestemmelse av TN, beskrevet i kapittel 3.7.1.7. Mengde titer ble registrert og innholdet av IKN ble beregnet på bakgrunn av mengde innveid prøve.

Utregningsformel:

$$\% IKN = \frac{Titer \times 0,0700 \times V \times S}{P \times L \times F}$$

Der stamløsning ikke ble benyttet, falt S og P vekk fra formelen.

3.7.1.10 Beregninger av innhold av sann protein, myseprotein og kasein

For å beregne det sanne proteininnholdet og sammensetningen av myseproteiner og kaseiner i prøvene, ble det benyttet en omregningsfaktor på 6,38. Dette er en omregningsfaktor som hovedsakelig benyttes for kumelk. Den kan derfor være noe unøyaktig for geitmelk, men den kan benyttes for sammenligning av prøvene som ble analysert.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

For å beregne det sanne proteininnholdet i prøvene, ble følgende formel benyttet:

$$\% \text{ Sann protein} = (\%TN - \%IPN) \times 6,38$$

For å beregne innholdet av løselig myseprotein (Mp), det vil si myseprotein som ikke var denaturert, ble følgende formel benyttet:

$$\% Mp = (\%IKN - \%IPN) \times 6,38$$

Bestemmelse av kaseininnhold (Ka) i prøvene ble gjennomført med følgende formel:

$$\% Ka = (\%TN - \%IKN) \times 6,38$$

3.7.1.11 Fettinnhold

Fettinnholdet i yoghurtblandingen ble bestemt ved bruk av Gerber-analyse, etter metode nr. 602 i Meierienes Analysebok (sist endret 01.10.09). 10 ml svovelsyre (Merck, Darmstadt, Tyskland) ble pipettert ut i et butyrometer for melkeprøver (Funke Gerber, Berlin, Tyskland). Deretter ble 10,73±0,03 ml prøve tilsatt ved bruk av en glasspipette. 1 ml amylalkohol (Merck) ble tilsatt før butyrometeret ble korket og godt blandet ved vending/risting i ca. ½ minutt. Prøvene ble sentrifugert (Funke Gerber) med korken ned, i 7 minutter og deretter plassert i et vannbad (Funke Gerber) med temperatur på 65 °C i 5 minutter. Fettprosenten ble deretter lest rett av fra butyrometeret ved å justere fettfetsøylenes nederste kant til avlesningsstrek 0 %.

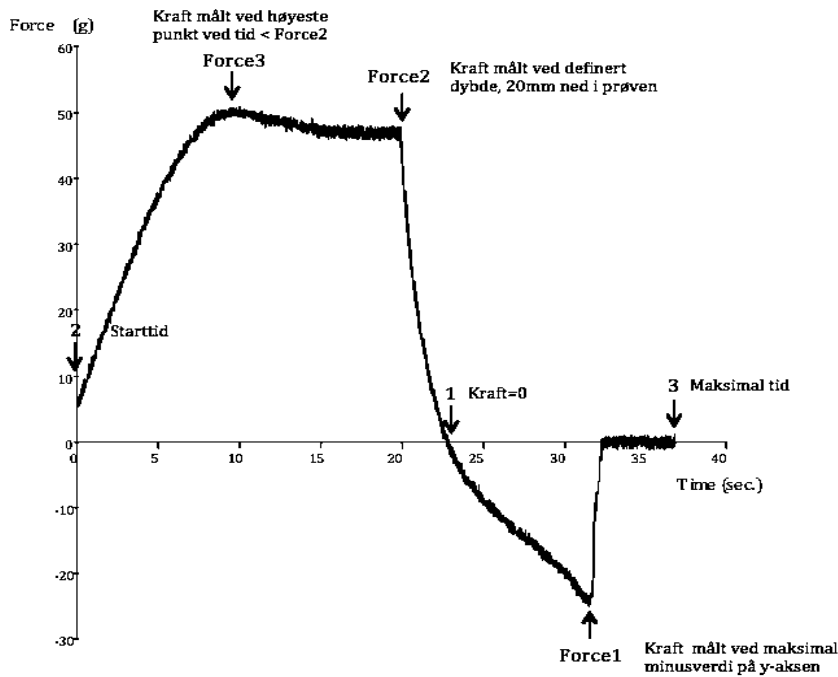
3.7.1.12 Tørrstoffinnhold

Tørrstoffinnhold ble analysert med utgangspunkt i IDF (1987). Dette ble gjennomført av de ulike prøveuttakene gjennom produksjonen, det vil si i ubehandlet melk, skummetmelk, fløte, retentat, permeat, og yoghurtblanding. I tillegg ble tørrstoffinnholdet i yoghurt analysert. Prøvene ble tatt ut av samme glass som prøvene til analyse av flyktige stoffer, organiske syrer, karbohydrater og frie aminosyrer, men analysen ble gjennomført tre dager i etterkant av disse analysene. Yoghurten ble godt blandet før rundt 2 gram ble veid inn med fire desimalers nøyaktighet i forhåndsveide aluminiumsskåler. Prøvene ble tørket i varmeskap (Termaks, Bergen, Norge) ved 102°C, i 4 timer for prøveuttakene og 20 timer for yoghurt. Etter tørking ble prøvene plassert i eksikator (VWR, Oslo, Norge) for å avkjøles. Deretter ble aluminiumsskål med prøve veid på nytt og tørrstoffinnholdet ble beregnet ut i fra et gjennomsnitt av tre paralleller av hver prøve.

3.7.2 Funksjonalitetsanalyser

3.7.2.1 Teksturanalyse

Gelfastheten ble analysert i fersk yoghurt, i tillegg ble det gjennomført av lagret yoghurt fra sen laktasjon. Det ble ikke funnet signifikant effekt av lagring i yoghurt laget i sen laktasjon, av denne grunn ble ikke lagringsanalyser gjennomført av yoghurt fra tidlig laktasjon. De ferske yoghurtene ble analysert en uke etter produksjon (mandag for mandagsproduksjon, tirsdag for onsdagsproduksjon). De lagrede prøvene ble analysert 4 uker etter produksjon, med samme oppsett som for fersk yoghurt. Analysen ble gjennomført ved hjelp av TA-HDi Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, England) Det ble benyttet en kraftcelle på 25 kg og en sylindrisk delrinprobe med diameter på ½" (SMS P/0-5, Stable Micro Systems, England). Prøvene var uberørte og ble lagret på kjølerom ved 4 °C frem til analysetidspunkt. Det ble gjennomført tre parallelle målinger av hver prøve, der gjennomsnittet av disse målingene ble regnet ut for videre statistisk analyse. Avstanden mellom prøvepunktene var så stor som mulig og det ble også holdt god avstand fra veggen av glasset for å unngå forstyrrelser. Proben ble kjørt 20 mm ned i prøven med en hastighet på 1,0 mm/s, på vei opp fra prøven hadde proben en hastighet på 2,0 mm/s. Analysen ble kjørt med en triggerkraft på 0,05 N. Mellom hver parallell ble proben tørket av med papir. Programvaren som ble benyttet under analysen var Texture Expert Exceed (versjon 2,64, Stable Micro Systems, England). Programmet laget en graf fra hver måling, med tid (s) på x-aksen og kraft (g) på y-aksen. Et eksempel på en graf kan en se i Figur 6.

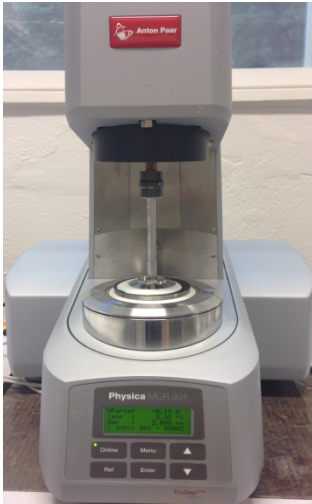


Figur 6: Eksempel på en graf fra teksturmåling med beskrivelse av utvalgte analysepunkt.

Det ble kjørt en macro etter hver måling, punktene som ble registrert kan en se i Figur 6. Macroen registrerte kraften påført ved absolutte minusverdi på y-aksen, som ble kalt Force1. Dette representerte kraften som var nødvendig å påføre for å bryte tiltrekningskraften mellom overflaten til yoghurten og overflaten til proben som prøven var i kontakt med. Kraften forteller om yoghurtens klebrighet eller vedheftningsevne. Punktet der proben var 20 mm ned i yoghurten ble funnet og kraften som ble påført yoghurten i dette punktet ble registrert og kalt Force2. En siste kraft ble registrert og kalt Force3. Dette punktet representerte et eventuelt bruddpunkt i gelen før proben var 20 mm ned i yoghurten. Dersom et bruddpunkt ble registrert, var Force3 den største kraften som ble påført prøven før dette bruddpunktet. Det ble også registrert tre punkter for utregning av arealer under grafen. Punktet der kraften var 0 ble funnet og kalt 1. Ved starttid ble et nytt punkt markert, kalt 2. Arealet mellom 1 og 2 ble deretter regnet ut og var en verdi som indikerer energien som krevdes for destruksjon av yoghurten, men det var ikke et eksakt mål på destruksjonsenergien. Det ble også registrert et siste punkt ved maksimal tid, kalt 3. Arealet mellom 2 og 3 ble beregnet og verdien kan benyttes til å se på forholdet mellom yoghurtens fasthet og klebrighet. Ved analyse av resultatene fra teksturanalyse, ble den maksimale kraften som ble påført prøven valgt ut ved å benytte den største verdien av Force2 og Force3, kalt Force2/3. I tillegg ble Force1, Areal 1:2 og Areal 2:3 benyttet for vurdering av yoghurtene.

3.7.2.2 Viskositet

Måling av viskositet ble gjennomført av ferske produkter. I tillegg ble lagrede produkter fra sen laktasjon målt. Det ble ikke funnet signifikant effekt av lagring i yoghurt laget i sen laktasjon, av denne grunn ble ikke lagringsanalyser gjennomført av yoghurt fra tidlig laktasjon. Målingene ble gjennomført samme dag som analyse av gelfasthet. Det ble gjennomført en oscillasjonstest ved hjelp av reologiinstrumentet Physica MCR 301 (Anton Paar, Østerrike), vist i Figur 7.



Figur 7: Illustrasjon av en måling med Physica MCR 301 med plate-platesystem.

Som vist i Figur 7, ble det benyttet et plate-platesystem med en probe (PP50, Anton Paar) med en diameter på 50 mm. Programvaren som ble benyttet var RHEOPLUS/32 V3.40 (Anton Paar). Før analyse var yoghurten uberørt, sett bort i fra forstyrrelsen fra analysen av gelfasthet. Yoghurtene ble lagret på kjølerom ved 4 °C frem til analysetidspunkt. To parallelle målinger ble gjennomført av hver yoghurt og gjennomsnittet av disse ble regnet ut for videre analyse. Én spiseskje av yoghurten, ca. 15 g, tatt utenom punktene fra gelfasthetsanalysen, ble overført til den faste platen på instrumentet. Proben ble senket ned mot prøven, slik at proben dekket hele prøven, med så lite overskuddsmateriale som mulig. Proben ble senket til en avstand på 2 mm fra den faste platen, som holdt 6 °C gjennom hele analysen. Måleprogrammet som ble benyttet hadde fire intervaller, disse er beskrevet i Tabell 3.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

Tabell 3: Betingelser for intervallene benyttet for analyse av viskositet.

	Intervall 1	Intervall 2	Intervall 3	Intervall 4
	15 målingspunkter	15 målingspunkter med varighet på 2 sek.	60 målingspunkter med varighet på 5 sek.	15 målingspunkter
Rotasjon		$\dot{\gamma}$: 50 1/s		
Oscillasjon	γ : logaritmisk økning fra 0,05- 200 % ω : 10 rad/s		γ : 0,05 % ω : 10 rad/s	γ : logaritmisk økning fra 0,05- 200 % ω : 10 rad/s

Fra Tabell 3 kan en se at intervall 1 var et amplitudesweep med fast vinkelfrekvens, ω , på 10 rad/s og logaritmisk økning i påført tøyning, γ , fra 0,05 til 200 %. I intervall 2 gikk prøven gjennom en destruksjon ved en rotasjonsanalyse, der proben roterte med skjærhastighet på 50 s⁻¹ i 30 sek. Dette ble gjort for å standardisere forbehandlingen av yoghurt før gjenoppbygning av strukturen i intervall 3. I intervall 3 undergikk prøven en henstandstid, der prøven ble utsatt for en tøyning på 0,05 % med utslagsfrekvens på 10 rad/s i en periode på 300 sekunder. Hensikten med intervall 2 og 3 var at prøvene skulle ha samme utgangspunkt før siste intervall i programmet, målingene i intervall 4 vil derfor i teorien ha et lavere standardavvik. Intervall 4 ble gjennomført med samme betingelser som intervall 1.

Ved oscillasjon ble proben beveget frem og tilbake med økende skjærspenning. Bevegelsen ble forplantet gjennom prøven og til den faste platen, som fungerte som en registreringsplate. Målinger under denne prosessen ble benyttet til å lage en kurve for lagringsmodulen, G' , som viste elastisiteten til yoghurt. Ved å analysere det viskolineære område for yoghurt (LVE), kan man sammenlikne styrken til de ulike yoghurtene og den enkelte yoghurt før og etter strukturbrytning og gjenoppbygning, det vil si i intervall 1 og intervall 4. For vurdering av viskositet, ble punktet der G' var redusert med 5 % funnet. Dette ble gjennomført for både intervall 1 og intervall 4. I dette punktet var yoghurtens elastiske styrke redusert med 5 % og ble definert til å være utenfor det viskolineære område. Verdier for G' (Pa), skjærspenning (Pa) og tøyning (%) i dette punktet, ble benyttet til statistisk analyse. G' er et uttrykk for hvor stor del av prøven som oppførte seg elastisk, skjærspenning er et uttrykk for påført kraft per areal og tøyning forteller om den tøyningen produktet ble utsatt for.

3.7.2.3 Myseutskillelse

Produktenes evne til å holde på myse ble analysert i fersk yoghurt. I tillegg ble lagret yoghurt fra sen laktasjon målt. Det ble ikke funnet signifikant effekt av lagring i yoghurt laget i sen laktasjon, av denne grunn ble ikke lagringsanalyser gjennomført av yoghurt fra tidlig

laktasjon. Analyse av yoghurtens myseutskillelse ble gjennomført ved hjelp av en metode bygget på samme prinsipp som benyttet av Dannenberg og Kessler (1988). Yoghurten ble rørt om fem ganger med en spiseskje før tre spiseskjeer ble veid inn i et nylonnett med 11x11 ruter pr. cm². Nylonnettet var plassert i en erlenmeyerkolbe med trakt for å samle opp myse. Oppsettet er illustrert i Figur 8.



Figur 8: Oppsett med nylonnett, trakt og erlenmeyerkolbe for analyse av myseutskillelse.

Tiden ved innveeing av prøven ble notert og oppsettet ble stående i 4 timer ved romtemperatur, før vekten av den utskilte mysen ble notert. Som illustrert i Figur 8, ble det gjennomført tre paralleller av hver yoghurt og beregninger ble gjennomført for å finne den gjennomsnittlige prosentandelen myse som ble skilt ut fra hver yoghurt.

3.7.2.4 Sensorisk vurdering

Etter analyse av gelfasthet og viskositet, ble prøvene vurdert sensorisk. Dette ble gjennomført av både ferskt og lagret yoghurt. Yoghurten som skulle vurderes sensorisk, ble pakket inn i aluminiumsfolie før syring, for å unngå eksponering av lys. Den sensoriske analysen var en objektiv vurdering som ble gjennomført av undertegnede med tilgjengelige veiledere og ansatte ved instituttet. Det deltok 2-5 personer i det sensoriske panelet hver gang. Yoghurten ble vurdert etter smak, utseende og konsistens. Den sensoriske vurderingen fungerte som en nøytral sammenligning mellom yoghurtene, for å identifisere hvilke yoghurter som var gode på smak, utseende og konsistens.

Det ble ikke sendt prøver til sensorisk analyse ved bruk av trent panel, dette på grunn av yoghurtenes avvikende konsistens og smak i forhold til tradisjonell yoghurt, som ville være et referanseprodukt i dette tilfelle.

3.7.3 Statistisk databehandling

Statistisk databehandling ble gjennomført ved bruk av R Commander (R 3.0.3 GUI 1.63 SnowLeopard build (6660), S. Urbanek & H-J. Bibiko, R Foundation for Statistical Computing, 2012). Det ble gjennomført variansanalyser (ANOVA) og Tukey's test, for å undersøke signifikante effekter av forsøksfaktorer og hvilken effekt disse hadde på produktgenskaper.

De ulike modellene som ble benyttet til ANOVA er beskrevet nedenfor.

3.7.3.1 Test av effekt av laktasjon

For å undersøke effekt av laktasjonsperiode på sammensetning av ubehandlet melk, ble det gjennomført en ANOVA type I test, der følgende modell ble benyttet:

$$1. \text{ Respons} = \text{Laktasjon}$$

3.7.3.2 Test av effekt av laktasjon og membranfiltrering på sammensetning av yoghurtblanding

For å undersøke effekter av laktasjon og membranfiltrering på den kjemiske sammensetningen av yoghurtblandingene, ble yoghurtblandingene fra produksjonene 1MF, 1UF, 3UF og 4MF tatt i betraktning og analysert ved bruk av ANOVA type II test. Modellen som ble benyttet til dette var:

$$2. \text{ Respons} = \text{Laktasjon} + \text{Filtrering}$$

Der en eller begge faktorene ikke var signifikant, ble det laget en ny modell med kun den ene faktoren som hadde lavest p-verdi i den opprinnelige modellen. Tukey's test ble gjennomført ved påvist signifikant effekt, for å finne gjennomsnitt for hvert nivå av forsøksfaktoren.

3.7.3.3 Test av effekt av laktasjon, membranfiltreringsmetode, varmebehandling og yoghurtkultur på yoghurtkvalitet

Som følge av lite tilgjengelig melk, ble forsøksoppsettet ufullstendig og ble det nødvendig å endre det tenkte statistiske forsøksoppsettet. Det var meningen at alle yoghurtene fra alle produksjonene skulle inngå og analyseres med ANOVA type III test, ved bruk av følgende modeller:

$$3. \text{ Respons} = \text{Laktasjon} + r(\text{Block}) + \text{Filtrering} + \text{Varmebehandling} + \text{Kultur} + \text{Varmebehandling} * \text{Kultur}$$

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

4. Respons = Laktasjon + r(Block) + Filtrering + Varmebehandling + Kultur + Filtrering*Varmebehandling

der en random "Block" skulle eliminere variansen som følge av ulike produksjonsuker.

For å oppnå en balansert modell til ANOVA, der det er like mange observasjoner for hver kombinasjon av de ulike faktornivåene, var det nødvendig å dele produksjonene opp i flere modeller og gjennomføre ANOVA i flere omganger.

Grunnet ulikt antall produksjoner av hver membranfiltreringsmetode, ble det først gjennomført ANOVA der produktene fra de fire produksjonene med UF-melk, 1UF, 2UF1, 2UF2 og 3UF, ble tatt i betraktning. Dette ble gjort for å undersøke om det var en signifikant forskjell mellom disse produksjonene. Det ble gjennomført ANOVA type III test med følgende modell:

5. Respons = Laktasjon + r(Block) + Filtrering + Varmebehandling + Kultur

Signifikant effekt av random "Block", der hver produksjon representerte sitt eget nivå, ble undersøkt for å detektere signifikante ulikheter mellom produksjonene.

Det ble deretter gjennomført ANOVA, der produktene fra 1MF, 1UF, 3UF og 4MF ble tatt i betraktning. Dette for å se på alle forsøksfaktorene sin effekt på egenskaper i yoghurt. Modellen som ble benyttet for analyse av kjemisk sammensetning ved bruk av ANOVA type II test, var følgende:

6. Respons = Laktasjon+ Filtrering + Varmebehandling + Kultur+ Varmebehandling*Kultur

Der interaksjonsleddet ikke var signifikant, ble dette fjernet fra modellen og en ny modell uten interaksjonsledd ble laget. For å undersøke hvilken effekt de signifikante faktorene hadde på respons, ble det gjennomført en Tukey's test.

For å utføre ANOVA av resultater fra reologi, teksturanalyse og myseutskillelse ble følgende modell benyttet i ANOVA type II test:

7. Respons = Laktasjon+ Filtrering + Varmebehandling + Kultur+ Filtrering* Varmebehandling

Der interaksjonsleddet ikke var signifikant, ble dette fjernet fra modellen og en ny modell uten interaksjonsledd ble laget. For å undersøke hvilken effekt de signifikante faktorene hadde på respons, ble det også her gjennomført en Tukey's test.

3.7.3.4 Test av effekt av lagring

For å undersøke effekten av lagring av yoghurt fra sen laktasjon, ble det gjennomført ANOVA type III test. Følgende modell ble benyttet:

$$8. \text{ Respons} = \text{Filtrering} + r(\text{Block}) + \text{Varmebehandling} + \text{Kultur} + \text{Lagring}$$

der en random "Block" representerte de fire ulike produksjonene fra sen laktasjon som det ble gjennomført lagringsanalyser av.

3.8 Navnsetting av produksjoner og yoghurt

Det ble laget et system for å navnsatte de ulike produksjonene og yoghurtvariantene som ble laget. En oversikt over dette systemet er fremstilt i Tabell 4.

Tabell 4: Forklaring på navnsetting av produksjoner og yoghurt.

<u>Forsøksuke (laktasjon)</u>	<u>Filtrering</u>	<u>Varmebehandling</u>	<u>Syrekultur</u>
1 = Uke 39 (Sen)	MF = Mikrofiltrert	7 = 72 °C	C = YC-471
2 = Uke 41 (Sen)	UF = Ultrafiltrert	9 = 95 °C	X = YF-LX700
3 = Uke 10 (Tidlig)			
4 = Uke 12 (Tidlig)			

1MF7C er et eksempel på navnsettingen ut fra Tabell 4, der yoghurten er fra uke 39, laget av mikrofiltrert melk, som er varmebehandlet ved 72 °C og syrnet med kulturen YC-471. I forsøksuke 2 ble det gjennomført to produksjoner ved bruk av ultrafiltrert melk (samme råstoff, men ulik yoghurtblanding). Utover systemet som er satt opp i Tabell 4, skilles disse to produksjonene mellom nummerering 1 og 2 på slutten av navnet. 1 står for mandagsproduksjon og 2 står for tirsdagsproduksjon.

4 Resultater

I dette kapittelet presenteres bearbejdede resultater fra analysene som er gjennomført både under produksjon, av fraksjoner og av produkt. Resultatene blir kommentert underveis, med fokus på oppgavens problemstilling.

4.1 Forforsøk

I forforsøket ble to yoghurtkulturer, som var aktuelle å benytte til syrning av geitmelkyoghurt, testet ut ved syrning av MF-geitmelk. Under syrningen ble det observert en tregere syrning for melk syrnet med YF-LX700, enn det som var oppgitt fra Chr. Hansen. Syrningen ble avsluttet ved pH 4,72, etter drøye 7 timer syrning. Syrningen med YC-471 gikk raskere, og det tok i underkant av 5 timer å oppnå riktig pH. Ved sensorisk vurdering av yoghurten var det tydelig at det ikke var oppnådd en typisk yoghurtkonsistens i yoghurtene. Yoghurtene ble vurdert som veldig trådtrekkende og lite viskøse, noe som var uavhengig av syrekulturene som ble benyttet. Undersøkelsen av yoghurtens myseutskillelse viste at prøvene rant rett gjennom nylonnettet som ble benyttet. Analysen ble derfor ikke fullført.

Forforsøk 2, der det ble benyttet to nye yoghurtkulturer, viste samme resultater for yoghurtens konsistens. De var lite viskøse og hadde trådtrekkende egenskaper. Syrningstiden i dette forsøket var lang for begge kulturene. Yoghurtkulturen YC-183 ble stoppet etter 10 timer ved pH 4,54 og YF-L901 ble stoppet etter 11 timer ved en pH på 4,82.

Resultatene fra forforsøk 3, som ble gjennomført med UF som metode for tørrstoffanrikning av melka, oppnådde en ulik konsistens i yoghurt sammenlignet med forforsøk 1 og 2. Yoghurten var betydelig mer viskøs og kunne minne om kvarg. Syrningstiden var noe tregere for YC-471 i dette forsøket. Syrningen ble stoppet ved pH 4,52, etter nesten 8,5 timer. Etter like lang tid, var melka syrnet med YF-LX700 ved en pH på 4,76. For å undersøke yoghurtkulturen YF-LX700 sin evne til å redusere pH i melka og hvor lang tid det tok, ble det målt pH etter 12,5 og 23 timer. Da var pH-verdien henholdsvis 4,67 og 4,43.

Sammensetningen av fett og protein i de tre yoghurtblandingene som ble laget under forforsøket, er presentert i Tabell 5. Yoghurtblandingene ble laget med målsetning om å oppnå et fettinnhold på 4 %.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

Tabell 5: Innhold av fett og protein i yoghurtblandingene som ble laget under forforsøkene. Målingene ble gjennomført ved FTIR.

Blanding	Fett (%)	Protein (%)
1 (MF)	4,09	7,92
2 (MF)	4,15	7,93
3 (UF)	4,25	10,69

Fra Tabell 5 kan en se at yoghurtblandingene fra forforsøkene hadde et relativt likt innhold av fett. Proteininnholdet var ulikt mellom yoghurtblandingene laget ved MF og UF.

Yoghurtblandingen laget ved UF hadde i underkant av 2 % høyere proteininnhold. En komplett oversikt over resultatene fra forforsøkene er presentert i Vedlegg 7.

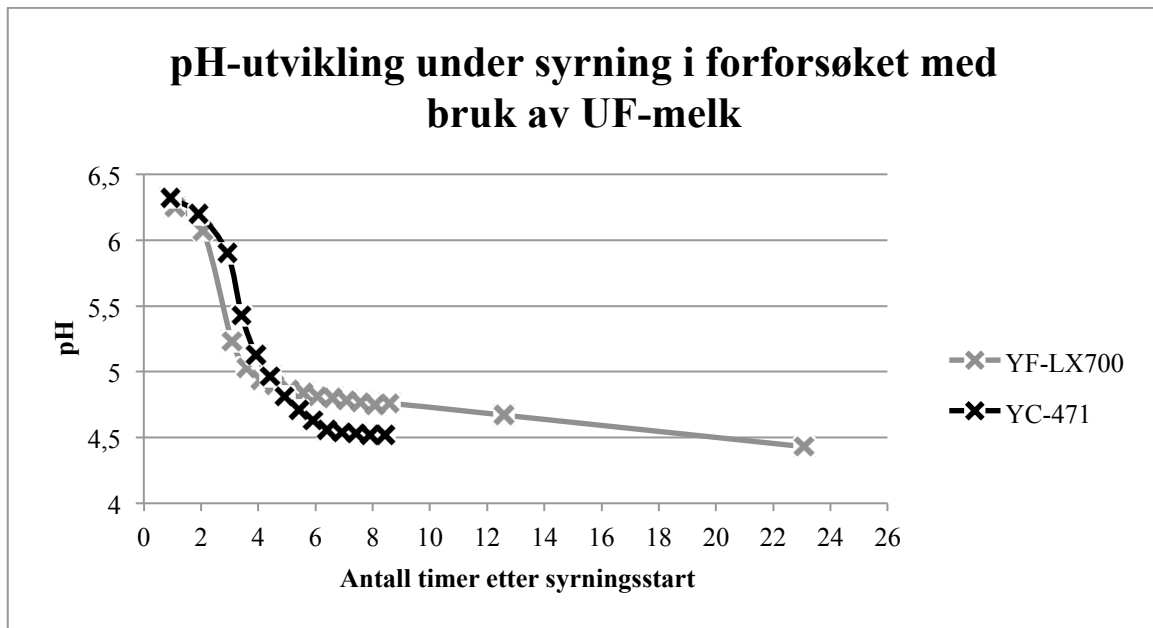
En oversikt over syringstid og oppnådd pH ved endt syring av yoghurt laget i forforsøkene, er presentert i Tabell 6.

Tabell 6: Syringstid og pH i yoghurt ved endt syring.

Blanding	YC-471		YF-LX700		YC-183		YF-L900	
	Syringstid (timer)	pH	Syringstid (timer)	pH	Syringstid (timer)	pH	Syringstid (timer)	pH
1 (MF)	5,88	4,50	7,33	4,72				
2 (MF)					10,00	4,54	11,08	4,82
3 (UF)	8,42	4,52	23,08	4,43*				

* Ved syring i 12,58 timer, var pH 4,67.

Tabell 6 viser en varierende syringstid og oppnådd pH ved avsluttet syring, for yoghurt syret med ulike yoghurtkulturer. Syringen ble i flere tilfeller avsluttet før ønsket pH var oppnådd, av praktiske årsaker. Figur 9 viser syrningsforløpet til yoghurt i forforsøk 3, laget med ultrafiltrert melk. Denne yoghurtblandingen hadde en relativt lik sammensetning som yoghurtblandingene benyttet i hovedforsøkene. Under forforsøkene ble det gjennomført flere pH-målinger underveis av syringen enn det som ble gjennomført i hovedforsøkene.



Figur 9: Syrningskurve fra forforsøk 3, ved bruk av UF-melk. Hvert målingspunkt er markert med et kryss i grafen.

Syrningskurven i Figur 9 viser at YC-471 hadde en raskere syrningsstid enn YF-LX700. YF-LX700 brukte betydelig lengre tid på å redusere pH fra rundt 4,7 til 4,5, som var målet under syrningen. En detaljert oversikt over syrningsforløpene under forforsøkene er presentert i vedlegg 7.

4.2 Hovedforsøk

I hovedforsøket ble effekten av laktasjonsperiode, membranfiltrering, varmebehandling og yoghurtkultur undersøkt i et multifaktorielt forsøk, med hensikt å knytte betydningen av disse faktorene opp mot yoghurtkvalitet.

4.2.1 Effekt av laktasjonsperiode og membranfiltrering på sammensetning av råstoff og fraksjoner

Sammensetningen av ubehandlet melk ble analysert for å undersøke melkas opprinnelige kvalitet. Dette for å få en oversikt over ulikheter mellom sen og tidlig laktasjon. Tabell 7 er en oversikt over innhold av fett, sann protein, laktose, tørrstoff og Mp:Ka forhold i ubehandlet melk som ble benyttet til yoghurtproduksjon.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

Tabell 7: Sammensetning av ubehandlet melk ved tre ulike leveranser i sen laktasjon og to leveranser i tidlig laktasjon.

	Sen laktasjon			Tidlig laktasjon	
	22.9.14	24.9.14	6.10.14	4.3.15	16.3.15
Fett (%)*	4,17	4,16	4,21	5,43	4,81
Sann protein (%)**	2,85	3,07	3,12	3,19	1,13
Mp:Ka***	0,26	0,27	0,28	0,32	0,26
Laktose (%)	4,14	4,16	3,82	4,53	4,68
Tørrestoff (%)	12,08	12,20	12,24	13,98	13,87

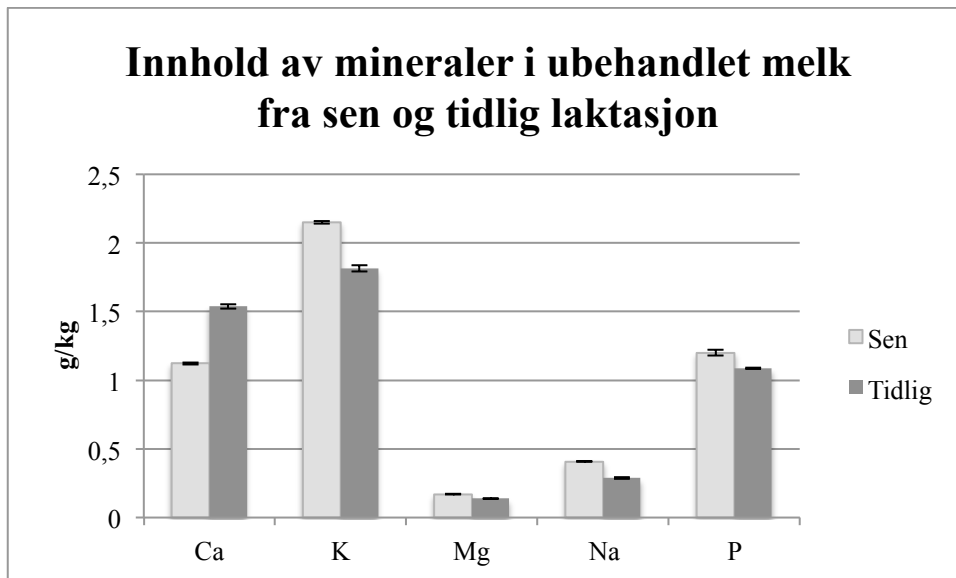
*Målt ved FTIR.

** Beregnet ut fra TN og IPN.

***Forhold mellom løselig myseprotein og kasein, beregnet ut fra TN, IPN og IKN.

Som en kan se fra Tabell 7, var det noen variasjoner i melkas sammensetning i de ulike melkeleveransene. Fettinnholdet var signifikant ($p < 0,05$) høyere i melk fra tidlig laktasjon, det samme gjaldt innhold av laktose ($p < 0,05$) og tørrestoff ($p < 0,001$). En detaljert oversikt over sammensetningen til ubehandlet melk fra hver leveranse, er presentert i Vedlegg 8 og en oversikt over ANOVA-tabeller fra variansanalyse av sammensetning i ubehandlet melk, er presentert i Vedlegg 9.

Innholdet av mineraler ble analysert i ubehandlet melk fra både sen og tidlig laktasjon. Figur 10 viser en illustrasjon over det gjennomsnittlige innholdet av kalsium, kalium, magnesium, natrium og fosfor i alle melkeleveransene fra sen og tidlig laktasjon.



Figur 10: Innhold av mineraler i ubehandlet melk fra både sen og tidlig laktasjon. Standardavviket er illustrert på søylene.

Figur 10 viser at mineralinnholdet varierte mellom sen laktasjon og tidlig laktasjon. Geitmelka hadde et høyere innhold av kalsium i tidlig laktasjon. De andre mineralene som ble analysert, hadde en motsatt trend, med høyest innhold i melk fra sen laktasjon. Disse forskjellene er vist å være signifikante ($p < 0,05$) for alle de analyserte mineralene. En oversikt over ANOVA-tabeller fra variansanalyse av mineralinnhold er presentert i Vedlegg 9.

Innhold av fett, sann protein, laktose, tørrstoff og Mp:Ka forhold i yoghurtblandingene før syring, er presentert i Tabell 8 nedenfor.

Tabell 8: Sammensetning av yoghurtblandingene som ble benyttet til syring av yoghurt.

	Sen laktasjon				Tidlig laktasjon	
	1MF	1UF	2UF1	2UF2	3UF	4MF
Fett (%)*	3,7	4,3	4,7	3,8	3,8	3,8
Sann protein (%)**	9,71	9,65	9,41	9,62	9,31	9,89
Mp:Ka***	0,18	0,30	0,31	0,31	0,28	0,11
Laktose (%)	3,52	3,52	3,47	3,53	3,90	3,48
Tørrstoff (%)	19,40	18,82	19,40	18,51	18,94	19,02

*Målt ved bruk av Gerber-analyse.

** Beregnet ut fra TN og IPN.

***Forhold mellom løselig myseprotein og kasein, beregnet ut fra TN, IPN og IKN.

Tabell 8 viser at det var noen variasjoner i sammensetningen av de ulike yoghurtblandingene.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

Ved statistisk variansanalyse, der 1MF, 1UF, 3UF og 4MF ble tatt i betraktning, ble det ikke funnet signifikante forskjeller ($p < 0,05$) mellom yoghurtblandingene i innhold av disse komponentene, som følge av forsøksfaktorene laktasjon eller membranfiltrering. Det ble funnet noen signifikante forskjeller i innhold av organiske syrer, karbohydrater, flyktige forbindelser og frie aminosyrer i yoghurtblandingene, som følge av laktasjon og membranfiltrering. Disse er presentert i Tabell 9 nedenfor.

Tabell 9: Oversikt over signifikante effekter av faktorene laktasjon, membranfiltrering, varmebehandling og yoghurtkultur på innhold av kjemiske komponenter i yoghurtblandingene. Resultatene er hentet fra ANOVA og Tukey's test. Interaksjonsleddet ble fjernet fra modellen når interaksjon ikke var signifikant. For signifikante effekter, er gjennomsnittsverdien til hvert faktornivå oppgitt i $\mu\text{mol/g}$ for frie aminosyrer og i ppm for organiske syrer, karbohydrater og flyktige forbindelser.

Respons (gjennomsnitt)	Laktasjonsperiode Sen/Tidlig	Filtrering MF/UF
Organiske syrer		
Sitronsyre (1219,5)	** 816,75/1622,25	
Urinsyre (22,35)	* 30,57/14,14	
Karbohydrater		
Glukose (14,13)	* 28,26/0,00	
Flyktige forbindelser		
2-butanon (0,06)	* 0,00/0,11	
Frie aminosyrer		
L-asparagin (0,04)	** 0,02/0,05	
L-serin (0,06)	* 0,05/0,07	* 0,07/0,06
L-histidin (0,01)	** 0,00/0,02	
L-treonin (0,02)	** 0,01/0,04	
L-citrullin (0,05)	** 0,03/0,07	
L-alanin (0,08)	* 0,06/0,09	
GABA (0,27)	** 0,00/0,54	
L-tyrosin (0,02)	** 0,02/0,03	
L-isoleucin (0,02)	* 0,01/0,03	
L-tryptofan (0,01)	* 0,00/0,02	

** signifikant effekt med p-verdi større enn 0,001 og mindre eller lik 0,01.

* signifikant effekt med p-verdi større enn 0,01 og mindre eller lik 0,05.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

Tabell 9 er kun en oversikt over kjemiske komponenter der det ble påvist signifikante forskjeller som følge av laktasjonsperiode eller membranfiltrering. ANOVA-tabeller og Tukey's test output fra analyse av kjemisk sammensetning i yoghurtblandingene, er presentert i Vedlegg 10. Det var hovedsakelig laktasjonsperiode som ga signifikant effekt på innhold av de kjemiske komponentene i yoghurtblandingene, men L-serin hadde også en signifikant effekt av membranfiltrering. Melkesyre, maursyre, eddiksyre, pyroglutaminsyre, galaktose, etylacetat, 2,3-pentadion, acetoin, 2-metyl-propanal, 3-metyl-butanal, 2-metyl-butanal, 3-metyl-1-butanol, 2-metyl-1-butanol og L-ornitin var ikke tilstede i yoghurtblandingene før syring. En detaljert oversikt over sammensetningen til hver yoghurtblanding er presentert i Vedlegg 11. Gjennomsnittsinholdet av organiske syrer, karbohydrater, flyktige forbindelser og frie aminosyrer i yoghurtblandingene fra produksjon 1MF, 1UF, 3UF og 4MF, som ikke var signifikant påvirket av laktasjon og membranfiltrering, er presentert i Tabell 10.

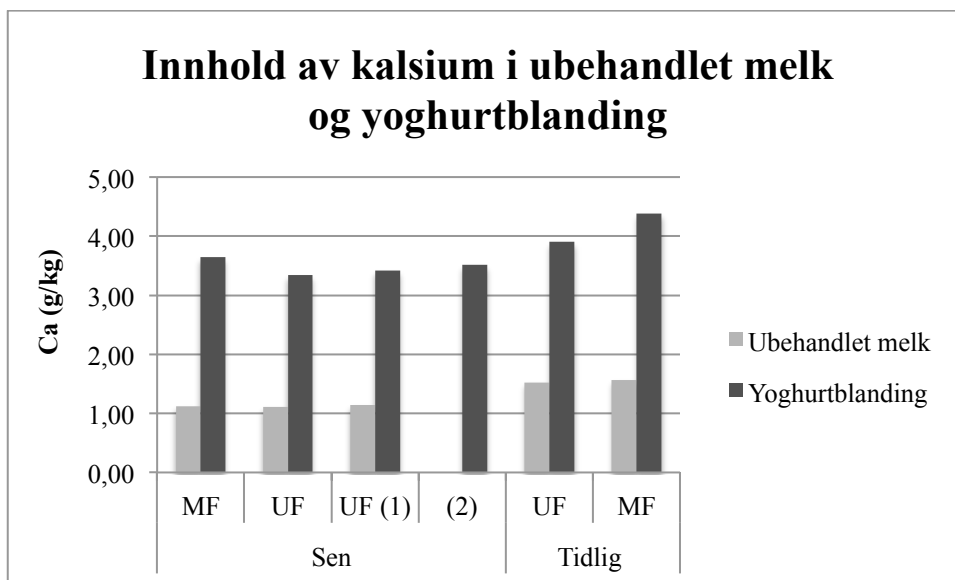
Tabell 10: Gjennomsnittlig innhold av organiske syrer, karbohydrater, flyktige forbindelser og frie aminosyrer som ikke hadde signifikant effekt av laktasjon og membranfiltrering, i yoghurtblandingene 1MF, 1UF, 3UF og 4MF.

Komponent	Gjennomsnittsinhold (ppm)	Komponent	Gjennomsnittsinhold (µmol/g)
Orotinsyre	9,68	L-asparaginsyre	0,01
Pyrodruesyre	1,93	L-glutaminsyre	0,24
Laktose	36055	L-glutamin	0,11
Acetaldehyd	0,04	Glycin	0,33
Etanol	0,21	L-arginin	0,06
Aceton	1,25	L-valin	0,08
Diacetyl	0,01	L-metionin	0,01
2-metyl-1-propanol	0,02	L-fenylalanin	0,01
		L-leucin	0,03

Tabell 10 viser at faktorene laktasjonsperiode og membranfiltrering ikke hadde en signifikant effekt på innhold av flere av de kjemiske komponentene som var tilstede i yoghurtblandingene. Innhold av aceton hadde ingen signifikant effekt av laktasjon, men ved å se på innhold av aceton i de ulike yoghurtblandingene, var gjennomsnittet for tidlig laktasjon betydelig større enn for sen laktasjon, med henholdsvis 1,78 og 0,71 ppm.

Innholdet av mineraler i ubehandlet melk og yoghurtblanding ble sammenlignet med hensyn på laktasjon og membranfiltreringsmetode, resultatene er presentert i Figur 11, Figur 12 og Figur 13 nedenfor. Det ble gjennomført statistisk variansanalyse av mineralinnhold i yoghurtblandingene 1MF, 1UF, 3UF og 4MF, for å undersøke forskjeller som følge av laktasjonsperiode og membranfiltreringsmetode. For magnesium og natrium var det fremdeles signifikant ($p < 0,01$ og $0,05$) lavere konsentrasjon i yoghurtblanding fra tidlig laktasjon, sammenlignet med yoghurtblanding fra sen laktasjon. Ingen andre signifikante forskjeller i innhold av mineraler ble funnet i yoghurtblandingene. ANOVA-tabeller fra denne analysen er presentert i Vedlegg 10.

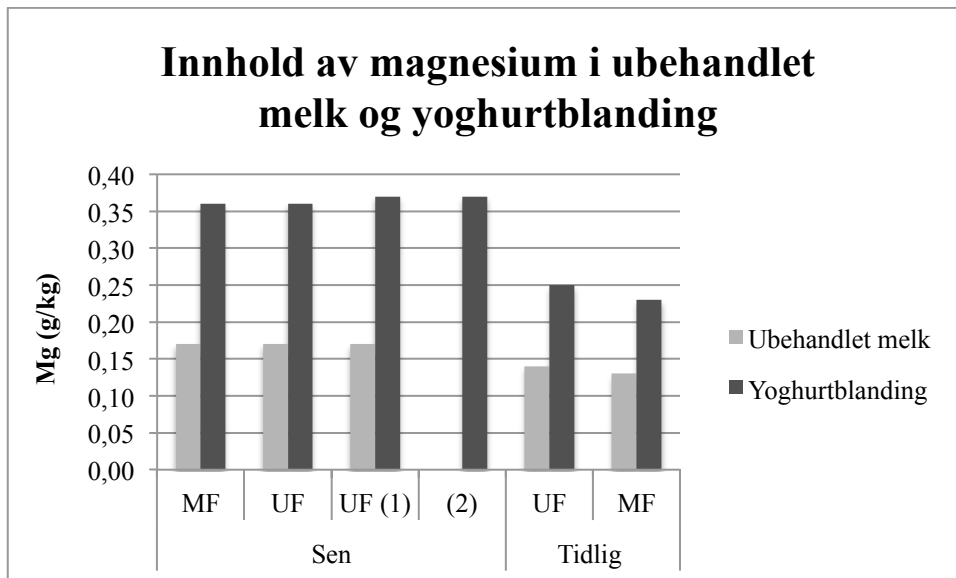
Figur 11 er en fremstilling av innhold av kalsium i ubehandlet melk og yoghurtblanding, med illustrert effekt av laktasjonsperiode og membranfiltreringsmetode.



Figur 11: Innhold av kalsium i ubehandlet melk og yoghurtblanding, fremstilt med hensyn på laktasjonsperiode og membranfiltreringsmetode.

Figur 11 viser en stor økning av kalsium fra ubehandlet melk til yoghurtblanding og økningen så ut til å være størst i melka som var konsentrert ved bruk av MF.

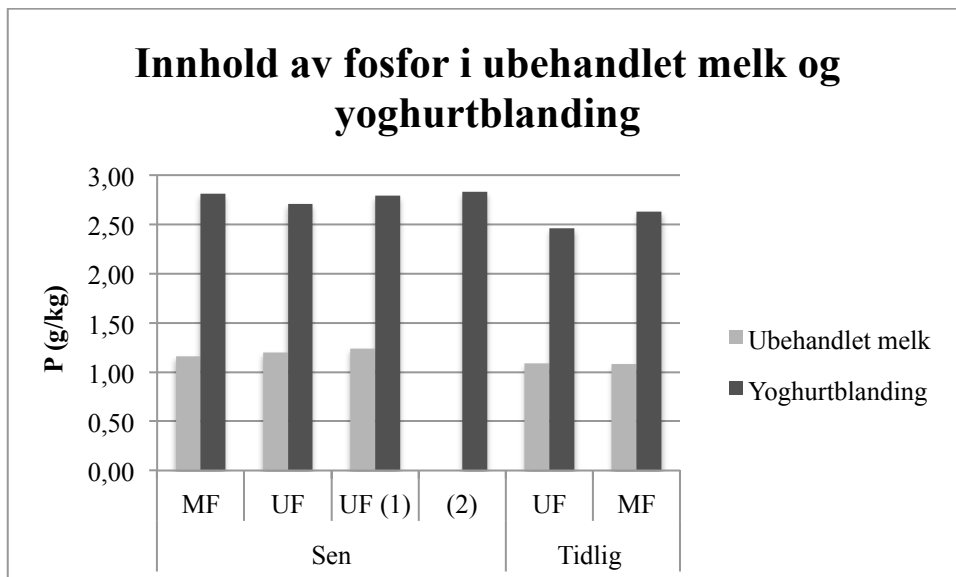
Figur 12 er en fremstilling av innhold av magnesium i ubehandlet melk og yoghurtblanding, med illustrert effekt av laktasjonsperiode og membranfiltreringsmetode.



Figur 12: Innhold av magnesium i ubehandlet melk og yoghurtblanding, fremstilt med hensyn på laktasjonsperiode og membranfiltreringsmetode.

Figur 12 viser en stor økning i innhold av magnesium fra ubehandlet melk til yoghurtblanding, men økningen var betydelig større i melk fra sen laktasjon. Det så ikke ut til å være en effekt av membranfiltreringsmetode på innhold av magnesium.

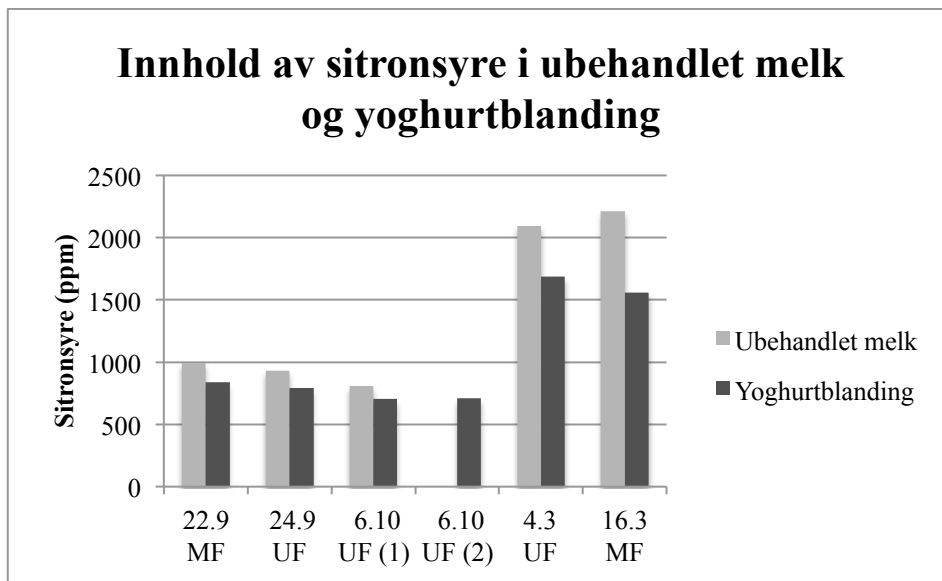
Figur 13 er en fremstilling av innhold av kalsium i ubehandlet melk og yoghurtblanding, med illustrert effekt av laktasjonsperiode og membranfiltreringsmetode.



Figur 13: Innhold av fosfor i ubehandlet melk og yoghurtblanding, fremstilt med hensyn på laktasjonsperiode og membranfiltreringsmetode.

Figur 13 viser en økning av fosfor fra ubehandlet melk til yoghurtblanding. Økningen var noe lavere for UF-melk, med en gjennomsnittlig økning på 126 %, sammenlignet med MF-melk med gjennomsnittlig økning på 143 %. For kalium og natrium ble det ikke registrert noen mønster i forholdet mellom innhold i ubehandlet melk og yoghurtblanding.

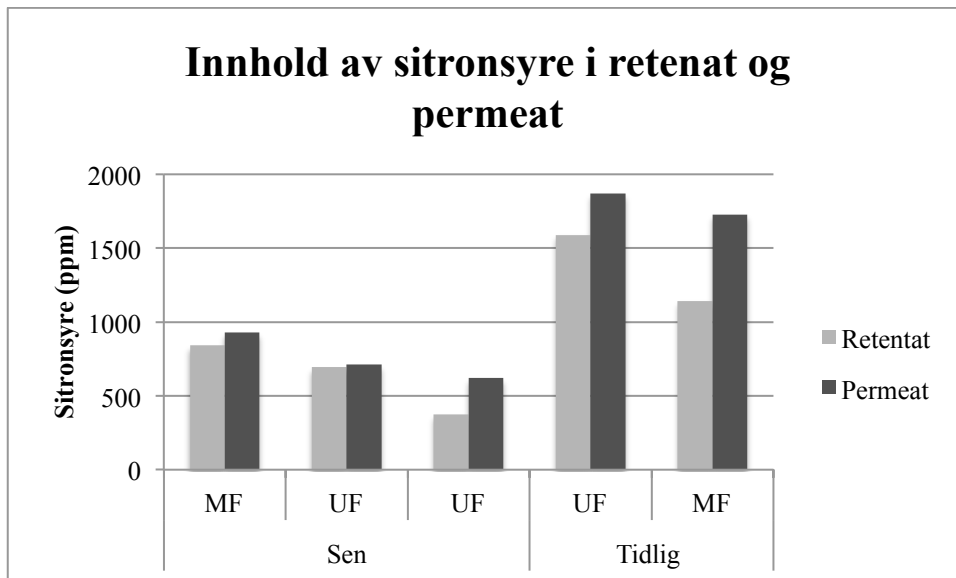
Innholdet av sitronsyre i melka var ulikt mellom tidlig og sent i laktasjonsperioden. Figur 14 er en illustrasjon over innholdet av sitronsyre i melkeleveransene som ble benyttet i denne oppgaven, verdiene er også sammenlignet med innhold av sitronsyre i den tilsvarende yoghurtblandingen.



Figur 14: Innhold av sitronsyre i ubehandlet melk og yoghurtblanding.

Fra Figur 14 kan en se at innholdet av sitronsyre var betydelig høyere, omlag dobbelt så høyt, i begynnelsen av laktasjonsperioden, sammenlignet med sent i laktasjonen. Innholdet var noe redusert i yoghurtblandingene i forhold til i den ubehandlede melka de var laget av.

Innholdet av sitronsyre ble også analysert i retentat og permeat etter membranfiltrering. Resultatet er fremstilt i Figur 15.



Figur 15: Innhold av sitronsyre i retenat og permeat, med hensyn på laktasjonsperiode og membranfiltreringsmetode.

Fra resultatene som er presentert i Figur 15, ser det ut som at en større andel sitronsyre fulgte med i permeatet i forhold til i retentatet. Dette så også ut til å være uavhengig av laktasjonsperiode og membranfiltreringsmetode.

Sammensetning av skummetmelk, fløte, retenat og permeat kan en finne i Vedlegg 12-15. Sammensetningen av disse fraksjonene vil ikke diskuteres nærmere i denne oppgaven.

4.2.2 Syrning

Syrningsforløpet var varierende mellom de to yoghurtkulturene som ble benyttet, og mellom hver enkelt syrning.

Tabell 11 viser en detaljert oversikt over syrningstiden, pH-verdi ved endt syrning og pH-verdi ved uttak til kjemiske analyser, for alle yoghurtene som ble laget under hovedforsøkene.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

Tabell 11: Syrningstid og pH ved endt syrning og ved uttak til kjemiske analyser.

Laktasjon	Uke + Filtrering	Varme- behandling (°C)	YC-471			YF-LX700		
			Syrningstid (timer)	pH ved endt syrning	pH ved kjemisk analyse*	Syrningstid (timer)	pH ved endt syrning	pH ved kjemisk analyse*
Sen	1M	72	8,03	4,50	4,44	20,00	4,69	4,75
	1M	95	6,92	4,50	4,49	20,08	4,58	4,65
	1U	72	6,83	4,47	4,42	20,08	4,69	4,69
	1U	95	6,75	4,39	4,44	20,00	4,63	4,67
	2U1	72	8,83	5,50	4,38	18,25	4,50	4,65
	2U1	95	7,08	4,50	4,42	27,00	4,52	4,49
	2U2	72	7,75	4,50	4,40	16,50	4,44	4,65
	2U2	95	6,17	4,49	4,44	16,50	4,50	4,56
Tidlig	3U	72	7,58	4,50	4,33	20,00	4,66	4,65
	3U	95	8,08	4,50	4,23	20,00	4,60	4,55
	4M	72	10,25	4,50	4,83	20,00	4,75	4,80
	4M	95	9,42	4,50	4,35	20,00	4,72	4,79

*1-3 dager etter endt syrning.

Som en kan se fra Tabell 11, var det spesielt stor forskjell i syrningstid mellom de to ulike yoghurtkulturene. YC-471 hadde en syrningstid på 6,17-8,83 timer, mens YF-LX700 hadde en syrningstid på 16,50-27,00 timer, da var ikke pH-verdien alltid nådd 4,5, men av praktiske årsaker ble syrningen avsluttet. En kan også se at det var relativt store variasjoner i syrningstid fra produksjon til produksjon, noe som gjorde det vanskelig å beregne omtrentlig syrningslutt. Av denne grunn, ble syrningen i noen tilfeller avsluttet ved en lavere pH-verdi enn ønsket. En ser også fra Tabell 11, at det foregikk noen endringer i pH i produktene etter avsluttet syrning. I grove trekk kunne man se en tendens til at yoghurtkulturen YC-471 ga ettersyrning i yoghurten, mens i yoghurt syrnet med YF-LX700 foregikk det en økning i pH under kjølelagring i 1-3 dager. En detaljert oversikt over pH-målinger under syrningen er presentert i Vedlegg 16.

Under syrningen ble det visuelt registrert en viskositetsøkning i de spesielt viskøse yoghurtene allerede ved en pH på rundt 5,4.

4.2.3 Yoghurt

4.2.3.1 Kjemisk sammensetning

Den statistiske variansanalysen som ble gjennomført på de ulike produksjonene laget med UF-melk, viste kun signifikant effekt ($p < 0,05$) av produksjon (Block) på innhold av urinsyre, aceton, galaktose, glycin og L-oritin. ANOVA-tabeller fra disse variansanalysene er presentert i Vedlegg 17.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

For å undersøke forsøksfaktorenes effekt på produktegenskaper, ble resultater fra både kjemisk sammensetning og funksjonelle egenskaper av yoghurt fra produksjon 1MF, 1UF, 3UF og 4MF benyttet til statistisk variansanalyse. En oversikt over sammensetning og funksjonelle egenskaper til yoghurtprøvene er presentert i Vedlegg 18. Fullstendig ANOVA-tabeller og Tukey's test output fra de statistiske analysene er presentert i Vedlegg 19.

Tabell 12 viser resultatene fra variansanalysene som er gjennomført for å undersøke effekten av forsøksfaktorene på innhold av organiske syrer i yoghurten. En gjennomsnittsverdi for innhold av hver organisk syre er oppgitt, det samme er gjennomsnittsinholdet i yoghurtene som ble behandlet med hvert faktornivå for faktorer med signifikant effekt.

Tabell 12: Oversikt over signifikante effekter av faktorene laktasjon, membranfiltrering, varmebehandling og kultur på innhold av organiske syrer i ferdig syrnet yoghurt. Resultatene er hentet fra ANOVA og Tukey's test. Interaksjonsleddet ble fjernet fra modellen når interaksjon ikke var signifikant. Gjennomsnittsinholdet av hver organisk syre er oppgitt. For signifikante effekter, er gjennomsnittsverdien til hvert faktornivå oppgitt i ppm.

Respons (gjennomsnitt i ppm)	Laktasjon Sen/tidlig	Filtrering MF/UF	Varmebehandling 72 °C/ 95 °C	Kultur C/X	Varmebehandling* kultur
Sitronsyre (1316,9)	*** 788/1846				
Orotinsyre (4,03)	** 4,93/3,13			*** 0,23/7,83	
Pyrodruesyre (33,76)		* 30,87/36,65		*** 24,97/42,55	
Melkesyre (15309)	** 14908/ 15709			*** 16557/14060	
Maursyre (28,84)			* 20,16/37,51		* 72X: 11,65 (A) 72C: 28,67 (A,B) 95X: 49,30(B) 95C: 25,73(A,B)
Eddiksyre (75,77)					
Urinsyre (17,85)					
Pyroglutaminsyre (24,14)	*** 34,36/13,93			*** 40,65/7,64	

*** signifikant effekt med p-verdi 0,001.

** signifikant effekt med p-verdi større enn 0,001 og mindre eller lik 0,01.

* signifikant effekt med p-verdi større enn 0,01 og mindre eller lik 0,05.

Fra Tabell 12 kan en se forsøksfaktorenes effekt på innhold av organiske syrer etter syring. Valg av yoghurtkultur så ut til å påvirke innholdet av organiske syrer i yoghurten i størst grad. Sitronsyre var fremdeles signifikant forskjellig mellom laktasjonsperiodene etter

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

syrning av melka, men det var ikke lenger signifikant forskjell i innhold av urinsyre mellom laktasjonsperiodene. En kan se at produksjon av melkesyre ble påvirket av både laktasjon og yoghurtkultur, det samme gjaldt for pyroglutaminsyre. Melkesyre og pyroglutaminsyre var ikke tilstede i melka før syrning. Innholdet av orotinsyre var signifikant påvirket av laktasjonsperiode etter syrning, en effekt som ikke var signifikant før syrning. Kun pyrodruesyre hadde en effekt av membranfiltreringsmetode og kun maursyre hadde en effekt av varmebehandling og en interaksjon av varmebehandling og kultur.

Tabell 13 viser resultatene fra variansanalysene som er gjennomført for å undersøke effekten av forsøksfaktorene på innhold av karbohydrater i yoghurt. En gjennomsnittsverdi for innhold av hver karbohydrat er oppgitt, det samme er gjennomsnittinnholdet i yoghurtene som ble behandlet med hvert faktornivå for faktorer med signifikant effekt.

Tabell 13: Oversikt over signifikante effekter av faktorene laktasjon, membranfiltrering, varmebehandling og kultur på innhold av laktose, glukose og galaktose i ferdig syrnet yoghurt. Resultatene er hentet fra ANOVA og Tukey's test. Interaksjonsleddet ble fjernet fra modellen når interaksjon ikke var signifikant. Gjennomsnittinnholdet av hver karbohydrat er oppgitt. For signifikante effekter, er gjennomsnittsverdien til hvert faktornivå oppgitt i ppm.

Respons (gjennomsnitt i ppm)	Laktasjon Sen/Tidlig	Filtrering MF/UF	Varmebehandling 72 °C/ 95 °C	Kultur C/X
Laktose (5625)	*** 4576/6674	*** 4662/6588	* 6184/5067	*** 2327/8923
Glukose (88,21)		* 51,17/125,25		*** 0,00/176,42
Galaktose (13763)				*** 16104/11423

*** signifikant effekt med p-verdi 0,001.

** signifikant effekt med p-verdi større enn 0,001 og mindre eller lik 0,01.

* signifikant effekt med p-verdi større enn 0,01 og mindre eller lik 0,05.

Tabell 13 viser en signifikant effekt av yoghurtkultur på alle de tre karbohydratene. Innhold av laktose så også ut til å bli signifikant påvirket av både, laktasjon, membranfiltrering og varmebehandling. Innhold av glukose i yoghurt ble signifikant påvirket av membranfiltreringsmetode og ingen av karbohydratene hadde en signifikant effekt av laktasjonsperiode. Dette er motsatt i forhold til resultatene fra variansanalyse av yoghurtblandingene. Galaktose var ikke tilstede i yoghurtblandingene, men var tilstede i ferdig syrnet yoghurt, noe som var signifikant avhengig av yoghurtkultur. Det ble ikke funnet noen signifikant interaksjon mellom varmebehandling og kultur for noen karbohydratene.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

Tabell 14 viser resultatene fra variansanalysene som er gjennomført for å undersøke effekten av forsøksfaktorene på innhold av flyktige forbindelser i yoghurten. En gjennomsnittsverdi for innhold av hver flyktig forbindelse er oppgitt, det samme er gjennomsnittinnholdet i yoghurtene som ble behandlet med hvert faktornivå for faktorer med signifikant effekt.

Tabell 14: Oversikt over signifikante effekter av faktorene laktasjon, membranfiltrering, varmebehandling og kultur på innhold av flyktige forbindelser i ferdig syrnet yoghurt. Resultatene er hentet fra ANOVA og Tukey's test. Interaksjonsleddet ble fjernet fra modellen når interaksjon ikke var signifikant. Gjennomsnittinnholdet av hver flyktig forbindelse er oppgitt. For signifikante effekter, er gjennomsnittsverdien til hvert faktornivå oppgitt i ppm.

Respons (gjennomsnitt i ppm)	Laktasjon Sen/Tidlig	Filtrering MF/UF	Varmebehandling 72 °C/ 95 °C	Kultur C/X
Acetaldehyd (16,47)			* 15,00/17,95	*** 19,30/13,64
Etanol (1,64)	** 1,32/1,96			*** 0,75/2,53
Aceton (1,10)	*** 0,68/1,52			
2-metyl-propanal (0,02)		** 0,01/0,03		** 0,02/0,01
Diacetyl (0,80)				
2-butanon (0,15)				** 0,09/0,21
2-metyl-1-propanol (0,01)		*** 0,00/0,03		
2,3-pentadion (0,31)				*** 0,59/0,04
Acetoin (83,52)	*** 97,22/69,83			** 73,87/93,18

*** signifikant effekt med p-verdi 0,001.

** signifikant effekt med p-verdi større enn 0,001 og mindre eller lik 0,01.

* signifikant effekt med p-verdi større enn 0,01 og mindre eller lik 0,05.

Fra Tabell 14 ser det ut til at faktoren yoghurtkultur var av størst betydning for innhold av flyktige forbindelser i yoghurten. Laktasjon hadde en signifikant effekt på innhold av etanol, aceton og acetoin i yoghurt, disse effektene var ikke signifikant før syring. Innhold av 2-metyl-propanal og 2-metyl-1-propanol i yoghurt hadde en signifikant effekt av membranfiltreringsmetode, denne effekten var ikke signifikant før syring av melka. Innhold av acetaldehyd i yoghurt var signifikant avhengig av varmebehandling og bruk av yoghurtkultur. Det ble ikke funnet noen signifikant interaksjon mellom varmebehandling og kultur på innhold av flyktige forbindelser i yoghurt.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

Tabell 15a-b viser resultatene fra variansanalysene som er gjennomført for å undersøke effekten av forsøksfaktorene på innhold av frie aminosyrer i yoghurt. En gjennomsnittsverdi for innhold av hver aminosyre er oppgitt, det samme er gjennomsnittinnholdet i yoghurtene som ble behandlet med hvert faktornivå for faktorer med signifikant effekt.

Tabell 15a: Oversikt over signifikante effekter av faktorene laktasjon, membranfiltrering, varmebehandling og kultur på innhold av frie aminosyrer i ferdig syrnet yoghurt. Resultatene er hentet fra ANOVA og Tukey's test. Interaksjonsleddet ble fjernet fra modellen når interaksjon ikke var signifikant. Gjennomsnittinnholdet av alle de frie aminosyrene er oppgitt. For signifikante effekter, er gjennomsnittsverdien til hvert faktornivå oppgitt i $\mu\text{mol/g}$.

Respons (gjennomsnitt i $\mu\text{mol/g}$)	Laktasjon Sen/Tidlig	Filtrering MF/UF	Varmebehandling 72 °C/ 95 °C	Kultur C/X	Varmebehandling* kultur
L- asparaginsyre (0,32)			** 0,29/0,35	*** 0,59/0,04	*** 72X: 0,05 (A) 72C: 0,53 (B) 95X: 0,04 (A) 95C: 0,66 (C)
L- glutaminsyre (0,11)	*** 0,10/0,12			** 0,10/0,12	
L-asparagin (0,08)	** 0,06/0,10			*** 0,14/0,02	
L-serin (0,30)	** 0,21/0,38			*** 0,52/0,08	
L- glutamin (0,09)				*** 0,16/0,03	
L-histidin (0,12)	*** 0,08/0,16			*** 0,19/0,05	
Glycin (0,21)	** 0,18/0,24	** 0,23/0,19			
L-treonin (0,19)	** 0,13/0,24			*** 0,30/0,07	
L-citrullin (0,04)	*** 0,03/0,06		* 0,044/0,039	** 0,038/0,045	
L-arginin (0,17)	*** 0,23/0,11			*** 0,26/0,09	
L-alanin (0,31)				* 0,34/0,29	
GABA (1,07)	*** 0,69/1,46			*** 1,49/0,65	

*** signifikant effekt med p-verdi 0,001.

** signifikant effekt med p-verdi større enn 0,001 og mindre eller lik 0,01.

* signifikant effekt med p-verdi større enn 0,01 og mindre eller lik 0,05.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

Tabell 15b: Oversikt over signifikante effekter av faktorene laktasjon, membranfiltrering, varmebehandling og kultur på innhold av frie aminosyrer i ferdig syrnede yoghurt. Resultatene er hentet fra ANOVA og Tukey's test. Interaksjonsleddet ble fjernet fra modellen når interaksjon ikke var signifikant. Gjennomsnittsinholdet av alle de frie aminosyrene er oppgitt. For signifikante effekter, er gjennomsnittsverdien til hvert faktornivå oppgitt i $\mu\text{mol/g}$.

Respons (gjennomsnitt i $\mu\text{mol/g}$)	Laktasjon Sen/Tidlig	Filtrering MF/UF	Varmebehandling 72 °C/ 95 °C	Kultur C/X	Varmebehandling* kultur
L-tyrosin (0,04)		*			
		0,05/0,03			
L- valin (0,20)		*		***	*
		0,22/0,17		0,35/0,04	72X: 0,04 (A) 72C: 0,31 (B) 95X: 0,03 (A) 95C: 0,39 (B)
L-metionin (0,03)	**			***	
	0,04/0,02			0,05/0,01	
L-isoleucin (0,07)	*	*		***	*
	0,05/0,08	0,08/0,06		0,12/0,02	72X: 0,02 (A) 72C: 0,11 (B) 95X: 0,01 (A) 95C: 0,13 (B)
L-fenylalanin (0,07)				***	
				0,09/0,04	
L-tryptofan (0,04)	***				
	0,03/0,04				
L-leucin (0,10)		*		***	
		0,12/0,08		0,17/0,02	
L-lysin (0,21)	*			***	
	0,28/0,14			0,38/0,04	

*** signifikant effekt med p-verdi 0,001.

** signifikant effekt med p-verdi større enn 0,001 og mindre eller lik 0,01.

* signifikant effekt med p-verdi større enn 0,01 og mindre eller lik 0,05.

Fra resultatene i Tabell 15a-b, kan en se at alle faktorene var av betydning for innhold av frie aminosyrer. Spesielt gjaldt dette laktasjonsperiode og yoghurtkultur. Varmebehandling hadde kun en signifikant effekt på L-asparaginsyre og L-citrullin. Varmebehandling hadde i liten grad betydning for innhold av fire aminosyrer i seg selv, men i en interaksjon med yoghurtkultur, ga det signifikant effekt på innhold av L-asparaginsyre, L- valin og L-isoleucin. De signifikante effektene av laktasjonsperiode og membranfiltrering kom i stor grad frem etter syring av yoghurten. I yoghurtblandingene hadde laktasjonsperiode kun signifikant effekt på innhold av L-serin, L-histidin, L-treonin, GABA og L-tyrosin. Etter syring var ikke lenger innhold av L-tyrosin signifikant forskjellig mellom laktasjonsperiode, og innhold av L-serin var ikke lenger signifikant forskjellig mellom MF og UF. L-ornitin var ikke tilstede i yoghurten.

4.2.3.2 Funksjonelle egenskaper

Ved undersøkelse av effekt av lagring, ble det ikke funnet noen signifikante effekter for hverken viskositet, tekstur eller myseutskillelse for yoghurtene som ble laget av melk fra sen laktasjon. Det ble derfor ikke gjennomført lagringsanalyser av produktene fra tidlig laktasjon. ANOVA-tabeller fra den statistiske variansanalysen er presentert i Vedlegg 20.

Analysene av forsøksfaktorenes effekt på funksjonelle egenskaper ble gjennomført med hensyn på yoghurt fra produksjon 1MF, 1UF, 3UF og 4MF. Resultatene fra variansanalysene er presentert i Tabell 16a-b. For forsøksfaktorer med signifikant effekt, er gjennomsnittsverdien for yoghurt som ble behandlet med hvert faktornivå oppgitt.

Fullstendige ANOVA-tabeller og Tukey's test output fra de statistiske analysene er presentert i Vedlegg 19

Tabell 16a: Oversikt over signifikante effekter av faktorene laktasjon, membranfiltrering, varmebehandling og kultur på funksjonelle egenskaper i yoghurt. Resultatene er hentet fra ANOVA og Tukey's test.

Interaksjonsleddet ble fjernet fra modellen når interaksjon ikke var signifikant. For signifikante effekter, er gjennomsnittsverdien til hvert faktornivå oppgitt.

Respons	Laktasjon Sen/Tidlig	Filtrering MF/UF	Varmebehandling 72 °C/ 95 °C	Kultur C/X	Filtrering* Varmebehandling
Teksturanalyse					
Force1 (g)		*** -4,50/-17,57	*** -3,76/-18,30		*** MF72: -3,79 (B) UF72: -3,73 (B) MF95: -5,20 (B) UF95: -31,4 (A)
Force2/3 (g)		** 8,91/42,96	*** 5,90/45,97		** MF72: 6,31 (A) UF72: 5,48 (A) MF95: 11,51 (A) UF95: 80,44 (B)
Areal1:2 (g*s)		** 156,74/739,36	** 118,07/778,03		** MF72: 121,25 (A) UF72: 114,88 (A) MF95: 192,22 (A) UF95: 1363,85 (B)
Areal2:3 (g*s)		** 129,18/658,94	** 96,02/692,11		** MF72: 98,37 (A) UF72: 93,67 (A) MF95: 160,00 (A) UF95: 1224,22 (B)

*** signifikant effekt med p-verdi 0,001.

** signifikant effekt med p-verdi større enn 0,001 og mindre eller lik 0,01.

* signifikant effekt med p-verdi større enn 0,01 og mindre eller lik 0,05.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

Tabell 16b: Oversikt over signifikante effekter av faktorene laktasjon, membranfiltrering, varmebehandling og kultur på funksjonelle egenskaper i yoghurt. Resultatene er hentet fra ANOVA og Tukey's test.

Interaksjonsleddet ble fjernet fra modellen når interaksjon ikke var signifikant. For signifikante effekter, er gjennomsnittsverdien til hvert faktornivå oppgitt.

Respons	Laktasjon Sen/Tidlig	Filtrering MF/UF	Varmebehandling 72 °C/ 95 °C	Kultur C/X	Filtrering* Varmebehandling
Viskositetsanalyse					
G' i intervall 1 (Pa)		*** 252,94/2849,25	*** 120,83/2981,36		*** MF72:120,03 (A) UF72: 121,63 (A) MF95: 383,85 (A) UF95: 5576,88 (B)
Skjærspenning i intervall 1 (Pa)		*** 3,58/43,53	*** 2,02/45,08		*** MF72:1,86 (A) UF72: 2,19 (A) MF95: 5,30 (A) UF95: 84,87 (B)
Tøyning i intervall 1 (%)	** 1,63/1,37	** 1,39/1,61			
G' i intervall 4 (Pa)		** 31,89/771,40	* 2,60/700,93		** MF72: 2,70 (A) UF72: 2,50 (A) MF95: 52,78 (A) UF95: 1348,07 (B)
Skjærspenning i intervall 4 (Pa)		** 0,43/7,85	** 0,07/7,19		** MF72: 0,09 (A) UF72: 0,06 (A) MF95: 0,68 (A) UF95: 13,70 (B)
Tøyning intervall 4 (%)	* 2,52/0,79				
Myseutskillelse (%)		*** 84,16/48,80	*** 93,74/39,22		*** MF72: 93,55 (B) UF72: 93,93 (B) MF95: 74,78 (B) UF95: 3,66 (A)

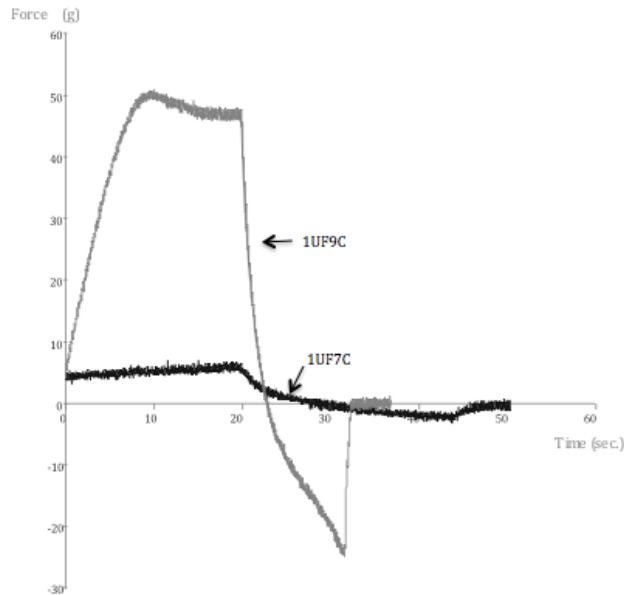
*** signifikant effekt med p-verdi 0,001.

** signifikant effekt med p-verdi større enn 0,001 og mindre eller lik 0,01.

* signifikant effekt med p-verdi større enn 0,01 og mindre eller lik 0,05.

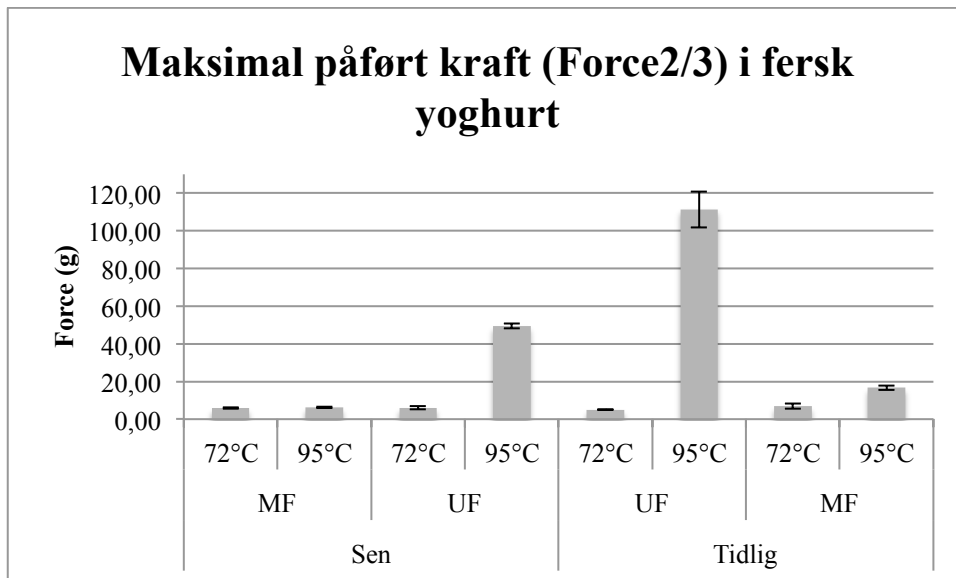
Tabell 16a-b viser at yoghurtens funksjonelle egenskaper i stor grad var påvirket av type membranfiltrering, varmebehandling og en interaksjon av disse to. Det var kun tøyning som ikke hadde en signifikant effekt av interaksjonsleddet. Tøyning fra intervall 4 hadde kun signifikant effekt av laktasjon, mens for intervall 1 var det også signifikant effekt av membranfiltrering. Tøyning hadde i tillegg en signifikant effekt av laktasjon.

Varmebehandling av melka før syring, hadde en stor effekt på konsistensen til yoghurtene som ble laget av UF-melk. Figur 16 illustrerer forskjellen i påført kraft under teksturanalyse for yoghurt laget av UF-melk, utsatt for lav og høy varmebehandling.



Figur 16: Forskjell i tekstur mellom yoghurt laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved ulike temperaturer før syring. Kurven er fra teksturanalyse av ferske produkter fra hovedforsøk 1. Den grå kurven illustrerer yoghurt laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter, mens den svarte kurven illustrerer yoghurt laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 72 °C i 5 minutter.

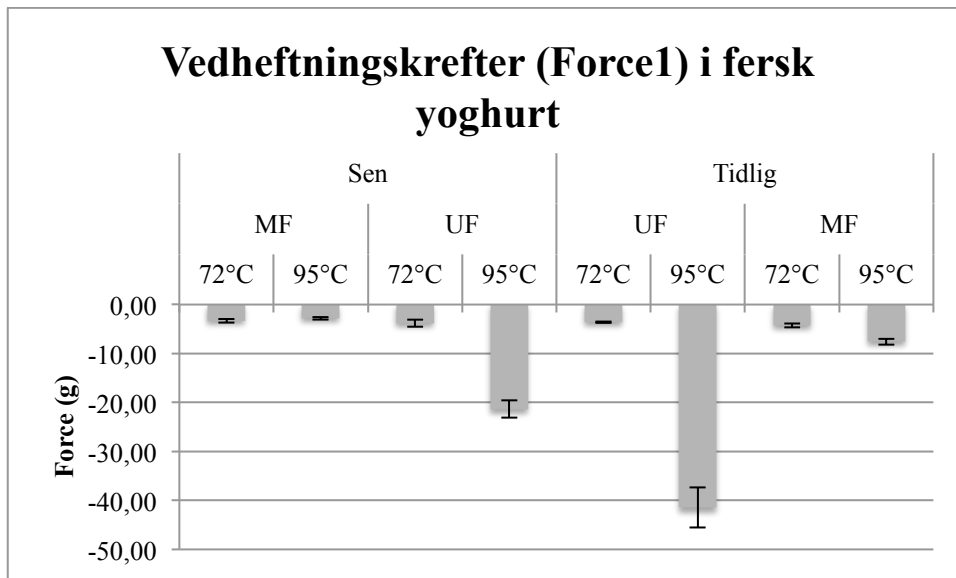
Fra Figur 16 kan en se at det var stor forskjell i kraften som krevdes for å føre proben 2,0 mm ned i yoghurtene som var laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved ulike temperaturer. Kurven viser at yoghurt laget av melk som var varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter, hadde en betydelig fastere tekstur enn den yoghurt som var laget av melk som var varmebehandlet ved 72 °C i 5 minutter. Denne forskjellen i tekstur, var tilsvarende for alle produksjonene som ble laget av UF-melk. Alle yoghurtene som ble laget med MF-melk hadde, uavhengig av varmebehandling, en tekstur som var lignende yoghurt laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 72 °C i 5 minutter. For å illustrere hvilken effekt membranfiltrering og varmebehandling hadde på produkttegenskapene til geitmelkyoghurt, er resultatene for Force1 og Force2/3 presentert i Figur 17 og Figur 18 nedenfor.



Figur 17: Maksimal påført kraft (Force2/3) ved teksturanalyse av fersk yoghurt. Et gjennomsnitt er laget for yoghurt fra samme laktasjonsperiode, med samme membranfiltrering og varmebehandling. Det er ikke tatt hensyn til kultur. Standardavviket er illustrert på søylene.

Figur 17 viser effekten av laktasjon, membranfiltrering og varmebehandling på maksimal kraft som ble påført yoghurten under teksturanalyse. En kan se at yoghurt laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 95 °C, ble påført betydelig større kraft enn de resterende yoghurtene. Det ser også ut til at denne type yoghurt i større grad ble påvirket av laktasjonsperiode, der yoghurt fra tidlig laktasjon ble påført omtrent dobbelt så stor kraft. For yoghurt laget av MF-melk fra tidlig laktasjon, som ble varmebehandlet ved 95 °C, ble det påført mer enn dobbelt så stor kraft enn for andre yoghurter laget av MF-melk.

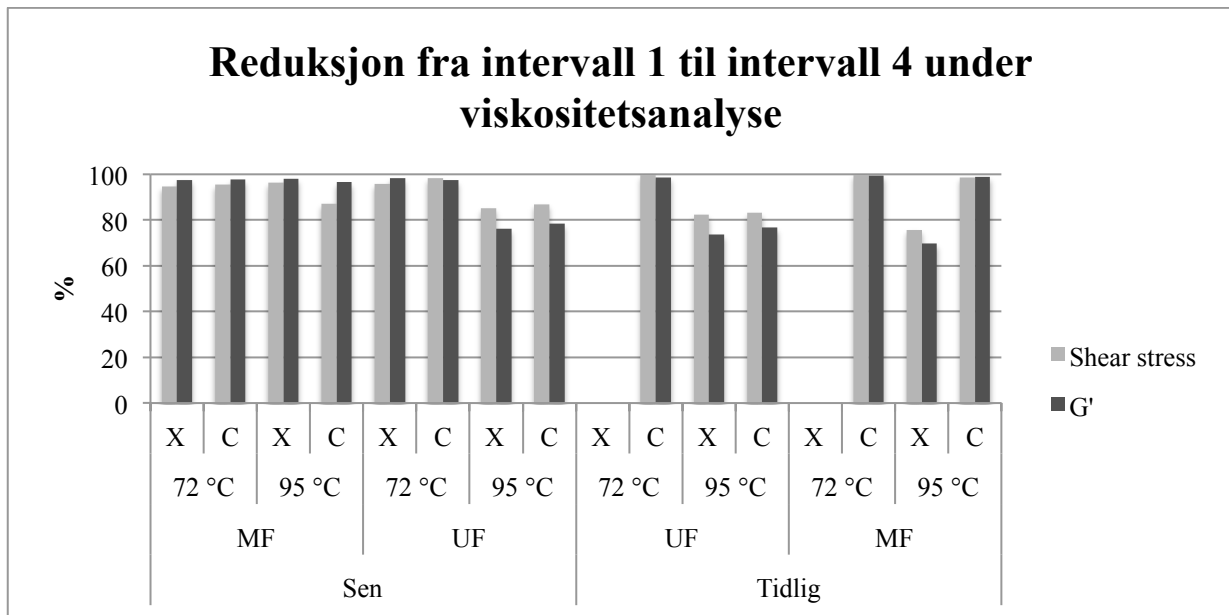
Yoghurtenes vedheftningsevner er illustrert i Figur 18, med hensikt å fremstille effekten av laktasjon, membranfiltrering og varmebehandling.



Figur 18: Vedheftningskreftene til yoghurtgelen (Force1), målt ved hjelp av teksturanalyse. Et gjennomsnitt er laget for yoghurt fra samme laktasjonsperiode, med samme membranfiltrering og varmebehandling. Det er ikke tatt hensyn til kultur. Standardavviket er illustrert på søylene.

Figur 18 viser samme trender som for maksimal påført kraft. Produktene som ble påført stor maksimal kraft, hadde samsvarende store vedheftningskrefter.

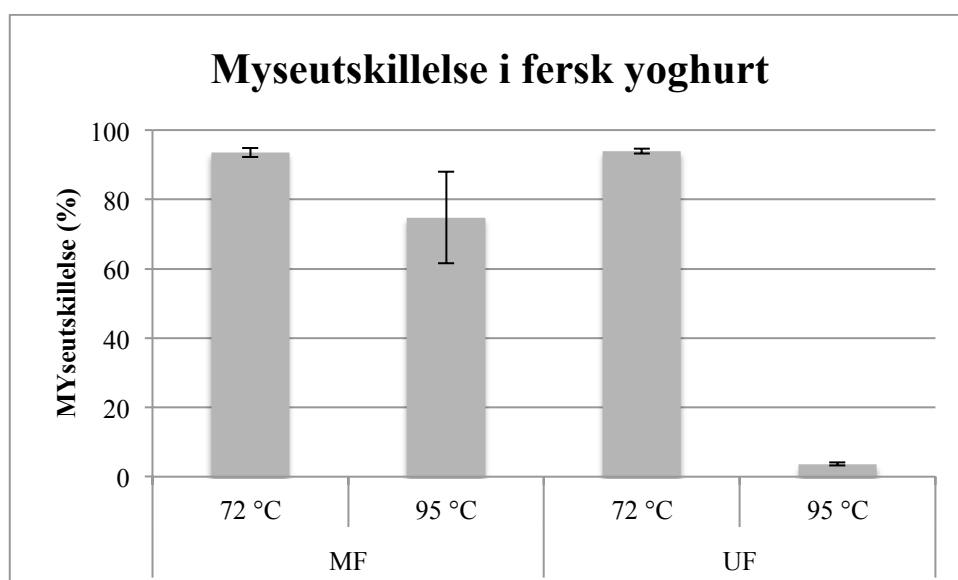
Som illustrert i Tabell 16, hadde resultatene fra viskositetsanalysen i stor grad de samme effektene av forsøksfaktorene som de en kan se fra teksturanalyse. For yoghurtene det var nødvendig å påføre stor kraft for å komme 2 mm ned i gelen, var det også høye verdier for skjærspenning og G' i viskositetsanalysen, og motsatt. Det ble gjennomført en statistisk variansanalyse for å undersøke produktenes egenskaper i intervall 1 i viskositetsanalysen i forhold til egenskaper i intervall 4. Dette var før og etter destruksjon og gjenoppbygning av yoghurtgelen. Det ble funnet signifikante forskjeller ($p < 0,001$) mellom intervall 1 og intervall 4 for G' og skjærspenning. Tøyning var ikke signifikant forskjellig mellom de to intervallene. ANOVA-tabeller fra den statistiske variansanalysen er presentert i Vedlegg 21. Figur 19 er en illustrasjon av forskjellen mellom intervall 1 og intervall 4 for de målte verdiene skjærspenning og G' , i punktet der prøven ble definert til å være utenfor det viskolineære området. Forskjellen er illustrert som reduksjon fra intervall 1 til intervall 4, for alle yoghurtene fra produksjon 1MF, 1UF, 3UF og 4MF.



Figur 19: Reduksjonen i skjærspenning og G' fra intervall 1 til intervall 4 under viskositetsanalyse av geitmelkyoghurt. Yoghurtene er delt inn etter forsøksfaktorene. Verdiene for yoghurtene fra tidlig laktasjon, varmebehandlet ved 72 °C og syrnet med yoghurtkultur YF-LX700 mangler, dette på grunn av for lave verdier oppnådd i intervall 4. Verdiene for disse ville være nær 100 %.

Figur 19 viser at det var en stor reduksjon i både skjærspenning og G' fra intervall 1 til intervall 4 under viskositetsmålingen. En kan se at reduksjonen i skjærspenning og G' var relativt lik for de forskjellige yoghurtene. Yoghurt med stor reduksjon i skjærspenning hadde også stor reduksjon i G'. Yoghurt laget av UF-melk som var varmebehandlet ved 95 °C, hadde en lavere reduksjon enn de resterende yoghurtene, bortsett fra yoghurten som var laget av MF-melk fra tidlig laktasjon, som var varmebehandlet ved 95 °C og syrnet med YF-LX700. Denne yoghurten hadde den laveste reduksjonen og skilte seg fra alle de andre yoghurtene laget av MF-melk.

Myseutskillelsen i yoghurtene var i stor grad avhengig av membranfiltreringsmetode og varmebehandling, og som vist i Tabell 16, er det gjennom statistisk variansanalyse påvist en signifikant interaksjon mellom disse to faktorene. Figur 20 viser gjennomsnittlig myseutskillelse for yoghurt med de ulike kombinasjonene av membranfiltrering og varmebehandling.



Figur 20: Myseutskillelse i yoghurt, med hensyn på membranfiltreringsmetode og varmebehandling. Standardavviket er illustrert på søylene.

Figur 20 viser at myseutskillelsen var høy i yoghurten som ble laget av MF-melk, uavhengig av varmebehandling. Mer enn 90 % av yoghurten som ble varmebehandlet ved 72 °C, rant gjennom nylonnettet som ble benyttet. Yoghurt som ble laget av MF-melk og varmebehandlet ved 95 °C, hadde et stort standardavvik. Verdien for 4MF9X var avvikende fra de resterende yoghurtene laget av MF-melk, varmebehandlet ved 95 °C. Ved å utelate denne yoghurten fra gjennomsnittet, hadde yoghurt laget av MF-melk som ble varmebehandlet ved 95 °C, en gjennomsnittlig myseutskillelse på 87,74 %, med et standardavvik på 6,06. Fra observasjoner under analysen, ble det registrert at det for yoghurt laget av MF-melk, ikke var myse som rant gjennom nylonnettet, men hele produktet. For yoghurt laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 95 °C, var myseutskillelsen lav. Et gjennomsnitt på kun 3,7 % av disse yoghurtene rant gjennom nylonnettet, i form av myse. Yoghurt laget av UF-melk som var varmebehandlet ved 72 °C, hadde myseutskillelse tilsvarende yoghurt laget av MF-melk.

4.2.3.2.1 Sensorisk vurdering

Ved sensorisk vurdering av yoghurtene, ble det i liten grad registrert forskjell på yoghurt fra sen og tidlig laktasjon, det var kun indikasjoner på at geitsmaken var mer utpreget i yoghurt fra sen laktasjon. Det ble heller ikke registrert betydelig forskjell i smak i yoghurt laget av MF- og UF-melk. Smaken var i stor grad avhengig av yoghurtkultur og en kunne i noen tilfeller registrere en interaksjon mellom varmebehandling og yoghurtkultur. Yoghurtkulturen YF-LX700 ga generelt en mildere smak enn YC-471, denne forskjellen var spesielt utpreget i

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

yoghurten laget av melk som var varmebehandlet ved 95 °C. Av disse, ble yoghurt syrnet med YC-471 beskrevet med ord som besk, for sur, oksidert og ikke god. Yoghurt syrnet med YF-LX700 ble, med unntak av 2UF9X 1 og 2UF9X2, beskrevet som gode på smak, med mild og god geitsmak og passe syrlighet. For yoghurt laget av melk som ble varmebehandlet ved 72 °C, var fortsatt yoghurtene syrnet med YF-LX700 best på smak, men forskjellen fra YC-471 virket mindre. Yoghurt syrnet med YC-471, ble også her beskrevet som for sur og i noen tilfeller besk og emmen. Det var lite yoghurt smak i samtlige produkter.

Det ble gjennomført sensorisk vurdering av både fersk og lagret yoghurt. Det var hovedsakelig samsvarende beskrivelser av smak for fersk og lagret yoghurt. For noen yoghurter var beskrivelsen noe forskjellig, men det ble både registrert positiv og negativ endring under lagring.

Den sensoriske vurderingen av konsistens, gjenspeilet i stor grad analysene som ble gjennomført av tekstur og viskositet. Det ble ikke registrert store endringer i konsistens under lagring. Yoghurt laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 95 °C, hadde en fast konsistens som kunne sammenlignes med kremost og kvarg, dette er illustrert i Figur 21.



Figur 21: Illustrasjon av typisk opprørt yoghurt laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter.

Figur 21 viser at konsistensen til yoghurt laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 95 °C, var så fast at yoghurten ble liggende på skjea uten å dryppe eller renne av. Yoghurter laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 72 °C, ble beskrevet som lite viskøse og veldig trådtrekkende. Disse variantene var relativt like alle yoghurtene laget av MF-melk fra

sen laktasjon og de fra tidlig laktasjon som var varmebehandlet ved 72 °C. Konsistensen og de trådtrekkende egenskapene til disse yoghurtene var som illustrert i Figur 22.



Figur 22: Illustrasjon av en typisk opprørt yoghurt laget av MF-melk eller yoghurt laget av UF-melk som var varmebehandlet ved 72 °C i 5 minutter.

Figur 22 viser at yoghurt laget av MF-melk og yoghurt laget av UF-melk som var varmebehandlet ved 72 °C, hadde en betydelig mer flytende oppførsel enn yoghurt laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 95 °C. Yoghurten rant raskt av skjea og hadde utpregede trådtrekkende egenskaper. Yoghurt fremstilt av MF-melk fra tidlig laktasjon og som var varmebehandlet ved 95 °C, hadde en fastere konsistens enn tilsvarende produkter fra sen laktasjon. Den trådtrekkende egenskapen var fortsatt tilstede, men noe kamuflert som følge av et mer solid gelnettverk. Denne type yoghurt hadde en konsistens som minnet mer om den tradisjonelle kumelkyoghurten.

Det var tydelig at de lite viskøse yoghurtene hadde en svak gel og var lite motstandsdyktig mot røring. Etter røring ble de mindre viskøse, men de trådtrekkende egenskapene ble beholdt. Det var tydelig at denne type yoghurt hadde et ujevnt gelnettverk med flere myselommer. Yoghurt som var syrnert med YF-LX700, hadde i noen tilfeller en mer slimete konsistens sammenlignet med YC-471. De lite viskøse yoghurtene så blanke ut både før og etter opprøring. Yoghurt som var av den faste typen, var noe matte og porøse, men ble glatte og blanke ved bearbeiding. Konsistensen til disse yoghurtene endret seg lite under røring. Notater fra de sensoriske vurderingene av yoghurtene er presentert i Vedlegg 22.

5 Diskusjon

I dette kapitlet diskuteres de viktigste resultatene opp mot oppgavens formål og knyttes til relevant teori. Begrensninger ved oppgaven diskuteres, samt forslag til fremtidig forskning.

5.1 Forforsøk

I forforsøket der MF ble benyttet til tørrstoffanrikning av melka, ble det observert at de funksjonelle egenskapene til yoghurten var avvikende fra de funksjonelle egenskapene til konvensjonell kumelkyoghurt. Det hadde ikke blitt dannet et skikkelig gelnettverk, slik som konvensjonell yoghurt gjør. Yoghurtene hadde en flytende karakter og utpregede trådtrekkende egenskaper. For å undersøke årsaken til dette, ble det gjennomført et nytt forforsøk ved bruk av nye yoghurtkulturer. Dette ble gjort for å utelukke at de valgte yoghurtkulturene var årsaken til de uventede funksjonelle egenskapene til yoghurten. Ettersom yoghurtene fra forforsøk 2 hadde tilsvarende egenskaper som yoghurten fra forforsøk 1, var det grunn til å tro at det var en annen faktor som førte til dårlig geldannelse i yoghurten. For å gå videre og undersøke hva årsaken kunne være, ble det bestemt å gjennomføre en ny produksjon, der UF ble benyttet som metode for å tørrstoffanrike melka. På denne måten, var det mulig å undersøke om det var sammensetningen av proteiner, i dette tilfellet mangel på myseproteiner, som var årsaken til at den syrnede melka ikke ville danne et skikkelig gelnettverk. Ved å benytte UF som metode for tørrstoffanrikning, ble også myseproteiner oppkonsentrert i retentatet. Ved syring av denne melka, var resultatet svært ulikt de forgående produksjonene i forhold til konsistens. Yoghurtene ble veldig viskøse, med en konsistens som minnet mye om kvarg og kremost. Yoghurtene hadde ikke lenger den trådtrekkende egenskapen, noe som kan ha vært et resultat av at produktene hadde en veldig fast konsistens. Disse observasjonene ga grunnlaget for de videre produksjonene i hovedforsøkene. Membranfiltreringsmetode, ved bruk av både MF og UF, ble inkludert som faktor for å undersøke proteinsammensetningen sin påvirkning på produktegenskaper.

5.2 Hovedforsøk

Av de undersøkte forsøksfaktorene laktasjonsperiode, membranfiltreringsmetode, varmebehandling og yoghurtkultur, var det tydelig at de mest åpenbare forskjellene mellom yoghurtene kom som et resultat av ulik membranfiltreringsmetode og varmebehandling. Disse to faktorene var av stor betydning for de funksjonelle egenskapene til yoghurten. Det ble ikke observert signifikant effekt av lagring for de funksjonelle egenskapene i yoghurt fra sen laktasjon, lagringsanalyser ble av denne grunn ikke gjennomført av yoghurt laget av melk

fra tidlig laktasjon. Ved hjelp av statistiske analyser av produkttegenskaper, var det mulig å se at kjemisk sammensetning til en viss grad ble påvirket av alle faktorene som ble undersøkt, med størst effekt av laktasjonsperiode og valg av yoghurtkultur. Det ble også registrert en forskjell i smak mellom de ulike yoghurtene, der det i stor grad var bruk av yoghurtkultur som var av betydning. Effektene av laktasjonsperiode, membranfiltreringsmetode, varmebehandling og yoghurtkultur på produktkvalitet og årsaker til disse effektene, diskuteres detaljert i de neste kapitlene.

5.2.1 Laktasjonsperiode

Som følge av sesongbasert laktasjon hos geit, er det forventet noen variasjoner i sammensetningen av samlemelka gjennom laktasjonsperioden. Proteiner, fett, laktose og mineraler er blant komponentene som varierer fra tidlig laktasjon til sent i laktasjonen (Brendehaug & Abrahamsen 1986). Variasjoner i sammensetningen av melka som følge av laktasjonsperiode og laktasjonsperiodens effekt på produktkvalitet oppnådd i denne oppgaven, er presentert nedenfor.

5.2.1.1 Kjemisk sammensetning

Det ble funnet signifikant forskjell i innhold av tørrstoff, fett og laktose i ubehandlet melk, med et høyere innhold i melka fra sen laktasjon. Innholdet av protein var tydelig høyere i melk fra sen laktasjon, men grunnet store variasjoner i leveransene fra hver laktasjonsperiode, ble det ikke detektert en signifikant effekt ved statistisk variansanalyse. Disse funnene stemmer godt overens med det som ble observert i studien til Brendehaug og Abrahamsen (1986). I ferdig yoghurtblanding var ikke disse effektene lenger signifikante, slik at variasjon av disse komponentene skulle i teorien ikke ha en stor effekt på produkttegenskaper.

Glukose fantes kun i geitmelka fra sen laktasjon, i en mengde på 28,36 ppm. Innholdet var relativt lavt i forhold til innhold i ferdig syrnet yoghurt, som hadde et gjennomsnittsinhold på 88,21 ppm. En kan tenke seg at tilstedeværelse av glukose i melka før syrning, kunne føre til en hurtigere produksjon av melkesyre i startfasen av syrningen. Dette ble ikke undersøkt, og en eventuell slik effekt ville sannsynligvis ha lite å si for sluttproduktet. Etter syrning var ikke innholdet av glukose lenger signifikant forskjellig mellom de to laktasjonsperiodene. Glukose er et nedbrytningsprodukt fra laktose og brytes videre ned til melkesyre under fermentering (Tamime et al. 2006). Det er derfor ikke forventet store ulikheter i glukoseinnhold i ferdig syrnet yoghurt, som følge av laktasjonsperiode.

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

Ved statistisk variansanalyse av yoghurtblandingene, ble det påvist signifikante effekter av laktasjonsperiode på innhold av flere kjemiske komponenter. Av organiske syrer gjaldt dette sitronsyre og urinsyre. Før syrning av yoghurtblandingene, var det et signifikant høyere innhold av urinsyre i melk fra sen laktasjon, denne effekten var ikke lenger signifikant etter syrning. Innholdet av sitronsyre i geitmelka var signifikant forskjellig mellom sen og tidlig laktasjon, med mer enn dobbelt så høyt innhold i tidlig laktasjon. Dette er i god overensstemmelse med resultatene som Brendehaug og Abrahamsen (1986) fikk, der de observerte en gradvis reduksjon i innholdet av sitronsyre gjennom hele laktasjonsperioden, kun med en liten økning mens geitene var på beite. Innhold av sitronsyre er ikke viktig for dannelse av aromakomponenter i yoghurt, grunnet yoghurtbakterienes manglende sitronsyremetabolisme, men sitronsyreinholdet kan påvirke mineralbalansen mellom kolloidalfase og serumfase (Brendehaug & Abrahamsen 1986). Dette kan igjen gi en effekt på koagulering og dannelse av en syregel. Effekten av laktasjonsperiode på innhold av sitronsyre var fremdeles signifikant i ferdig syrnet yoghurt. Som en følge av at yoghurtbakteriene ikke fermenterer sitronsyre, er det forventet et likt innhold i yoghurtblanding og yoghurt. Dette stemte ganske godt, med kun en liten reduksjon for sen laktasjon og en liten økning for tidlig laktasjon, fra innhold i yoghurtblanding til innhold ferdig syrnet yoghurt.

Under syrning var det en ulik reduksjon av orotinsyre i yoghurten som følge av laktasjonsperiode, med et signifikant lavere innhold i yoghurt fra tidlig laktasjon. Pyroglutaminsyre ble produsert i signifikant større mengder i yoghurt som var laget av melk fra sen laktasjon, sammenlignet med yoghurt fra tidlig laktasjon. Disse effektene er vanskelig å forklare, spesielt når disse effektene ikke var tilstede før syrning. Pyroglutaminsyre dannes forøvrig fra glutaminsyre og forutsetter derfor at glutaminsyre er frigjort fra proteiner (Tschager & Jager 1988). Det var et signifikant lavere innhold av glutaminsyre i yoghurt laget av melk fra sen laktasjon, sammenlignet med yoghurt laget av melk fra tidlig laktasjon, noe som kan kobles til et signifikant høyere innhold av pyrodruesyre i yoghurt laget av melk fra sen laktasjon, sammenlignet med tidlig laktasjon. Produksjonen av melkesyre i yoghurt var også signifikant avhengig av laktasjonsperiode. Melkesyre ble produsert i større mengder i yoghurt laget av melk fra tidlig laktasjon, sammenlignet med sen laktasjon. Melkesyre dannes ved fermentering av laktose, laktose brytes ned til galaktose og glukose, og glukose fermenteres videre til melkesyre (Tamime et al. 2006). Som nevnt tidligere, var det ingen signifikant forskjell i laktoseinnhold i yoghurtblandingene, slik at signifikant forskjellig innhold av melkesyre i yoghurten, skyldes sannsynligvis ulik bufferkapasitet i melka.

Syrningen gikk tregere i melk fra tidlig laktasjon, noe som tyder på en større bufferkapasitet i melka, som kan ha ført til større produksjon av melkesyre i yoghurt. Innholdet av laktose var signifikant høyere i yoghurt laget av melk fra tidlig laktasjon enn sen laktasjon, noe som er vanskelig å koble opp mot et signifikant høyere innhold av melkesyre i samme yoghurt. Når innhold av laktose i utgangspunktet er lik, som i dette tilfellet, vil en forvente at yoghurt med høyt innhold av laktose etter fermentering, skulle ha et lavere innhold av melkesyre i forhold til yoghurt med lavt et innhold av laktose.

2-butanon og aceton er flyktige forbindelser som er forventet å være tilstede i melka før syring (Narvhus 2015). For 2-butanon var tilstedeværelsen signifikant avhengig av laktasjonsperiode og var kun tilstede i melk fra tidlig i laktasjonsperioden.

Gjennomsnittsinholdet av aceton var betydelig større i yoghurtblandingen fra tidlig laktasjon, sammenlignet med yoghurtblandingen fra sen laktasjon. Dette kom imidlertid ikke frem som en signifikant effekt av laktasjon i yoghurtblandingen, men etter syring var innholdet noe redusert og forskjellen mellom laktasjonsperiodene var signifikant, fremdeles med størst innhold i tidlig laktasjon. Det var en signifikant effekt av laktasjonsperiode på produksjon av etanol i yoghurten, med et noe høyere innhold i yoghurt fra tidlig laktasjon, sammenlignet med yoghurt fra sen laktasjon. Smaksterskelen er relativt høy for etanol og mengdene som ble produsert i denne yoghurten, var sannsynligvis ubetydelige for produktkvaliteten (Walstra et al. 2006b). Acetoin ble produsert i signifikant større mengder i yoghurt fra sen laktasjonsperiode, sammenlignet med tidlig laktasjon. I yoghurt dannes acetoin hovedsakelig som følge av alternativ pyrodruesyremetabolisme, og settes ofte i sammenheng med produksjon av diacetyl, som er en bidragsyter til smak i yoghurt (Tamime et al. 2006; Walstra et al. 2006b). Innhold av diacetyl i yoghurten ble ikke signifikant påvirket av laktasjonsperiode, det ble heller ikke innhold av acetaldehyd. Ved sensorisk bedømmelse av yoghurten, ble det ikke registrert betydelige forskjeller i smak som følge av laktasjonsperiode.

Laktasjonsperiode hadde signifikant effekt på innhold av flere frie aminosyrer i yoghurtblandingen. Dette gjaldt L-asparagin, L-serin, L-histidin, L-treonin, L-citrullin, L-alanin, GABA, L-tyrosin, L-isooleucin, L-tryptofan og L-lysin. For alle disse var innholdet signifikant størst i melk fra tidlig laktasjon, sammenlignet med yoghurt fra sen laktasjon. I følge Narvhus (2015), var innholdet av den frie aminosyren GABA i melk fra tidlig laktasjon uventet høyt. GABA var ikke tilstede i melk fra sen laktasjon. Innholdet av den frie aminosyren GABA var også høyt i syret yoghurt, med 1,46 $\mu\text{mol/g}$ i yoghurt fra tidlig

laktasjon og 0,69 $\mu\text{mol/g}$ fra sen laktasjon. Etter fermentering var det ikke lenger en signifikant effekt av laktasjon på innhold av de frie aminosyrene L-asparagin, L-alanin og L-tyrosin. Det var imidlertid en økning i innhold av disse frie aminosyrene fra yoghurtblanding til ferdig syrnet yoghurt. For de frie aminosyrene som fremdeles hadde en signifikant effekt av laktasjon i syrnet yoghurt, var det også en økning i innhold fra yoghurtblanding til yoghurt. Dette tyder på at yoghurtbakteriene har hatt proteolytisk aktivitet under syningen og at forbruket av disse aminosyrene har vært lavere enn frigjøringen fra proteiner. For de frie aminosyrene L-glutaminsyre, glycin, L-arginin og L-metionin, var det ingen signifikant effekt av laktasjon i yoghurtblanding, men i ferdig syrnet yoghurt var innholdet av disse frie aminosyrene signifikant avhengig av laktasjonsperiode. Innholdet av L-glutamin og glycin ble redusert under syring, innholdet var signifikant lavere i yoghurt fra sen laktasjon, sammenlignet med yoghurt fra tidlig laktasjon. Innholdet av L-arginin og L-metionin økte under syring, og oppnådde et signifikant høyere innhold i yoghurt fra sen laktasjon, sammenlignet med yoghurt fra tidlig laktasjon.

Mineralinnhold i geitmelka ble i stor grad påvirket av laktasjonsperiode. Innholdet av kalium, magnesium, natrium og fosfor var signifikant høyere i melka fra sen laktasjon sammenlignet med tidlig laktasjon. For kalsium var det en motsatt signifikant effekt, med et høyere innhold i tidlig laktasjon. Sammenlignet med studien til Brendehaug og Abrahamsen (1986), er disse resultatene i overensstemmelse for kalium, magnesium, natrium og fosfor, med signifikant høyere konsentrasjon i melk fra sen laktasjon, enn i melk fra tidlig laktasjon. For kalsium viste resultatene til Brendehaug og Abrahamsen (1986) motsatt trend, i forhold til resultatet fra denne studien. Denne forskjellen kan være et resultat av avl på geiter med andre genetiske egenskaper, som også kan ha resultert i en endring i produksjon av kalsium i melka. En annen årsak kan være at melkeuttakene til produksjonene i denne oppgaven var få og fra veldig sent og veldig tidlig i laktasjonsperioden, slik at det ikke nødvendigvis er representativt for melk fra en litt lengre periode sent og tidlig i laktasjonsperioden. I yoghurtblandingene var det kun magnesium og natrium som var signifikant forskjellig mellom laktasjonsperiodene, med lavere konsentrasjon i melk fra tidlig laktasjon, sammenlignet med sen laktasjon. Endringen i mineralbalansen i melka fra ubehandlet melk til yoghurtblanding, kan knyttes opp til membranfiltreringsprosessen. Dette diskuteres nærmere i kapittel 5.2.2.1.

5.2.1.2 Funksjonelle egenskaper

Laktasjonsperiode hadde i liten grad effekt på de funksjonelle egenskapene til yoghurten. Resultatene fra viskositetsanalysen viste kun en signifikant effekt på tøyningen i punktet der

yoghurten var definert å være utenfor det viskolineære området. Det så ut som at yoghurt laget med melk fra sen laktasjon kunne utsettes for en større tøying enn yoghurt laget fra tidlig laktasjon. Årsaken til dette resultatet er usikkert, men det kan ha en sammenheng med de trådtrekkende egenskapene i yoghurt. Et produkt med større grad av trådtrekkende egenskaper, kan tenkes å tåle en større tøying. Hvis så er tilfellet, var de trådtrekkende egenskapene mer utpreget i yoghurt fra sen laktasjon. Grad av trådtrekkende egenskaper ble ikke undersøkt på noen annen måte, utenom ved sensorisk bedømmelse. Den sensoriske bedømmelsen var ikke detaljert nok til å kunne detektere om de trådtrekkende egenskapene var ulike som følge av laktasjonsperiode.

Av yoghurtene som var laget av MF-geitmelk som ble varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter, var det betydelig forskjell i funksjonelle egenskaper mellom de to laktasjonsperiodene. Her manglet det gjentak, slik at årsaken til dette er noe usikker. Yoghurt fra sen laktasjon oppnådde tilsvarende egenskaper som yoghurt som ble varmebehandlet ved 72 °C i 5 minutter. Yoghurt fra tidlig laktasjon oppnådde funksjonelle egenskaper som lignet mer på konvensjonell kumelkyoghurt. Produksjonen som oppnådde funksjonelle egenskaper lignende konvensjonell kumelkyoghurt, ble pasteurisert ved 72 °C i 15 sekunder i sammenheng med separeringen av fett, grunnet utstyrsmessige begrensninger. Dette var en høyere varmebehandling enn det de andre produksjonene ble utsatt for før membranfiltrering. De mer viskøse egenskapene til yoghurt fra produksjonen som ble pasteurisert før MF, kan være et resultat av tidlig laktasjon, at melka ble pasteurisert før MF eller en kombinasjon av disse to. Sammensetningen til yoghurtblandingen ble styrt i forhold til protein- og fettinnhold. Dersom en mer viskøs konsistens i yoghurt var en effekt av laktasjonsperiode, kan dette ha vært i forhold til sammensetningen av proteiner, hovedsakelig kaseinene, i melka eller variasjon i andre kjemiske komponenter, som for eksempel mineraler eller sitronsyre. Pasteurisering før MF av melka, kan ha ført til denaturering av noe myseprotein som kan ha fulgt med i retentatet under mikrofiltrering. Dette kan ha vært tilstrekkelig til å legge et bedre grunnlag for dannelse av et proteinnettverk ved syring.

5.2.2 Membranfiltrering

Ved bruk av UF og MF, med spesifikasjoner som i denne oppgaven, er det hovedsakelig forventet en forskjell i proteinsammensetning, med ulikt forhold mellom myseproteiner og kaseiner i melka. Proteinsammensetningen kan ha en betydning for dannelse av et proteinnettverk under syring av yoghurt (Jørgensen et al. 2015).

5.2.2.1 Kjemisk sammensetning

Det var forventet at MF og UF skulle gi yoghurtblandinger med et ulik forhold mellom løselig myseprotein og kasein. Som følge av at MF skulle gi en oppkonsentrering av kaseiner og UF skulle gi en konsentrering av både myseproteiner og kaseiner, var det forventet et større Mp:Ka forhold i yoghurtblanding konsentrert ved UF, sammenlignet med yoghurtblanding konsentrert med MF. Det var tydelig et gjennomsnittlig høyere Mp:Ka forhold i yoghurtblandingen som ble konsentrert ved bruk av UF i forhold til MF, denne forskjellen ble imidlertid ikke påvist å være signifikant. Dette skyldes sannsynligvis at Mp:Ka forholdet var så forskjellig mellom yoghurtblandingen som var konsentrert med samme membranfiltreringsmetode, slik at forskjellen mellom membranfiltreringsmetode ikke var signifikant.

Etter syring av yoghurtblandingen, var det signifikant effekt av membranfiltreringsmetode på innhold av både laktose og glukose. Det var et gjennomsnittlig høyere innhold av de to karbohydratene i yoghurt laget av UF-melk, sammenlignet med MF-melk. Dette var effekter som ikke viste seg som signifikante i yoghurtblandingen, men som kom frem etter syring. Det kan tenkes at dette er et resultat av ulik bufferkapasitet i yoghurtblandingen som har blitt behandlet med ulik membranfiltreringsmetode. Det kan se ut som at yoghurtblandingen laget med MF-melk har hatt en større bufferkapasitet enn UF-melk, noe som kan ha ført til et større forbruk av laktose og glukose i yoghurt laget av MF-melk. Den ulike bufferkapasiteten mellom melk som var konsentrert med MF og UF, tyder på at kaseiner har større bufferkapasitet enn myseproteiner. Det kan også settes i sammenheng med større frigjøring av aminosyrer i yoghurt som var laget av MF-melk, sammenlignet med yoghurt laget av UF-melk. Det kan ha gitt yoghurtbakteriene et bedre næringsgrunnlag og ført til økt fermentering, som vil gi et lavere innhold av laktose og glukose i MF-melk, enn i UF-melk. Når laktoseinnholdet i melka opprinnelig er likt og en oppnår et signifikant høyere innhold av laktose i yoghurt laget av UF-melk, er det en forventning om at innholdet av melkesyre skulle være signifikant lavere i samme yoghurt, som følge av at fermentering av laktose fører til dannelse av melkesyre i tilsvarende konsentrasjoner (Tamime et al. 2006). Dette var ikke tilfellet, det ble ikke funnet signifikant effekt av membranfiltreringsmetode på innhold av melkesyre i yoghurt.

Valg av membranfiltreringsmetode påvirket i liten grad innhold av organiske syrer, flyktige forbindelser og frie aminosyrer i yoghurtblandingen. Det var kun en signifikant effekt på innhold av L-serin, med et signifikant høyere innhold i yoghurtblandingen laget av MF-melk,

sammenlignet med UF-melk. Denne effekten var ikke tilstede etter syrning. I syrnet yoghurt var det flere signifikante effekter av membranfiltreringsmetode på innhold av frie aminosyrer. Dette gjaldt glycin, L-tyrosin, L-valin, L-isoleucin og L-leucin, som forekom i høyere konsentrasjoner i yoghurt laget av MF-melk, sammenlignet med yoghurt laget av UF-melk. Innholdet av glycin ble redusert gjennom prosessen fra yoghurtblanding til ferdig syrnet yoghurt, og oppnådde et signifikant lavere innhold i yoghurt laget av UF-melk, sammenlignet med MF-melk. En høyere konsentrasjon av de frie aminosyrene L-tyrosin, L-valin, L-isoleucin, og L-leucin i yoghurt laget av MF-melk, kan være relevant å diskutere opp mot sammensetningen av proteiner i yoghurtblandingen. MF-melk hadde en større andel kaseiner i forhold til myseproteiner, og en trekke resultatene i den retning, at det kan tyde på at kaseiner er mer utsatt for proteolytisk aktivitet. Aminosyrer vil da frigjøres i større grad fra kaseiner, sammenlignet med myseproteiner, og kan være årsaken til en signifikant større grad av frigjøring av L-tyrosin, L-valin, L-isoleucin og L-leucin i yoghurt laget av MF-melk. De ulike proteinenes påvirkning av proteolytisk aktivitet, er nødvendig å undersøke nærmere for å trekke en slik konklusjon. Effekten kan også tenkes å være knyttet til kun spesifikke aminosyrer i proteinene.

Innhold av acetaldehyd er viktig for å oppnå en yoghurtaroma i produktet.

Acetaldehydinnholdet var ikke signifikant forskjellig mellom yoghurt laget av UF-melk og MF-melk, men det ble oppnådd et gjennomsnittlig innhold på 16,5 ppm i produktene. Dette er et nivå som er innenfor det som er normalt for yoghurt fremstilt av kumelk i Norge (Narvhus 2015). Med utgangspunkt i studien til Rysstad et al. (1990), som oppnådde et innhold av acetaldehyd på 10,6 ppm i geitmelkyoghurt, var det forventet et relativt lavt innhold av acetaldehyd i geitmelkyoghurten laget i denne oppgaven. Marshall og El - Bagoury (1986) gjennomførte en studie der de sammenlignet geitmelkyoghurt fremstilt ved bruk av ulike metoder for å tørrstoffanrike melka. De observerte en betydelig økning i produksjon av acetaldehyd i yoghurt av UF-geitmelk, sammenlignet med yoghurt laget av geitmelk uten tørrstoffanrikning. Uten tørrstoffanrikning, var acetaldehydinnholdet 18,4 ppm og ved oppkonsentrering av tørrstoff til 17,4 % ved UF, oppnådde de et innhold på 30, 8 ppm acetaldehyd i produktet. Dette var betydelig større verdier enn det Rysstad et al. (1990) oppnådde, og ligner mer på det innholdet som ble oppnådd i geitmelkyoghurt laget i denne oppgaven, hvor yoghurtblandingene hadde et tørrstoffinnhold på 18-20 %.

Acetaldehydinnholdet som ble oppnådd i yoghurt laget i disse tre studiene var varierende. Det er flere mulige årsaker som kan ha ført til et ulikt innhold av acetaldehyd, blant annet var det sannsynligvis ulik sammensetning av melka som følge av bruk av melk fra geiter med ulike

genetiske egenskaper, i tillegg ble det benyttet ulik metode og ulik grad av tørrstoffanrikning. Forskjellen i oppnådd acetaldehydinnhold kan også skyldes bruk av ulike yoghurtkulturer ved syring. I denne oppgaven ble det registrert en signifikant forskjell i innhold av acetaldehyd i yoghurt syrnet med de to forskjellige yoghurtkulturene. Dette diskuteres nærmere i kapittel 5.2.4.2.

Innholdet av pyrodruesyre, 2-metyl-propanal og 2-metyl-1-propanol var høyere i yoghurt laget av UF-melk, sammenlignet med MF-melk. Pyrodruesyre er en metabolitt som både dannes og brytes ned ved alternativ pyrodruesyremetabolisme under fermentering (Tamime et al. 2006). Pyrodruesyre er også en mellommetabolitt i nedbrytningen av de forgrenede aminosyrene valin, isoleucin og leucin til 2-metyl-propanal og 2-metyl-1-propanol (Ardö 2006).

I teorien skal ikke mineraler som er løst i serumfase i melka konsentreres opp i hverken retentat eller permeat ved MF eller UF. Membranene som benyttes i disse prosessene, har så store porer at mineralene skal kunne passere fritt igjennom (Walstra et al. 2006d). Noen mineraler finnes derimot i kompleks med andre komponenter i melka, slik som kalsium, fosfor og magnesium er i kaseinmicellen. For kalsium, magnesium og fosfor ble det derfor registrert stor økning i konsentrasjon fra ubehandlet melk til ferdig yoghurtblanding. Det vil si at en større andel av mineralene fulgte med i retentatet ved membranfiltreringen. Dette skyldes sannsynligvis at disse mineralene befinner seg i kolloidal fase i melka og dermed følger med kaseinmicellene i retentatet. For kalsium og fosfor kunne en også se at økningen i innhold var størst i MF-melk, noe som er forventet som følge av at MF-retentat inneholder en større andel kaseinmiceller enn det UF-retentat gjør. For kalium og natrium ble det ikke observert noe mønster i endring i konsentrasjon mellom ubehandlet melk og yoghurtblanding, det vil si at disse mineralene var i omtrent lik konsentrasjon i retentat og permeat, slik som forventet.

5.2.2.2 Funksjonelle egenskaper

Membranfiltreringsmetode hadde stor signifikant effekt på de funksjonelle egenskapene til yoghurten. Det ble samtidig påvist en signifikant effekt av interaksjon mellom membranfiltreringsmetode og varmebehandling på de funksjonelle egenskapene til yoghurten.

I denne oppgaven, ble det registrert store forskjeller i funksjonalitet mellom yoghurt produsert av melk konsentrert med ulik membranfiltreringsmetode som var varmebehandlet

ved 95 °C i 5 minutter. Yoghurt som var produsert av MF-melk, hadde en løs og trådtrekkende konsistens som kunne minne om tettemelk, mens yoghurt laget av konsentrert melk ved hjelp av UF, var veldig fast, med en konsistens som lignet kvarg eller kremost framfor yoghurt. Denne forskjellen mellom MF og UF var ikke tilstede når melka ble varmebehandlet ved 72 °C i 5 minutter før syring. Det var dermed en interaksjon mellom membranfiltreringsmetode og varmebehandling som påvirket konsistensen til yoghurten. For å oppnå en yoghurt med veldig viskøse egenskaper, måtte melka konsentreres ved UF og varmebehandles ved 95 °C. Det var derfor grunn til å tro at det var avgjørende med myseproteiner tilstede i melka og at melka måtte varmebehandles tilstrekkelig, slik at nok myseproteiner ble denaturert. Det var ett unntak for yoghurtene som var laget av MF-melk, som nevnt tidligere, dette gjaldt produksjonen i tidlig laktasjon og yoghurten laget av melk som ble varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter. Her kan det også tenkes at det var en interaksjon med laktasjonsperiode. I denne oppgaven var det ikke datagrunnlag nok til å undersøke dette.

Marshall og El - Bagoury (1986) undersøkte effekten av ulike metoder til å tørrstoffanrike geitmelk til yoghurtproduksjon. De undersøkte bruk av UF, RO og tilsetning av geitmelkpulver. I studien oppnådde de bedre konsistens i yoghurtene som ble tørrstoffanriket ved bruk av UF og geitmelkpulver, enn ved RO. Av disse to metodene, ble UF vurdert som best egnet metode til å tørrstoffanrike geitmelk til yoghurtproduksjon, både med tanke på konsistens og aroma i produktet. Studien til Karademir et al. (2002) støtter opp om at UF gir bedre konsistens i geitmelkyoghurt, denne studien undersøkte effekt av fordampning, UF og tilsetning av geitmelkpulver som metode for å tørrstoffanrike geitmelka. Disse studiene viser til at bruk av UF til produksjon av geitmelkyoghurt, er en god metode for å oppnå en yoghurt med ønsket konsistens og aroma. Domagala (2012) undersøkte konsistens, struktur og myseutskillelse i yoghurt som var laget av UF- geitmelk med ulik grad av oppkonsentrering, og oppnådde en fastere yoghurt med økt konsentrering. Etter en oppkonsentrering av protein til $7,35 \pm 0,24$ %, ble yoghurten beskrevet som for fast og med en for kompakt struktur, en struktur som er typisk for kremost og ikke for yoghurt. Dette proteininnholdet var betydelig lavere enn det som ble benyttet i denne oppgaven, og det kan derfor forventes at yoghurtene som ble laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter, oppnådde en så fast konsistens som det de gjorde. Domagala (2012) fant at produksjon av geitmelkyoghurt med UF som konsentreringsmetode, førte til økning i kaseinmicellestørrelse og økt binding mellom kaseinmicellene. Proteinnettverket var mer kompakt og hadde mindre tomrom. Det

ble også observert redusert myseutskillelse med økt konsentreringsgrad. Dette er resultater som ligner på det som ble oppnådd i denne oppgaven for yoghurt laget av UF melk, som var varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter.

Det er gjennomført lite forskning på bruk av MF av melk til yoghurtproduksjon. Ved bruk av MF-retentat og UF-retentat til yoghurtproduksjon, er den store forskjellen proteinsammensetningen i melka. I studien til Jørgensen et al. (2015), ble effekt av mengde myseprotein i melka og grad av varmebehandling før syrning av kumelkyoghurt undersøkt. Det ble benyttet MF-retentat og UF-retentat av MF-permeatet til å blande yoghurtblandinger med ønsket Mp:Ka forhold. I studien ble det observert at et økt Mp:Ka forhold i melka ga en fastere syregel. Det ble utført tilsvarende viskositetsanalyser av yoghurtene som i denne oppgaven, og det ble observert en større G' verdi for yoghurt varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter, sammenlignet med yoghurt varmebehandlet ved 75 °C i 5 minutter. Dette gjaldt kun for yoghurt der retentatet var tilsatt myseproteiner og ikke i kontrollen med 10:90 forhold mellom myseprotein og kasein. Kontrollen i den studien, hadde et tilnærmet likt Mp:Ka forhold som yoghurt laget av MF-melk i denne oppgaven og yoghurtblandingen konsentrert med UF i denne oppgaven, hadde et tilnærmet Mp:Ka forhold på 25:75, som også ble benyttet i studien til Jørgensen et al. (2015). Studien til Jørgensen et al. (2015) kan derfor sammenlignes med det som er gjennomført på geitmelk i denne oppgaven, der det også var større verdier for G' i yoghurt laget av melk med økt innhold av myseprotein og som var varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter. I denne oppgaven var det betydelig lavere viskositet i yoghurtene som oppnådde lavest viskositet, enn det Jørgensen et al. (2015) oppnådde i sin studie.

Det så ut til at det var avgjørende at det var en viss andel myseproteiner i yoghurtblandingen for at det skulle dannes et skikkelig proteinnettverk under syrning når melka var varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter. I MF-melka var ikke andel myseproteiner tilstrekkelig til å bidra til dannelse av et proteinnettverk. I UF-melka var innholdet av myseproteiner tilstrekkelig til å danne et gelnettverk, men yoghurten ble betydelig mer viskøs enn det som er ønskelig for en normal yoghurt. Dette er sannsynligvis et resultat av for høyt innhold av denaturerte myseproteiner i melka. Et relativt høyt fettinnhold i yoghurten kan også ha vært medvirkende til å gi en fast gel. Ved å for eksempel redusere proteininnholdet eller modifisere forholdet mellom myseproteiner og kaseiner i melka, vil en kunne oppnå et produkt med en konsistens som ligner mer på konvensjonell yoghurt. Et alternativ til å endre proteininnhold eller proteinsammensetning i melka, kan være å benytte en varmebehandling

som gir lavere denatureringsgrad enn det 95 °C i 5 minutter gjør og større denatureringsgrad enn det 72 °C i 5 minutter gjør.

5.2.3 Varmebehandling

Varmebehandling er avgjørende for denaturering av myseproteinene i melka, som igjen har en effekt på dannelse av proteinnettverk under syrning av yoghurt (Raynal & Remeuf 1998; Remeuf et al. 2003). Bruk av ulik varmebehandling viste seg å hovedsakelig ha en signifikant effekt på de funksjonelle egenskapene i yoghurt. Ulik varmebehandling ga i tillegg en signifikant effekt på noen kjemiske komponenter i yoghurten. Effektene av varmebehandling er diskutert i detalj nedenfor.

5.2.3.1 Kjemisk sammensetning

I denne oppgaven ble det funnet signifikante forskjeller i innhold av laktose, acetaldehyd, maursyre, L-asparaginsyre og L-citrullin i yoghurt som følge av ulik varmebehandling. Yoghurt laget av melk som ble varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter, hadde større økning i innhold av acetaldehyd og L-asparaginsyre, og en større reduksjon i innhold av laktose og L-citrullin, sammenlignet med yoghurt laget av melk som ble varmebehandlet ved 72 °C. Det kan tenkes at dette kan være en følge av at melk som er varmebehandlet ved høyere temperaturer, har større grad av denaturering, som kan gi yoghurtbakteriene et bedre næringsgrunnlag. Dette vil kunne føre til økt acetaldehydproduksjon og et økt forbruk av laktose.

Det ble påvist et signifikant lavere innhold av maursyre i yoghurt laget av melk som ble varmebehandlet ved 72 °C i 5 minutter, sammenlignet med yoghurt laget av melk som ble varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter. Det ble imidlertid funnet en interaksjon mellom varmebehandling og yoghurtkultur for produksjon av maursyre ved syrning. Denne viste at den signifikante effekten av varmebehandling kom frem ved bruk av yoghurtkultur YF-LX700, med høyest innhold, 49,30 ppm, i yoghurt laget av melk som var varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter og lavest innhold, 11,65 ppm, i yoghurt laget av melk som ble varmebehandlet ved 72 °C i 5 minutter. Uavhengig av varmebehandling, var yoghurten som ble syrnet med YC-471 ikke signifikant forskjellig fra yoghurt syrnet med YF-LX700. Yoghurt syrnet med YC-471 hadde imidlertid en motsatt trend enn yoghurt syrnet med YF-LX700, med lavere innhold av maursyre i yoghurt laget av melk som var varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter, sammenlignet med 72 °C i 5 minutter. Det har vært diskutert en mulig effekt av varmebehandling på innhold av maursyre i yoghurt. Økt varmebehandling skal i den

sammenheng ha ført til et økt innhold av maursyre i yoghurten (Tamime & Robinson 2000). Det kan se ut som at effekten av varmebehandling i stor grad er avhengig av hvilken yoghurtkultur melka blir syrnet med.

5.2.3.2 Funksjonelle egenskaper

Grad av varmebehandling hadde signifikant effekt på de funksjonelle egenskapene til yoghurt som var fremstilt av UF-melk. Den samme effekten ble ikke i like stor grad observert for yoghurt laget av MF-melk. Som tidligere nevnt, var det en signifikant interaksjon mellom membranfiltrering og grad av varmebehandling, sannsynligvis i forhold til tilstedeværelse av myseproteiner og denaturering av disse.

I denne oppgaven ble det hovedsakelig laget yoghurt med to forskjellige varianter av funksjonelle egenskaper. Varmebehandling av UF-melka ved 95 °C i 5 minutter før syring, førte til dannelse av et veldig viskøst gelnettverk i yoghurten, mens varmebehandling ved 72 °C i 5 minutter ga en lite viskøs yoghurt. Dette kan settes i sammenheng med denaturering av myseproteinene i melka. Raynal og Remeuf (1998) undersøkte effekten av ulike varmebehandling på denaturering av myseprotein i geitmelk. Med en varmebehandling på 75 °C i 10 minutter, var i overkant av 20 % av myseproteinene i geitmelk denaturert. Ved en varmebehandling på 85 °C, observerte Raynal og Remeuf (1998) at 80 % av myseproteinene i geitmelk var denaturert i løpet av 1 minutt, dette holdt seg stabilt i løpet av 10 minutters varmebehandling, og viste seg å være maksimal denatureringsgrad. Det samme gjaldt for varmebehandling ved 90 °C. Når en legger til grunn forsøket til Raynal og Remeuf (1998), kan en i denne oppgaven forvente seg en lav denatureringsgrad av myseproteiner (<20 %) i geitmelk varmebehandlet ved 72 °C i 5 minutter. Ved varmebehandling på 95 °C i 5 minutter, kan en derimot forvente seg en maksimal denatureringsgrad, på om lag 80 % av myseproteinene. Dette gir en forventning om at yoghurt som er laget av geitmelk med myseproteiner tilstede, har ulike geldannende egenskaper når den er varmebehandlet ved 72 °C i 5 minutter, enn ved 95 °C i 5 minutter (Raynal & Remeuf 1998; Remeuf et al. 2003).

Det er også observert endringer i kaseinmicellenes størrelse i geitmelk, som et resultat av varmebehandling. Raynal og Remeuf (1998) viste at kaseinmicellene i geitmelk økte med 25 % i størrelse etter varmebehandling ved 85 °C i 10 minutter. Det samme resultatet ble oppnådd ved en varmebehandling på 90 °C i 1 minutt. Ved 75 °C i 10 minutter ble det ikke observert noen endring i størrelse. Dette samsvarer med resultatene til Vegarud et al. (1999), som ikke observerte store endringer i størrelse ved varmebehandling på 70 og 80 °C, men ved

varmebehandling ved 90 °C i 5 og 30 minutter ble det observert en økning av micellestørrelse, noen miceller hadde ingen økning, mens andre økte i størrelse fra om lag 240 til 370 nm. Raynal og Remeuf (1998) undersøkte også effekten av varmebehandling i kumelk, og observerte ingen økning i kaseinmicellenes størrelse ved tilsvarende varmebehandlinger som ble gjennomført på geitmelk. Årsaker til denne forskjellige effekten av varmebehandling på kaseinmiceller i geit- og kumelk, kan være ulikt kaseininnhold i melka, ulik konsentrasjon av α_{s1} -kasein eller forskjell i opprinnelig micellestørrelse. Økningen av kaseinmicellene i geitmelk, kan være en årsak til at geitmelkyoghurt kan oppnå ulike funksjonelle egenskaper enn det kumelkyoghurt gjør.

Fra eksperimentet til Remeuf et al. (2003), så det ut til at micellestørrelsen økte med økt innhold av myseproteiner i forhold til kaseiner i melka. Dette gir dermed grunn til å tro at det foregår en dannelse av aggregater ved kryssbinding mellom kaseinmiceller og denaturerte myseproteiner. Det kan da være at det er myseproteinenes binding til kaseinmicellene som fører til den observerte økningen i kaseinmicellestørrelse. Dersom dette er årsaken til økningen i kaseinmicellestørrelse i geitmelk, kan en stille spørsmålstegn til hvorfor ikke kumelk har den samme effekten av varmebehandling. Studien til Remeuf et al. (2003) viste også at varmebehandling påvirket organiseringen av yoghurtgelen. Det ble observert en tettere og mer forgrenet struktur i yoghurt utsatt for en kraftigere varmebehandling. Remeuf et al. (2003) viste at konsistensen til yoghurt var avhengig av en interaksjon mellom varmebehandling og proteinsammensetning i melka. Dette stemmer godt overens med det som ble observert i denne oppgaven.

Yoghurtgelens evne til å holde på myse er en viktig egenskap i yoghurt. Det er ikke ønsket med myseutskillelse i yoghurt, da dette har en negativ effekt på forbrukerens aksept for produktet. Yoghurtgelens evne til å holde på myse, er knyttet til strukturen til proteinnettverket som dannes under syring. Det er flere faktorer som påvirker myseutskillelse i yoghurt, blant annet har tørrstoffinnhold, proteininnhold, innhold av Ca^{2+} , varmebehandling og pH en innvirkning (Domagała 2012). I denne oppgaven hadde yoghurtene som ble laget svært ulike funksjonelle egenskaper. For yoghurtene som var lite viskøse, rant hele produktet gjennom nylonnettet som ble benyttet for å måle myseutskillelse. Dette tyder på at melka ikke hadde dannet et skikkelig gelnettverk under syring, slik som er vanlig for yoghurt. For yoghurt laget av UF-melk som var varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter, var myseutskillelsen relativt liten, med et gjennomsnitt på 3,66 %. For denne typen yoghurt, var det kun myse som ble frigjort fra prøven.

5.2.4 Yoghurtkultur

Yoghurtkulturen er ansvarlig for syrning av yoghurten og bidrar til utvikling av aroma og konsistensgivende EPS. De ulike yoghurtkulturene er laget for å gi produkter med ønskede egenskaper. Det er derfor forventet at den kjemiske sammensetningen i yoghurt kan variere ved bruk av ulike yoghurtkulturer (Robinson & Itsaranuwat 2006). Effekten av syrning med YC-471 og YF-LX700 på egenskaper i geitmelkyoghurt produsert i denne oppgaven, er diskutert nedenfor.

5.2.4.1 Syrningstid

Syrningstiden var betydelig lenger for begge yoghurtkulturene i forhold til det som var oppgitt fra Chr. Hansen. Det var forventet at melka skulle ha en noe lengre syrningstid, som følge av et høyt proteininnhold. Det er kjent at proteiner, spesielt kaseiner, har en høy bufferkapasitet (Raynal-Ljutovac et al. 2005). Det vil derfor være sannsynlig at høyproteinprodukter, som melk med 10 % protein, behøver lengre tid før pH reduseres til ønsket verdi, sammenlignet med produkter laget av melk med uendret proteininnhold. Dette var også tilfelle i studien til Jørgensen et al. (2015), som syrnet kumelk med 8 % protein ved bruk av yoghurtkultur. I den studien ble sammensetningen av myseproteiner og kaseiner variert og resultatet var en relativt lang syrningstid, sammenlignet med konvensjonell yoghurt, med lengre syrningstid for melk med størst andel kaseiner. Når en tar disse resultatene i betraktning, kunne en vente en lenger syrningstid i yoghurtene som var tørrstoffanriket ved bruk av MF i denne oppgaven. Dette var ikke tilfelle for yoghurt laget med melk fra sen laktasjon, men det ble observert under tidlig laktasjon. Det kan tenkes at melk fra sen laktasjon hadde en sammensetning som overskygget et slikt syrningsmønster. I tidlig laktasjon hadde yoghurt som var laget av MF-melk en langsommere syrning enn yoghurt laget av UF-melk. Ved syrning med yoghurtkulturen YC-471 gikk pH raskere ned til 4,50, og for yoghurt syrnet med YF-LX700, var den oppnådde pH-verdien etter 20 timer syrning høyere i yoghurt laget av MF-melk, sammenlignet med yoghurt laget av UF-melk. Det er også studier som har vist at geitmelk har en noe lavere bufferkapasitet enn kumelk, som et resultat av et lavere kaseininnhold i geitmelk. En kan derfor forvente seg en noe raskere syrning av geitmelk sammenlignet med kumelk (Abrahamsen & Rysstad 1991; Salaün et al. 2005). Denne effekten er sannsynligvis av liten betydning for høyproteinprodukter, der proteininnholdet modifiseres.

Et resultat av høy bufferkapasitet i melka, vil være økt produksjon av melkesyre i yoghurten. En risikerer da at yoghurten ender opp med å smake veldig surt. Dette var tilfelle for flere av

yoghurtene som ble laget, hovedsakelig for yoghurt som var syrnet med yoghurtkulturen YC-471. Dette var den yoghurtkulturen som hadde raskest syrning og som kom ned i ønsket pH. Yoghurt syrnet med denne kulturen, hadde også en betydelig ettersyrning, noe som kan ha bidratt til et signifikant høyere innhold av melkesyre i disse produktene. Innholdet av melkesyre var unormalt høyt i alle yoghurtene, med et gjennomsnitt på 1,66 % i YC-471 og 1,41 % i YF-LX700. Et normalt innhold av melkesyre i yoghurt er på 0,7-0,9 % (Walstra et al. 2006b).

Yoghurtkulturen YC-471 ga en reduksjon i pH etter endt syrning, mens YF-LX700 hovedsakelig ga en økning i pH etter endt syrning. Dette stemmer overens med informasjonen oppgitt fra produsent, med høy ettersyrning i YC-471 og veldig lav ettersyrning i YF-LX700. Det var derimot ikke forventet en økning i pH. Denne økningen skyldes antageligvis det høye proteininnholdet i yoghurten, som har gitt en buffereffekt etter endt syrning.

5.2.4.2 Kjemisk sammensetning

Yoghurtbakteriene *S. thermophilus* og *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* har ulike metabolske evner og vil være med å påvirke et yoghurtprodukt forskjellig. Samtidig fungerer de i en form for symbiose, der de påvirker hverandres vekst i positiv grad (Robinson et al. 2006). I yoghurtkulturene som ble benyttet i denne oppgaven, var sammensetningen ukjent (ikke oppgitt fra Chr. Hansen), og det var derfor ingen forventninger til hvordan sammensetningen av metabolitter skulle være i yoghurt syrnet med de to ulike yoghurtkulturene. Bruk av yoghurtkultur var den faktoren som viste seg å ha størst effekt på innhold av organiske syrer, karbohydrater, flyktige forbindelser og frie aminosyrer i yoghurtene. Noen av disse forbindelsene har en stor betydning for smak i yoghurt og er sannsynligvis årsaken til de forskjellige smaksvurderingene som er gjort av yoghurt syrnet med ulike yoghurtkultur i denne oppgaven.

Yoghurt syrnet med YC-471 hadde et signifikant lavere innhold av laktose, det var ikke glukose tilstede og galaktoseinnholdet var signifikant høyere, sammenlignet med yoghurt syrnet med YF-LX700. Produksjon av melkesyre er forventet og essensielt under syrning av yoghurt. Det er hovedsakelig melkesyre som står for den syrlige smaken. Innhold av melkesyre var signifikant høyere i yoghurt syrnet med YC-471, noe som kan settes i sammenheng med at det var disse produktene som kom ned i ønsket pH. Innhold av melkesyre ble til en viss grad styrt, grunnet avslutning av syrning ved en høyere pH for yoghurt syrnet med YF-LX700. Innhold av orotinsyre ble redusert under syrning,

reduksjonen var signifikant større i yoghurt syrnet med YC-471, sammenlignet med yoghurt syrnet med YF-LX700. Yoghurtkulturene hadde en signifikant forskjellig produksjon av pyroglutaminsyre og pyrodruesyre, med størst innhold av pyroglutaminsyre og lavest innhold av pyrodruesyre i yoghurt syrnet med YC-471, sammenlignet med yoghurt syrnet med YF-LX700. Pyrodruesyre er et mellomprodukt i fermentering av laktose til melkesyre, og kan derfor settes i sammenheng med innhold av laktose, glukose, galaktose og melkesyre. Laktose spaltes til glukose og galaktose, glukose omdannes videre til pyrodruesyre, som igjen omdannes til melkesyre (Tamime et al. 2006). De signifikante forskjellene i innhold av laktose, glukose, galaktose, pyrodruesyre og melkesyre hang sammen slik som forventet, og viser til en mer effektiv fermentering i yoghurt syrnet med YC-471.

Innhold av frie aminosyrer i yoghurt var i stor grad signifikant avhengig av bruk av yoghurtkultur, med unntak av innhold av glycin, L-tyrosin og L-tryptofan. Under fermentering hadde det tydelig foregått proteolytisk aktivitet, som førte til et hovedsakelig økt innhold av frie aminosyrer fra yoghurtblanding til ferdig syrnet yoghurt. For aminosyrene L-glutaminsyre og L-citrullin, var det et større forbruk, enn det var frigjøring, slik at innholdet gikk ned. Det kan se ut til at de proteolytiske evnene til kulturen YC-471 var bedre sammenlignet med YF-LX700, grunnet et gjennomsnittlig høyere innhold av frie aminosyrer i yoghurt syrnet med YC-471. Det kan naturligvis være en mulighet at melkesyrebakteriene i YF-LX700 har hatt tilsvarende proteolytisk aktivitet, men da også med et høyere forbruk av aminosyrene som ble frigjort. Når en studerer innholdet av andre metabolitter i yoghurten, ser det ut som at yoghurtkulturen YC-471 har hatt et bedre tilpasset næringsgrunnlag, som har ført til raskere syrning. Det er derfor vanskelig å støtte opp om at yoghurtkulturen YF-LX700 hadde et større forbruk av frie aminosyrer.

For innhold av flyktige forbindelser i yoghurt, var også yoghurtkultur av stor betydning. Det var et signifikant høyere innhold av acetaldehyd, 2-metyl-propanal og 2,3-pentadion, og et signifikant lavere innhold av etanol, 2-butanon og acetoin i yoghurt syrnet med YC-471, sammenlignet med yoghurt syrnet med YF-LX700. Produksjon av acetaldehyd ved syrning av yoghurt, er vist å være avhengig av innhold av treonin og glycin i melka (Rysstad et al. 1990). Treonin omdannes til acetaldehyd og glycin, ved hjelp av enzymet treoninaldolase, og det er vist at et høyt innhold av glycin kan hemme denne omdanningen (Raya et al. 1986; Rysstad et al. 1990). I denne oppgaven ble det ikke funnet like høye verdier av glycin som det Rysstad et al. (1990) fant i geitmelk, men innholdet var fremdeles høyere enn i kumelk. Ettersom innholdet av glycin ikke var signifikant påvirket av bruk av yoghurtkultur, er det

sannsynlig at det var en annen årsak til det signifikant forskjellige innholdet av acetaldehyd i denne oppgaven, for eksempel innhold av treonin eller yoghurtkulturens effektivitet.

Alkoholdehydrogenase er normalt lite aktivt i yoghurtkulturer, slik at en forventer små mengder etanol i produktene (Rysstad & Abrahamsen 1987). Rysstad & Abrahamsen (1987) gjennomførte et forsøk der de fermenterte både geit- og kumelk med yoghurtkultur, der de fant noe etanol i den fermenterte kumelka, men ikke i geitmelka. I denne oppgaven ble det derimot funnet etanol i geitmelkyoghurten, noe som viste seg å være signifikant kulturavhengig. I følge Lees & Jago (1978), har noen stammer av *S. thermophilus* aktiv alkoholdehydrogenase, slik at det kan være ulik stammesammensetning av *S. thermophilus* i yoghurtkulturene, som er årsaken til den ulike etanolproduksjonen i yoghurten.

Etanolinnholdet var imidlertid lite, slik at det ikke var forventet å påvirke smaksoppfatningen av yoghurten (Narvhus 2015). Det ble ikke påvist signifikante forskjeller i innhold av diacetyl som følge av noen av forsøksfaktorene som ble benyttet i denne oppgaven. Innholdet var på et relativt normalt nivå, med et gjennomsnittsinhold på 0,80 ppm (Narvhus 2015).

5.2.4.3 Funksjonelle egenskaper

Valg av yoghurtkultur hadde lite å si for de funksjonelle egenskapene til yoghurtprøvene. Det var ingen signifikant effekt på noen av parameterne som ble målt for å undersøke yoghurtens funksjonalitet.

Yoghurtbakteriene kan ha hatt en påvirkning på yoghurtens trådtrekkende egenskaper. Yoghurt som var lite viskøs, det vil si yoghurt laget av MF-melk og yoghurt laget av UF-melk som var varmebehandlet ved 72 °C, hadde en veldig utpreget trådtrekkende egenskap. Yoghurtene kunne nesten sammenlignes med tettemelk. Det var ikke forventet å oppnå yoghurt med slike trådtrekkende egenskaper, der det ved noen tilfeller var vanskelig å få yoghurten til å ligge på skjea. Det var ikke oppgitt fra Chr. Hansen at noen av yoghurtkulturene skulle ha denne egenskapen. Det ble i alt testet fire ulike yoghurtkulturer og alle hadde den samme effekten. Disse yoghurtkulturene er hovedsakelig beregnet for syring av kumelk, slik at det kan være at deres effekt i geitmelk er noe ulik. I følge (Vlahopoulou et al. 2001) blir geldannelse i geitmelk i større grad påvirket av EPS enn det kumelk blir, noe som har vist seg i form av en svakere gelstruktur i produktene. Dette kan også være en medvirkende årsak til at det ble dannet en veldig svak gel, som var lett å ødelegge ved røring, i flere av yoghurtene i denne oppgaven. EPS-produksjon er ønsket av yoghurtkulturer for å bidra til økt viskositet, spesielt i rørt yoghurt. Etersom EPS-produksjon viser seg å gi trådtrekkende egenskaper i yoghurtene med svak gel i denne oppgaven, kan det tenke seg at

yoghurt syrnet med YF-LX700 skulle gi noe større grad av trådtrekkende egenskaper, ettersom YF-LX700, i følge produsent, skulle gi veldig høy viskositet i yoghurt. Dette kan være årsaken til at yoghurt syrnet med YF-LX700 i noen tilfeller ble beskrevet som slimete. Det er også mulig at det var trådtrekkende EPS også i de mer viskøse yoghurtene, men at de trådtrekkende egenskapene her ble kamuflert av høy viskositet. For disse produktene kan EPS-produksjon ha ført til dannelse av en sterkere gel.

Vlahopoulou et al. (2001) undersøkte effekten av tilsatt inaktivert cellemateriale og både inaktivert cellemateriale og EPS til ku- og geitmelk, som ble syrnet med glucono- δ -lactone. Dette ble gjennomført for å undersøke hvordan cellemateriale og EPS påvirker geldannelsen av melka. Forsøket ble gjennomført med inaktivert cellemateriale fra både slimroduserende, ”ropy”, og ikke-slimproduserende, ”ikke-ropy”, kulturer, men det ble ikke påvist noen forskjeller mellom disse. Tilsatt inaktivert cellemateriale ga svakere gel i produktene i forhold til kontroll uten tilsetninger, med størst effekt i geitmelk. For geitmelk ga tilsetning av inaktivert cellemateriale halvparten så svak gel i forhold til kontroll, og ved tilsetning av både inaktivert cellemateriale og EPS, var gelen opp mot 10 ganger så svak. I yoghurten som er produsert i denne oppgaven, vil det være både cellemateriale og EPS tilstede under og etter syring. Forsøket til Vlahopoulou et al. (2001) tyder på at mikrobiell EPS som produseres under syring av yoghurt, forstyrrer protein-protein interaksjonene som er nødvendig for å danne et proteinnettverk i yoghurten. I tillegg var denne effekten størst i geitmelk, noe som viser til at det kan være geitmelkas beskaffenhet som fører til at yoghurtkulturene og deres metabolitter, opptrer annerledes enn forventet under syring.

Forskning har vist at det hovedsakelig er i den siste delen av den eksponentielle vekstfasen at bakteriene produserer slike polysakkarider (Vlahopoulou et al. 2001). Hvis syringstiden hadde vært kortere, kunne en kanskje oppnå mindre produksjon av EPS, slik at yoghurten ville fått en mindre grad av trådtrekkende egenskaper.

5.2.4.3.1 Sensoriske egenskaper

Valg av yoghurtkultur hadde stor betydning for smaken av yoghurten, og det var hovedsakelig denne faktoren som hadde innvirkning på smak. Dette kommer sannsynligvis av at yoghurtkulturene hadde et ulikt forhold mellom yoghurtbakteriene *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* og *S. thermophilus* og/eller en ulik sammensetning av stammer. Dette vil påvirke yoghurtkulturens metabolske egenskaper og føre til ulike nedbrytningsprodukter. Det var ikke oppgitt hvilken sammensetning Chr. Hansen benyttet i de ulike yoghurtkulturene, men det var oppgitt at YC-471 skulle gi en sterk smak, mens YF-LX700 skulle gi en mild smak.

Dette stemte godt overens med de sensoriske vurderingene av yoghurten, der yoghurt syrnet med YF-LX700 generelt hadde en mildere smak enn yoghurt syrnet med YC-471. Yoghurt syrnet med YF-LX700 ble i flere tilfeller vurdert som gode på smak. Det ble påvist både signifikant høyere innhold av melkesyre og acetaldehyd i yoghurt syrnet med YC-471, som er de viktigste bidragsyterne til smak i yoghurt. I tillegg ble det registrert at yoghurt som var laget av melk som ble varmebehandlet ved 95 °C, viste større forskjeller i smak mellom yoghurtkulturene, sammenlignet med yoghurt som ble laget av melk som ble varmebehandlet ved 72 °C. Dette kan komme av at en høy varmebehandling av melka kan påvirke melkas komponenter slik at yoghurtbakteriene får et endret næringsgrunnlag. For eksempel kan denaturering av proteiner føre til at proteinene blir lettere tilgjengelig for frigjøring av aminosyrer.

Det kan være hensiktsmessig å stoppe syrning ved en høyere pH enn det som ble gjort i denne oppgaven. Yoghurtene vil da ha et lavere melkesyreinnhold og kan oppnå en mildere og mindre sur smak. Yoghurtene som hadde en høy viskositet, oppnådde en betydelig økning i viskositet allerede ved en pH-verdi på 5,4. Syrningsstopp ved en høyere pH, trenger derfor ikke være negativt i forhold til funksjonelle egenskaper, kanskje heller positiv. Som nevnt ovenfor, er det vist at EPS hovedsakelig produseres i den siste delen av den eksponentielle vekstfasen, slik at syrningsstopp ved en høyere pH kan redusere mengden produsert EPS og gi et mindre viskøst eller mindre trådtrekkende produkt. Ved å avslutte syrningen ved en høyere pH, kan det gi yoghurten redusert holdbarhet. Det vil derfor være nødvendig å undersøke hvilken pH som er ideell i forhold til både produktegenskaper og holdbarhet.

5.3 Videre forskning

Denne oppgaven har tatt for seg mange faktorer og har vist flere signifikante effekter av disse, noe som legger et grunnlag for videre forskning og produktutvikling av geitmelkprodukter. Oppgaven var opprinnelig planlagt med 8 produksjoner, slik at hver kombinasjon av laktasjonsperiode og membranfiltreringsmetode skulle ha et gjentak. Det var dessverre tre produksjoner som ikke var mulig å gjennomføre grunnet melkemangel og tidsbegrensninger. Det vil derfor være ønskelig å gjennomføre flere tilsvarende produksjoner for å få en større sikkerhet i de resultatene som er oppnådd her. Dette gjelder hovedsakelig i forhold til effekten av MF og tidlig laktasjon.

Produksjonene som ble gjennomført i denne oppgaven, har benyttet melk fra veldig tidlig og veldig sent i laktasjonsperioden. Det kan tenkes at denne melka var noe utypisk for melka

som produseres over lengre perioder, men som likevel kan karakteriseres som melk fra tidlig og sen laktasjon. Forskjellene som kommer fram som effekt av laktasjonsperiode i denne oppgaven, kan derfor tenkes å reduseres noe ved å gjennomføre produksjoner som er bredere fordelt gjennom laktasjonsperioden. Fremtidig forskning bør ta for seg melk fordelt gjennom hele laktasjonsperioden, for å undersøke om de samme effektene er gjeldene i hele laktasjonen. Sammensetningen av melka som er benyttet i denne oppgaven, var noe modifisert ved å standardisere fett- og proteininnhold. Det er likevel flere komponenter det er vanskelig å styre, som for eksempel innhold av sitronsyre og mineralinnhold.

Den kontrollerte sammensetningen til melka som ble benyttet til produksjon av yoghurt i denne oppgaven, er ikke nødvendigvis det som er optimalt. Ved å redusere proteininnholdet kan en oppnå en redusert viskositet i yoghurt laget av UF-melk som er varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter. Et alternativ til å redusere proteininnholdet i melka, kan være å benytte en varmebehandling som gir mindre denaturering av myseproteiner enn det 95 °C i 5 minutter gjør, og gir mer denaturering enn det 72 °C i 5 minutter gjør. Fettinnholdet kan også ha en effekt på viskositeten og oppfatningen av yoghurten. I denne oppgaven ble det benyttet et relativt høyt fettinnhold, omtrent som i ubehandlet melk. Dette er også en faktor som kan endres for å oppnå et optimalt produkt.

Det kan også være av interesse å sammenligne det som er gjennomført på geitmelk i denne oppgaven, med effekt på produksjon av kumelkyoghurt. En får da et bedre bilde på hva som er et resultat av å benytte geitmelk til yoghurtproduksjon og kan illustrere hvordan teknologien må tilpasses for å gi god yoghurtkvalitet. En kontroll ved bruk av ubehandlet geitmelk, kun tørrstoffanriket med geitmelkpulver, kan også være av interesse.

For å undersøke effekten av tilstedeværelse av myseproteiner på de funksjonelle egenskapene til proteinrik geitmelkyoghurt, kan det være interessant å gjennomføre en studie der forholdet mellom myseproteiner og kaseiner varieres. Dette kan for eksempel gjøres ved å ta utgangspunkt i studien til Jørgensen et al. (2015) som ble gjennomført på kumelk. Det er også en mulighet å benytte membranfiltrering med membraner med annen porestørrelse, slik at en oppnår et retentat der det er mer myseprotein tilstede. Varmebehandling av melka før mikrofiltrering, kan også være en løsning for å oppnå et retentat med større andel myseproteiner. Dette kan være årsaken til en viskositetsendring som ble påvist i yoghurt laget av MF-melk som var varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter i denne oppgaven. Denne produksjonen var også den eneste som ble gjennomført med melk fra tidlig laktasjon, slik at det er en viss usikkerhet i årsaken til dette resultatet. Dette vil være interessant å undersøke

nærmere i senere studier. Hva som er det optimale forholdet mellom myseproteiner og kaseiner, og hvilken denatureringsgrad som er hensiktsmessig for dannelse av et ønsket proteinnettverk, er essensielt å undersøke for å kunne lage en geitmelkyoghurt med optimale funksjonelle egenskaper.

Utgangspunktet for denne oppgaven var opprinnelig å laget en proteinrik geitmelkyoghurt ved bruk av MF som metode for tørrstoffanrikning. Dette ga imidlertid en yoghurt med utypisk konsistens i forhold til en konvensjonell kumelkyoghurt. For å utvikle en typisk yoghurt av MF-geitmelk, kan det være ønskelig å tilsette en mengde permeat til retentatet etter MF, som i arbeidet til Jørgensen et al. (2015), eller varmebehandle melka før membranfiltrering. Dette for å få oppnå en yoghurtblanding med en ønsket andel myseproteiner, som kan gi grunnlag for dannelse av et proteinnettverk under syrning.

En studie av hvilken pH-verdi som er optimal å stoppe syrningen ved, er relevant å gjennomføre. Produktene som ble laget i denne oppgaven ble flere ganger beskrevet som for sure på smak. En høyere pH ved syrningsslutt, som fører til lavere innhold av melkesyre, kan være løsningen på dette. Det vil da være relevant å undersøke holdbarheten til et slikt produkt. En kan også oppnå en endring i konsistens ved å avslutte syrningen ved en annen pH.

Geitmelk inneholder i utgangspunktet mindre laktose i forhold til kumelk. Det ble registrert at kun en liten andel av laktoseinnholdet i geitmelka ikke ble fermentert under syrning. Dette henger antageligvis sammen med en lang syrningstid og høy produksjon av melkesyre. Yoghurt som ble syrnet med YC-471 i denne oppgaven, oppnådde et gjennomsnittlig laktoseinnhold på kun 0,23 %. Ved å redusere laktoseinnholdet noe før syrning av en proteinrik geitmelkyoghurt, kan det være mulig å oppnå en yoghurt som er laktoseredusert eller laktosefri.

5.4 Fremtidige bruksområder for yoghurten

Yoghurten som ble produsert i denne oppgaven oppnådde ulike funksjonelle egenskaper. Dette kan videreutvikles både i forhold til smak og funksjonelle egenskaper, slik at de minner mer om konvensjonell kumelkyoghurt, men det gir også grunnlag for utvikling av nye geitmelkprodukter.

Yoghurten som oppnådde en lite viskøs konsistens og hadde trådtrekkende egenskaper, kan for eksempel videreutvikles til et nytt tettemelkslignende produkt av geitmelk. Dette

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

produktet kan benyttes som tettemelk gjøres i dag, enten å spises som det er eller som ingrediens i matlaging, for eksempel til dessert.

De mer viskøse yoghurtene har sannsynligvis et større potensiale. Disse kan benyttes som et proteinrikt mellommåltid eller dessert, kanskje med tilsetning av frukt, bær, nøtter eller lignende. Produktet har også potensiale til bruk i mat som ingrediens, til dip eller som en kremostvariant.

6 Konklusjon

Konklusjonen presenterer de viktigste funnene som er relevant for problemstillingen i denne oppgaven.

6.1 Funksjonelle egenskaper

Under produksjon av proteinrik geitmelkyoghurt, var valg av membranfiltrering og grad av varmebehandling avgjørende for de funksjonelle egenskapene i sluttproduktet. Det ble hovedsakelig laget yoghurt med to ulike funksjonelle egenskaper. Yoghurt laget av MF-melk og yoghurt laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 72 °C i 5 minutter, oppnådde en lite viskøs gel, med utpregede trådtrekkende egenskaper. Yoghurt laget av UF-melk som ble varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter, oppnådde en veldig viskøs gel, som minnet om kvarg eller kremost. De oppnådde funksjonelle egenskapene til yoghurten produsert i denne oppgaven, var ikke tilsvarende en konvensjonell kumelkyoghurt.

Det ble observert ett unntak i funksjonelle egenskaper for yoghurt laget av MF-melk fra tidlig laktasjon og som ble varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter. Denne yoghurten oppnådde en mer viskøs gel, med funksjonelle egenskaper som minnet om konvensjonell kumelkyoghurt og ikke på andre yoghurter laget av MF-melk. Under melkebehandlingen til denne produksjonen, ble melka, grunnet utstyrsmessige begrensninger, pasteurisert ved 72 °C i 15 sekunder i sammenheng med separeringen av fett. Dette var en høyere temperaturbehandling enn det de andre produksjonene ble utsatt for før membranfiltrering. Det er derfor en mulighet at noen denaturerte myseproteiner har fulgt med kaseinmicellene i retentatet under mikrofiltrering og gitt grunnlag for bedre binding mellom kaseinmicellene ved syring, som har ført til dannelse av et mer solid proteinnettverk. Dette var også den eneste produksjonen fra tidlig laktasjon ved bruk av MF, slik at det er en viss usikkerhet i om dette resultatet skyldes pasteurisering før mikrofiltrering eller om det var et resultat av laktasjonsperiode. Denne observasjonen er imidlertid interessant og kan gi grunnlag for videre undersøkelser rund utvikling av proteinrik geitmelkyoghurt, med egenskaper som ligner konvensjonell kumelkyoghurt.

6.2 Kjemisk sammensetning

Den kjemiske sammensetningen av yoghurten hadde størst effekt av laktasjonsperiode og valg av yoghurtkultur. Dette var en viktig faktor for smaksoppfatningen av yoghurten. Innhold av acetaldehyd i yoghurt var signifikant avhengig av yoghurtkultur. I tillegg ble det

KONFIDENSIELL MASTERGRADSOPPGAVE

observert en signifikant effekt av varmebehandling, med et høyere innhold i yoghurt laget av melk som ble varmebehandlet ved 95 °C i 5 minutter sammenlignet med yoghurt laget av melk som ble varmebehandlet ved 72 °C i 5 minutter. Innholdet av acetaldehyd var innenfor det som er normalt for kumelkyoghurt i Norge.

Som et resultat av høyt proteininnhold, hadde geitmelka en høy bufferkapasitet, som førte til relativt lang syrningstid av yoghurtene. Dette resulterte i et høyt innhold av melkesyre i yoghurtene, med et gjennomsnittlig innhold på 1,53 %. Flere av yoghurtene ble beskrevet som ubehagelig sure ved sensorisk vurdering.

Utgangspunktet for denne oppgaven var opprinnelig å laget en proteinrik geitmelkyoghurt ved bruk av MF som metode for tørrstoffanrikning. Imidlertid ga dette en yoghurt med utypisk konsistens, slik at arbeidet bør videreføres, som foreslått i kapittel 5.3.

7 Referanser

- Abrahamsen, R. & Rysstad, G. (1985). Fermentering av geitmelk ved hjelp av melkesyrebakterier. *Meieriposten*, 74 (2): 41-45.
- Abrahamsen, R. & Brendehaug, J. (1986). Spesielle forhold ved den kjemiske sammensetning av geitmelk. *Meiriposten*, 75 (14/15): 397-401.
- Abrahamsen, R. & Rysstad, G. (1991). Fermentation of goats' milk with yogurt starter bacteria: a review. *Cultured dairy products journal* 26 (3): 20-22, 24, 26.
- Abrahamsen, R. K. & Holmen, T. B. (1981). Goat's milk yoghurt made from non-homogenized and homogenized milks, concentrated by different methods. *Journal of Dairy Research*, 48 (3): 457-463.
- Abrahamsen, R. K., Tufto, G. & Svensen, A. (1982). Goat's milk as a medium for the maintenance of yoghurt starter and single strain starters. *Scientific reports of the Agricultural University of Norway*, 61 (1).
- Ardö, Y. (2006). Flavour formation by amino acid catabolism. *Biotechnology advances*, 24 (2): 238-242.
- Brendehaug, J. & Abrahamsen, R. K. (1986). Chemical composition of milk from a herd of Norwegian goats. *Journal of Dairy Research*, 53 (02): 211-221.
- Bütikofer, U. & Ardö, Y. (1999). Quantitative determination of free amino acids in cheese. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 337: 24-32.
- Cheng, H. (2010). Volatile flavor compounds in yogurt: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 50 (10): 938-950.
- Creamer, L. K. & Matheson, A. R. (1980). Effect of heat-treatment on the proteins of pasturized skim milk. *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, 15 (1): 37-49.
- Dannenberg, F. & Kessler, H. G. (1988). Effect of denaturation of beta-lactoglobulin on texture properties of set-style nonfat yogurt. 1. Syneresis. *Milchwissenschaft-Milk Science International*, 43 (10): 632-635.
- Debon, J., Prudêncio, E. S. & Petrus, J. C. C. (2010). Rheological and physico-chemical characterization of prebiotic microfiltered fermented milk. *Journal of food engineering*, 99 (2): 128-135.
- Debon, J., Prudêncio, E. S., Petrus, J. C. C., Fritzen-Freire, C. B., Müller, C. M., Amboni, R. D. d. M. C. & Vieira, C. R. W. (2012). Storage stability of prebiotic fermented milk obtained from permeate resulting of the microfiltration process. *LWT-Food Science and Technology*, 47 (1): 96-102.

- Domagala, J. (2011). Influence of lactation period on texture, microstructure and susceptibility to syneresis of goat's milk yoghurt. *Milchwissenschaft*, 66 (1): 29-32.
- Domagała, J. (2012). Instrumental Texture, Syneresis, and Microstructure of Yoghurts Prepared from Ultrafiltrated Goat Milk: Effect of Degree of Concentration. *International Journal of Food Properties*, 15 (3): 558-568.
- Goudédranche, H., Fauquant, J. & Maubois, J.-L. (2000). Fractionation of globular milk fat by membrane microfiltration. *Le lait*, 80 (1): 93-98.
- Haenlein, G. F. W. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51 (2): 155-163.
- Hoffmann, T. (2011). *Membrane filtration and membrane filtration assembly*. PCT/NO2011/000073: TINE SA.
- Holt, C. (1985). The milk salts: their secretion, concentrations and physical chemistry. I: Fox, P. F. (red.) *Developments in dairy chemistry—3*, s. 143-181. Dordrecht, Nederland: Springer. (Ikke sett, referert etter Rysstad et. al. (1990)).
- IDF. (1987). *Milk cream and evaporated milk. Determination of total solid content*. IDF 021B:1987. Brussel, Belgia: International Dairy Federation.
- IDF. (2001). *Milk-Determination of nitrogen content-Part 4: Determination of non-protein-nitrogen*. IDF 020-4:2001. Brussel, Belgia: International Dairy Federation.
- IDF. (2004). *Milk-Determination of casein-nitrogen content-Part 1: Indirect method (Reference method)*. IDF 29-1:2004. Brussel, Belgia: International Dairy Federation.
- IDF. (2014). *Milk and milk products-Determination of nitrogen content-Part 1: Kjeldahl principle and crude protein calculation*. IDF 20-1:2014. Brussel, Belgia: International Dairy Federation.
- Jenness, R. (1980). Composition and characteristics of goat milk: review 1968– 1979. *Journal of Dairy Science*, 63 (10): 1605-1630.
- Jørgensen, C. E., Abrahamsen, R. K., Rukke, E.-O., Johansen, A.-G., Schüller, R. B. & Skeie, S. B. (2015). Improving the structure and rheology of high protein, low fat yoghurt with undenatured whey proteins. *International Dairy Journal*, 47: 6-18.
- Kalab, M. (1979). Microstructure of dairy foods. 1. Milk products based on protein. *Journal of Dairy Science*, 62 (8): 1352-1364.
- Karademir, E., Atamer, M., Tamucay, B. & Yaman, S. (2002). Some properties of goat milk yoghurts produced by different fortification methods. *Milchwissenschaft-Milk Science International*, 57 (5): 261-263.

- Landbruksdirektoratet. (2014). *Geitemjølkkvotar*.
<https://www.slf.dep.no/no/statistikk/utvikling/melkekvote/geit>.
- Lees, G. & Jago, G. (1978). Role of acetaldehyde in metabolism: A review 2. The metabolism of acetaldehyde in cultured dairy products. *Journal of Dairy Science*, 61 (9): 1216-1224.
- Manjunath, N., Srinivasan, R. & Joseph, M. (1983). Comparative biochemical performances of yoghurt bacteria in cow and goat milk. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 11: 111-119. (Ikke sett, referert etter Rysstad et. al. (1990)).
- Marshall, V. & El - Bagoury, E. (1986). Use of ultrafiltration and reverse osmosis to improve goats' milk yogurt. *International Journal of Dairy Technology*, 39 (2): 65-66.
- Marsili, R. T., Ostapenko, H., Simmons, R. E. & Green, D. E. (1981). High-performance liquid-chromatographic determination of organic-acids in dairy-products *Journal of Food Science*, 46 (1): 52-57.
- Mattilsynet. (2014). *Definisjon av yoghurt*.
http://www.mattilsynet.no/mat_og_vann/produksjon_av_mat/melk_og_meieriprodukter/definisjon_av_yoghurt.13706: Mattilsynet.
- Mistry, V. & Maubois, J.-L. (1993). Application of membrane separation technology to cheese production. I: *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*, s. 493-522: Springer.
- Moe, K. M., Porcellato, D. & Skeie, S. (2013). Metabolism of milk fat globule membrane components by nonstarter lactic acid bacteria isolated from cheese. *Journal of Dairy Science*, 96 (2): 727-739.
- Narvhus, J. A., Osteraas, K., Mutukumira, T. & Abrahamsen, R. K. (1998). Production of fermented milk using a malty compound-producing strain of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, isolated from Zimbabwean naturally fermented milk. *International Journal of Food Microbiology*, 41 (1): 73-80.
- Narvhus, J. A. (2015). *Personlig meddelelse*.
- Nelson, B. & Barbano, D. (2005). A microfiltration process to maximize removal of serum proteins from skim milk before cheese making. *Journal of dairy science*, 88 (5): 1891-1900.
- Nævdal, I. & Blichfeldt, T. (2007). Nye mål i geitavlen. *Sau og Geit* (3): 34-36.
- Park, Y. W., Juarez, M., Ramos, M. & Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68 (1-2): 88-113.

- Rasic, J. L. & Kurmann, J. A. (1978). *Yoghurt: scientific grounds, technology, manufacture and preparations*. Fermented fresh milk products 1. København, Danmark: Technical Dairy Publishing House. (Ikke sett, referert etter Rysstad et. al. (1990)).
- Raya, R., Manca de Nadra, M., Pesce de Ruiz Holgado, A. & Oliver, G. (1986). Threonine aldolase in *Lactobacillus bulgaricus* ATCC 11842 and YOP 12. *Milchwissenschaft*, 41 (10): 630-632.
- Raynal, K. & Remeuf, F. (1998). The effect of heating on physicochemical and renneting properties of milk: A comparison between caprine, ovine and bovine milk. *International Dairy Journal*, 8 (8): 695-706.
- Raynal-Ljutovac, K., Gaborit, P. & Lauret, A. (2005). The relationship between quality criteria of goat milk, its technological properties and the quality of the final products. *Small Ruminant Research*, 60: 167-177.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I. & Chilliard, Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research*, 79: 57-72.
- Remeuf, F., Mohammed, S., Sodini, I. & Tissier, J. P. (2003). Preliminary observations on the effects of milk fortification and heating on microstructure and physical properties of stirred yoghurt. *International Dairy Journal*, 13: 773-782.
- Robinson, R. K. & Itsaranuwat, P. (2006). Properties of Yoghurt and their Appraisal. I: Tamime, A. Y. (red.) *Fermented milks*. UK: Blackwell Science Ltd.
- Robinson, R. K., Lucey, J. A. & Tamime, A. Y. (2006). Manufacture of Yoghurt. I: Tamime, A. Y. (red.) *Fermented milks*. UK: Blackwell Science Ltd.
- Rysstad, G. & Abrahamsen, R. K. (1987). Formation of volatile aroma compounds and carbon dioxide in yogurt starter grown in cows' and goats' milk. *Journal of dairy research*, 54 (02): 257-266.
- Rysstad, G., Knutsen, W. J. & Abrahamsen, R. K. (1990). Effect of threonine and glycine on acetaldehyde formation in goats' milk yogurt. *Journal of Dairy Research*, 57 (2): 401-411.
- Salaün, F., Mietton, B. & Gaucheron, F. (2005). Buffering capacity of dairy products. *International Dairy Journal*, 15 (2): 95-109.
- Skeie, S. (2015). *Personlig meddelelse*.
- Skeie, S. B. (2014). Quality aspects of goat milk for cheese production in Norway: A review. *Small Ruminant Research*, 122 (1-3): 10-17.

- Steinshamn, H., Inglingstad, R. A., Ekeberg, D., Mølmann, J. & Jørgensen, M. (2014). Effect of forage type and season on Norwegian dairy goat milk production and quality. *Small Ruminant Research*, 122 (1): 18-30.
- Tamime, A. Y. & Robinson, R. K. (2000). *Yoghurt: science and technology*. England: Woodhead Publishing Limited.
- Tamime, A. Y., Skriver, A. & Nilsson, L.-E. (2006). Starter Cultures. I: Tamime, A. Y. (red.) *Fermented milks*. UK: Blackwell Science Ltd.
- TINE. (2010). Årsrapport 2009: Konsernstyrets beretning årsregnskap og statistikk.
- TINE. (2015). Årsrapport 2014: Konsernstyrets beretning årsregnskap og statistikk.
- Tschager, E. & Jager, H. (1988). Pyro-glutamic acid in milk and milkproducts with a spesific consideration of cheese. *Milchwirtsh Ber*, 95: 79-83.
- Vegarud, G. E., Devold, T. G., Opheim, R., Loeding, E., Svenning, C., Abrahamsen, R. K., Lien, S. & Langsrud, T. (1999). Genetic variants of Norwegian goats milk composition, micellar size and renneting properties. *International Dairy Journal*, 9 (3-6): 367-368.
- Vlahopoulou, I., Bell, A. E. & Wilbey, A. (2001). Effects of starter culture and its exopolysaccharides on the gelation of glucono- δ -lactone-acidified bovine and caprine milk. *International Journal of Dairy Technology*, 54 (4): 135-140.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M. & Geurts, T. J. (2006a). Milk Components. I: *Dairy Science and Technology, Second edition*. Boca Raton: CRC Press.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M. & Geurts, T. J. (2006b). Fermented Milks. I: *Dairy Science and Technology, Second edition*. Boca Raton: CRC Press.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M. & Geurts, T. J. (2006c). Lactic Fermentations. I: *Dairy Science and Technology, Second edition*. Boca Raton: CRC Press.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M. & Geurts, T. J. (2006d). Membrane Processes. I: *Dairy Science and Technology, Second edition*. Boca Raton: CRC Press.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M. & Geurts, T. J. (2006e). Heat Treatment. I: *Dairy Science and Technology, Second edition*. Boca Raton: CRC Press.

8 Vedlegg – på egen minnepinne

Vedlegg 1: Product information F-DVS YC-183 Yo-Flex

Vedlegg 2: Product information F-DVS YC-471 Yo-Flex

Vedlegg 3: Product information F-DVS YF-L901 Yo-Flex

Vedlegg 4: Product information F-DVS YF-LX700 Yo-Flex

Vedlegg 5: Certificate of analysis ERM-BD150

Vedlegg 6: Certified reference material BCR-063R

Vedlegg 7: Forforsøk

Vedlegg 8: Sammensetning av ubehandlet melk

Vedlegg 9: Statistisk analyse av sammensetning i ubehandlet melk

Vedlegg 10: Statistisk analyse av sammensetning i yoghurtblanding

Vedlegg 11: Sammensetningen av yoghurtblanding

Vedlegg 12: Sammensetning av skummetmelk

Vedlegg 13: Sammensetning av fløte

Vedlegg 14: Sammensetning av retentat

Vedlegg 15: Sammensetning av permeat

Vedlegg 16: Syrning og pH-målinger

Vedlegg 17: Statistisk analyse av sammensetning i ultrafiltrerte produksjoner

Vedlegg 18: Sammensetning av yoghurt

Vedlegg 19: Statistisk analyse av sammensetning og funksjonalitet i yoghurt

Vedlegg 20: Statistisk analyse av lagring av yoghurt

Vedlegg 21: Statistisk analyse av intervall 1 og 4 fra viskositetsanalyse

Vedlegg 22: Sensorisk vurdering



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no