



Forord

Denne masteroppgaven ble utført ved Institutt for Kjemi, Bioteknologi og Matvitenskap, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, våren 2015.

Veileder for denne oppgaven har vært Professor Judith Narvhus, som jeg vil rette en stor takk til, for god veiledning, hjelp til planlegging, faglig veiledning og gjennomlesning av oppgaven.

Jeg ønsker også å rette en stor takk til Marit Reierstad ved TINE Meieriet Oslo, som har gjort denne oppgaven mulig å utføre, samt Bjørn Rømo og alle de ansatte på styringssentralen og på driftslaboratoriet på TINE Meieriet Oslo som har stilt all informasjon tilgjengelig til min disposisjon og gitt gode svar og videre ideer til utvikling av oppgaven.

Jeg vil videre takke de fantastiske damene på laboratoriet og det tekniske personellet i pilotanlegget ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap, for utrolig god hjelp, både under arbeid og med opprydding.

Tilslutt vil jeg takke samboeren min for all hjelp igjennom hele perioden, både med gode råd å med uvurderlig hjelp under produksjon av yoghurt.

Ås 15.mai 2015

Tone Raasok

Sammendrag

TINE Meieriet Oslo har gjennom en periode slitt med tynn yoghurt og myselommer under deres daglige produksjon.

Formålet med denne oppgaven var å avdekke eventuelle avvik i produksjonen som kan senke produktkvaliteten på yoghurt. Det ble på grunnlag av observasjoner og forforsøk utarbeidet et forsøksdesign, hvor formålet var å gjenskape yoghurtproduksjonen på TINE. Videre var det av interesse å undersøke hvordan de ulike produksjonsvariablene påvirket det endelige sluttproduktet.

Det ble i produksjonsanlegget oppdaget ujevne og høye temperaturer på syringstanker, store mengder myse på yoghurtgel, manglende vedlikehold av pH-meter samt en uheldig innrøringsprosess av ferdig syrnede yoghurtgel. Videre var det store ujevnheter i syringstid for produktet «Sprett Yoghurt» tilsatt laktase. En vurdering av rutinene rundt produksjonen av yoghurt på meieriet, viste at TINE selv kunne iverksatt tiltak for å redusere problemer med svinn, reklamasjoner og dårlig produktkvalitet.

32 ulike yoghurt med ulike sammensetninger ble videre produsert basert på resepter fra TINE samt ulike faktorer som kunne påvirke yoghurtkvaliteten positivt og negativt. De ulike faktorene var inkubasjonstid ved 42 °C og 44 °C, ulik mengde tørrstoff berikning, tilsatt av aroma og laktase samt to ulike syrekulturer «syrekult Y og syrekult C».

Det ble utført teksturmålinger for urørt og rørt yoghurt som viste at inkubasjonstemperatur var av betydning for fasthet i gel da resultatene viste signifikant fastere og mer kohesiv gel ved 42 °C enn ved 44 °C. Høy inkubasjonstid viste også en større tendens til myseutskillelse i yoghurtene. Aroma som ble tilsatt viste en tendens til en fastere gel og kohesivitet i rørt yoghurt.

pH reduksjonstid i produksjon av yoghurt ble overvåket. Resultatet av denne overvåkingen viste en signifikant lenger syringstid for yoghurt tilsatt laktase, yoghurt med høyt tørrstoffinnhold og yoghurt inokulert med «syrekult C».

Yoghurtene ble videre analysert for karbohydrater, organiske syrer samt flyktige stoffer. Resultatene oppnådd ved hjelp av disse analysene, viste blant annet signifikante forskjeller i produksjon av flyktige stoffer som diacetyl og acetaldehyd fra de ulike syrekulturene. Spesielt ble det dannet store mengder diacetyl fra «syrekultur C» som også generell dannet en metabolittprofil som det kan stilles spørsmål ved.

Disse funne kan sammen ses på som en mulige årsaker til ujevnheter i produksjon av industriell yoghurt, hvor forutsigbarhet er meget viktig for jevn produktkvalitet.

Abstract

Over a period of time, TINE Meieriet Oslo has struggled with thin yogurt and whey pockets during their daily production.

The purpose of this study was to detect any deviations in the production that can lower the product quality of yogurt. On the basis of observations and preliminary tests it was developed a research design, where the aim was to recreate yoghurt production at TINE. Furthermore, it was of interest to study how the different production variables affected the final end product.

Irregular and high temperatures on the incubation tanks, large amounts of whey on top of the yoghurt gel, lack of maintenance of the pH-meter and an unfortunate mix of finished yoghurt gel was found in the production plant. Moreover, there were major irregularities in the acidification time for the product "Sprett Yoghurt" added with lactase. An evaluation of the processes production of yogurt in the dairy, showed that TINE easily could implement measures to reduce problems with wastage, complaints and poor product quality.

32 different yogurts with different compositions was produced, based on prescriptions from TINE and various factors that could affect the quality of yogurt, positively and negatively. The various factors used where; Incubation temperature at 42 ° C and 44 ° C, different amounts of solids enrichment, addition of aroma and lactase as well as two different acid cultures «culture Y» and «culture C».

Results based on Texture measurement showed a significantly firmer and more cohesive gel incubated at 42 °C than when incubated 44 °C. High incubation temperatures also showed a greater tendency to whey separation in yogurt. Added aroma also showed a tendency to a firmer gel and cohesiveness in stirred yoghurt.

The pH reduction in the acidification of yoghurt gel was monitored. The results of the monitoring showed a significant longer acidification time for yogurt added with lactase, yogurt with high solids and yogurt inoculated with «culture C».

Yogurt were further analyzed for their contents of carbohydrates, organic acids and volatile substances. The results for these analyzes, revealed significant differences in production of volatile substances diacetyl and acetaldehyde from the various acid cultures. In particular, the formation of large amounts of diacetyl in yogurt inoculated with the «culture C» and its general metabolite profile production may be questioned.

These findings can together be seen as possible causes of irregularities in the production of industrial yogurt, where predictability is essential for consistent product quality.

Innholdsfortegnelse

1.0 Innledning	1
1.1 <i>Bakgrunn for oppgaven</i>	1
1.2 Problemstilling	1
2.0 Teori	2
2.1 Introduksjon.....	2
2.2 Yoghurt i dag.....	2
2.3 Råvarer.....	3
2.3.1 Melk	3
2.3.1.1 Fett	3
2.3.1.2 Protein	3
2.3.1.2.1 <i>Myseprotein</i>	4
2.3.1.2.2 Kasein	4
2.3.1.2.3 Kollodiale kalsiumfosfat (CCP)	5
2.3.1.3 Laktose	5
2.3.1.3.1 <i>Laktase</i>	5
2.3.2 Yoghurt kultur	6
2.3.2.1 Koagulering.....	8
2.3.3 Tørrstoffanrikning	9
2.4 <i>Produksjon</i>	10
2.4.1 Innledende prosessering	10
2.4.2 Standardisering	10
2.4.3 Varmebehandling	11
2.4.4 Homogenisering	12
2.4.5 Syrningstanker.....	12
2.4.5.1 pH	13
2.5 <i>Påvirkninger på yoghurtens egenskaper under behandling</i>	14
2.5.1 Synerese og sedimentasjon	14
2.5.2 Tekstur	15
2.5.2.1 Røring	15
2.5.3 Bakteriologisk.....	16
2.6 <i>Kvalitetsstyring</i>	17
2.6.1 International Standard Organization (ISO)	18
2.6.2 Grunnleggende prinsipper for kvalitetsstyring.....	19

2.6.2.1 Kundefokus.....	19
2.6.2.2 Lederskap	20
2.6.2.3 Personellets engasjement	20
2.6.2.4 Proessorientering	20
2.6.2.5 Systemorientert ledelse	21
2.6.2.6 Kontinuerlig forbedring.....	21
2.6.2.7 Faktabaserte beslutninger	22
2.6.2.8 Partnerskap med leverandørene	22
2.7 Mattrygghet	22
3.0 Materialer og metoder.....	24
3.1 Planlegging og utførelse	24
3.1.1 Ingredienser nyttet under forsøk.....	24
3.2 Informasjonsinnhenting, observasjoner og forforsøk	25
3.2.1 Produksjon av yoghurt	25
3.2.2 pH-måling.....	28
3.2.3 Temperaturstyring	28
3.2.4 Viskositetsmåling	29
3.3 Hovedforsøk.....	29
3.3.1 Forsøksdesign.....	29
3.3.2 Materialer til produksjon av yoghurt.....	32
3.3.3 Tillaging av yoghurt.....	32
3.3.4 Målinger og analysemetoder	33
3.3.4.1 pH-måling	33
3.3.4.2 Flyktige forbindelser.....	33
3.3.4.3 Organiske syrer og karbohydrater	34
3.3.4.4 Viskositetsmåling.....	35
3.3.4.5 Teksturanalyse	36
3.3.4.5.1 Avlesning av teksturresultater	36
3.4 Databehandling	37
4.0 Resultater	39
4.1 Forforsøk og gjennomgang av yoghurtproduksjonen på TINE Meieriet Oslo.....	39
4.1.1 Behandling av råmelk og mellomprodukt yoghurt	39
4.1.2 Syrekultur	39
4.1.3 Temperaturkontroll – temperatur ved syring.....	40
4.1.3.1 Mål av temperatur	40

4.1.4 pH-kontroll	41
4.1.4.1 Kontroll av pH-meter.....	44
4.1.5 Myseutskillelse ved syreavbrudd	44
4.1.6 Mekanisk behandling	44
4.1.6.1 Mekanisk påvirkning	46
4.1.7 Kontroll av utseende på yoghurt.....	47
4.2 Hovedforsøk.....	47
4.2.1 Organiske syrer	48
4.2.1.1 Spredningsplott for dannelse av melkesyre og maursyre	50
4.2.2.2 Pyrodruesyre	51
4.2.2 Karbohydrater	52
4.2.3 Flyktige stoffer	53
4.2.3.2 Spredningsplott diacetyl og acetaldehyd.....	55
4.2.3 Tekstur analyse	56
4.2.3.1 Urørt yoghurt	56
4.2.3.2 Rørt yoghurt	59
4.2.3.3 Viskositet (SMR)	60
4.2.4 Tid.....	61
4.2.5 Prinsipal komponent analyse (PCA).....	63
4.2.5 Myseseparasjon	64
5. Diskusjon	67
5.1 Forforsøk og observasjoner	67
5.1.1 Kundefokus	67
5.1.2 Lederskap	68
5.1.3 Personellets engasjement.....	69
5.1.4 Proessorientering	69
5.1.5 Systemorientert ledelse og kontinuerlig forbedring	70
5.1.6 Faktabaserte beslutninger	72
5.1.7 Partnerskap med leverandørene	73
5.2 Hovedforsøk.....	74
5.2.1 Tørrstoff	74
5.2.2 Aroma.....	75
5.2.3 Laktase	76
5.2.4 Syrekultur.....	79
5.2.5 Inkubasjonstemperatur	82

5.3 Diskusjon av resultater oppnådd ved forforsøk samt observasjoner på TINE Meieriet Oslo mot resultater oppnådd ved hovedforsøk på NMBU	84
5.4 Oppsummering av diskusjon	85
6. Litteraturliste.....	87

Vedlegg 1

1.0 Innledning

1.1 Bakgrunn for oppgaven

TINE Meieriet Oslo er Norges største konsummelkanlegg og betjener Norges største marked bestående av Oslo og omegn samt andre TINE Meierier over hele landet (TINE.no, 2015). De produseres hver dag store mengder yoghurt som skal forsyne dette markedet.

TINE har over en lenger periode, tidvis hatt problemer med yoghurtproduksjon, hvor spesielt tynn yoghurt og myselommer har krevd store ressurser. Konsekvensene av dette har ført til stopp i produksjon, merarbeid, svinn og vrak av yoghurt og emballasje, samt store mengder reklamasjoner. Dette har over tid ført til store økonomiske kostnader for bedriften.

1.2 Problemstilling

For å komme frem til en problemstilling for oppgaven var det nødvendig å oppholde seg en stund i styringssentralen på TINE Meieriet Oslo. Dette for å overvåke og observere de ulike delene av yoghurtprosessen. Det var allerede en mistanke om at problemer med lang holdetid i tappetank for yoghurt førte til tynn yoghurt og myselommer. Men etter overvåkning av syrningsprosessen ble det klart at problemet startet her, og heller ble forverret i tappetank. Fokuset ble dermed rettet mot syrningsstanken og prosesstyring rundt disse, men det ble også tatt en helhetlig vurdering av produksjonsprosessen av yoghurt.

Opgaven ble derfor definert som produktopimalisering av yoghurt med fokus på kvalitetsstyring som hjelpemiddel i kvalitetsarbeid med yoghurtproduksjon på TINE, og optimalisering av yoghurt i forhold til hvilke produksjonsparameter som gir den beste yoghurt med utgangspunkt i TINE sine resepter.

På grunn av TINEs sterke merkevare kan ikke reseptene som er nyttet under forsøk gjengis i sin fulle form da dette er konfidensielt.

2.0 Teori

2.1 Introduksjon

Produksjon av yoghurt har pågått i mange tusen år, og helt tilbake til antikken er det funnet spor av yoghurtproduksjon som ble utført av et eldgammelt tyrkisk folk i Asia som levde som nomader (Prajapati & Nair, 2009).

En av de første industrielle produksjonene av yoghurt ble utført av Danone i 1922 i Madrid. Etter andre verdenskrig, spesielt 1950, har teknologien rundt yoghurt og forståelsen av yoghurtens egenskaper avansert raskt (Prajapati & Nair, 2009). Selv om det finnes en rekke ulike fermenterte produkter på markedet, er det kun yoghurt som har oppnådd internasjonal distribusjon. Dette er blant annet grunnet den behagelige aromatiske smaken, dens rykte som helsebringende, men kanskje mest dens tykke kremete konsistensen, som gjør den perfekt til å blandes med frukt. Det var nettopp introduksjonen av frukt i yoghurt på 1950 tallet som gjorde at salget av yoghurt stadig klatret oppover (Tamime & Robinson, 2007).

Yoghurt er en av de raskeste voksende kategorier i verdens mat marked. Dette er spesielt grunnet «eat on the go» trenden, men også yoghurtens relativt høye innhold av protein. Spesielt har også utviklingen av nye yoghurtprodukter med nye smaker, fett erstatte og tilsetning av tørrstoff med høyere proteininnhold bedret dette markedet. Derimot kan yoghurt bli enda mer akseptert på markedet, og med dette som en konsekvens: større markedsandel og inntekt for produsentene. Dette avhenger av at produsentene investerer mer i opprettholdelsen og utviklingen av de organoleptiske egenskapene som tekstur og smak (de Oliviera, 2014).

2.2 Yoghurt i dag

Yoghurt som produseres i Norge i dag består i bunn og grunn kun av melk, skummetmelk pulver (SMP) og en yoghurtkultur. Dette produktet kan videre berikes med ulike smaker som sukker og andre søtningstoffer samt ulike syltetøy, müsli, sjokolade og lignende. Her er det bare fantasien som setter grenser. Videre kan også yoghurt tilsettes stabilisatorer for å sikre

tykk konsistens samt konserveringsmidler for bedre holdbarhet. TINE mener derimot at yoghurten bør være så naturlig som mulig uten tilsetningsstoffer og konserveringsmidler og ønsker heller å opprettholde god tradisjon rundt det opprinnelige produktet (Marit Reierstad Laboratorieleder TINE Meieriet Oslo, pers.med).

2.3 Råvarer

2.3.1 Melk

Frisk kumelk nyttes vanligvis som basismateriale for produksjon av yoghurt, men også sau, geit og bøffelmelk kan nyttes (Robinson et al., 2006). Melkens gjennomsnittlige næringsinnhold er 87,5 % vann, 4,8 % laktose, 3,4 % fett, 3,4 % protein, og 0,8 % mineraler, denne sammensetningen vil derimot variere noe etter ku raser, geografi, fôring og laktasjonssyklus (Bylund, 2003).

2.3.1.1 Fett

Fettinnholdet i kumelk ligger mellom 3,0 til 3,5 %, dette er som nevnt avhengig av type ku og kuens diett (Robinson et al.,2006). Triglyserider utgjør mesteparten av kumelkens lipider (98 %), mens de- og monoglyserider samt frie fettsyrer utgjør de resterende prosentene (Walstra et al., 2006).

Fettinnholdet i de fleste yoghurter som finnes i butikkene ligger mellom 0,1 – 4,5 % (Walstra et al., 2006). Under homogenisering av melk ved produksjon av yoghurt vil antall strukturbyggelementer i øke da en del kasein og myseproteiner fester seg til fettglobulene. Dette vil styrke fastheten i yoghurt. Derimot kan et for høyt fettinnhold i yoghurt føre til svakere gel da fettglobuler kan forstyrre gelnettverket (Walstra et al., 2006).

2.3.1.2 Protein

Selv om fettinnholdet har påvirkning på det endelige produktets smak og konsistens er det nivået av fettfritt tørrstoff (FFMT), som er den kritiske funksjonen for produksjon av yoghurt. Innhold av FFMT variere mellom 8,5 – 9,0 prosent i melk. Proteinene, sammen med mineraler som kalsium og fosfor, gir opphav til den grunnleggende gelstruktur av yoghurt (Robinson et al., 2006).

Mengden protein i melk ligger på omtrent 3,4 gram per 100 ml melk. Av dette er omtrent 2,6 gram kasein og 0,7 gram myseprotein, men også ulike proteiner som laktoferrin, transferrin og membranproteiner kan være tilstede (Robinson et al., 2006).

2.3.1.2.1 Myseprotein

Noen av de viktigste myseproteinene i melk er β -Lactoglobulin, α -Lactalbumin, Serum albumin, proteose pepton samt immunoglobuliner som IgG1, IgG2, IgA og IgM. Disse finnes i oppløst form i serum og de fleste er typiske globulære proteiner (Walstra et al., 2006).

β -laktoglobulin er det myseprotein som det finnes mest av i melk med 9,8 g/100 g protein. Dens egenskaper har en tendens til å dominere egenskapene til myseproteinene, spesielt i reaksjoner som forekommer ved varmebehandling (Walstra et al., 2006). Ved varmebehandling av melk vil denaturering av både β -laktoglobulin og α -laktalbumin føre til en fastere gel i yoghurt da disse vil assosieres med fett globuler via sulfydryl-disulfid interaksjoner samt assosieres med κ -kasein på kaseinmicellen, (Kim & Jimenez-Flores, 1995; Robinson et al., 2006).

2.3.1.2.2 Kasein

Det er aggregering av kaseinmicellene som gir yoghurt dens karakteristiske gel-lignende struktur (Coulter, 2009). Det finnes flere ulike typer kasein; α_{s1} -kasein α_{s2} -kasein, β -kasein, κ -kasein og γ -kasein. Ingen av disse viser tegn til denaturering ved varmebehandling, men kan ved oppvarming opp mot 120 °C sakte bli mer løselige (Walstra et al., 2006). Både α -kasein, β -kasein inneholder en rekke regioner som er kapable til å danne bindinger mellom hverandre, enten direkte ved hydrofobe bindinger, eller indirekte via kolloidalt kalsiumfosfat (CCP). Ved videre utvidelse av gel-nettverket vil også κ -kasein danne bindinger via deres N-terminale ende. Etter hvert vil overflaten av den voksende kaseinmicellen være dominert av de hydrofile C-terminale endene til κ -kasein å dannelsen av koagel vil etterhvert opphøre (Coulter, 2009).

2.3.1.2.3 Kollodialt kalsiumfosfat (CCP)

Kaseinmiceller inneholder omtrent 6 % kollodialt kalsiumfosfat (CCP) (Coultrate, 2009). Dette er en strukturell enhet som forekommer som «nanoklynger», kun få nanometer i diameter, innenfor kaseinmiceller som virker som en nøytraliser bro mellom to negativt ladede fosfoseryl grupper i kaseinmicellene (Horne, 1998). Dette uoppløste saltet kalles i korthet kollodialt eller misselært kalsiumfosfat, selv om det inneholder andre komponenter som Kalium, Natrium, Magnesium, og sitrat (Walstra et al., 2006). Oppløsningen av CCP skjer ved syrning, spesielt ved $\text{pH} \leq 6$, dette resulterer i den medfølgende økning i elektro frastøtning mellom de eksponerte fosfoserin restene (Lucey, 2002).

2.3.1.3 Laktose

Laktose er det karbohydratet det finnes mest av i kumelk. Laktose har blitt funnet i melk fra nesten alle pattedyr og er unikt for melk. Det kan også finnes spor av andre karbohydrater, som glukose og galaktose, men ingen polysakkarider. Videre kan glykosidiskeforbindelser som hexosaminer og N-acetyl neuraminicsyre finnes i melk, men de fleste av disse er kovalent bundet til proteiner, da spesielt membranproteiner (Walstra et al., 2006).

2.3.1.3.1 Laktase

Laktose kan hydroliseres av enzymet β -galactosidase (heretter omtalt som laktase). Dette enzymet sekreteres i tynntarmen og naturlig nok trenger diende barn dette enzymet for å bryte ned laktosen i melken, men etter avsluttet amming vil antall produserte enzymer reduseres til et ubetydelig nivå. Det er ikke tilfellet for alle barn, men for minst 60 % av personer under 4 år er enzymaktiviteten redusert til mellom 5 og 10 %, dermed vil disse barna ha dårlig evne til å metabolisere laktose. Ved konsum av melk vil aktiviteten i tarmfloraen øke betraktelig og føre til flatulens og vandig-blodig diare. Å behandle melken med laktase vil kunne gi et alternativ for laktoseintollerante mennesker. Da vil laktosen nesten fullstendig hydroliseres til glukose og fruktose. Dette vil i tillegg øke søt smak i melken (Walstra et al., 2006).

2.3.2 Yoghurt kultur

Melkesyrebakteriene som nyttes ved produksjon av yoghurt er, per definisjon, en termofil kultur bestående av *Streptococcus thermophilus* og *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, som begge er homofermentative. Denne yoghurtkulturen har som hovedoppgave å produsere syre vil føre til koagulering av kaseinmicellene i melken og gi yoghurten en skarp syrlig smak og aroma ved syntese av aromakomponenter.

Disse bakteriene lever i en såkalt protokooperasjon, hvor bakteriene vokser hver for seg i melk, men vil gjensidig stimuleres av hverandres metabolitter. *St. thermophilus* har kun en svakt proteolytisk aktivitet, noe som forklarer protokooperative samspillet mellom denne organismen og *Lb. bulgaricus* som vil forbedre veksten til *St. thermophilus* ved å danne små peptider og frie aminosyrer (Walstra et al., 2006). Frie aminosyrer forekommer naturlig i melk eller frigjøres under varmebehandling. Eksempler på disse er histidin, glutaminsyre, cystein, metionin, valin og leucin, men det er ikke tilstrekkelig nivåer av disse for å understøtte omfattende vekst av melkesyrebakteriene. *Lb. bulgaricus* kan hydrolysere kasein, spesielt β -kasein - ved hjelp av en celle-veggbundet proteinase for å frigjøre polypeptider og, ved ytterligere enzymatisk aktivitet, hydrolysere frie aminosyrer, noe som forbedrer veksten av *St. thermophilus*. (Beshkova et al., 1998).

Ved starten av fermenteringsprosessen vil populasjonen av *St. thermophilus* utvikles raskt og bakterien er ansvarlig for det innledende fallet i pH i yoghurten. I løpet av de neste to timene, vil den synergistiske innflytelsen av streptokokker oppfordre til raskere vekst og metabolisme i *Lb. bulgaricus*. Dette fører til at populasjonene av hver starterorganisme vil kunne overstige $2,0 \times 10^7$ cfu mL⁻¹ i produktet etter fire timer (Tamime et al., 2006).

Dette innledende dropet i pH forårsaket av *St. thermophilus* er grunnet bakteriens evne til å fermentere laktose for å gi L (+) melkesyre som hovedprodukt. Videre vil *Lb. bulgaricus* stimuleres av dannelse av karbondioksid som frigjøres ved nedbrytingen av urea i melk ved hjelp av enzymet urease og også vanligvis dannelse av maursyre fra pyrodruesyre under anaerobe forhold (Robinson et al., 2002). Det praktiske resultat av protokooperasjonen mellom de to melkesyrebakteriene er at begge artene vokser raskt og aktivt omdanner nok

laktose til melkesyre, slik at melken kan fermenteres til yoghurt i løpet av 3-4 timer. Alene vil en bakterie bruke hele 12-16 timer på å syrne yoghurten til ønsket pH. (Tamime et al., 1984).

Ved å variere de ulike vilkårene for produksjon av yoghurt, vil ratio mellom kokkene og stavene påvirkes. Ved produksjon av yoghurt vil en kort inkuberingstid eksempelvis føre til en lavere surhetsgrad, samt til en for høy andel av streptokokker. Motsatt vil en lang inkubasjonstid føre til en økende overvekt av lactobaciller. Ved høy inkuberingstemperatur, gjerne over 45 °C vil stavene, som har høyere optimumstemperatur være i overvekt, i motsatt fall vil kokkene være i overvekt ved lavere temperatur (Walstra et al., 2006).

Metabolittene som produseres av de to artene gir yoghurten en smak som er tydelig ulik fra en hvilken som helst annen syrnnet melk. Smaksbestandigheter som bidrar til den endelige smaken i yoghurt kan deles inn i fire kategorier: ikke-flyktige syrer som melkesyre eller pyrodruesyre, flyktige syrer som smørsyre eller eddiksyre, karbonylforbindelser som acetaldehyd og diacetyl samt diverse forbindelser som aminosyrer eller produkter som dannes ved termisk nedbrytning (Izco et al., 2002) Det er derimot diacetyl og acetaldehyd er essensielle for aromaen i yoghurt (Tamime & Robinson 2007). Acetaldehyd kan finnes ved nivåer opp til 40 mg L⁻¹ og er hovedkomponenten av smaken i yoghurt. Hovedreaksjonsveien for fremstilling av dette smakskomponentet av *Lb. bulgaricus* - og i mindre grad, *St. thermophilus* - er konvertering av treonin til glysin av treonin aldolase (Zourari et al., 1992; Marshall & Tamime, 1997; van Kranenburg et al., 2002; Walstra et al., 2006).

Noen melkesyrebakteriestammer produserer i tillegg eksopolysakkarider (EPS). Disse kan resultere i trådtrekkende og slimete egenskaper og kan hjelpe til å øke viskositet i yoghurt og redusere myseparasjon i yoghurt (Tamime & Robinson, 2007), derimot er konsentrasjonen av EPS som dannes lav < 150 mg/L (Zoon, 2003), men høyere innhold av EPS kan oppnås ved å optimere vekstvilkårene.

2.3.2.1 Koagulering

Koagulering av melken skjer i utgangspunktet ved metabolisering av laktase til dannelse av melkesyre, fra både *St. thermophilus* L(+) og *Lb. bulgaricus*, D(-) melkesyre i omtrent samme mengde (Walstra et al., 2006).

Det første skrittet i metabolisering av laktose er transport inn i cellen. *St. thermophilus* mangler fosfotransferaseaktivitet og besitter i stedet cytoplasmiske proteiner (laktose permeaser) som er lokalisert i membranen samt intracellulær β -galaktosidase.

Permeasene translokerer laktosen inn i cellen uten kjemisk modifikasjon. Laktosen splittes så til glukose og galaktose ved hjelp av intracellulært β -D-galactosidase. Yoghurtbakteriene klarer vanligvis ikke å metabolisere galaktosidase videre og vil dermed translokere galaktosemolekyler ut av cellen. Glukosen vil nå følge Emden –Meyerhof-Parnas vei og omdannes til pyodruesyre gjennom glykolysen og videre til melkesyre ved hjelp av laktat dehydrogenase (Zourari et al., 1992).

Denne dannelsen resulterer i en reduksjon i overflateladning - zeta potensialet på kasein micellene. Denne vil reduseres fra opprinnelig høy netto negativ ladning ved pH 6,7 til i nærheten av ingen netto ladning når pH når det isoelektriske punkt (pH 4,6) til kasein. Denne endringen i overflateladning tillater kaseinmicellene i melken å aggregere gjennom hydrofobe og elektrostatiske bånd.

Aggregeringen av kaseinpartikler resulterer i en gel som dannes ved omtrent pH 5.3 i varmebehandlet melk. Ved å ikke varmebehandle melken vil gelen til sammenligning dannes ved omtrent pH 5.

Myseproteinet β -laktoglobulin har som nevnt et høyt isoelektrisk punkt på omtrent pH 5,3 slik at aggregering og gelering vil bli forskjøvet til en høyere pH-verdi ved høy varmebehandling fordi de fleste myseproteinene er denaturert og bundet til kaseinmiceller. Det er disse nye kasein-myse proteinpartiklene som setter i gang geleringen fordi de blir ustabile før kasein micellene. I tillegg til dette vil det ved temperaturer som anvendes for

fermentering av yoghurt, skje lite dissosiasjon av kaseiner fra micellene under syrning av melken (Lucey & Singh, 2003).

Hastigheten på syrningen er en viktig variabel i moderne yoghurt produksjon. Det stilles flere krav til syrekulturen, og spesielt er det dens evne til å syrne melken på kort tid, dens evne til å nå slutt pH ved omtrent samme tid fra produksjon til produksjon samt oppnåelsen av samme kvalitet hver gang, som er viktig for yoghurtprodusentene (Robinson et al., 2006).

2.3.3 Tørrstoffanrikning

Melkevareforskriften §4c (1952), betegner yoghurt som sur melk fremstilt ved bruk av yoghurtkultur, med minst 2,5 % tilsatt melketørrstoff.

Forskrift om konsenderst melk og melkepulver (2003) Vedlegg 1 punkt 2d sier at «Melkepulver av skummetmelk - Melkepulver med maksimum 1,5 vektprosent fett.»

NÆRINGSINNHOOLD PER 100 G:

Tabell 2.1: Næringsinnhold per 100 gram i skummetmelkpulver til TINE ingrediens (TINEingrediens, u.å)

Energi	1530 kj / 360 kcal
Protein	35,5 g
Karbohydrat	52,5 g
Fett	0,8 g

Tilsetning av skummet melkepulver (SMP) til melkebasen skjer før produktet videre varmebehandles. SMP er den ingrediensen som er mest utbredt til tørrstoffanrikning og pulveret finnes i flere varianter avhengig av temperatur som melken videre skal utsettes for. Lav- eller medium-varme spraytørket melkepulver, er ofte ansett til å være det beste ved produksjon av fermenterte melkeprodukter (Robinson et al., 2006). Dette pulveret tilsettes i all hovedsak for å øke tørrstoffinnholdet, spesielt med tanke på innholdet av protein som ligger rundt 35 %.

Soukoulis et al., (2001) fant at fastheten og motstanden mot synerese i yoghurtgeler ble forbedret når proteinmengden i produktet økte. Ved tilsetning av SMP påvirkes de fysiske

egenskapene i yoghurt, ved å gi en sterkere gelstyrke, høyere viskositet samt mindre myseutskillelse.

2.4 Produksjon

Produksjon av yoghurt kan foregå på mange måter i flere ulike størrelsesordener, dette er alt fra produksjon hjemme på kjøkkenet til industriell produksjon på et meieri. Ulikhetene som er en naturlig del av de store størrelsesforskjellene gjør at yoghurten vil ha ulike krav til behandling. Dette gjelder både bakteriologisk kvalitet på råmelka, varmebehandling, syrningstid og mekanisk behandling og produksjonstid.

2.4.1 Innledende prosessering

Ved produksjon av yoghurt vil upasteurisert råmelk hentes fra gården, kjøres til meieriet og overføres på en silotank. Det er viktig at denne holder temperatur <4 °C. Når yoghurten er klar til å produseres vil melken hentes fra silotank og gjennomgå en lavpasteurisering ved 72°C i 15 sekunder. Ved produksjon av fullfett yoghurt vil denne gå utenom separator eller homogenisator. Dersom lavfett yoghurt skal produseres blir melken kjørt gjennom separator og bli standardisert til ønsket fettinnhold (Rømo & Westblad, 2014).

2.4.2 Standardisering

To typer standardisering kan utføres for å forbedre kvaliteten av det endelige produktet. Dette er standardisering av fettinnholdet i melken og standardisering av fettfritt faststoff som eksempelvis skummetmelkpulver og sukker.

Fettinnholdet i melk kan variere, derfor er det nødvendig å standardisere melken for å møte krav bedriften har satt til sammensetning av yoghurt. Denne standardiseringen kan utføres ved å fjerne en del av fettinnholdet i melken, blande helmelk med skummet melk, og / eller tilsette fløte til helmelk eller skummet melk (Hagenes, 2010; Kopanos et al., 2010).

Tilsetning av melkepulver som helmelkspulver, skummetmelkpulver, myse og kjernemelk men også melkeproteinkonsentrat (MPK), myseproteinkonsentrat (WPC) og kaseinater kan nyttes som tørrstofftilsetning til yoghurt. Ved å justere proteininnholdet på denne måten vil en tilføre produktet bedre evne til å overvinne eventuelle variasjoner i proteininnholdet i

melken, det vil gi bedre evne til koagulering under syrning og bedre stabilitet under lagring, samt gi en noe bedre helseprofil på produktet (Robinson et al., 2006).

På dette tidspunktet kan også ulike søtningsemidler som sukker og aspartam, stabilisatorer og konserveringsmidler tilsettes. De fleste stabilisatorene som nyttes er hydrokolloider som er valgt for deres evne til å absorbere vann og gummier med opphav fra planter som guar gummi. Dette vil gi rørt yoghurt en mer ønsket munnfølelse. Gelatin er også en stabilisator som kan nyttes, denne vil gi rørt yoghurt en distinkt skinnende overflate med en gelelignende struktur som smelter i munnen (Fizman et al., 1999), og den kan også effektivt kontrollere migrering av fuktighet i produktet. Andre produkter som kan nyttes er alginater, karageenan, stivelse og modifisert stivelse som maltodekstrin (Tamime & Robinson, 2007; Williams et al., 2003; Sagdiç et al., 2004).

2.4.3 Varmebehandling

Yoghurt varmebehandles så videre ved 80-85 °C i 30 minutter eller 90-95°C i 5-10 minutter. I industriell produksjon brukes kun 90-95 °C da det verken er optimalt eller mulig å oppholde melk i holdercelle i 30 minutter. Denne behandlingen vil redusere bakteriemengden som ellers ville kunne konkurrert mot den tilsatte starterbakterien samt redusere innholdet av oksygen som også er fordelaktig for veksten av starterkulturen i melken (Robinson et al., 2006). Ved høy varmebehandling HTKT (høy temperatur, kort tid) (95°C minutter i 5-10 minutter) økes mengde geldannende protein med omtrent 25 % % fordi en stor prosent av myseproteinene denatureres under den høye varmebehandlingen. Her vil hovedsakelig β -laktoglobulin og α -laktalbumin kople seg til kaseinmiceller (κ -kasein) via disulid bindinger og hydrofobe interaksjoner og videre aggregere med andre myseprotein som tilslutt fører til dannelse av større mengde protein i gelen (Robinson et al., 2006).

Økning av varmeintensitet på melken forårsaker en omfattende denaturering av myseproteiner, og da primært β -laktoglobulin. Lucey et al., (1999) fant at gel dannelse vil starte tidligere i melk som er behandlet med veldig høy temperatur. Dette førte også til en signifikant reduksjon av koagulasjonstiden for fermenterte produkter. Generelt vil økning av denaturerte myseproteiner redusere syrningstiden på produktet (Lucey et al., 1999) .

Varmebehandlingen er en av de viktigste parameterne for viskositet, reologi og mikrostruktur i yoghurt. Ved å for eksempel varmebehandle melken ved 90°C i 10 minutter eller 120°C i 2 minutter vil også tendensen til synerese reduseres (de Oliveira, 2014). Andre vesentlige virkninger av oppvarmingstrinn er den delvis nedbrytning av myseproteinene til aminosyrer som stimulerer aktiviteten til startkulturen (Robinson et al., 2006).

2.4.4 Homogenisering

Naturlige melkefettkuler integreres ikke i kaseinmatriksen ved syrning (Van Vliet & Dentener-Kikkert 1982). Homogenisering av melk og tørrstoff har som formål å fremme den homogene dispersjon av fett i den grunnleggende blanding. Dette vil øke viskositeten, gi bedre vannbindingsevne og forbedre de organoleptiske kvalitetene (de Oliveira, 2014; Walstra et al., 2006). Dette skjer ved at melken blir utsatt for et svært høyt trykk ved omtrent 200 bar og presses igjennom trange dyser i homogenisatoren. Dette fører til at fettkulene splintres, og gjennomsnittsdiameteren på fettkulene går ned en tidel til $< 2 \mu\text{m}$, og det dannes rundt tusen ganger flere fettkuler (Hagenes, 2010). Under homogeniseringen, vil kasein og noe myseprotein absorberes på fettkulens overflate, noe som effektivt øker antall geldannende stoff som kalles pseudoprotein. Dette fører videre til at fettkulene integreres i syregelen. Homogenisering bidrar da til å betraktelig øke gelfasthet og viskositet samt redusere myseparasjon og også øker hvithet av produktet (Tamime & Robinson 2007).

I noen nyere produksjonsanlegg vil homogeniseringstrinnet ved bruk av aseptisk anlegg komme etter pasteuriseringen med den begrunnelse at senere homogenisering kan forsterke ytterligere myse protein / kasein interaksjoner (Walstra, 1998). Denne hypotesen er imidlertid åpen for debatt, og de fleste produsenter foretrekker å holde varme produktet så nær fermenteringstrinnet som mulig for å redusere risikoen for forurensning av, for eksempel gjærsopp og muggsopp (Robinson et al., 2006).

2.4.5 Syrningstanker

Etter homogeniseringen vil melken kjøles ned i en platevarmeveksler til ønsket syrningstemperatur og videre overført til en isolert syrningstank. På TINE Meieriet Oslo er disse på 8000 liter, men de kan generelt ligge mellom 5000- 10000 liters kapasitet (Tamime & Robinson, 2007). Inkubasjonstemperaturen i syrningstankene ligger vanligvis mellom 40-

45 °C og prosessen tar mellom 3-6 timer. Bestemmelsen av inkuberingstiden er et essensielt teknisk parameter i industriell yoghurtproduksjon. På grunn av kompleksiteten av syrningsprosessen og det store antall faktorer som påvirker yoghurt koagulasjon, er det vanskelig å forutsi inkubasjonstiden, selv med den vanlige praksisen med empirisk kontroll som er basert på erfaring og forventning. For et anlegg er definisjonen av optimal inkubasjonstid basert på reduksjon av produksjonskostnader og tid mens man samtidig skal unngå at produktets karakteristiske kvalitet blir dårligere. Avslutningen av en fermenteringsprosess blir vanligvis bestemt av pH verdien (Soukoulis et al., 2007).

2.4.5.1 pH

Industrielle pH-måling av yoghurt blir ofte utført på en diskontinuerlig måte. Dette er fordi pH-sonden er følsom for driftsslitasje men også fett- og proteinopphopning rundt elektroden. De Brabandere og De Baerdemaeker, (1999) foreslo en kontinuerlig pH kontroll av syrningsprosessen. Fordelene med en slik metode er lave investeringskostnader, enkel gjennomføring, og fravær av eventuelle svingninger i syrningsprosessen. Ved å innføre kontinuerlig kontroll av pH vil dette være et nyttig verktøy for integrert prosesskontroll. pH, inkubasjonstid og viskositets profiler som følge av overvåkning av fermenteringsprosessen kan nyttes for å kontrollere produktets kvalitet, så vel som for prediktiv og korrigerende formål (De Brabandere & De Baerdemaeker, 1999).

Det er flere alternativer til kontinuerlig pH kontroll som er foreslått. Eksempelvis er Synlig/nær infrarød spektroskopi (Vis/NIR) er et alternativ til den tradisjonelle metoden å måle pH i yoghurt på (Navratil et al. 2004). I studier utført av Shao og He (2009), ble Vis/NIR testet i evnen til å måle løselig tørrstoff og pH til yoghurt. Hovedresultatet her ble at Vis/NIR kombinert med kalibreringsmodellen LSSVM (least squares support vector machine) hadde evnen til å forutse tørrstoffinnhold og pH verdien i yoghurt, men resultatene viste at det var vanskelig å velge riktig bølgelengdene for lysadsorpsjon for å oppnå perfekt resultat.

Det finnes også metoder for in-line eller on-line måling av pH. For alle pH meter er det aller viktigste at pH elektroden holdes ren slik at man kan få så nøyaktige målinger som mulig og samtidig få maksimal livslengde på elektroden. Det er imidlertid ikke lett å holde pH-meter rene dersom disse nyttes flere ganger om dagen. For dette problemet finnes det

automatiske rengjøringsystemer og også helautomatiske systemer for både kalibrering og rengjøring av elektroden (Fladberg, 2013).

2.5 Påvirkninger på yoghurtens egenskaper under behandling

Yoghurt er et levende produkt som kan være krevende å håndtere i store produksjonslinjer. Yoghurtens kvalitet og egenskaper kan derfor bli dårligere ved ulike påvirkninger. Spesielt er mekanisk påvirkning, synerese og bakteriologiske påvirkninger de faktorene som oftest kan føre til problemer.

2.5.1 Synerese og sedimentasjon

De fleste yoghurter solgt på markedet i dag har et høyt innhold av tørrstoff, samt tilsatt frukt, syltetøy og også i noen tilfeller stabilisatorer. Dette gir produsenten flere muligheter til å justere teksturen og de fysiske egenskapene til yoghurten (Tamime et al., 2006), er fortsatt myseparasjon et problem.

Myseparasjon kan defineres som forekomsten av myse (serum) på geloverflaten i yoghurt. Synerese er krymping, eller sammentrekning av yoghurtgelen, noe som deretter fører til myseparasjon. Vanlige årsaker til forekomsten av myse på syrnede produkter omfatter blant annet bruk av en høy inkubasjonstemperatur, høyt myseprotein til kasein-forhold, lavt faststoffinnhold (protein og fett hvis melken er homogenisert) og stor fysisk påvirkning av produktet under produksjon, lagring og distribusjon (Walstra et al., 2006).

Det er ofte antatt at produksjon av yoghurt kun kan utføres ved å gi melk en svært høy varmebehandling, og videre å utføre fermenteringen med svært høye temperaturer, for eksempel 45 ° C, dette er ofte grunnet ønsket om besparelse av tid i produksjonen. Derimot tyder flere studier på at disse prosessbetingelsene bør justeres noe for å kontrollere myseutskillelse, som er en av de største defektene i yoghurtproduksjon (Lucey, 2002). Selv om 42 ° C er typisk syrningstemperatur i yoghurt, vil lavere temperatur som eksempelvis 40 ° C i stedet for 45 ° C føre til noe lengre geleringstider. Syrning ved denne temperaturen vil derimot gi en fastere og mer viskøse gel som er mindre utsatt for synerese, klumper og kornete konsistens ved røring. (Robinson, 1981; Lucey, 2002; Lee & Lucey, 2003). Disse forbedringene forårsaket av inkubering ved lav temperatur skyldes økt svelling av

proteinmolekyler og sterkere interaksjoner mellom kaseinpartiklene. Ved en lavere inkubasjonstemperaturen, vil det skje en økning i størrelsen på kaseinpartiklene grunnet en reduksjon av hydrofobe interaksjoner, som i sin tur fører til en øket kontaktareal mellom kaseinpartiklene (Lee & Lucey, 2003). En lignende trend oppstår når gelen avkjøles, fordi høy inkubasjonstemperaturen gjør gelnettverk mer utsatt for rearrangering, og disse endringene kan føre til større myseutskillelse (Lucey, 2001; Mellema et al., 2002). På den negative siden, kan lavere syringstemperatur resultere i en redusert produksjon av smakskomponenter fra startkulturer, men denne effekten er ikke kritisk dersom basen smaksettes senere i produksjonen (Robinson et al., 2006).

Gelering av sterk varmebehandlet yoghurt starter ved pH ca. 5,3, og som et resultat av dette vil CCP oppløses når micellene allerede er en del av gelnettverket. Dette fører til en indre svekkelse i gel-partiklene, altså blir gelen mer væskelignende i en kritisk periode under geldannelsen (Lucey, 2002). Dersom ikke riktig pH verdi er oppnådd ved bryting av koagelet i dette kritiske punktet, vil gelen ødelegges.

2.5.2 Tekstur

Rørt yoghurt er en typisk ikke-Newtonisk væske som utviser thixotropiske egenskaper, altså en gel som ved mekanisk påvirkning blir mindre viskøst, men som over tid vil kunne oppnå en relativ fast konsistens igjen (Tamime & Robinson, 2007), derimot vil veldig store fysiske påvirkninger resultere i en manglende evne til å oppnå denne faste strukturen igjen (Lee & Lucey, 2010). Yoghurt er avhengig av flythastighet og tid, slik at påføring av mekanisk behandling ved eksempelvis høye temperaturer vil gi et glatt produkt, men med tilsynelatende lav viskositet (Robinson et al., 2006).

2.5.2.1 Røring

Ved fremstilling av rørt yoghurt, vil signifikant synerese føre til et uønsket produkt. Omrøringen etter oppnådd ønsket pH i et slikt produkt vil bryte gelen, som deretter umiddelbart vil oppvise synerese. Ytterligere omrøring av produktet kan bryte ned ujevnheter slik at det oppnås et mer homogent produkt, derimot vil dette produktet bli mindre viskøst og føre til for tynn yoghurt. Intensiteten av røringen på yoghurten er også

meget viktig for den endelige konsistensen på produktet. Ved kraftig røring, vil viskositeten gå ned, men vil også føre til et jevnere produkt. Følgelig, er høy gelfasthet nødvendig for å tillate kraftig omrøring uten at produktet blir for tynt. Kraftig omrøring av rørt yoghurt som videre skal behandles bør unngås for å forhindre at produktet blir for tynt. Produktet vil dermed bli enda mindre viskøst gjennom hard behandling gjennom produktrør og fyllemaskiner (Walstra et al., 2006).

Omrøringsutstyret som nyttes under produksjon kan også være en viktig bidragsyter til sedimentasjon og synerese. En tank kan eksempelvis være utstyrt med en vanlig propellrører, det vil si en røres som er innrettet for håndtering av lav viskositet, med det formål å blande inn starterkulturen i den behandlede melken. Dette røreapparatet er derimot ikke egnet til å røre opp koagelet ved slutten av syrningsperioden. Risikoen med denne teknologien, er at dersom det syrnede koagelet er veldig fast, og det ikke blir brutt opp eller blandet før overkjøring til tappetank, kan det bli vanskelig å sette i gang pumpen før tømning (Tamime & Robinson, 2007).

Et annet type rørverk som kan nyttes kan både blande melk og startkulturen, og bryte opp hele koagelet i inkubasjonstanken. Til dette formålet nyttes et høyhastighets rørverk, sammen med eksempelvis en propell. Da dette rørverket er utformet til å håndtere yoghurtkoagel i tillegg til å blande melk og startkulturer, vil virkningen av propellen redusere viskositeten eller fastheten av sluttproduktet og forbedre flyten til pumpen. Når produktet har nådd pumpen, er det ikke nødvendig å agitere det gjenværende koagelet i tanken, med mindre myseseparasjon har funnet sted (Tamime & Robinson, 2007).

2.5.3 Bakteriologisk

Evnen yoghurtkulturen har til å samarbeide og stimulere hverandre i produksjon av yoghurt, kan inhiberes av flere faktorer. Høye somatisk celletall i melken, nærvær av hydrogenperoksid, antibiotika, vaskemidler eller rester av desinfeksjonsmiddel eller bakteriofager (Tamime & Robinson, 2007).

Psykrotrofe bakterier utgjør vanligvis over 90 % av den totale mikrobielle populasjonen i kjølelagret råmelk (Magan et al., 2001). Dette er spesielt grunnet lang lagringstid av råmelk ved lave temperaturer (2-6°C) som har en viktig påvirkning av komposisjonen av den naturlig

tilstedeværende populasjonen av mikroorganismer. Dermed, vil de Gram-positive mesofile aerobe bakteriene som i utgangspunktet er dominante, bli erstattet av Gram-negative og Gram-positive psykrotrofe bakterier (Lafarge et al. 2004). Blant de psykrotrofe bakteriene som er assosiert med melk og meieriprodukter er det *Pseudomonas spp.* og *Bacillus spp.* som oftest er isolert i forringet rå- eller varmebehandlet melk. Det er bakterienes evne til å produsere hydrolytiske termostabile enzymer – proteaser, lipaser og fosfolipaser, som er årsaken til forringelse (Mc Phee & Griffiths, 2002). Mange av disse enzymene beholder deres aktivitet, selv etter konvensjonell varmebehandling av melken. Psykrotrofe bakterier er de bakterien som oftest er isolert i forringede, varmebehandlede meieriprodukter, dette som et resultat av kontaminering etter pasteurisering av produktene (Larsen & Jørgensen, 1997; Eneroth et al., 2000).

I utgangspunktet vil ikke fermenterte melkeprodukter være et passende vekstmedium for de fleste forringende bakteriene grunnet deres lave pH verdi ($\sim 4,2 - 4,6$) (Robinson et al., 2002). Derimot, ved produksjon av fermenterte produkter, vil problemet ligge i kvaliteten på råmelken, som er lagret ved lave temperaturer over en lengre periode før prosessering. Under disse vilkårene, vil psykrotrofe bakterier hydrolysere melkens fett og protein. Konsekvensene av disse hydrolytiske forandringene på kvaliteten på yoghurt er mangfoldige. Dette vil først og fremst ha innvirkning på tekstur og smak. Spesielt vil hydrolyse av κ -kasein i råmelk føre til at yoghurt får en sterkere og fastere gel med høyere viskositet, men med større sannsynlighet for synerese (Gassem & Frank, 1991).

Proteolytiske forandringer vil favorisere veksten av mikrobielle kulturer ved å øke konsentrasjoner av frie aminosyrer, derimot, vil det på samme tid, grunnet lipolytiske forandringer forårsaket av lipasene fra de psykrotrofe bakteriene, føre til manglende typisk smak på det ferdige produktet. I stedet vil en utypisk smak dannes, denne kan beskrives som bitter, harsk, uren og fruktig (Sørhaug & Stepaniak, 1997).

2.6 Kvalitetsstyring

TINE har i mange år produsert yoghurt, men i de siste årene har kvaliteten på dette produktet vært noe variabelt, spesielt har tynn yoghurt bydd på problemer. Med store

oppgraderinger av produksjonsutstyr og større bestillinger er det viktig å kartlegge hvor problemet ligger slik at svinn kan reduseres. Dette handler om å gå igjennom hele produksjonsprosessen for å finne mulige årsaker, samtidig som at alle som er en del av denne prosessen blir inkludert i arbeidet slik at en følelse av eierskap til produktet blir en del av den daglige driften.

Kvalitet kan beskrives ved «*I hvilke grad en samling av iboende egenskaper oppfyller krav*»

Prinsippet for kvalitetsstyring er å styre og rettlede en organisasjon på en åpen og systematisk måte. Fremgang kan måles i resultater oppnådd ved iverksetting av eller ved å opprettholde et styringssystem som kontinuerlig vil forbedre driftens evne til å tilfredsstille behov hos alle interessenter (Hannisdal, 2009).

2.6.1 International Standard Organization (ISO)

En standard blir definert som en «norm» som beskriver viktige deler av en tjeneste, en arbeidsprosess eller et produkt. Disse vil kunne gi løsninger på hvordan systemer bør beskrives eller hvordan produkter skal fremstilles. I tillegg vil resultater oppnådd sammenlignes med standarden (Pedersen, 2000).

Den internasjonale standardiseringsorganisasjonen ISO har siden 1947 utviklet standarder for de fleste sektorer. Kvalitetsstyring- og miljøstyringssystemene er de mest kjente ISO-standardene (Standard.no, 2015).

ISO 9000- serien er standarder for kvalitetsstyringssystemer. Tidligere besto denne serien av omtrent 20 enkeltstandarder men er nå revidert og den nye versjonen består kun av tre. I Norsk standard (NS) – EN ISO 9000 beskrives definisjoner, terminologi og grunntrekk ved systemer for kvalitetsstyring. Kvalitetsstyringsstandarder skal fastsette krav til leverandørens kvalitetssikring. I første rekke skal standarden sikre at kunden får de tjenester og produkter de har krav på, både med hensyn til pris, leveringstid, mengde og kvalitet.

Kvalitetsstandarder stiller krav til en organisasjon og prosess og ikke produktet bedriften produserer. Det er derfor viktig at kvalitetsstyringsstandardene tilpasses hver enkelt bedrift (Standard.no, 2015).

NS-EN ISO 9001 angir krav til en organisasjon som må fremvise evne til å fremstille tjenester og produkter som oppfyller krav til lovverk og kunde. Dette er en omfattende standard som stiller høye krav til konstruksjon og prosesser for kontinuerlig forbedring, installasjon, tilvirkning og ettersyn (Halbo, 2010). Denne standarden handler i stor grad om å tilfredsstille organisasjonens kunder, enten det er bedrifter eller privatpersoner (Hannisdal, 2009).

NS-EN ISO 9001 (Standard Norge, 2008) angir kravene til et system for kvalitetsstyring når en organisasjon trenger å bevise sin evne til å fremskaffe produkter som tilfredsstiller krav fra kunder og krav i aktuelle lover og forskrifter og har som siktemål å bedre kundetilfredshet.

Standarden NS-EN ISO 9004 er en veileder for ISO 9001 og sikter noe lenger slik at en bedrift som tilfredsstiller krav i ISO 9001 også tilfredsstiller ISO 9004 (Halbo, 2010).

2.6.2 Grunnleggende prinsipper for kvalitetsstyring

Alle bedrifter som har et kvalitetsstyringssystem bør hele tiden ha som mål holde dette ved like og forbedre dette. Det er utviklet åtte grunnleggende prinsipper for kvalitetsstyring som kan benyttes for forbedret prestasjonsevnen i en organisasjon, disse finnes i NS-EN ISO 9000.

2.6.2.1 Kundefokus

«Organisasjoner er avhengige av sine kunder og bør derfor forstå gjeldende og fremtidige kundebehov, oppfylle kundekrav og strebe etter å overgå kunders forventning» (Standard Norge, 2006 avsn. a)

Kunder er alle som mottar varer eller tjenester, enten det er internt eller eksternt «den som bedriften er til for». Det er kunden som ut i fra sine forventninger og behov avgjøre om en organisasjon leverer kvalitet eller ikke, det er dermed alltid kunden som skal være i sentrum. Det er med dette viktig å ha god kontakt med kunden og marked for å sikre at behov, forventninger og krav som stilles blir tilfredsstilt (Hannisdal, 2009). Det er viktig med en grundig intern prosess for å avklare hvem som er en organisasjons kunde og hvem organisasjonen vil ha som kunde. De ulike kundegruppene har ulike behov og forventninger,

både nå og i fremtiden. En bedrift må med dette analysere og overvåke kundens tilfredshet og misnøye, slik at systemets ytelse kan måles (Halbo, 2010).

2.6.2.2 Lederskap

«Ledere etablerer en felles hensikt og retning for organisasjonen. De bør skape og holde ved like det interne miljøet som personellet kan engasjere seg fullt og helt i, for å oppnå organisasjonens mål» (Standard Norge, 2006 avsn. b).

Det er ledelsens ansvar å sørge for ressurser samt etablere kvalitetspolitikk og kvalitetsmål. De skal fordele myndighet og ansvar i virksomheten, de skal gjennomføre gjennomgang av standarden og kvalitetssystemet som bygger på denne. Dette gjør at det skapes et internt miljø, der alle medarbeidere er involvert i å nå organisasjonens mål. Forståelse og motivasjon for virksomheten skapes (Halbo, 2010).

2.6.2.3 Personellets engasjement

«Personell på alle nivåer er det vesentligste ved en organisasjon, og deres fulle engasjement gjør det mulig for dem å utnytte sine evner til beste for organisasjonen» (Standard Norge, 2006 avsn. c).

Ansvarsfølelse og kreativitet blant personellet er viktig for en bedrifts evne til å nå deres mål. Dette gjøres ved å gi og sørge for at personalet har riktig kompetanse, basert på utdanning, kursing, opplæring og erfaring (Halbo, 2010).

2.6.2.4 Proessorientering

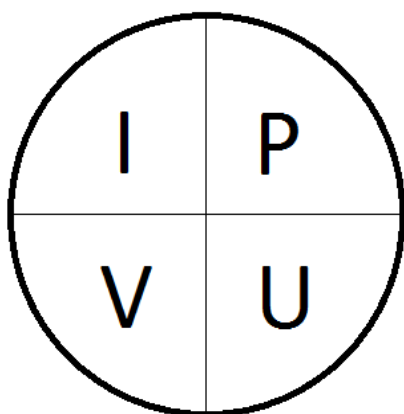
«Et ønsket resultat oppnås mer effektivt når aktiviteter og tilhørende ressurser styres som en prosess» (Standard Norge, 2006 avsn. d).

Ved å styre aktiviteter og ressurser som prosesser, kan et ønsket mål oppnås mer effektivt. Dette er viktig for forståelse av hvordan prosesser avhenger av hverandre og gjør det mulig å fokusere på nøkkelprosessene og hvordan disse kan integreres og samkjøres i en organisasjon (Halbo, 2010).

2.6.2.5 Systemorientert ledelse

«Identifisering, forståelse og styring av samvirkende prosesser som et system bidrar til at organisasjonen oppnår sine mål på en virkningsfull og effektiv måte» (Standard Norge, 2006 avsn. e).

Kvalitetsstyring og kvalitetsforbedring kan demonstreres ved hjelp av Demings sirkel, som er et kvalitetsstyringsverktøy som fremmer systemtankegangen. Den kan deles opp i fire aktiviteter.



- **Planlegge** – Lære opp ansatte, standardisere rutiner og lære opp de ansatte
- **Utføre** – arbeidet utføres etter planer og påkrevde prosedyrer
- **Vurdere** – Verifisering av overenstemmelse med spesifikasjoner og planer
- **Iverksette** - Korrigerende tiltak for å finne og fjerne eventuelle feil slik at planen blir bedre i neste runde.

Figur 2.1 - Demings sirkel - Kvalitetsverktøy for systemorientert ledelse (Hannisdal, 2009.)

Dette hjulet skal hele tiden rotere, og alle aktiviteter skal gjentas i tur og orden i alle delene av bedriften. Den skal nyttes både i planleggingen av utførelse, kontroll og korrigerende tiltak (Hannisdal, 2009).

2.6.2.6 Kontinuerlig forbedring

«Kontinuerlig forbedring av organisasjonens samlede prestasjonsevne bør være et vedvarende mål for organisasjonen» (Standard Norge 2006 avsn. f).

Iverksetting av kvalitetsforbedringstiltak er nødvendig for en bedrift som ønsker å imøtekomme kunders krav ved å forbedre produktene sine eller når de ønsker å redusere antall feil. Dette gjøres ved forandringer i arbeidsprosesser som vil føre til stadig bedre resultater ved eksempelvis å utføre avviksbehandlinger og korrigerende tiltak (Hannisdal, 2009). Kvalitetsforbedring skal redusere feil, det skal avdekke og luke ut skjulte problemer samt tilpasse metoder og prosesser etter behov. Det er nødvendig for alle organisasjoner å stadig ha evnen til omstilling for å følge utvikling i teknologi og marked, dette for å stadig være konkurransedyktig og tilfredsstillende stadig nye krav fra kunder og eiere (Halbo, 2010).

2.6.2.7 Faktabaserte beslutninger

«Virkningsfulle beslutninger er basert på analyse av data og informasjon» (Standard Norge 2006 avsn. g)

For å ta riktige beslutningene er det viktig at disse er basert på kontroll- og inspeksjonstiltak, og ikke på «synsing» slik at beslutningene faktisk kan luke ut avvik. Dette utføres ved å overvåke prosessene ved hjelp av målinger og registreringer samt god dokumentstyring, der det er behov skal måleutstyr gjennomgå regelmessig, sporbar kalibrering for å unngå feildokumentasjon.

Det er nødvendig å bruke ressurser på analyse og informasjonshenting. Alle deler av bedriften skal gjennomgås, og omfatter alt fra råvarekontroll til ferdigvarer (Halbo 2010).

2.6.2.8 Partnerskap med leverandørene

«En organisasjon og dens leverandører er avhengige av hverandre, og et gjensidig fordelaktig samarbeid forbedrer begge parters evne til å skape verdi» (Standard Norge 2006 avsn. h)

Et godt samarbeidsforhold med sine leverandører basert på gjensidig nytte vil gi fordeler for begge parter og videre mulighet til å skape verdier (Halbo, 2010).

2.7 Mattrygghet

Mattrygghet er det viktigste fokuset en næringsmiddelbedrift bør ha. Styringssystem for næringsmiddeltrygghet – Krav til organisasjoner i næringsmiddelkjeden - NS-EN ISO 22000 er en standard som spesielt er tilpasset næringsmiddelbransjen. Den dekker alle sektorer fra «jord til bord». Denne standarden er bygd opp på samme måte som ISO 9001. Dermed kan disse enkelt integreres i et kvalitetsstyringssystem for kvalitetsstyring og et styringssystem for mattrygghet. Denne standarden for kvalitetsstyring definerer forutsetninger for systematisk arbeid med matvaretrygghet som forutsetter et innarbeidet ledersystem, gode grunnforutsetninger som GMP (Good Manufacturing Practice) og GHP (Good Hygiene

Practice) noe som innebærer krav for gode kontrollplaner og prosessbeskrivelser i bedriften, samt krav om en implementert HACCP-plan (Hazard Analysis Critical Control Point) som skal være basert på Codex alimentarius (Codex Committee on Food Hygiene) som er FAO og WHO's matevarestandardiseringsorgan (Hannisdal, 2009). HACCP er allerede implementert i de fleste bedrifters internkontrollsystem. Forskrift om internkontroll for næringsmidler (IK-mat forskriften) er blant de viktigste en næringsmiddelorganisasjon skal forholde seg til. Ved internkontroll skal en påse at krav fastsatt i lov eller forskrift overholdes som eksempelvis servering av helsemessig tygg mat og påse at alt som produseres er merket med riktige opplysninger (Pedersen, 2000).

§ 1 i Internkontrollforskriften for næringsmidler (1997) sier «*denne forskrift skal sikre en systematisk gjennomføring av tiltak for å oppfylle næringsmiddellovgivningen.*»

3.0 Materialer og metoder

3.1 Planlegging og utførelse

For å kunne sette seg inn hvordan TINE Meieriet Oslo produserer yoghurt, ble det gjennomført informasjonsinnhenting av data i form av forforsøk og observasjoner på meieriet i januar 2015. Observasjoner samt forforsøk som ble utført dannet grunnlag for hovedforsøk på Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

Grunnet konfidensialitet er informasjon i materialer og metoder ufullstendig i forhold til reseptutvikling og materialer som ble benyttet.

3.1.1 Ingredienser nyttet under forsøk

Det ble foretatt observasjoner og forforsøk på TINE under den daglige produksjonen av yoghurt. Syrekulturene som ble nyttet er beskrevet i tabell 3.1. Beskrivelse av aroma, laktase og melkeproteinpulver finnes i tabell 3.2.

For øvrig innhold i yoghurt ble det nyttet et minimum på 2,5% tørrstoffanrikning.

Tabell 3.1: Kulturer som ble brukt under produksjon av yoghurt på TINE Meieriet Oslo samt til hovedforsøk

Kultur	Taksonomi	Koder
Thermophilic Yoghurt Culture	<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> <i>Streptococcus thermophilus</i>	Syrekultur Y (SKY)
Thermophilic Culture	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> <i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	Syrekultur C (SKC)
Thermophilic Yoghurt Culture	<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	Nyttes ikke til videre forsøk

Yoghurtkulturene var frysetørket og ble oppbevart ved $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Disse ble tilsatt i frossen tilstand direkte i syringstankene ved produksjon.

Tabell 3.2: Øvrig ingredienser ble brukt under produksjon av yoghurt på TINE Meieriet Oslo

Produkt	Innhold
Melkeproteinpulver (ikke nyttet under forsøk)	Kasein:myse - 49:51
Skummetmelkpulver	Kasein:myse - 20:80
Aroma	Topioca maltodekstrin og Mais maltodekstrin
Laktase	Laktase

Melkeproteinpulver og aroma ble oppbevart fuktfritt i kjølig mørk rom. Laktase ble oppbevart mørkt ved kjøleskapstemperatur, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.2 Informasjonsinnhenting, observasjoner og forforsøk

For innhenting av informasjon var det tett kontakt med driftslaboratoriet og styringssentralen på meieriet. Videre ble TINEs hjemmeside «Notes» med tilgang til reklamasjoner og avviksbehandling nyttet for undersøkelse av hovedproblem ved produksjon av yoghurt. Daglig produksjon av yoghurt ble gjennomgått og overvåket nøye i perioden for informasjonsinnhenting. Det ble videre utført forforsøk med måling av syringstid ved hjelp av pH-meter og temperaturmålinger.

3.2.1 Produksjon av yoghurt

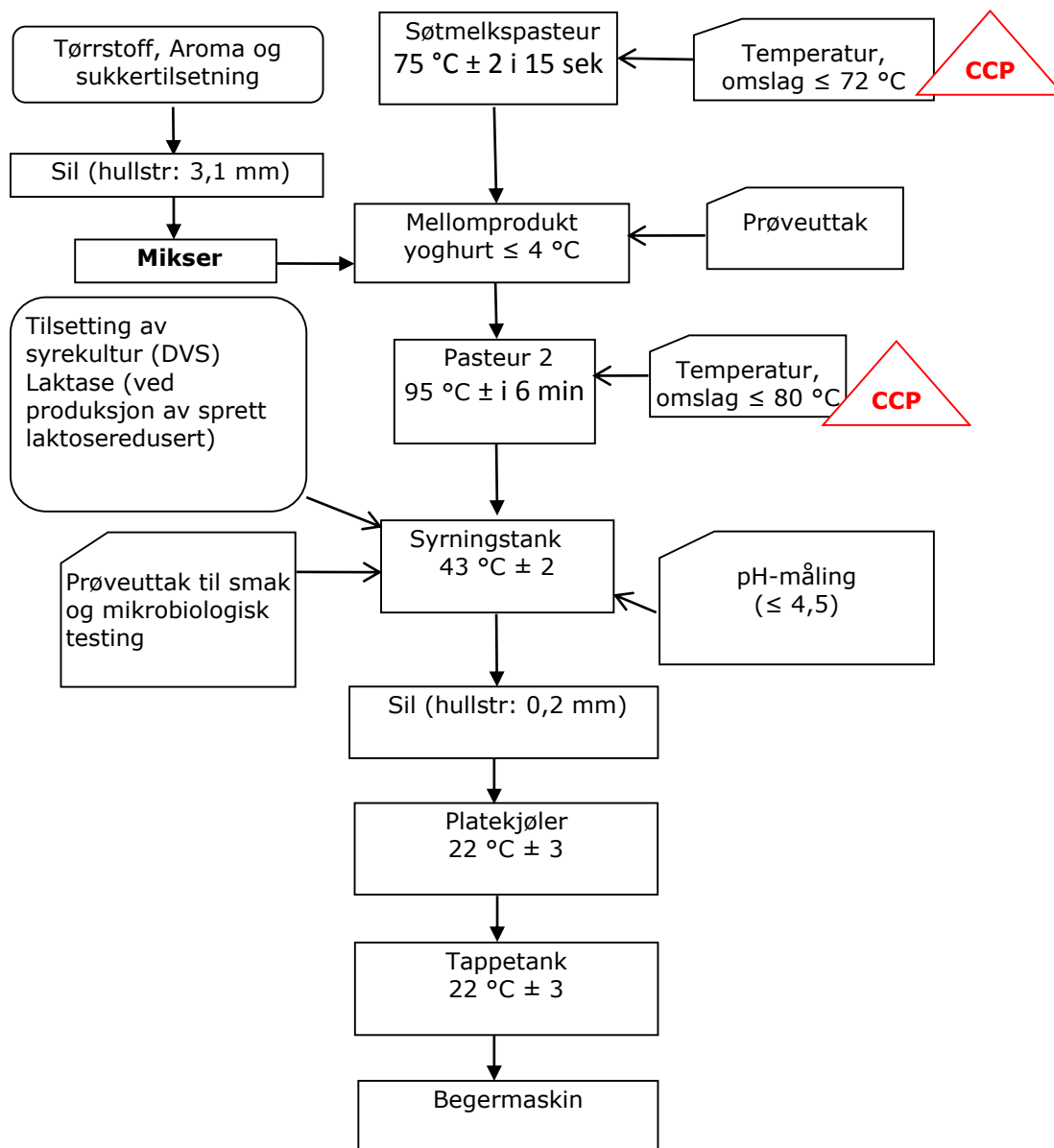
Råmelk lavpasteuriseres med kort holdertid ($75\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ i 15 sek) i søtmeikspasteur. Kjøres utenom homogenisator. Melken blir så overført til 15000 liters råyoghurttanker hvor tørrstoff tilsettes melken gjennom sentrifugalpumpe og sil (stopper fremmedlegemer, hullstr 3,1 mm) og blandes i mikser før det går tilbake til råyoghurttank som mellomprodukt yoghurt.

Melken går så igjennom pasteur uten separator - $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ i seks minutter og kjøres videre gjennom homogenisator $80\text{-}85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ved 200 bar. Melken overføres så til 8000 liters syringstanker, med toppmontert rørverk, nivå-/temperaturtransmittere, digitale topp- og bunnsignaler og sterilluft. Alle syringstankene står konstant med overtrykk av sterilluft.

DVS kultur 0,013 % (1000 gram per 7500 liter) tilføres av operatør gjennom luke på toppen av tanken og røring startes (3 min). Syrningstemperatur på $42\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Ved oppnådd $\text{pH} \leq 4,5$ startes røring (3 min). Yoghurt blir så ført gjennom sil for reduksjon av fnokker og fremmedlegemer (hullstørrelse 0,2 mm) Platekjøler for nedkjøling av produkt fra syrningstemperatur til tappetemperatur ($22\text{ °C} \pm 3$). Kjølemediet her er isvann.

De blir så overført til tappetank à 15 600 liter med nivå-/temperaturtransmittere, digitale topp-/bunnsignaler og sterilluft. Alle tappetanker står konstant med overtrykk av sterilluft. Yoghurt går så videre til begermaskin for overføring til yoghurtbeger.

Flytskjema for produksjon av yoghurt er gjengitt i figur 3.1



Figur 3.3: Generelt flytskjema for produksjon av yoghurt på TINE. CCP – kritisk kontrollpunkt under produksjon av yoghurt.

Syrningstemperatur, tid for syrningsavbrudd samt kjølings-temperatur med tiltaksgrenser er fremstilt i tabell 3.3.

Tabell 3.3 Kontrollparametre og tiltaksgrenser

Produkt	Syrnings-temperatur	Tiltaks-grense	Syrnings-avbrudd	Tiltaks-grense	Kjølings-temperatur	Tiltaks-grense
Frukt yoghurt	42 °C	± 2°C	pH 4,4	-0,1 pH	22 °C	± 2°C
Øvrig yoghurt	42 °C	± 2 °C	pH 4,5	-0,1 pH	22 °C	± 2°C

3.2.2 pH-måling

pH-måling ble utført igjennom mannluke på toppen av syringstanken, samt ved å ta ut produktprøve i sprøyteuttak og måle pH der. pH, ble målt i flere omganger med minst tre parallelle målinger.

pH målt i syringstankene ble utført ved hjelp av pH/mV/°C meter, handheld, pHenomenal® pH 1100 H med pHenomenal® 111 pH electrode 3 in 1, med temperatur sensor (VWR, Germany), etter kalibrering ved pH 4,0 og 7,0 (Merck, Germany) ved romtemperatur.

Elektrode oppbevares i c(KCL)= 3 mol, når den ikke er i bruk.

pH målt på driftslaboratoriet ble utført ved hjelp av Metrohm 702 SM Titrino med Unitrode - LL combined pH electrode, Pt 1000, fixed cable (Metrohm AG, Switzerland) med magnetisk røring ved vask. Kalibrering ved pH 4,0 og 7,0 (Merck, Germany) ved romtemperatur.

Elektrode oppbevares i c(KCL)= 3 mol, når den ikke er i bruk. Vaskes i Volusol (pepsin/HCL) en gang i uken med magnetrører.

pH med håndholdt pH-meter ble målt igjennom mannluke i syringstank samt i produkt tatt ut fra sprøyteuttak nederst på syringstanken.

3.2.3 Temperaturstyring

Temperaturmåling ble utført ved å legge denne på toppen av mannluken under syring.

Lokket ble lukket igjen, og gjennomsnittstemperatur samt høyest og lavest temperatur ble registrert. Temperaturen ble også målt i produkt tatt ut fra sprøyteuttak nederst i

syrningstanken. Videre ble temperaturer oppgitt fra automatisk temperaturtransmitter loggført under hele perioden.

Temperaturer i syrningstank ble målt ved automatisk temperaturtransmitter koplet via Input/output system til pc, samt med håndholdt kalibrert Fluke 51 II Single Input Digital Thermometer med 80PK-22, SureGrip, Immersion Temperature Probe igjennom mannluke øverst på syrningstank.

3.2.4 Viskositetsmåling

Viskositeten til yoghurt ble bestemt ved tid i sekunder igjennom flyt av prøve i en SMR funnel (Svenska meieriens riksförening) med spiss nr 6, ved tappetemperatur på $22\text{ °C} \pm 3$. Yoghurt ble tatt ut fra bunnventil i tappetank, samt fra tappemaskin i yoghurtbeger.

3.3 Hovedforsøk

I hovedforsøket ble det fremstilt 32 ulike yoghurttyper basert på observasjoner, forforsøkene og resepter på yoghurt fra TINE.

Det var ønskelig å studere fem ulike faktorer for å undersøke deres innvirkning på produktet; tørrstoffanrikning, syrekultur, laktasetilsats, aroma og inkubasjonstemperatur.

Ulike analyser ble utført ved hver produksjon, inkludert pH måling under syrning for å sikre pH nedgang til pH 4,5, HPLC-analyser for måling av karbohydrat og organiske syrer - HCGC for måling av flyktige forbindelser samt viskositetsmåling og teksturanalyse.

Det ble valgt å produsere yoghurt med ferdig standardisert melk - 3,4 % fett, helmelk. Denne melken ble tilsendt fra TINE i 20 liters BiB (bag in box) dagen før produksjon. Grunnet logistikk på pilotanlegget og laboratoriet var det ikke mulig å inkludere flere faktorer i produksjon av yoghurt.

3.3.1 Forsøksdesign

Yoghurt ble produsert i et faktorielt design hvor 32 ulike varianter ble fremstilt med to ulike melkeblandinger. Hver av disse blandingene ble så delt opp i to deler for aroma/ikke aroma. De ulike melkeblandingene ble deretter inokulert med syrekultur Y og syrekultur C, og laktase, disse ble så inkubert ved to temperaturer på henholdsvis 42°C og 44°C.

Tabell 3.5: Mengde tilsatt av de ulike faktorene med koder og forkortelse

<i>Faktor</i>	<i>Konsentrasjon /temperatur</i>	<i>Koder</i>	<i>Forkortelser</i>
<i>Tørrstoff</i>	2,6 %	A	TSA
<i>Tørrstoff</i>	3,73 %	B	TSB
<i>Aroma</i>	0,01 %	S	
<i>Aroma</i>	Uten	U	
<i>Laktase</i>	0,066 %	L	
<i>Laktase</i>	Uten	K	
<i>Syrekultur Y</i>	0,02 %	Y	SKY
<i>Syrekultur C</i>	0,02 %	C	SKC
<i>Temperatur</i>	42 °C	42	
<i>Temperatur</i>	44 °C	44	

Informasjon om syrekulturene som ble nyttet er presentert i tabell 3.1 og Laktase og aroma er presentert i tabell 3.2 under forforsøk.

Forsøksdesignet med informasjon om mengdetilsats er vist i tabell 3.6

Tabell 3.6 Forsøksdesign

SMP	Aroma	Laktase	Syrekultur 120 µl	Inkubasjonstemperatur (°C)	Merking
2,6 % (A) 448 gram	0,01% (S) 1,6 gram	0,066% (L) 400µl	SKY (Y)	42	ASLY42
				44	ASLY44
			SKC (C)	42	ASLC42
				44	ASLC44
		Uten (K)	SKY (Y)	42	ASKY42
				44	ASKY44
			SKC (C)	42	ASKC42
				44	ASKC44
	Uten (U)	0,066% (L) 400µl	SKY (Y)	42	AULY 42
				44	AULY 44
			SKC (C)	42	AULC 42
				44	AULC 44
		Uten (K)	SKY (Y)	42	AUKY 42
				44	AUKY 44
			SKC (C)	42	AUKC 42
				44	AUKC 44
3,73 % (B) 597 gram	0,01% (S) 1,6 gram	0,066% (L) 400µl	SKY (Y)	42	BSLY 42
				44	BSLY 44
			SKC (C)	42	BSLC42
				44	BSLC44
		Uten (K)	SKY (Y)	42	BSKY 42
				44	BSKY 44
			SKC (C)	42	BSKC 42
				44	BSKC 44
	Uten (U)	0,066% (L) 400µl	SKY (Y)	42	BULY 42
				44	BULY 44
			SKC (C)	42	BULC 42
				44	BULC 44
		Uten (K)	SKY (Y)	42	BUKY 42
				44	BUKY 44
			SKC (C)	42	BUKC 42
				44	BUKC 44

Denne tabellen viser oversikt over faktorene, mengder som ble tilsatt, fordeling og merking som ble nyttet under forsøket.

3.3.2 Materialer til produksjon av yoghurt

- Fire vaskede og steamede 25 liters melkespann av aluminium
- Fire 8 liters autoklaverte aluminiums spann til overføring
- 32 x 3 autoklaverte 600 ml syltetøyglass med lokk (merket i henhold til tabell 3.6)
- Rørepinner x 4
- Temperaturmåler (Fluke 51 II Single Input Digital Thermometer med 80PK-22, SureGrip, Immersion Temperature Probe)
- Stoppeklokke.
- Pipetter og pipettespisser (1 x 200µl og 1 x 500)

3.3.3 Tillaging av yoghurt

Yoghurt ble produsert ved å måle opp 16 liter H-melk (3,4 %) i fire 25 liters melkespann av aluminium merket AS, AU, BS og BU. Disse var vasket og steamet før bruk. Melken var ferdig standardisert, lavpasteurisert (72 °C i 15 sekunder) og homogenisert ved 200 bar fra TINE. Denne melken ble varmet opp til omtrent 50 °C. Det ble så tilsatt 448 gram tørrstoff i A melken (heretter TSA) og 597 gram tørrstoff i melketype B (heretter TSB). Aroma (S) ble videre tilsatt i to av melkespannene AS og BS og ingen aroma ble tilsatt i melkespann AU og BU. Dette stod å svellet i 30 minutter før melken ble varmet opp til 95 °C og holdt ved denne temperaturen i seks minutter under konstant røring. Etter varmebehandling ble melken behandlet med aseptisk teknikk.

Melken ble overført til merkede åtte liters aluminiums spann (AU, AS, BU og BS) som var vasket og autoklavert. Disse ble kun nyttet for å gjøre overføring til syltetøyglass lettere.

Melken ble så overført fra disse spannene til syltetøyglass – 32 x 3 glass à 600 ml hvor hver prøve, 32 stykker hadde tre paralleller som videre skulle nyttes til ulike analyser. Melk fra hvert 25 liters aluminiumsspann ble da overført til 24 glass. Alle syltetøyglassene var merket med en firesifret kode samt tall som indikator for inkuberingstemperatur som beskrevet i tabell 3.4 forsøksdesign.

Syltetøyglassene ble så fordelt i fire vannbad hvor to var stilt inn på 42°C og to stilt inn på 44°C. Her stod de til temperering i omtrent en time, for å sikre riktig temperatur i melken.

Melken ble så tilført 120 µl syrekultur (Y/C) samt 400 µl laktase eller ikke laktase (L/U) avhengig av merking. Alle syltetøyglassene ble vendt godt før de ble inkubert. Syrningsbrudd var 4,5. Dette ble oppnådd i løpet av 5 – 8 timer. Når yoghurten var ferdig syrnnet ble den satt på is i kjøleskap over helgen (48 timer) uten opprøring.

For videre analyser ble et syltetøyglass fra hver parallell tatt ut til analyser for HPLC og HCGC påfølgende mandag (48 timer etter produksjon) mens det siste syltetøyglasset ble nytt til teksturanalyse for urørt yoghurt påfølgende tirsdag (72 timer etter produksjon), denne ble så nytt til viskositetsmåling samme dag. Prøvene ble plassert i kjøleskap (4°C) teksturanalyse på rørt yoghurt ble utført neste dag (onsdag) (96 timer etter produksjon).

3.3.4 Målinger og analysemetoder

3.3.4.1 pH-måling

Under syrning av yoghurtgelen ble et syltetøyglass valgt ut til måling av pH. pH-målingene ble utført ved bruk av et pH-meter (PHM210 Standard pH Meter, MeterLab, Radiometer analytical AS, København, Danmark) med en kombinert pH-elektrode (pHC2005-8 Combined pH Electrode, Red Rod Radiometer analytical AS, København, Danmark), som ble kalibrert med standard buffer ved 40 °C med pH 4,0 og 7,0 (MERCK, Germany) med jevne mellomrom mellom prøvetaking av yoghurt for å sikre god stabilitet i pH-meteret. Dette ble også regelmessig vasket i OMO color mellom målinger.

3.3.4.2 Flyktige forbindelser

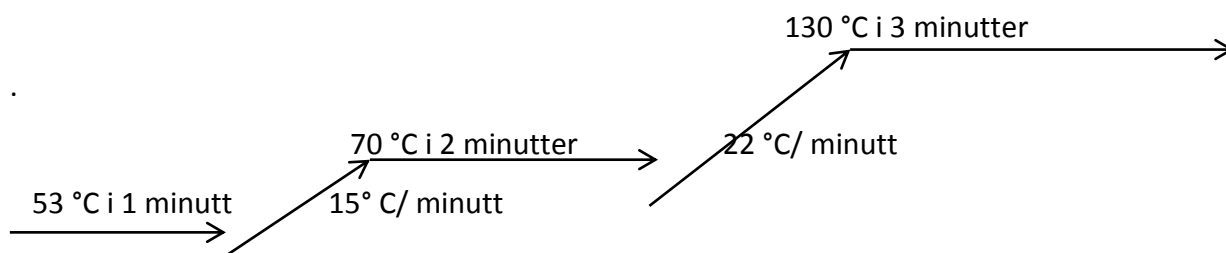
Kvantifisering av flyktige forbindelser ble gjennomført i Yoghurt. Prøvene ble analysert ved bruk av headspace gas chromatography (HSGC), en metode tidligere beskrevet av Narvhus et al. (1998).

Prøvene ble godt blandet før innveing 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 flamme ioniseringsdetektor. 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. Villkårene 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 følgende temperaturprogram under analysen (skal lage figur+figuratekst):



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- heksanol, 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).

3.3.4.3 Organiske syrer og karbohydrater

Innhold av organiske syrer og karbohydrater ble analysert i Yoghurt. Analysen ble gjennomført ved bruk av high pressure liquid chromatography (HPLC) etter en metode av Marsili et al. (1981), som beskrevet av Narvhus et al. (1998) med noen modifikasjoner.

Prøvene 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, 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 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 engangskanyle på 0,8x40mm (Becton Dickinson S.A., Madrid, Spania) og deretter filtrert med 0,2 µm PTFE Membran (Acrodisc CR 13 mm Syringe Filter, PALL, Storbritannia) over i et HPLC-rør (Agilent Technologies, 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, orotinsyre, pyrodruesyre, eplesyre, 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).

3.3.4.4 Viskositetsmåling

Viskositeten til yoghurt ble bestemt ved tid i sekunder igjennom flyt av prøve i en SMR funnel (Svenska meieriens riksförening), ved kjøleskaptemperatur 4°C

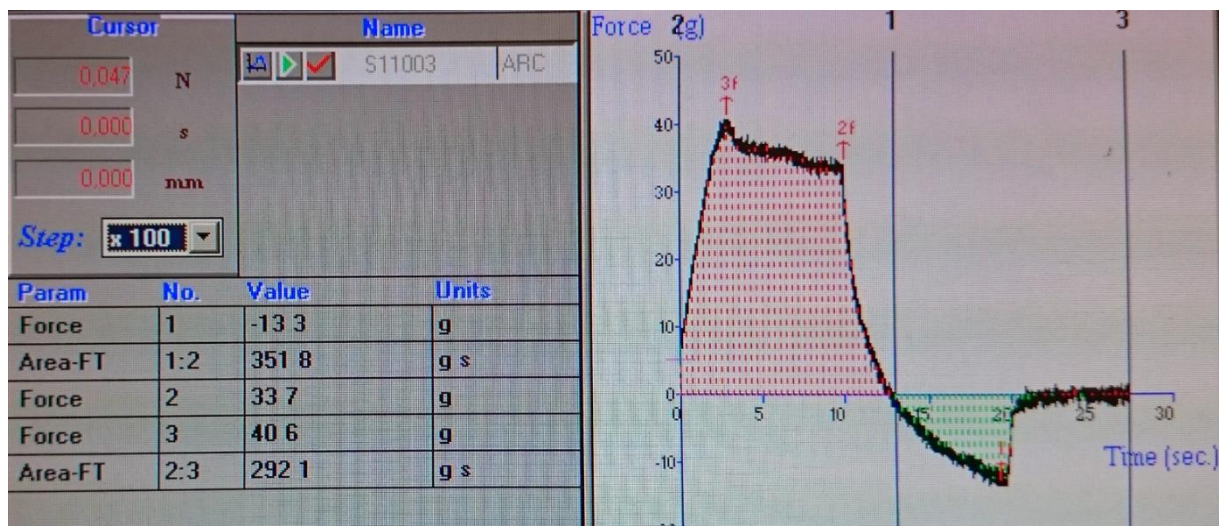
Prøvene ble rørt opp med mixmaster i 15 sekunder og helt i SMR Trakten, spiss nr. 6. Det ble kjørt fire og fire prøver samtidig for å sikre at alle prøvene hadde samme temperatur. Det ble nytt stoppeklokker for å holde orden på tiden.

3.3.4.5 Teksturanalyse

Til teksturanalyse ble det nytt en TA-XT2 Texture Analyser (Stable micro Systems, Surry, England)

Det ble nytt en makro som ble lagt inn i programmet Texture Expert Exeed. Ved hver måling ble det nytt en load cell på 25 kg og Probe PO,5 1/2" Ebonite. Makroen ble innstilt på 20 mm ned i prøven med en kraft på 5 gram og en hastighet på 1,00 mm/s.

For å sikre like analyseforhold mellom hvert gjentak og hver parallell, ble prøvene holdt kjølig i et kjøleskap på 4 °C i henholdsvis 72 timer for urørt yoghurt og omtrent 96 timer for rørt yoghurt. Det ble tatt tre paralleller i hvert syltetøyglass (32 glass à 600 ml), for rørt og urørt yoghurt. Tekstur-proben ble videre skylt og tørket av mellom hver prøve.



Figur 3.1: Typisk utseende på graf ved teksturmåling av yoghurt under dette forsøket

3.3.4.5.1 Avlesning av teksturresultater

Når probens overflate treffer overflaten på gelen vil den etter hvert bryte geloverflaten. Ved dette punktet (force 3) vil brytningspunktet i urørt gel være. Dette vil for urørt yoghurt være maksimum kraft (g). Jo høyere verdien er, jo fastere er gelen. Proben vil så fortsette 20 mm ned i gelen før den trekker seg tilbake ved force 2. Arealet (Areal 1:2) av kurven opp til dette punktet er tatt som et mål på konsistens - jo høyere verdi jo tykkere konsistens av prøven. For rørt yoghurt vil ikke proben ha den samme brytningsflaten, slik at her vil probens overflate treffe geloverflaten uten å «bryte» den. Proben vil så fortsette å trenge inn til en dybde på 20 mm. Ved dette punktet (force 2), som for rørt yoghurt er maksimal kraft, går sonden tilbake sin opprinnelige posisjon. Også for rørt yoghurt er arealet av kurven opp til dette punktet et mål for konsistens (areal 1:2).

Maksimal kohesjon (force 1) blir tatt som en indikasjon på kohesiviteten av prøven - jo mer negativ verdien er, jo mer sammenhengende og klebrig er prøven.

Den negative delen av grafen, produseres når proben går tilbake fra prøven. Dette er et resultat av vekten av prøven som løftes, først og fremst på den øvre overflate av proben ved retur. Dette gir dermed igjen en indikasjon på konsistens / resistens overfor flyt vekk fra proben

Maks areal 2:3 er mål på arealet av det negative området under kurven (areal 1:3) minus areal for konsistens (areal 1:2). Dermed vil lavere verdi indikere høyere motstandsdyktighet mot tilbaketrekking av prøven og er dermed en indikasjon på kohesivitet samt konsistens og viskositet på prøven.

3.4 Databehandling

De statistiske analysene ble utført ved hjelp av Minitab 17 og Unscrambler 10.3.

I Minitab ble det kjørt en-veis anova test med Tukey-test samt toveis anova -

faktorialanalyse. I The Unscrambler ble det kjørt prinsipalkomponentanalyse (PCA)

Standardavviket basert på gjentak avgjorde hvilke målinger som ble tatt og presentert i resultater.

Grafiske framstillinger ble laget ved bruk av Microsoft® Excel 2014 (Microsoft Corporation, USA) og Minitab 17.

4.0 Resultater

4.1 Forforsøk og gjennomgang av yoghurtproduksjonen på TINE Meieriet Oslo

Dette kapittelet består av observasjoner gjort under arbeid som ferievikar i produksjonen ved TINE Meieriet Oslo, samt fra informasjonsinnhenting Januar 2015. Det er kun observasjoner og forsøk relatert til yoghurtproduksjon som blir omtalt. Dette kapittelet bør leses i sammenheng med Figur 3.1 i kapittel 3 «Flytskjema for fremstilling av yoghurt».

4.1.1 Behandling av råmelk og mellomprodukt yoghurt

Operatørene på styringssentralen hadde hovedansvaret for produksjon av yoghurt. Til yoghurtproduksjon ble det benyttet frisk råmelk og termisert melk. Råmelk som ikke ble benyttet fredag ble termisert lørdag og ble stående på råmelks tank til produksjon av syrnede produkter på mandag. Melken stod dermed ubehandlet på meieriet ved 2-4 °C fra fredag til lørdag og kunne innen produksjon på mandag ha blitt opp til 60 timer gammel uten annen behandling enn termisering. Det er instruks for smak og mikrobiologisk prøvetaking av melk på råmelks tank. Det er videre instruks for prøvetaking til mikrobiologiske prøver i tank for mellomprodukt yoghurt. Det var derimot ikke alltid ansvarlig prøvetaker for laboratoriet rakk å ta disse prøvene, da produkt allerede var kjørt til syringstank for produksjon når denne personene kommer på jobb mandag morgen.

I tank for mellomprodukt yoghurt tilsettes tørrstoff (TS). Det ble ikke lokalisert noen instruks for hvor lenge TS skal svulle før produktet kan kjøres til videre behandling. I følge operatør på styringssentralen står yoghurtblandingen vanligvis å sveller i 1-1,5 timer, men dette varierte mye og i noen tilfeller kunne det gå 15 minutter fra tilsats av TS til produktet kjøres til videre behandling.

4.1.2 Syrekultur

Når produkt ble kjørt inn på syringstank ble det tilsatt DVS-kultur tilsvarende 0,013 %. Anbefalinger fra leverandør, for alle syrekulturene nyttet til yoghurtproduksjon var 0,02 %. Innføringen av lavere innhold av syrekultur var en konsekvens av økonomisk tiltak. Dette

skjedde imidlertid i syringstanker på 4000 liter, altså før oppgradering til 8000 liters syringstanker som nyttes i dag.

Tilsats av syrekulturen ble utført av en operatør på styringssentralen igjennom en mannluke på toppen av syringstanken. Det var gode rutiner for håndvask og spriting av hender og DVS-kartongen før denne ble åpnet. Et punkts leksjon (EPL) for tilsats av DVS var lett synlig i nærheten av mannluken. Klokkeslett, dato samt mengde syrekultur tilsatt, type produkt og temperatur i tanken ble loggført for hver yoghurtsyrningstank av operatør.

4.1.3 Temperaturkontroll – temperatur ved syring

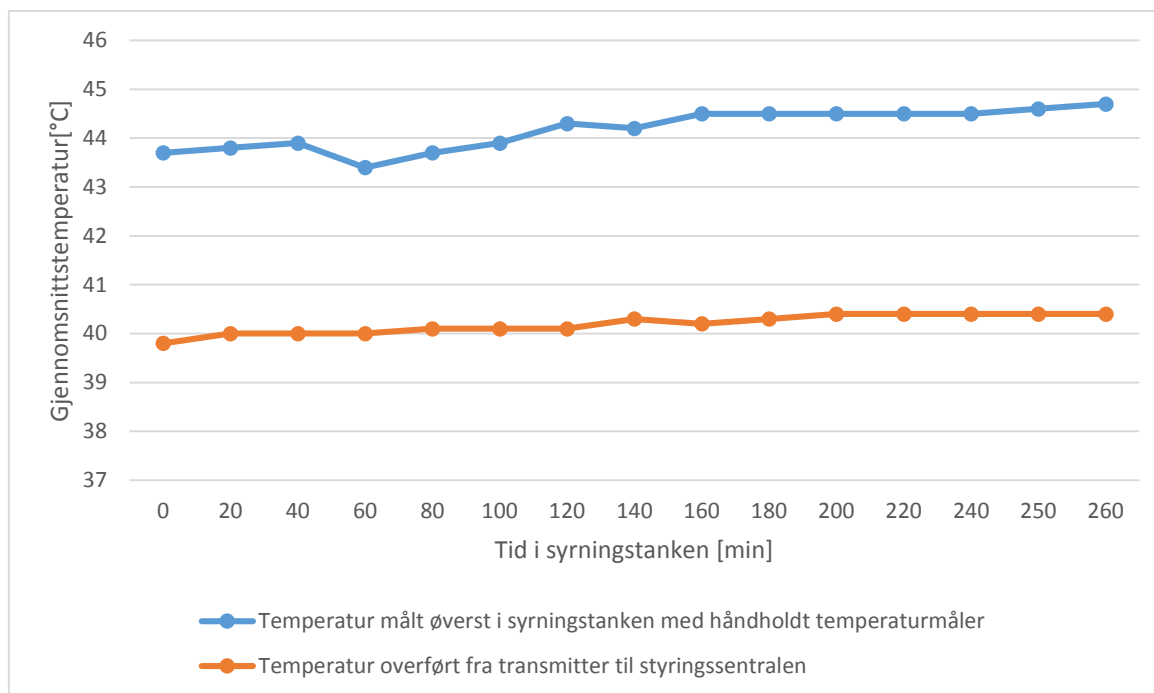
Operatørene på styringssentralen hadde ansvar for temperaturkontroll i syringstankene.

Denne var automatisk innstilt på 44 °C. På syringstankene var det montert temperaturtransmittere slik at operatørene kunne følge med på temperaturen igjennom hele produksjonen i alle syringstankene. Disse temperaturene ble loggført på produktkontrollskjema for hver produksjon av ny batch yoghurt, av operatørene.

Temperaturen målt i syringstankene var noe feil. Dette var operatørene klar over, men det var denne temperaturen som ble loggført.

4.1.3.1 Mål av temperatur

Temperatur målt i styringssentralen viste ulikheter i temperatur målt ved hjelp av temperaturtransmittere overført til datamaskiner på styringssentralen i forhold til temperatur målt i toppen av tanken med kalibrert håndholdt termometer. Dette var viktig å dokumentere for å vite hvilke temperatur yoghurten egentlig ble syret ved.



Figur 4.1: Temperatur målt ved hjelp av temperaturtransmittere i styringssentralen og temperatur målt med håndholdt termometer i syrningstanken

Figur 4.1 viser forskjellen mellom temperatur målt med håndholdt termometer øverst i syrningstank, mot temperaturtransmitter med signaloverføring til styringssentralen.

Figuren viser at temperaturen målt av temperaturtransmitter jevnt ligger rundt 40 °C, mens temperaturen målt øverst i syrningstanken ligger ved 44 °C. Temperaturloggingen viser også en jevn temperaturstigning i løpet av produksjonstiden både for måling øverst i tanken, og nederst i tanken.

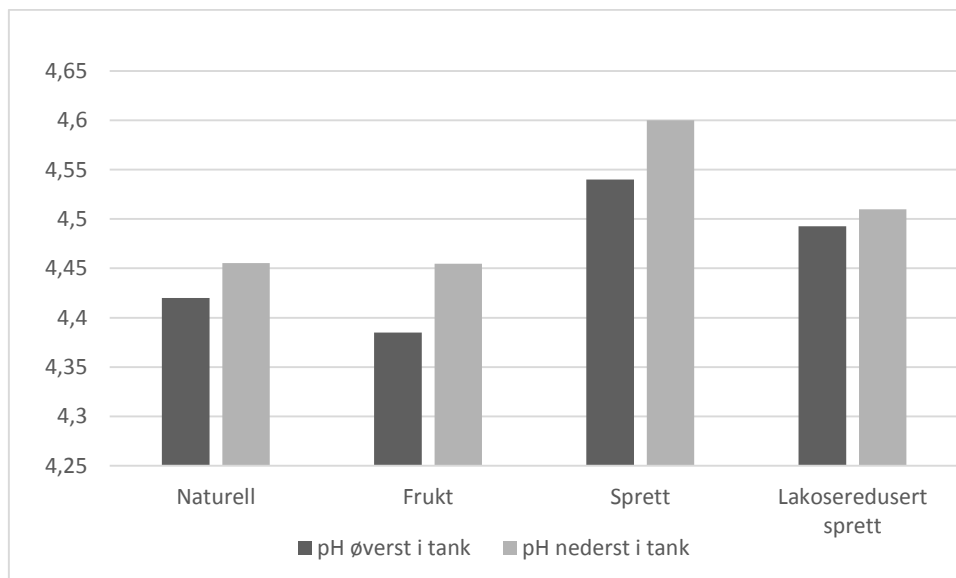
4.1.4 pH-kontroll

pH testing av yoghurten var det eneste styringsparameteret for bestemmelse av ferdig yoghurt. pH-meteret som ble nyttet for dette var håndholdt og befant seg i et skap ved syrningstankene. I dette skapet var det en oversikt over rutiner og instruksjon om daglig kalibrering, samt instruksjon om skylning med destillert vann og spriting både før og etter pH-måling samt rensing i KCL over natten. Det var derimot ikke rutiner for vasking av elektroden på pH-meteret. Det fantes heller ingen lett tilgjengelig oversikt eller rutiner for bytting av elektrode, bytting av ledning eller batteri på pH-meteret.

Operatørene benyttet et Word-dokument for å overlevere generell informasjon til neste vaktskift. Noen benyttet dette ofte, mens det av andre ble glemt bort. På dette dokumentet skulle eventuelle bytter av batteri og elektroder skrives ned, det ble derimot ikke funnet noen informasjon om dette ved leting over et år tilbake i tid, selv om dette i følge operatør var utført.

Det fantes ingen nedskrevne instruksjoner for måling av pH ved syrningslutt i yoghurt. Dette ble utført ved empirisk kontroll. Ved testing av pH i syrningstankene ble dette utført igjennom samme luke som ved tilsats at syrekultur. pH-elektroden ble da plassert i koagelet og ble tatt opp når pH-meteret var stabilt, noe det sjeldent ble, noe som førte til en viss gjetting av pH som ble målt. Det var ingen rutiner for å ta paralleller ved pH måling.

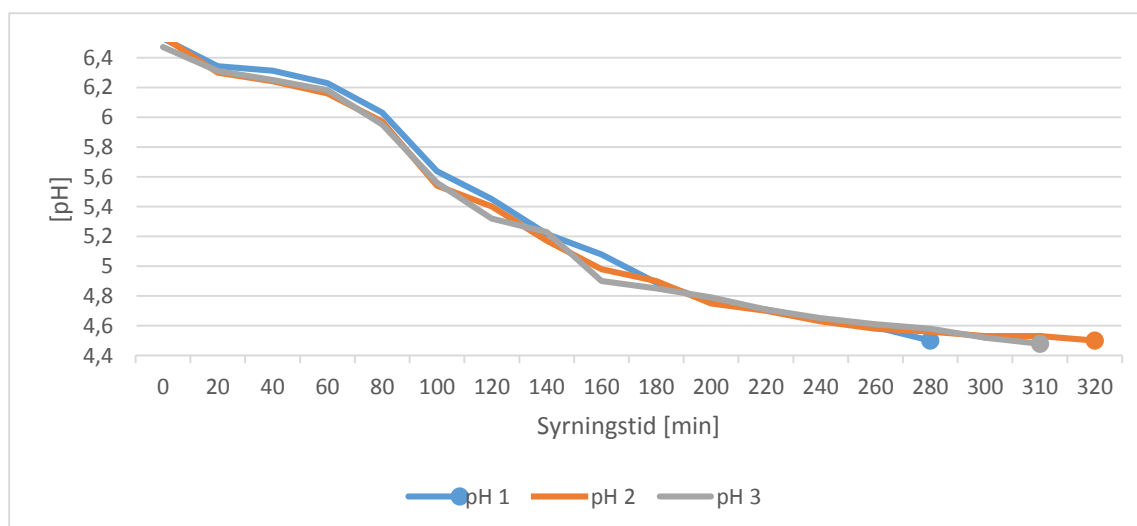
Det ble tatt høyde for de ulike pH spesifikasjonene, se tabell 3.4 i kapittel 3, for ulike yoghurter, slik at forventet tid for ferdig syrnede yoghurtgel ble utført i henhold til dette. Dersom pH i gelen ikke var lav nok ble det regnet nedgang i pH på 0,01 – 0,015 i minuttet uten ekstra sjekk for frukt og naturellyoghurt. For sprettyoghurt ble det nyttet en pH nedgang på 0,02 i minuttet, denne ble i noen tilfeller dobbeltsjekket, men ikke alltid. Det var ønskelig å se om det var ulik pH øverst og nederst i syrningstankene når produktet var ferdig syrnede, da det er liten kontroll på hva som skjer i bunnen av tanken. Det ble tatt gjentatte prøver med mellom 3-7 paralleller.



Figur 4.2: pH målt i syringstank - oppe på tanken og nede i prøver tatt fra sprøyteuttak

Figur 4.2 viser lavere pH i toppen av syringstanken i forhold til målt pH nede i syringstanken. Dette resultatet gjenspeiler seg for alle yoghurtproduktene hvor frukt gjennomsnittlig har høyest forskjell på 0,07 pH.

Det ble videre utført pH måling i løpet av produksjon for ulike typer yoghurt. Det var spesielt ønskelig å se på Sprett yoghurt, som ved ujevn syringstid ved flere anledninger førte til at tappemaskin måtte vente på produkt.



Figur 4.3: pH utvikling i tre ulike produksjoner av sprett laktoseredusert yoghurt.

Figur 4.3 viser at nedgang i pH i sprett yoghurt er jevn frem til omtrent pH 4,6 hvor fall i pH stoppet noe opp i to av tre Sprett laktoseredusert yoghurt batcher. Dette viser at det er vanskelig å forutse når dette produktet var ferdig syrnnet.

4.1.4.1 Kontroll av pH-meter

pH-meteret ble nyttet til all produksjon av yoghurt hver dag med et minimum på seks ganger hver dag. pH-meteret ble videre ofte forflyttet til andre deler av produksjonen for å måle pH i eksempelvis Kefir.

Ved kontroll av pH-meter som ble benyttet i syrningstankene ble det påvist hele 0,343 forskjell fra dette pH-meteret og pH-meteret som ble nyttet på driftslaboratoriet.

Sviskeyoghurt målt med pH-meter fra syrningstankene viste pH på 4,107 hvor det ved måling i det samme begeret med pH-meter fra driftslaboratoriet, viste pH 4,45.

4.1.5 Myseutskillelse ved syreavbrudd

I sammenheng med sjekk av pH, kunne også koagelet observeres. Ved flere anledninger ble det oppdaget store mengder myse på toppen av koagelet. Store mengder myse gjorde det ofte vanskelig å måle nøyaktig pH i yoghurtgelen. Dette viste seg å være et vanlig problem. Dermed ble det utviklet et avviksskjema for utseende på koagelet (se vedlegg 1 for avviksskjema). Ved registrering av myseutskillelse ble det observert ti tanker med «veldig mye myse», fire tanker med «myse» samt 46 tanker med «litt myseutskillelse» på toppen i løpet av 28 dager.

4.1.6 Mekanisk behandling

Ved syrningsavbrudd ble koagel rørt opp i 180 sekunder med 27 omdreininger i minuttet. Her ble det observert store ujevnheter i røringgrad, med en yoghurtgel som ikke ble homogen.



Figur 4.4: Virkning av røring på yoghurtkoagel Øverst fra venstre: Rørt naturellyoghurt; rørt laktose redusert sprett yoghurt. Nederst fra venstre; Rørt frukt yoghurt; rørt laktoseredusert sprett

Figur 4.4 viser at yoghurt ikke ble blandet homogent ved opprøring i syringstank etter endt syringstid. Røring førte til et oppstykket, opprevet koagel som ofte utviste store mengder myse i fruktyoghurt. For Sprett laktoseredusert og Sprett naturell yoghurt ble hele koagelet dratt med rundt som en stor gel, mens myse lå rundt langs kanten. Ved videre overføring til tappetank ville denne mysen ikke kunne inkorporeres i yoghurtgelen da det ikke var noen form for røring i tappetank.

For Sprett yoghurt ble det kun nyttet en tappemaskin til tapping på beger. Dette var på grunn av at denne tappemaskinen var den eneste på meieriet som var godkjent til kjøring av syltetøy uten konserveringsmiddel som tilsettes i Sprett yoghurt. Derimot var det ofte tekniske problemer med denne maskinen, slik at yoghurten ble stående lenge på tappetank. Dette førte ofte til store myselommer i produksjon. Etter myselommen var tappet ut ble ofte yoghurten ofte veldig fast og klumpet.

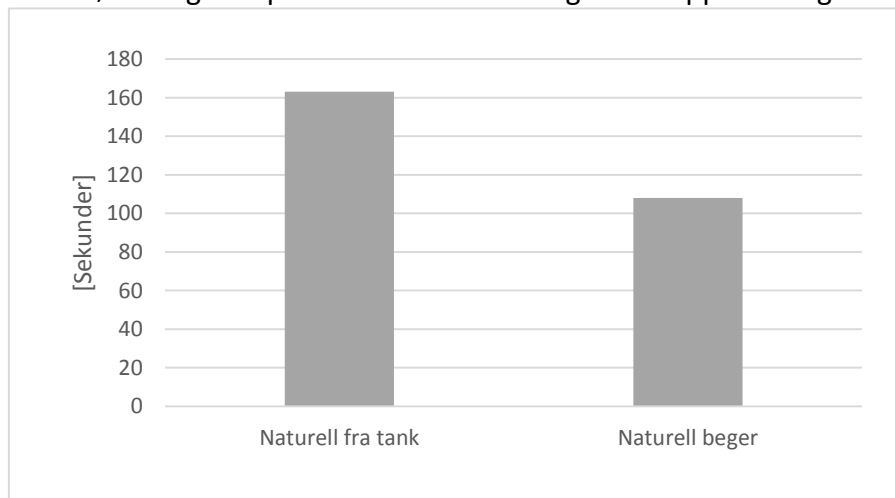
Det kom stadig inn reklamasjoner til driftslaboratoriet på tynn yoghurt. Det var forventet at operatørene på fyllemaskinen skulle klare å stoppe dette før det ble sendt ut til markedet.

Derimot ble dette en meget krevende jobb, da det stadig var myselommer på Sprett Yoghurt.

På en tappetank er det plass til innhold av to syrningstanker. På dagene for produksjon av Sprett laktosefri yoghurt ble det vanligvis produsert to syrningstanker. Disse ble produsert rett etter hverandre og kjørt over på tappetank. Det ble utført forsøk hvor produksjon av disse tankene hadde god tidsdifferanse, slik at det kun var en syrningstank (omtrent 7500 liter) på tappetanken om gangen. Tappetanken fikk da tid til å tømmes før neste batch med Sprett laktosefri var ferdig. Dette førte til kortere holdetid i tappetank. Dette ble utført ved to anledninger og det ble ikke registrert myselomme i produksjon og det er heller ikke mottatt reklamasjoner i ettertid for disse produksjonsdagene ved gjennomgang av avviksrapport.

4.1.6.1 Mekanisk påvirkning

Det var ønskelig å se på mekanisk behandling etter tappetank og til tappemaskin.



Figur 4.5: Viskositet på naturell yoghurt tatt fra tappetank og fra ny tappet naturell yoghurt rett fra tappemaskin, i beger. Målt med SMR trakt.

Figur 4.5 viser at det er en markant nedgang i viskositet på naturell yoghurt som står på tappetank og naturell yoghurt som er ført igjennom rørverk og overført til beger.

4.1.7 Kontroll av utseende på yoghurt

Yoghurt som ble tappet ble både vurdert av styringssentralen ved å se ned i syringstankene når de målte pH, samt av operatør på fyllemaskin og av driftslaboratoriet. Operatørene og laboratiemedarbeiderne hadde ofte ulike meninger om hva som var akseptabel yoghurt og hva som ikke var akseptabelt. Dette gjaldt både for tykk yoghurt og tynn yoghurt. Ved flere anledninger ble det oppdaget tykk og grøtet yoghurt etter myselomme i Sprett yoghurt som operatør på tappemaskin mente var i henhold til norm. Ved prøver testet på driftslaboratoriet ble yoghurt med tykk og grøtet konsistens kassert. Dette førte til stort tidsforbruk for den ansvarlige personen på laboratoriet samt store kostnader da både yoghurt og emballasje måtte kasseres.

4.2 Hovedforsøk

Resultatene som presenteres i denne delen er forsøk utført på pilotanlegget samt på laboratoriet på Norges miljø og biovitenskapelige universitet. Resultatene som presenteres er basert på gjennomsnitt av tre gjentak. Signifikans på 95 % er benyttet, med mindre annet ikke er oppgitt. Gjennomsnittsverdiene er av tre prøver fra tre ulike produksjonsdager. Resultatene ble behandlet statistisk ved hjelp av balansert Anova med Tukey-test, samt faktorialanalyse - to veis Anova test. Forkortelser brukt i forklaring se tabell 3.5 kapittel 3.2.1.

4.2.1 Organiske syrer

Tabell 4.1: Viser konsentrasjon (ppm) i gjennomsnitt, standardavvik samt Tukey-test med signifikansnivå på $<0,05$ for organiske syrer basert på de ulike faktorene, hvor $a>b$. Like bokstaver innenfor hver celle i tabellen indikerer ingen signifikant forskjell mellom faktorene.

Faktor	Kode	Sitronsyre (ppm)			Melkesyre (ppm)			Maursyre (ppm)		
		Gj.snitt	St.avvik		Gj.snitt	St.avvik		Gj.snitt	St.avvik	
Tørrstoff	A	2495	± 122	b	8294	±484	b	51,38	±17,77	a
	B	2684	±79	a	8791	±547	a	55,22	±16,25	a
Aroma	S	2593	±157	a	8574	±571	a	52,49	±17,56	a
	U	2586	±121	a	8511	±575	a	54,11	±16,67	a
Laktase	L	2568	±144	a	8396	±595	b	58,75	±19,80	a
	K	2611	±133	a	8680	±510	a	47,85	±11,53	b
Syrekultur	Y	2559	±124	a	8885	±401	a	40,22	±8,10	b
	C	2619	±149	a	8200	±509	b	66,38	±13,15	a
Ink.temp	44	2581	±112	a	8634	±520	a	57,17	±16,70	a
	42	2597	±163	a	8452	±609	a	49,43	±16,68	b
Interaksjon										<ul style="list-style-type: none"> Laktase og Syrekultur p- verdi 0,0001

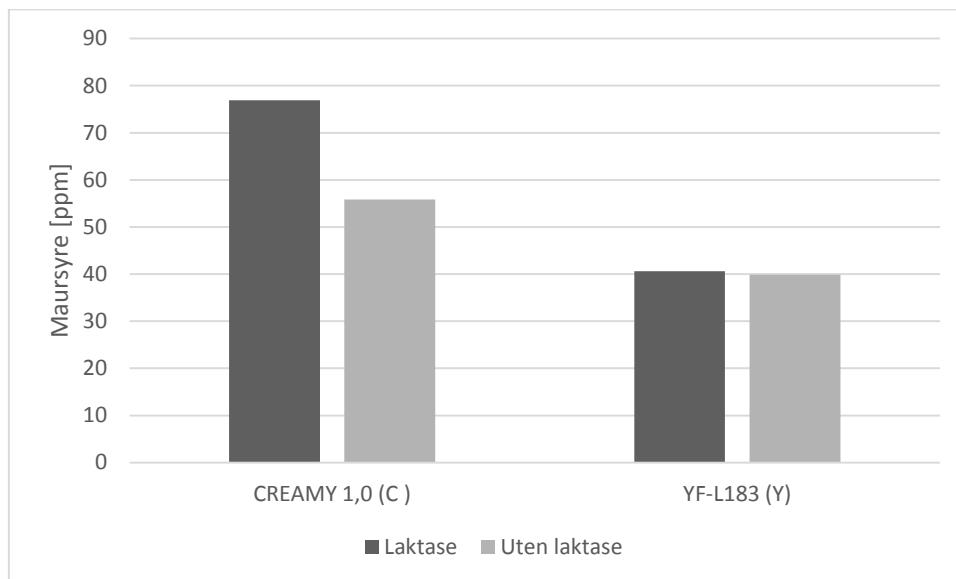
Tabellen viser at det er signifikant høyere innhold av sitronsyre i yoghurt med TSB.

Yoghurt uten laktase tilsetning (K) inneholdt signifikant mer melkesyre enn yoghurt med laktase. Yoghurt med TSB inneholdt signifikant mer melkesyre enn yoghurt med TSA.

Tabellen viser også at yoghurt produsert med SK Y inneholdt signifikant mer melkesyre.

Videre var innhold av maursyre signifikant høyere i yoghurt som var tilsatt laktase samt yoghurt som er inkubert med SKC og yoghurt som er inkubert ved høy temperatur.

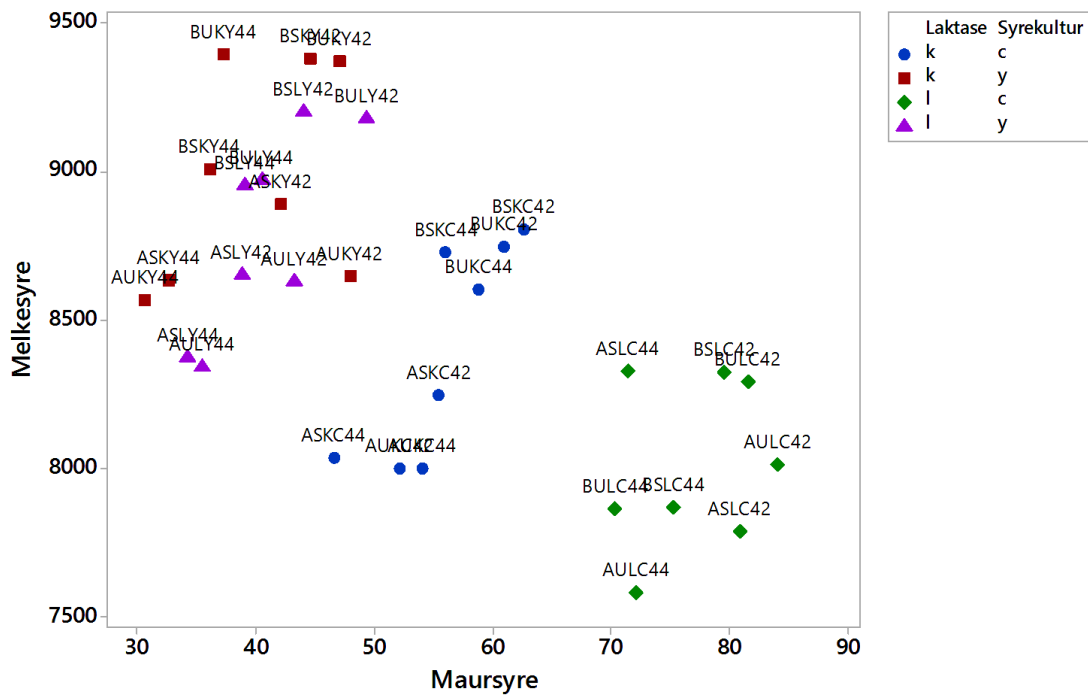
Faktorialanalysen viser en signifikant interaksjon mellom laktase og syrekultur ved produksjon av maursyre.



Figur 4.6: Gjennomsnitt for ulike kombinasjoner av laktase og syrekultur i yoghurt for produksjon av maursyre.

Figur 4.6 viser at yoghurt inkubert med SKC og som også ble tilsatt laktase produserte størst mengde maursyre. I yoghurt med S C uten laktase ble det derimot produsert mindre maursyre. Yoghurt med SKY produserte minst maursyre og utviste ingen forskjell i produksjon av syren med eller uten laktase.

4.2.1.1 Spredningsplott for dannelse av melkesyre og maursyre

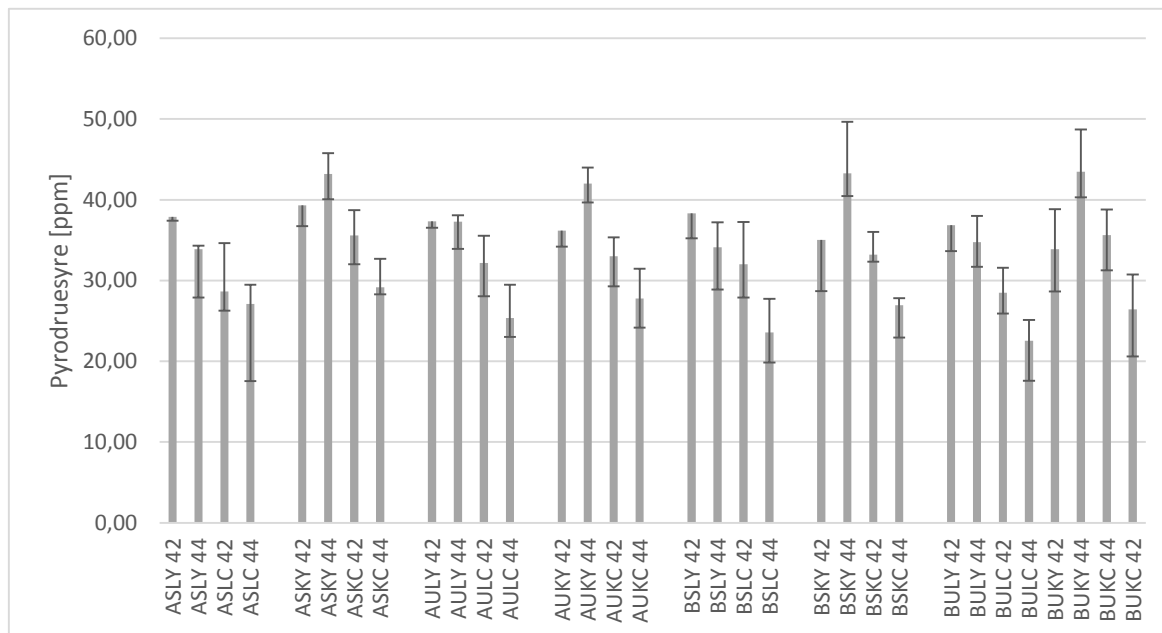


Figur 4.7: Spredningsplott for produksjon av melkesyre og maursyre i forhold til faktorene syrekultur og laktase. Organiske syrer oppgitt i parts per million [ppm]

Figur 4.7 viser at det ble dannet grupperinger for produksjon av syrene. Yoghurt inkubert med SKY produserte mer melkesyre enn yoghurt fermentert med SKC. Spredningsplottet viser at yoghurt med SKY ligger tettere med jevnere produksjon av melkesyre og maursyre enn yoghurt inkubert med SKC.

4.2.2.2 Pyrodruesyre

For pyrodruesyre var det signifikant ulikhet mellom tre gjentak <95% sikkerhet. Derimot ble det observert en trend i produksjon.



Figur 4.8: Gjennomsnitt produsert pyrodruesyre produsert av de ulike yoghurttypene.

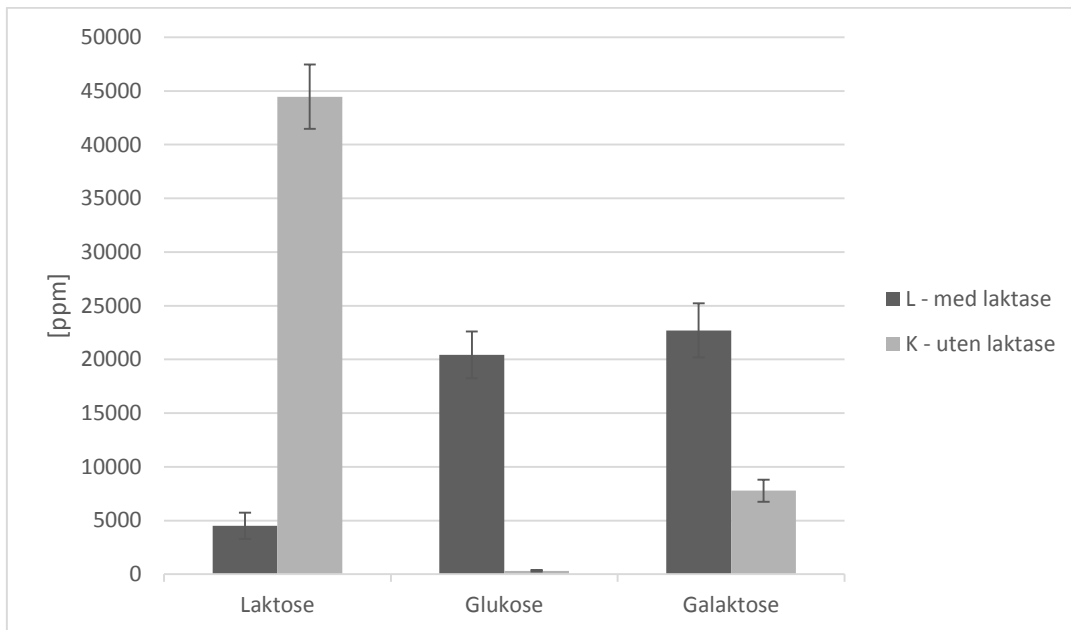
Vertikale linjer representerer standardavvik.

Figur 4.8 viser at produksjon av pyrodruesyre var lavest for yoghurt med tilsatt laktase og bruk av SKC ved 44 °C. Sjenerelt viser tabellene lavere produksjon av pyrodruesyre fra yoghurt inkubert med SKC. Produksjon av pyrodruesyre er høyest i yoghurt uten laktase, med SKY inkubert ved 44°C.

4.2.2 Karbohydrater

De ulike yoghurttypene ble analysert for konsentrasjon av laktose, glukose og galaktose.

Ved statistisk analyse av karbohydratkonsentrasjon viste det seg at det kun var faktoren laktase som resulterte i en signifikant forskjell. For de øvrige faktorene ble standardavviket så høyt at det ble valgt å ikke presentere disse i resultater.



Figur 4.9: Gjennomsnittsverdier av tre gjentak for målinger av karbohydratkonsentrasjon. Påvirkning av laktase på karbohydratene laktose, glukose og galaktose. Vertikale linjer representerer standardavvik.

Figur 4.9 viser at konsentrasjonen av karbohydratet laktose var mye lavere i yoghurt tilsatt laktase. Yoghurt med tilsatt laktase hadde høyere innhold av glukose og galaktose enn yoghurter som ikke er tilsatt laktase.

4.2.3 Flyktige stoffer

Tabell 4.2: Viser konsentrasjon (ppm) i gjennomsnitt, standardavvik samt Tukey-test med signifikansnivå på $<0,05$ for flyktige stoffer basert på de ulike faktorene, hvor $a>b$. Like bokstaver innenfor hver celle i tabellen indikerer ingen signifikant forskjell mellom faktorene.

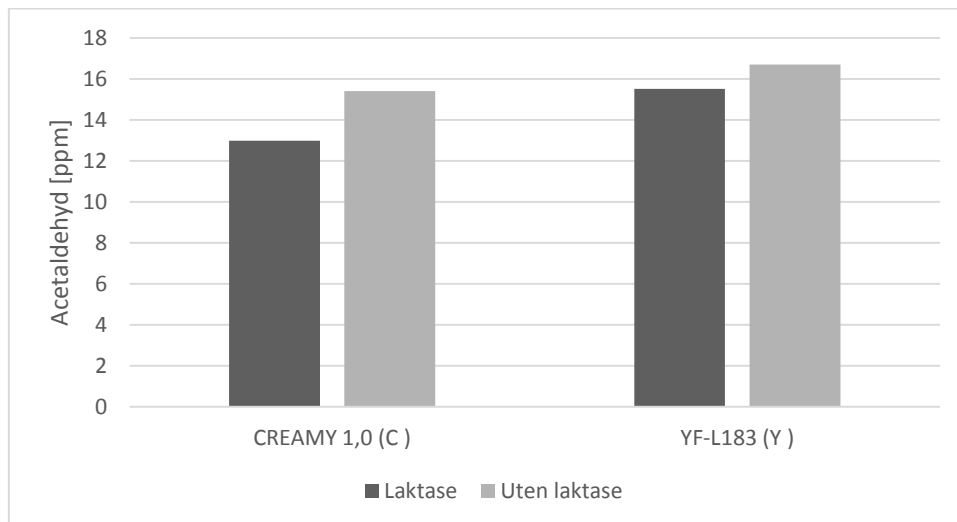
Faktor	Kode	Acetaldehyd [ppm]			Diacetyl [ppm]			Acetoin [ppm]		
		Gj.snitt	St.avvik		Gj.snitt	St.avvik		Gj.snitt	St.avvik	
Tørrstoff	a	14,55	±1,38	b	2,26	±2,03	a	64,8	±7,58	b
	b	15,74	±1,71	a	2,91	±2,50	a	72,45	±10,23	a
Aroma	S	15,06	±1,57	a	2,17	±1,82	a	67,56	±8,66	a
	U	15,24	±1,75	a	3,00	±2,60	a	69,68	±10,71	a
Laktase	L	14,25	±1,46	b	2,52	±2,36	a	66,18	±10,83	b
	K	16,04	±1,21	a	2,64	±2,23	a	71,06	±7,90	a
Syrekultur	Y	16,11	±1,13	a	0,69	±0,18	b	61,45	±5,08	b
	C	14,25	±1,55	b	4,47	±1,81	a	75,89	±7,80	a
Ink.temp	44	15,41	±1,54	a	2,85	±2,27	a	70,25	±10,12	a
	42	14,87	±1,74	a	2,31	±2,07	a	67,43	±9,31	a
Interaksjon		<ul style="list-style-type: none"> Laktase og syrekultur p-verdi 0,0421 			<ul style="list-style-type: none"> Aroma og syrekultur p-verdi 0,0092 Syrekultur og tørrstoff p-verdi 0,0385 					

Tabell 4.2 viser at innhold av acetaldehyd var signifikant høyere i yoghurt podet med SKY fremfor SKC. Yoghurt med TSB viste signifikant høyere innhold av acetaldehyd enn ved lavere innhold av TS A Acetaldehyd var også signifikant høyere i produkt uten laktase fremfor produkter med laktase.

Faktorialanalyse utført for acetaldehyd viste at det var signifikant interaksjon mellom laktase/ikke laktase og syrekultur.

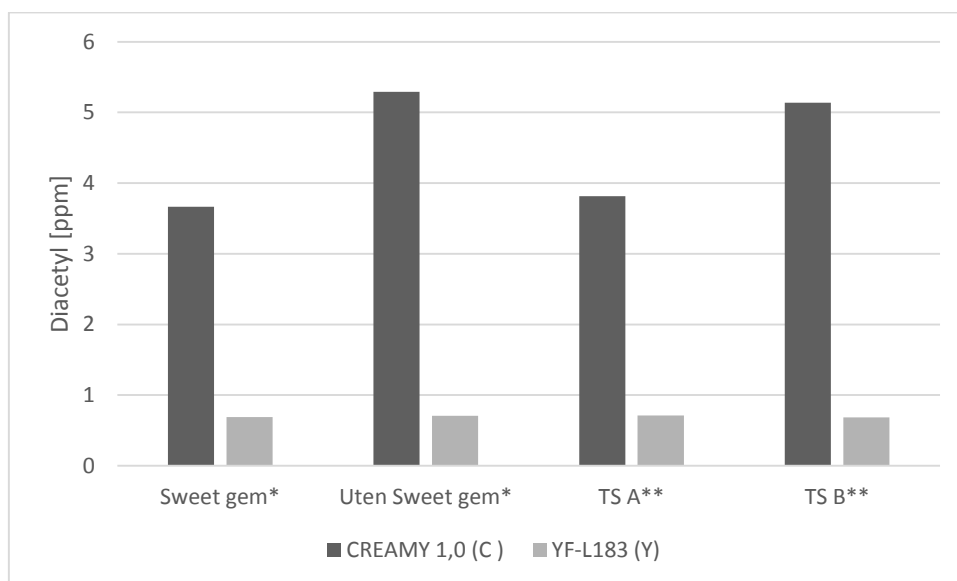
Videre viser tabellen at produksjon av diacetyl var signifikant høyere ved produksjon av yoghurt med SKC. Faktorialanalysen viste videre at det var interaksjon mellom syrekultur og Aroma samt syrekultur og tørrstoff i forhold til produksjon av diacetyl.

Det var signifikant høyere innhold av acetoin ved høyere tilsats av TSB. I yoghurt med tilsatt laktase var innhold av acetoin høyere enn i yoghurt uten laktase. Ved poding av SKY i yoghurt var innhold av acetoin lavere enn i yoghurt podet med SKC.



Figur 4.10: Tilpasset gjennomsnitt for ulike kombinasjoner av laktase og syrekultur i yoghurt i forhold til produksjon av acetaldehyd. Standardfeil = 0,1981

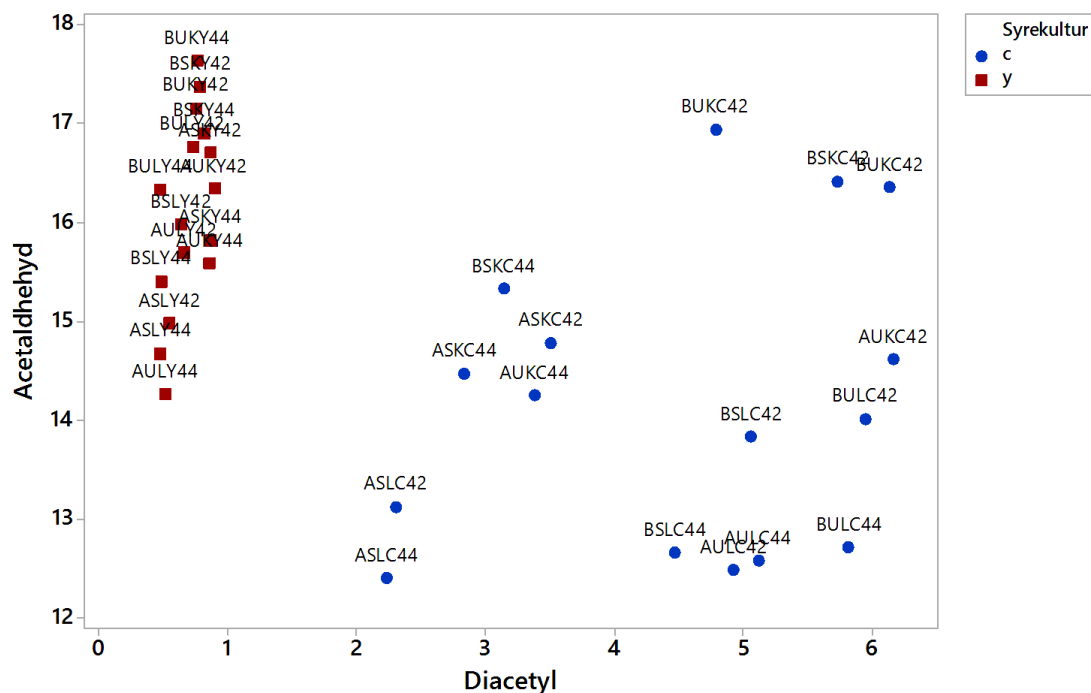
Figur 4.10 viser høyere produksjon av acetaldehyd i yoghurt ved bruk av SKY uten laktase. Yoghurt med laktase og SKC produserte minst acetaldehyd. Yoghurt podet med SKY produserer mer acetaldehyd enn SKC.



Figur 4.11: Tilpasset gjennomsnitt for ulike kombinasjoner av Aroma og syrekultur samt syrekultur og tørrstoff i yoghurt for produksjon av diacetyl. Standardfeil = *0,2371 **0,2471

Figur 4.11 viser at yoghurt produsert med SKC produserte mest diacetyl. Kombinasjon Aroma og SKC inneholdt mindre diacetyl enn yoghurt kun podet med SKC. Kombinasjon TSB og SKC gav høyere innhold diacetyl enn yoghurt med SKC og TSA. Yoghurt inkubert med SKY med og uten Aroma samt med TSA og TSB hadde produsert samme mengde diacetyl.

4.2.3.2 Spredningsplott diacetyl og acetaldehyd



Figur 4.12: Spredningsplot for produksjon av diacetyl og acetaldehyd i forhold til faktoren syrekultur. Flyktige stoffer oppgitt i parts per million [ppm]

Figur 4.12 viser at yoghurt produsert med SKY lå jevnt fordelt øverst mot venstre side av spredningsplottet med noe høyere produksjon av acetaldehyd og lavere produksjon av diacetyl enn yoghurt podet med SKC. Yoghurt produsert med SKC, var mer spredt og hadde flere små grupperinger avhengig av faktor. Yoghurt med tilsatt laktase viste en tendens mot lavere produksjon av acetaldehyd.

4.2.3 Tekstur analyse

Teksturanalysen ble utført for å undersøke fasthet og kohesjon i de ulike yoghurter som ble produsert.

4.2.3.1 Urørt yoghurt

I Tabell 4.3 er målte verdier for Texture Profile Analyses (TPA) – fasthet, viskositet i urørt yoghurt ved 4 °C fremstilt. Tabellen viser gjennomsnitt og standardavvik for 3 parallelle målinger med de ulike faktorene. For nærmere forklaring av resultat se kapittel 3.3.5 for teksturanalyse.

Tabell 4.3: Gjennomsnitt for fasthet og kohesjon (gram kraft), areal konsistens og areal 2:3 (gram sekunder), standardavvik, samt Tukey-test med signifikansnivå på <0,05 basert på de ulike faktorene, hvor a>b. Like bokstaver innenfor hver celle i tabellen indikerer ingen signifikant forskjell mellom faktorene.

Faktor	Kode	Maks – Kohesjon (g kraft)			Maks – Fasthet (g kraft)		
		Gj.snitt	St.avvik		Gj.snitt	St.avvik	
Tørrstoff	A	-13,20	± 1,36	b	43,29	±3,41	b
	B	-13,97	± 1,75	a	48,35	± 3,63	a
Aroma	S	-13,62	± 1,46	a	45,82	± 4,27	a
	U	-13,55	± 1,75	a	45,82	± 4,43	a
Laktase	L	-14,05	± 1,58	a	46,31	± 4,44	a
	K	-13,12	± 1,51	b	45,33	± 4,20	a
Syrekultur	Y	-12,68	± 1,26	b	43,96	± 4,04	b
	C	-14,49	± 1,39	a	47,68	± 3,81	a
Ink.temp.	44	-13,92	± 1,75	b	44,10	± 3,83	b
	42	-13,25	± 1,38	a	47,54	± 4,15	a

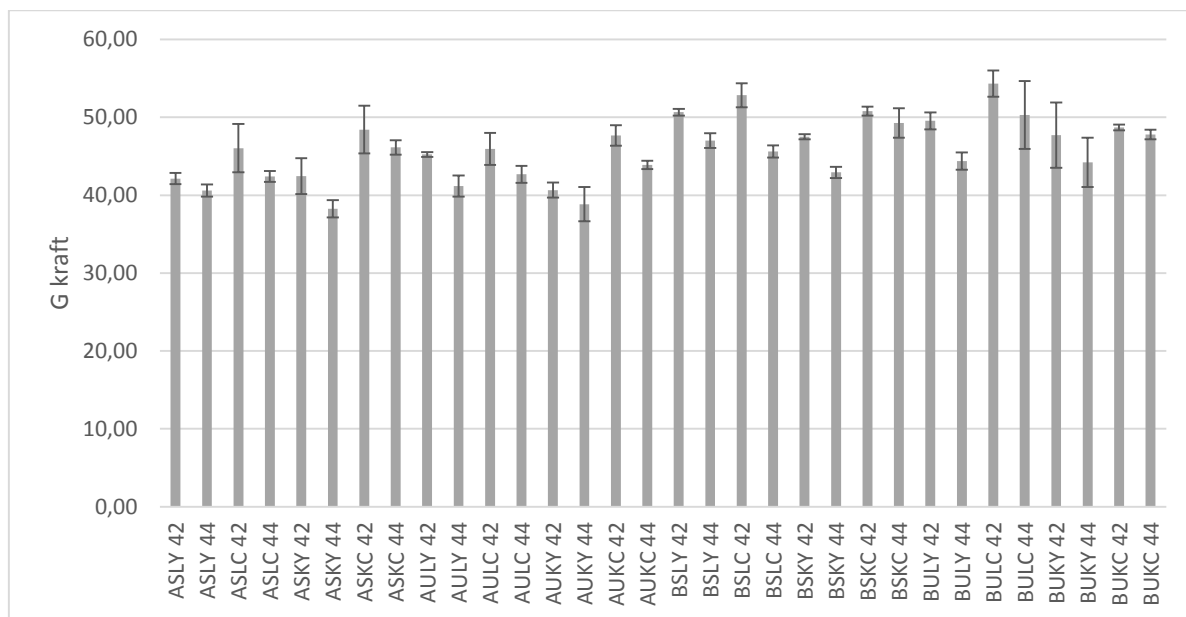
Tabell 4.3 Fortsetter

Faktor	Kode	Maks areal - konsistens (g s)			Maks areal 2:3 – viskositet (g s)		
		Gj.snitt	St.avvik		Gj.snitt	St.avvik	
Tørrstoff	A	364,51	± 31,51	b	359,00	± 27,27	a
	B	420,67	± 32,04	a	306,90	± 23,62	b
Aroma	S	393,58	± 43,64	a	331,81	± 36,74	a
	U	391,60	± 41,51	a	334,09	± 36,54	a
Laktase	L	394,14	± 46,90	a	333,08	± 33,48	a
	K	391,03	± 37,75	a	332,82	± 39,59	a
Syrekultur	Y	370,36	±35,20	b	349,40	± 33,47	a
	C	414,81	± 37,18	a	316,50	± 31,85	b
Ink.temp	44	379,25	± 36,95	b	344,96	± 37,70	a
	42	405,92	± 43,61	a	320,94	± 31,18	b

Tabell 4.3 viser at maks kohesjon(g), fasthet(g), konsistens (gs) for yoghurten var signifikant forskjellig for innhold av tørrstoff. Det krevdes mer kraft fra teksturproben å trekke seg tilbake fra yoghurt podet med TSB enn i yoghurt med TSA. For kohesjon ble det vist en signifikant høyere kohesivitet i yoghurt tilsatt laktase framfor yoghurt uten tilsatt laktase. Dette ble ikke vist for de andre teksturmålene.

SKC gav yoghurt en høyere kohesivitet (g), fasthet (g) og konsistens (gs) enn yoghurt med SKY. For yoghurt fermentert ved 42 °C viser tabellene at det var høyere kohesivitet (g), fasthet (g) og konsistens (gs) i disse enn i yoghurt inkubert ved 44 °C.

Resultater for maks areal 2:3 (gs) viser signifikant lavere verdier for de samme faktorene som de øvrige teksturmålene viste (kohesivitet (g), fasthet (g) og konsistens (gs)). Dette indikere høyere motstandsdyktighet mot tilbaketrekking av prøven og er dermed en indikasjon på kohesivitet samt konsistens og viskositet på prøven.



Figur 4.13: Gjennomsnitt kraft målt i gram kraft i urørt yoghurt. Vertikale linjer representerer standardavvik.

Figur 4.13 viser at yoghurt var fastere ved lav inkubasjonstemperatur enn ved høy inkubasjonstemperatur. Det er også høyere fasthet i yoghurt produsert med TSB og yoghurt som er inkubert med SKC. Yoghurt som er produsert med laktase, SKC og TS B inkubert ved 42 °C viser høyest g kraft.

4.2.3.2 Rørt yoghurt

Det var ønskelig å se på yoghurtens evne til å holde på strukturen etter stress ved opprøring.

Tabell 4.4: Gjennomsnitt for kohesivitet og fasthet (gram kraft) med standardavvik samt Tukey-test med signifikans på $<0,05$ basert på de ulike faktorene, hvor $a>b$. Like bokstaver innenfor hver celle i tabellen indikerer ingen signifikant forskjell mellom faktorene.

Faktor	Kode	Maks kohesivitet (g kraft)			Maks fasthet (g kraft)		
		Gj.snitt	St.avvik		Gj.snitt	St.avvik	
Tørrstoff	A	-2,87	$\pm 0,38$	b	4,74	$\pm 0,32$	a
	B	-3,08	$\pm 0,37$	a	4,83	$\pm 0,41$	a
Aroma	S	-3,10	$\pm 0,37$	a	4,90	$\pm 0,34$	a
	U	-2,84	$\pm 0,37$	b	4,67	$\pm 0,36$	b
Laktase	L	-3,02	$\pm 0,44$	a	4,81	$\pm 0,39$	a
	K	-2,92	$\pm 0,32$	a	4,76	$\pm 0,35$	a
Syrekultur	Y	-2,99	$\pm 0,41$	a	4,85	$\pm 0,38$	a
	C	-2,96	$\pm 0,38$	a	4,72	$\pm 0,36$	a
Ink.temp.	44	-2,97	$\pm 0,39$	a	4,70	$\pm 0,36$	b
	42	-2,97	$\pm 0,39$	a	4,87	$\pm 0,36$	a

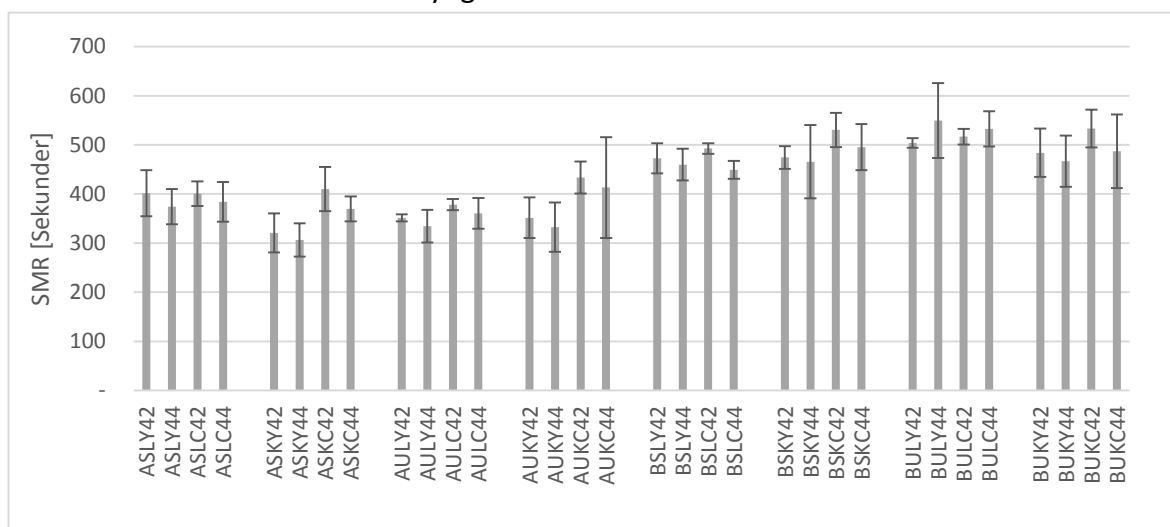
Tabell 4.4 viser at rørt yoghurt er signifikant mer kohesiv for yoghurt produsert med TSB, enn yoghurt produsert med TSA. Resultatene viser videre at yoghurt med Aroma er noe mer kohesivt enn yoghurt som ikke er tilsatt denne stabilisatoren (U).

Videre var det signifikant høyere fastheten i yoghurt som er tilsatt Aroma enn yoghurt uten.

For faktoren inkubasjonstemperatur viser yoghurt som er behandlet med 44 °C signifikant mindre fasthet enn yoghurt som var behandlet med en noe lavere temperatur.

4.2.3.3 Viskositet (SMR)

Resultater for viskositet viste signifikant ulikhet over 95 % ved tre gjentak. Resultatene viser derimot en trend for viskositet i yoghurtene.



Figur 4.14: Gjennomsnitt for viskositetsmåling ved hjelp av SMR-funnel. Vertikale linjer representerer standardavvik.

Figur 4.14 viser en tendens til høyere viskositet i yoghurt tilsatt TSB. Yoghurt tilsatt SKC har også noe høyere viskositet. Produkt inkubert ved 42 °C viser høyere viskositet enn produkt inkubert ved 44 °C.

4.2.4 Tid

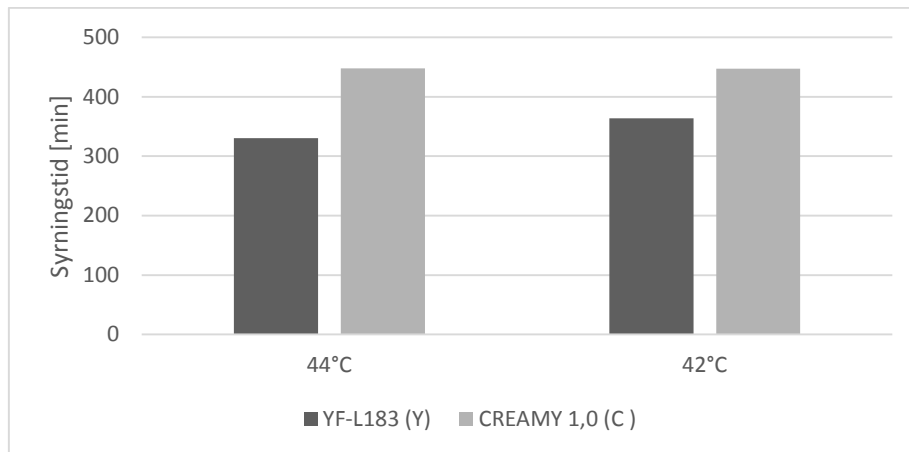
Tiden for syrning ble målt fra det tidspunktet yoghurten ble satt i vannbad ved henholdsvis 42°C og 44°C til de nådde pH 4,5.

Tabell 4.5: Gjennomsnitt for tid (minutter) for syrning med standardavvik samt Tukey-test med signifikans på $<0,05$ basert på de ulike faktorene, hvor $a>b$. Like bokstaver innenfor hver celle i tabellen indikerer ingen signifikant forskjell mellom faktorene.

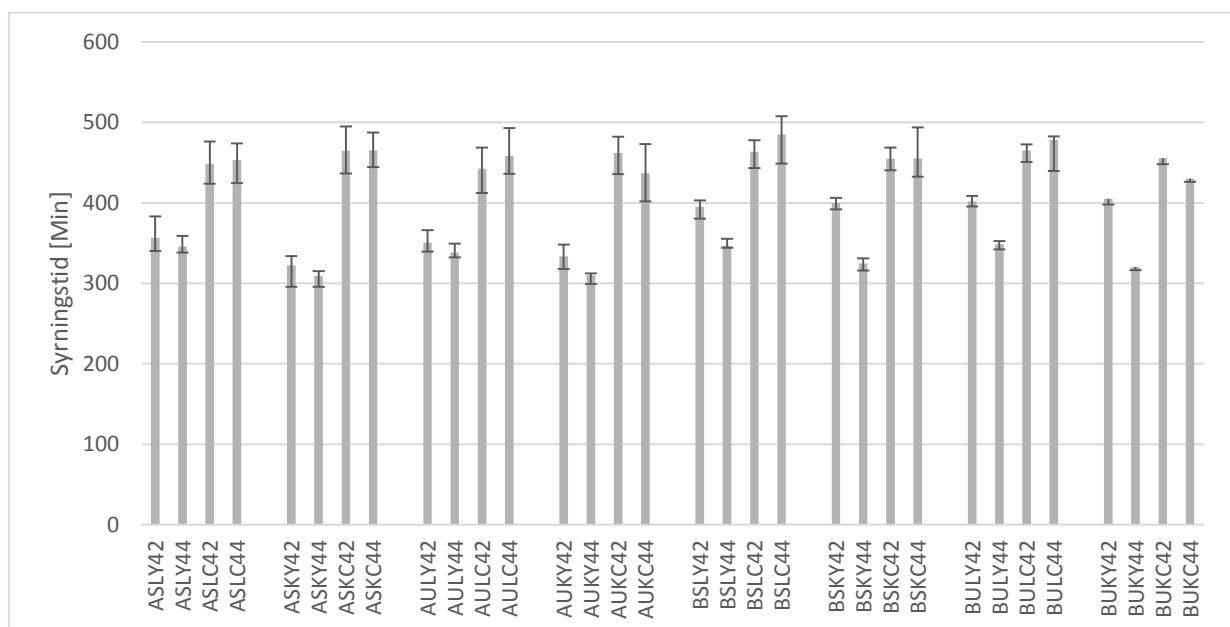
Faktor	Kode	Syrningstid [min]		
		Gjennomsnitt	Standardavvik	
Tørrstoff	A	384	±58	b
	B	410	±58	a
Sweetgem	S	425	±74	a
	U	430	±89	a
Laktase	L	410	±58	a
	K	384	±56	b
Syrekultur	Y	347	±12	b
	C	447	±79	a
Ink.temp	44	389	±65	a
	42	405	±51	a
Interaksjon				<ul style="list-style-type: none"> Inkubasjonstid og syrekultur p-verdi: 0,0385

Tabellen viser at yoghurt med høyere innhold av TSB, tok signifikant lenger tid å syrne enn yoghurt som inneholdt mindre tilsatt tørrstoff. Videre kan det leses ut i fra tabellen at yoghurt tilsatt laktase (L), tok signifikant lenger tid å syrne enn yoghurt som ikke inneholdt laktase. Yoghurt med SK C brukte gjennomsnittlig lenger tid på å nå pH 4,5 enn yoghurt som var tilsatt SK Y.

Faktorialanalyse viser signifikant interaksjon mellom syrekultur og inkubasjonstemperatur i forhold til syrningstid.



Figur 4.15 a Tilpasset gjennomsnitt for ulike kombinasjoner av inkubasjonstemperatur og syrekultur i yoghurt. Standardfeil = 5,849

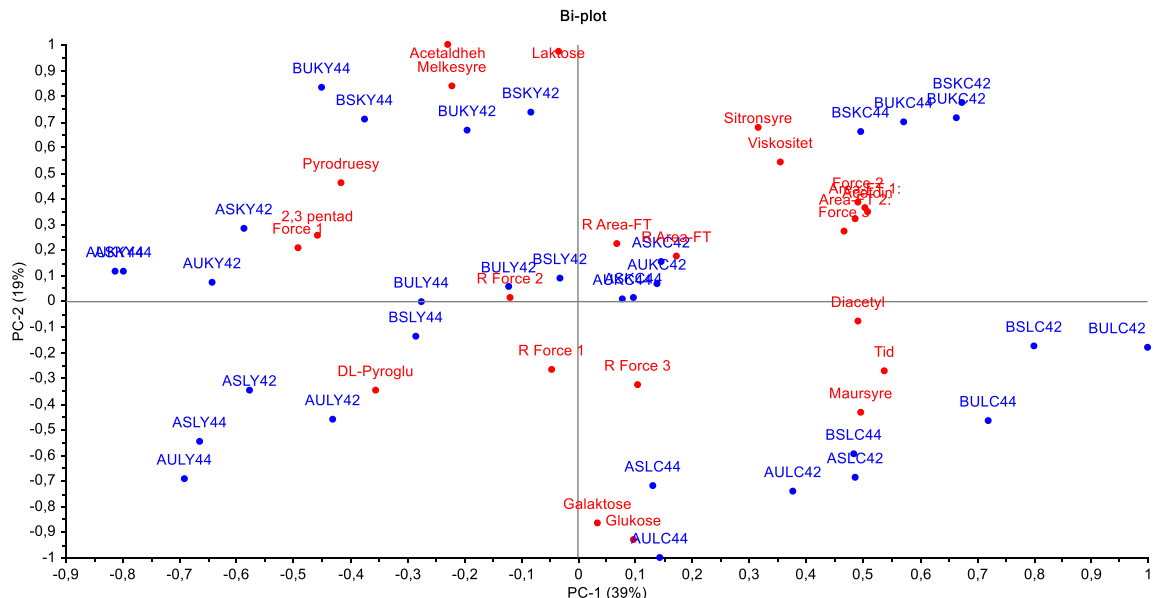


Figur 4.15 b: Syringingstid i minutter for de 32 ulike yoghurttyper. Vertikale linjer representerer standardavvik.

Figur 4.15 a. viser at yoghurt inkubert med SKY viste en noe raskere syringingstid ved 44 °C enn ved 42 °C. Yoghurt podet med SKC viste ingen tydelig variasjoner i syringingstid i forhold til inkubasjonstemperatur. SKC brukte lenger tid på å oppnå ønsket pH på 4,5 enn yoghurt med SKY. **Figur 4.15 b.** viser en trend i syringingstid for alle yoghurter. Yoghurt inkubert med SKC og laktase hadde en lenger syringingstid ved høy inkuberingstemperatur i motsetning til de andre produktene hvor høy inkuberingstemperatur korrelerer med noe lavere inkuberingstid.

4.2.5 Prinsipal komponent analyse (PCA)

Figur 4.16: Prinsipal komponentanalyse PC-1 og PC-2 av de 32 ulike yoghurtene og deres attributter.



Figur 4.16 viser prinsipal komponentanalyse bi-plot av de 32 ulike yoghurtene og deres attributter. PC1, som forklarer 39 % av total variasjon av alle yoghurtprøvene var fordelt i forhold til syrekultur. I tillegg ble hver av disse gruppene fordelt i den aksens i forhold til tilsatt tørrstoff.

PC2 forklarer 19 % av totalvariasjon. Her er yoghurtene fordelt i forhold til tilsetning av laktase hvor alle yoghurtene tilsatt laktase befinner seg i den nederste delen av plottet. Figuren viser videre hvordan yoghurt med SKY, TSB og uten laktase (K) befinner seg i nærheten av syrene pyrodruesyre og melkesyre, samt smakskomponentet acetaldehyd og karbohydrat laktose. Yoghurt med SKY, TSA og uten laktase (K) trekker mot venstre og befinner seg i område rundt 2,3 pentadion og force 1. Yoghurt podet med SKC uten laktase (K) med TSB ligger i området rundt med sitronsyre og viskositet.

Yoghurt inkubert med SKC med TSB og laktase ligger i området med smakskomponentet diacetyl, samt maursyre og syringstid nederst i høyre hjørne. LC-yoghurtene ligger også i området rundt til galaktose og glukose både for TSA og TSB.

4.2.5 Myseseparasjon

Mengde myseutskillelse i de ulike yoghurtene er basert på observasjoner og noe måling av mengde med linjal.



Figur 4.17: BSLC 44, mye myseutskillelse



Figur 4.18: BULC 44, mye myseutskillelse-sluppet kanten



Figur 4.19: ASLC 44 Myseutskillelse – sluppet kanten



Figur 4.20: BSKY 42 - ingen myseutskillelse, glatt overflate

Figurene 4.17, 4.18, 4.19 og 4.20 viser myseutskillelse i ulik grad i ulike yoghurttyper. Figur 4.17 viser tydelig myseutskillelse uten slipp av kanten. Figur 4.18 viser yoghurt som har sluppet kanten helt og som ligger oppi mysen. Figur 4.19 viser yoghurt som har sluppet kanten og som har et lag med myse på toppen. Figur 4.20 viser yoghurt uten myseutskillelse. Bildet viser noe kondens, som gikk igjen på alle yoghurttypene.

Tabell 4.7 Beskrivelse av utseende og mengde myseutskillelse på 32 typer yoghurt basert på tre parallelle observasjoner og målinger. [-] = for lite myse til å måles

Kode	Temperatur	Nummer	Utseende	Mengde
ASLY	42	1	Glatt og blank overflate, lite myse (kan se ut til å være kondens)	-
ASLY	44	2	Jevnt myselag over hele yoghurten. Ellers glatt tekstur.	2 mm
ASLC	42	3	Løsnet fra kanten, mye myseutskillelse.	3 mm
ASLC	44	4	Løsnet fra kanten, mye myseutskillelse spesielt rundt og i kantene.	2 mm
ASKY	42	5	Jevn overflate. Lite myseutskillelse.	-
ASKY	44	6	Grov overflate, men ingen myseutskillelse	-
ASKC	42	7	Blank, jevn overflate noe myseutskillelse på toppen	-
ASKC	44	8	Mye myseutskillelse, har ikke sluppet kanten	4 mm
AULY	42	9	Blank og glatt overflate	-
AULY	44	10	Blank og glatt overflate, litt myseutskillelse	-
AULC	42	11	Blank og glatt overflate	-
AULC	44	12	Løsnet fra kanten (skrumpet litt inn), mye myseutskillelse.	5 mm
AUKY	42	13	Blank og glatt overflate	-
AUKY	44	14	Blank og glatt overflate	-
AUKC	42	15	Blank og glatt overflate, noe myseutskillelse	-
AUKC	44	16	Mye myse, skrumpet inn, myse rundt og i kanten	4 mm
BSLY	42	17	Jevnt overflate, med noe myseutskillelse på toppen. Har ikke løsnet fra kanten	1,5 mm
BSLY	44	18	Løsnet noe fra kanten, mye myse på toppen	5 mm
BSLC	42	19	Prøven har løsnet noe fra kanten. Litt myseutskillelse	-
BSLC	44	20	Prøven har løsnet fra kanten. Jevnt med myse over hele overflaten	3 mm
BSKY	42	21	Blank overflate, ingen myseutskillelse	-
BSKY	44	22	Løsnet fra kanten. Noe myseutskillelse.	-
BSKC	42	23	Jevn blank overflate, noe myse i kantene	-
BSKC	44	24	Lite myse på toppen, men yoghurten har sluppet kanten, tegn på synerese.	-
BULY	42	25	Jevn blank overflate, noe myse i kanten, yoghurten har ikke sluppet glasset	-
BULY	44	26	Yoghurten har sluppet kanten, noe myse.	-
BULC	42	27	Løsnet litt fra kanten. Noe myseutskillelse	-
BULC	44	28	Løsnet fra kanten, mye myseutskillelse. Yoghurten ligger som en klump oppi mysen	-
BUKY	42	29	Lite myseutskillelse (kun kondens) Glatt blank overflate	-
BUKY	44	30	Jevn, glatt overflate, har skrumpet noe sammen i kantene	-
BUKC	42	31	Glatt, blank overflate, men har sluppet glasset noe. Noe myseutskillelse	1 mm
BUKC	44	32	Yoghurten har sluppet glasset, Synlig innskumpet, men lite myseutskillelse	-

Tabellen viser at ved observasjon av myseutskillelse og synerese på yoghurt, var det mer myseutskillelse på yoghurt inkubert ved 44 °C enn ved 42 °C som generelt viste veldig lite/ingen synerese. Det var kun produkt med BLC (TS B, laktase og SK C), som viste myseutskillelse og synerese ved 42°C, men ikke i like stor grad som samme produkt inkubert ved 44 °C. Yoghurt med tilsatt laktase viste mer myseutskillelse enn yoghurt uten laktase.

5. Diskusjon

5.1 Forforsøk og observasjoner

Denne diskusjonsdelen er basert på innholdet av resultater fra forforsøk og gjennomgang av yoghurt produksjon på TINE Meieriet Oslo (kap 4.1)

TINE konsernet per i dag standardisert ved NS-EN ISO 9001, NS-EN ISO 22000 samt det lovpålagte IK-mat systemet.

For å vurdere kvalitetsstyringen ved yoghurtproduksjon var det hensiktsmessig å fokusere på standardene som har fokus på forbedring av kvalitet ved å se på ISOs åtte prinsipper for kvalitetsstyring (kap 2.6).

5.1.1 Kundefokus

For TINE Meieriet Oslo er det viktig å opprettholde en god merkevare for kunder. Yoghurt er et produkt med et voksende marked både på grunn av dens helsemessige effekt men også på grunn av «eat and go» trenden som stadig blir mer aktuell. Denne merkevarebyggingen avhenger videre av at produsentene investerer mer i opprettholdelsen og utviklingen av de organoleptiske egenskapene som tekstur og smak (de Oliviera, 2014).

Det var mange faktorer som spilte inn på kvaliteten av yoghurten som ble produsert. På meieriet fantes maler for hva som var akseptabel yoghurt og hva som ikke var akseptabel yoghurt. Derimot var det ikke enighet mellom laboratoriemedarbeidere, operatør på fyllemaskin og operatør på styringscentralen om hva som var akseptabel yoghurt. Dette var også vanskelig da kvaliteten på yoghurten ikke var konstant, slik at bra yoghurt en dag, ikke var kvalifisert som god nok dagen etter.

Operatørene på fyllemaskinene hadde det travelt med å kontrollere den store mengden yoghurt som ble produsert. Dersom yoghurten var tynn ville det begynne å sprute ut fra yoghurtdysene som fylte opp yoghurtbegerne. Dersom det ikke ble oppdaget at tynn yoghurt kom ut av yoghurtdysene kunne dette produktet med stor sannsynlighet gå ut på markedet, da det ofte var store mengder myse som kom i flere omganger og dette gjorde det vanskelig å spore alle beger med tynn yoghurt.

Et ustabil produkt kan føre til tap av kunder, og dersom en kunde får et dårlig produkt, spesielt produkt som er påtenkt barn som Sprett laktosefri yoghurt, vil dette i verste fall føre til negativ medieomtale. Det er derfor meget viktig at bedriften tar hensyn til kundene og deres behov samt tar reklamasjoner og klager fra kunder meget alvorlig de har, slik at et produkt kan forbedres for å opprettholde disse behovene og beholde kundene (Halbo 2010). Det produseres mellom 30 000 – 100 000 liter yoghurt hver dag. Prøveuttak for kontroll av yoghurt er i hovedsak god, derimot er det umulig for driftslaboratoriet å finne eventuelle myselommer som utgjør mellom 2000 og 3000 liter i den mengden. Forbrukerklager på yoghurt gjaldt i all hovedsak på tynn yoghurt.

Det kan virke som at TINE har et for lite fokus på å gi kunden et kvalitetsprodukt med jevn kvalitet hver gang. Ved å opprettholde jevn kvalitet vil sjansen for avvik oppdaget av kunde naturligvis lavere.

5.1.2 Lederskap

Det er ledelsens ansvar å sørge for ressurser, fordele myndighet og ansvar slik at det kan dannes et godt internt miljø med god kommunikasjon mellom alle medarbeider slik at bedriften kan nå sine mål (Halbo 2010).

Det er kun små ting som skal til før en medarbeider mister tillitt til ledelsen. En dårlig vane på TINE var at informasjon kun gikk imellom avdelingslederne, uten at dette ble delt videre til alle medarbeidere. Dette kunne i mange tilfeller føre til mistillit.

Et eksempel på manglende kommunikasjon var ved prøveproduksjon av yoghurt. Dersom beskjed om denne produksjonen hadde blitt del med alle, kunne flere vært involvert i vurderingen av det nye produktet. Dette kunne i tillegg ha invitert til innspill fra operatører og laboratoriemedarbeidere som jobber med produktet daglig.

Det var meget viktig å unngå stans eller venting på tappemaskiner. Hver gang det var stans ble dette rapportert og videresendt til ledelsen. Dette førte til at produksjon av yoghurt ble et hastverk, noe som gjorde at en ikke fikk tid til å produsere yoghurt i henhold til spesifikasjoner. Eksempel på dette var tørrstoff tilsetning i yoghurt som ikke alltid fikk svulle lenge nok da produktet måtte kjøres på syringstank med en gang.

5.1.3 Personellets engasjement

Motiverte operatører er en forutsetning for at en bedrift skal nå sine mål. Dette kan gjøres ved å gi rett utdanning, kursing samt eierskap til deres område (Halbo, 2010).

Under oppholdet på styringssentralen hvor produksjon av yoghurt ble styrt ble jeg stadig spurt om prosestetniske spørsmål i forhold til yoghurt. Det var klar samstemthet blant operatørene at det var behov for opplæring i yoghurtproduksjon. De fleste prosesser som ble kjørt var automatisert, slik at operatørene ikke trengte å vite hvorfor de gjorde som de gjorde. Dette førte videre til at produksjon gikk på vane, uten noen eierfølelse til produktene som ble produsert, dette fører også til at de ikke kan sette inn tiltak ved dårlig produkt, fordi de ikke har god nok faglig bakgrunn.

Operatørene var videre klar over at temperaturmåleren i syringstanken viste feil temperatur. Det var derimot ingen pågang for å fikse dette, da de ikke så behovet for dette. Dette gjaldt også stabiliteten til pH-meter for måling i yoghurttsyregelen. Operatørene var til en viss grad klar over at dette var ustabil, men det var ingen som vurderte at dette kunne sjekkes opp mot andre pH-meter som fantes på anlegget. Da ingen hadde personlig ansvar for pH-meteret var det heller ingen som tok ansvar for vedlikehold av dette. Dette viser hvor viktig det er for personellets engasjement at ansvar blir fordelt av ledelse. Etter at pH-meterets kvalitet ble testet opp mot pH-meter på laboratoriet ble det klart for flere hvor viktig godt vedlikehold var. Det ble i denne sammenheng rask bestilt inn et nytt pH-meter, slik at det var mulig å ha vedlikehold som vask, stifting av batteri eller elektrode samtidig som det var et i bruk.

Det er viktig at de ansatte blir delaktige i arbeid for kvalitetsforbedring, dette vil gi økt interesse og engasjement rundt arbeidsplass med større rom for nytenkning og forbedring av de ansatte. Dette vil videre føre til at det blir enklere for ledere å innføre forandringer, da operatørene kan identifisere seg med å forstå behovet for endring.

5.1.4 Proessorientering

Ved å styre aktiviteter og ressurser som prosesser, kan et ønsket mål oppnås mer effektivt ved å skape forståelse for prosess i alle ledd. Ansvarsforhold, arbeidsinstrukser og

innarbeiding av gode rutiner er viktig for at den enkelte medarbeider blir klar over sin rolle i prosessen (Halbo 2010).

Mange av observasjonene som ble gjort viste at det var manglende instruksjoner og gode rutiner for flere delprosesser i yoghurtproduksjonen. Som nevnt manglet det instruksjoner for kontroll og vedlikehold av pH-meter, det manglet klare instruksjoner for videreformidling av informasjon mellom skiftarbeiderne, samt en uenighet om hva som var et salgbart produkt. I følge Haugan & Haugan (1994) er det å skape et bedriftsmiljø som fremmer forbedring og utvikling av produkt og prosess en av ledernes største utfordring.

Rullerende skiftarbeid med ulike ansvarsområder gav god innsikt i de ulike prosessene yoghurtproduksjon består av. Derimot var ikke alle operatørene like flinke til å informere om feil og avvik til operatør som tok over ved vaktskiftet. Det ble utført skiftmøter men det var ikke alltid like lett å komme på alle avvik eller mangler etter en lang arbeidsdag. RuTINEn for dette var et Word dokument som ble nyttet noe sporadisk. Et bedre system for informasjonsdeling innad i styringssentralen ville nok vært en god måte å løse denne den til tider manglende informering mellom operatørene slik at en unngår avvik på grunn av dette.

5.1.5 Systemorientert ledelse og kontinuerlig forbedring

Styringsløyfen (Planlegge, utføre, vurdere, iverksette) skal hele tiden rotere, og alle aktiviteter skal gjentas i tur og orden i alle delene av bedriften. Den skal nyttes både i planleggingen av utførelse, kontroll og korrigerende tiltak (Hannisdal 2009).

For å få lukket denne styringsløyfen må TINE identifisere og korrigere tiltak for problemene som ligger til grunne for ujevn kvalitet på yoghurt. Videre skal stadig kvalitetsforbedring redusere feil, avdekke og luke ut skjulte problemer samt tilpasse metoder og prosesser etter behov. En godt innarbeidet prosjektgruppe med stadig fokus på forbedring og kvalitetsstyring er meget viktig i en slik sammenheng (Halbo 2010).

Ved gjennomgang av yoghurtprosessen ble det avdekket flere små avvik som lett kunne blitt forbedret med små justeringer.

Det var vanlig å benytte seg av den eldste melken på meieriet til produksjon av yoghurt. Det er sjeldent eller aldri problemer med den mikrobiologiske kvaliteten i denne melken, og

heller ikke i yoghurten. Derimot kan råmelk som er stått ubehandlet over tid teoretisk bli utsatt for hydrolyse av fett og protein av psykrotrofe bakterier som befinner seg i melken. Dette vil først og fremst ha innvirkning på tekstur og smak. Spesielt vil hydrolyse av κ -kasein i råmelk føre til at yoghurt får en sterkere og fastere gel med høyere viskositet, men med større sannsynlighet for synerese (Gassem & Frank, 1991). Dersom melken først er oppbevart en periode på gård, deretter i melkebil og videre en periode i råmelks tank før den blir varmebehandlet kan dette problemet allerede ha oppstått. Dersom denne melken måtte termiseres (vanligvis i helgene) kunne denne melken bli opp til 60 timer før den ble nytt til produksjon. Produksjon av yoghurt ble satt i gang tidlig natt til mandag, slik at prøvetaking av råmelk og mellomprodukt til yoghurt ikke alltid ble rukket. Selv om det som nevnt sjeldent er problemer med den mikrobiologiske kvaliteten i yoghurt bør en alltid jobbe for å sikre alle produkters mikrobiologiske og sensoriske kvalitet før produksjon. Dette kan få store konsekvenser dersom noe blir oversett.

Det ble videre registrert at mengde syrekultur som ble tilsatt i yoghurten var for liten. Denne mengden ble redusert som en konsekvens av økonomisk tiltak. Dette skjedde imidlertid i syringstanker på 4000 liter. Det ble videre funnet at syringstiden for Sprett yoghurt var veldig ujevn. Denne yoghurten hadde en meget kremet/tykk konsistens. Denne trege og ujevne syringstiden kan forklares med at med økt tilsatt av tørrstoff i yoghurt vil det være en bufferevnen i yoghurt slik at ytterligere syreutvikling av starterkultur kreves for å oppnå ønsket pH (Lee & Lucey 2010). Ved tilførsel av anbefalt mengde syrekultur på 0,02% framfor 0,013 % i yoghurten kan dette føre til en noe raskere oppnåelse av ønsket pH da en større mengde syrekultur raskere vil nytte seg av og bryte nedlaktose i yoghurten (Boylston, 2015). Videre ble det oppdaget at den mekaniske behandlingen av ferdig produsert yoghurt ofte førte til avvik. Spesielt viste røreverket som rørte opp koagel etter endt syring en betraktelig ødeleggende effekt på koagelet ved at koagelet ble revet opp og oppstykket fremfor homogent og glatt. Dette rørverket var et typisk propellrør som kun hadde som formål å blande inn syrekulturen i den behandlede melken ved begynnelsen av syrningsprosessen. Et alternativ til dette rørverket er et høyhastighets rørverk, sammen med eksempelvis en propell som er laget for både å blande inn syrekultur, men også for å bryte opp koagelet til en homogen masse. Dersom synerese skulle utarte seg på gelen kan røring hjelpe til å blande inn denne mysen i koagelet (Robinson et al., 2006). Problemet med den

ujevne røringen manifesterte seg videre til tappetanken. I tilfellet for Sprett yoghurt ble denne ofte stående her over lenger tid. Dette førte da til at mysen som ble skilt ut i syringstanken etter hvert dannet en myselomme i tappetanken. En måte å løse dette problemet på kan være å montere et passende rørverk i tappetanken, slik at en kan røre inn eventuelt myseutskillelse/myselommer i yoghurt som blir stående lenge på tank (Reidar B. Schuller professor i målemetodikk IKBM NMBU pers med).

I forhold til mekanisk påvirkning ble det utført test på viskositet ved hjelp av SMR-trakt. Dette resultatet viste en stor nedgang i viskositet på naturell yoghurt fra den var på tappetank til den ble tappet i beger på tappemaskinen.

Under blandingen og overføring av yoghurt skjer det strukturelle endringer som påvirker strømningsegenskapene. For rørt yoghurt bør man være klar over at fremgangsmåten, for eksempel, å blande, bruk av sil og høye hastigheter i rørverk kan resultere i en reduksjon i viskositet som bare delvis gjenopprettes etter at skjærpåvirkning er stoppet. Opprettelse av av struktur kalles "rebodying" og er et tidsavhengig fenomen - yoghurt er thixotropisk (Tamime & Robinson 1988).

5.1.6 Faktabaserte beslutninger

Overvåkning og riktig registrering av verdier for de ulike prosessfaktorene under yoghurtproduksjon er svært viktig for å kunne opprettholde en jevn kvalitet på yoghurtproduktet. Dette både når det gjaldt temperaturstyring og også pH i yoghurtgel som var det eneste styringsparameteret for bestemmelse av ferdig yoghurt.

I forhold til pH måling og temperaturmåling i yoghurtprodukt finnes det flere alternativer for å gjøre disse mer kvalitetssikret, for å oppnå et produkt av god og jevn kvalitet. Dette er nødvendig for å sikre et produkt av god og jevn kvalitet. På TINE ble pH kun målt ved empirisk kontroll, altså basert på erfaring, mens temperaturen som ble registrert viste store avvik fra faktisk temperatur. Dersom pH kontroll skal foregå ved bruk av håndholdt pH meter bør dette gjøres med paralleller. Dette grunnet ujevnheter i koagelet og myselag som ofte kan forstyrre måling av pH. Tiden som ble beregnet for pH nedgang etter måling kan benyttes da denne i de fleste tilfeller er riktig. Derimot bør dette koagelet sjekkes igjen, da det også ble målt ulikheter mellom pH i bunnen og i toppen av syringstankene. Dersom

yoghurten blir rørt opp før pH 4,6 er oppnådd kan dette føre til ødeleggelse av gel strukturen og store mengder myseutskillelse (Tamime et al., 2007).

I løpet av det siste tiåret har utviklingen i industriprogramvare åpnet opp et bredt spekter av muligheter for bruk av informasjonsteknologi for å forvalte og utvikle et produksjonsanlegg. Dette gjøres ved å integrere prosesskontroll i et nettverk, hvor et I/O(input/output) -system håndterer kommunikasjon av signaler fra kontrollnivået opp til et PC-basert nivå, altså en programvare for innsamling av data, for datalagring samt dataanalyser. Dette gir muligheten for å holde kontroll på de ulike produksjonsparameter, for å dokumentere kritiske kontrollpunkter, sporbarhet og eventuell annen viktig informasjon. Tilgang til all slik data er viktig for alle som jobber med yoghurtproduksjon både når det gjelder å bedre produktkvalitet, produksjonseffektivitet og prosessen.

Fermenteringsprosessen under industriell produksjon av yoghurt kan kontinuerlig kontrolleres ved hjelp av online overvåking av pH, noe som kan være et meget nyttig verktøy for integrert prosesskontroll (Soukoulis et al 2007). Dette er både en billig og enkelt. Det er imidlertid ikke lett å holde pH-meter rene dersom disse nyttes flere ganger om dagen. For dette problemet finnes det automatiske rengjøringsystemer og også helautomatiske systemer for både kalibrering og rengjøring av elektroden (Fladberg, 2013).

Den raske utviklingen av elektronikk, mikroprosessorer og datamaskiner har gjort det mulig og økonomisk gjennomførbart å automatisk styre de forskjellige prosesser i en yoghurtproduksjon. Utviklingen av maskinvarer har nådd et stadium der dette ikke lenger representerer en flaskehals eller begrensninger for hva som kan gjøres. Som en konsekvens av dette, er dagens utfordring å kombinere design av prosess og automatisering inn i en integrert produksjonsløsning, for så å sørge for at denne løsningen integreres effektivt med alle andre systemer som benyttes i ulike deler av fabrikken (Elaisson, 2006)

5.1.7 Partnerskap med leverandørene

For å optimalisere ressurser og kostnader er det viktig for å ha et godt samarbeidsforhold med sine leverandører. Et godt samarbeid vil gi gjensidig nytte med fordeler for begge parter og videre mulighet til å skape verdier (Halbo 2010)

Det er viktig for TINE at alle leverandører leverer gode produkter men jevnt god kvalitet. Ofte er det registrert store avvik i syringstid for ulike yoghurter på TINE. Syrekulturene som TINE bruker blir produsert av ekstern leverandør. Yoghurt er et levende produkt slik at en må forvente noen ulikheter i mellom produksjonene, derimot trenger en bedrift i størrelsesorden med TINE et relativt stabilt produkt fra produksjon til produksjon. Det blir oppgitt liten informasjon om sammensetning i mellom de ulike bakteriene i kulturene og heller ingen informasjon om bakteriestamme slik at det er vanskelig for TINE å vurdere en syrekultur på annen basis enn den de har fått oppgitt av leverandør.

5.2 Hovedforsøk

Hovedforsøket ble utført i pilotanlegg og på laboratorier på Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU).

5.2.1 Tørrstoff

De fysiske og sensoriske egenskapene i yoghurtgeler er sterkt påvirket av det totale faststoffinnholdet i yoghurt, og da spesielt proteininnholdet. Ved tilsats av skummet melk pulver (SMP) økes dette.

Ved mål av organiske syrer i yoghurt ble det observert signifikant høyere innhold av sitronsyre og melkesyre i yoghurt med TSB. Dette kan forklares med at de termofile syrekulturene som nyttes til produksjon av yoghurt ikke er sitratforgjærende (Walstra et al 2006), samtidig som melk naturlig inneholder blant annet sitrat og laktose som også vil økes ved tilført SMP. Innholdet av de flyktige stoffene acetaldehyd og acetoin også var signifikant høyere i yoghurt tilsatt TSB, dette kan trolig forklares med at fermenteringen går lenger, fordi laktose metabolisme går lengre før ønsket pH er nådd. Høyere innhold av acetoin kan også forklares med at dette er et stoff produsert av pyrodruesyre som melkesyrebakteriene produserer fra en rekke metabolitter som karbohydrater, frie aminosyrer og organiske syrer som finnes naturlig i melk (Beshkova et al., 1998).

Gram kraft verdi for fasthet og kohesjon i yoghurt målt ved hjelp av Texture analyser i urørt yoghurt viste seg signifikant høyere ($p < 0,05$) i yoghurt med tilført 3,73 % SMP (TSB) framfor yoghurt tilført 2,6 % SMP (TSA). I rørt yoghurt viste kohesjon i yoghurt også en signifikant høyere kraft i yoghurt tilsatt TSB. Disse verdiene i yoghurt kan forklares med at med en økning i det totale faststoffinnholdet i yoghurtmelk øker yoghurtens viskositet ved at geldannende protein i SMP gir et tettere og mer forgrenet nettverk i yoghurten (Guirguis et al., 1984;).

Viskositet målt i yoghurt viste signifikant ulikhet i mellom de tre gjentakene for viskositetsmåling målt ved hjelp av SMR-trakt. Derimot ble det observert en klar trend hvor yoghurt som var tilført et høyere innhold av tørrstoff også hadde høyere viskositet. Syrningstiden for yoghurt tilsatt TSB var signifikant høyere enn syringstiden for yoghurt med tilsatt TSA. Dette kan forklares med at med økt tilsats av faste stoffer i yoghurt vil solidifisering øke bufferevnen i yoghurt slik at ytterligere syreutvikling av starterkultur kreves for å oppnå ønsket pH (Lee & Lucey 2010).

5.2.2 Aroma

Aroma ble tilsatt i Sprett yoghurt som et alternativ til sukker. Aroma inneholdt mais maltodekstrin og topica(tørket cassava rot)maltodekstin. Det var ikke oppgitt noe videre sammensetning eller funksjon av dette stoffet annet enn søtningstoff, slik at det var interessant å se om det hadde innvirkning på yoghurtproduksjonen ved å ha en stabiliserende effekt.

Maltodekstrin er en blanding av sakkarider som har en molekylvekt mellom polysakkarider og oligosakkarider og er klassifisert etter DE (dekstrose-ekvivalent) og har en DE mellom 3 og 20 som kan forklares som polymeriseringsgraden (DP) av stivelses molekylet - antallet monosakkarideneheter i molekylene. Glukose har til sammenligning 100 DE. Maltodekstrin består av D-glukosyleneheter og er i hovedsak knyttet med α (1 \rightarrow 4) glykosidbindinger dette sakkaridet har en glykemisk indeks mellom 85-105 (Hobbs 2009).

En matvare med høy GI fordøyes raskt og gir en rask blodsukkerstigning glukose har en GI på 100. En matvare med lav GI vil fordøyes langsomt og gi et mer stabilt blodsukker over tid. (Foster-Powell et al, 2002)

I denne oppgaven ble det ikke funnet signifikant høyere innhold av organiske syrer eller aromakomponenter grunnet aroma tilsats. Det ble derimot funnet en signifikant interaksjon mellom produksjon av diacetyl i forhold til aroma og SKC. Det ble her vist at yoghurt som ble tilsatt aroma hadde et lavere innhold av diacetyl enn yoghurt produsert uten aroma med samme syrekultur. SKC inneholder *St. thermophilus*, *Lb. bulgaricus*, samt *Lb. rhamnosus* som alle i noen grad produserer diacetyl (Walstra et al., 2006; Jyoti et al., 2003). Også produksjon av diacetyl var signifikant høyere i yoghurt med SKC slik at det kan se ut til at aroma hadde en inhiberende effekt på produksjon av diacetyl. Aroma har ingen innvirkning på syringstid eller noen av de andre organiske syrene eller andre flyktige stoffer, slik at det så ikke ut til at glukosen maltodekstrin var bygget opp av brytes ned av syrekulturene. Eventuelt var innholdet av maltodekstrin for lite til å utgjøre en forskjell.

Maltodekstrin, er fremstilt av stivelse ved partiell hydrolyse ved hjelp av enzymer eller syrer og er vanligvis funnet som et hvitt, hygroskopisk forstøvningstørket pulver. Maltodekstrin er lett fordøyelig og blir absorbert like raskt som glukose. Dette sakkaridets egenskaper er avhengig av antall DE. Jo høyere DE verdien er, desto kortere er glukose kjedene og jo høyere er søtheten. Men høy DE kan også øke plastisitet. Ved lavere DE vil dette øke viskositetsevne og kohesivitetsevne (Hobbs 2009).

Det ble oppnådd en signifikant ($p < 0,05$) fasthet, samt kohesivitet i rørt yoghurt som var tilsatt Aroma. Dette kan forklares med at Aroma har en lav nok DE til å tilføre en viss stabiliserende effekt i yoghurt, selv om denne i utgangspunktet kun ble tilsatt som en søtningsaroma (Heidi Grønnevik Leder produkt- og teknologiutvikling TINE FoU pers med.). Disse resultatene viser seg derimot ikke for urørt yoghurt, samt at de ikke viser store ulikheter, slik at dette kan være resultat av målefeil, eller tilfeldigheter.

5.2.3 Laktase

Fermentering av yoghurt vil spalte innholdet av laktose i melk med opptil 40 % fordi, i motsetning til de fleste andre LAB, foretrekker *St. thermophilus* laktose som energi fremfor glukose (Gunnewijk & Poolman, 2001). For å senke innhold av laktose i yoghurt ytterligere kan en tilsette β -galaktosidase (laktase) som hydrolyserer laktose til glukose og galaktose

(Waltstra et al., 2006). Mange mennesker i verden lider av laktoseintoleranse som skyldes mangel på enzymet laktase (Vonk et al., 2003). Produkt av laktosehydrolysert melk er den beste løsningen for deres problem dersom de ønsker å spise meieriprodukter.

Karbohydratene galaktose og glukose er også søtere enn laktose, slik at tilsetning av laktase også kan være en alternativ måte å søte produktet på uten å måtte tilsette sukker (Lee & Lucey 2010)

I dette forsøket ble det funnet at tilført laktase hadde en signifikant innvirkning på laktose i yoghurten, samtidig som mengde av glukose og galaktose økte signifikant. Dette kan forklares med den tilsatte laktasens evne til å spalte laktose til glukose og galaktose. Videre ble det vist at innhold av melkesyre var høyere for yoghurt som ikke er behandlet med laktase. Dette kan forklares med at glukose og galaktose transporteres tregere enn laktose i *St.thermophilus* (Hutkins et al, 1985), slik at mer av karbohydratet i yoghurt som ikke var behandlet med laktase ble nyttet til fermentering.

Det var forventet at hydrolysen av laktose vil senke fermenteringstiden på grunn av økningen av de enkle sukkerarter i yoghurten, som rapportert av Nagaraj et al. (2009); og Matijević et al. (2011), men denne hypotesen ble i dette tilfellet feil. Syrningstidene på yoghurt som var tilsatt laktase var signifikant høyere enn yoghurtene som ikke var tilsatt disse, det samme resultatet oppnådde Ibarra et al. (2012). Den lange syrningstiden kan forklares med LAB *Lb.rhamnosus* i SKC og at denne kan inhibere kooperasjon mellom de typiske LAB i yoghurt som også ble foreslått av Ibarra et al., (2012). Men det kan også forklares med at *S. thermophilus* foretrekker laktose over glukose og bruker en laktosetransferase for opptak av disse karbonkildene (Tigemeyer & Hillen 2002). Systemet for glukoseopptak i *St.thermophilus* er derimot en proton-gradient drevet permease som kan translokere glukose over bakteriemembranen. Glukosen vil ikke undergå noen forandring i denne prosessen. Ved videre å bli overført til cellen, vil glukosemolekylet undergå en fosforylering av en glukokinase hvilket gir glukose-6-fosfat (G-P-G), som deretter kataboliseres via Emden-Meyerhoff-Parnas metabolismevei. Glukosen vil i sum gi to ATP i sin konvertering til pyruvat, men prosessen krever ATP for å holde opp nivået av proton drivkraften, hvilket gjør det vanskelig å vite eksakt netto ATP per molekyl av ekstracellulær glukose (Hillier, 2002).

Glukose transport skjer i *Lb. bulgaricus* via et fosfotransferase-lignende system, mens laktose and galaktose opptaket skjer ved hjelp av pearmeaser (Hickey et al, 1986). *Lb. bulgaricus* sin evne til å ta opp glukose skjer via mannose fosfotranseferase systemet (mannose-PST). Med dette systemet vil glukose transporteres inn i cellen samtidig som det blir fosforylert til G-6-G av PTS. Denne høyenergi fosfatbindingen stammer fra fosfoenolpyruvat (PEP) som konverteres til pyrodruesyre. Denne mekanismen er meget energikonserverende da translokasjon og fosforylering skjer med samme energikostnad som PEP. Netto energi fra et ekstracellulært glukosemolekyl er to ATP. (Titgemeyer & Hillen, 2002). PEP er også et substrat for enzymet pyruvatkinase og spiller dermed en viktig rolle i regulering av metabolismen (Tamime et al., 2007).

Yoghurtbakterienes evne til å ta opp glukose kan i dette tilfelle forklare hvorfor syrningstiden tok lenger tid da metabolisering av laktose ikke forbruker laktose, mens det må nyttes ATP til importering av monosakkarider. Dette kan også videre forklare den signifikant høyere produksjonen av acetaldehyd og acetoin i yoghurt produsert uten laktase fremfor yoghurt med laktase, da det var dårligere tilgang på glukose til videre metabolisering i disse yoghurtene. Det ble videre observert at i yoghurt tilsatt laktase var det i noe grad lavere innhold av glukose enn galaktose, noe som kan indikere at yoghurtbakteriene foretrekker glukose fremfor galaktose.

Denne ulikheten i mengde acetaldehydproduksjon viste seg også ved signifikant interaksjon mellom laktase og syrekultur hvor yoghurt produsert med SKC og laktase produserte mindre acetaldehyd sammenlignet med forholdet mellom SKC tilsatt laktase enn yoghurt fermentert med SKY med og uten laktase. Det kan se ut til at yoghurt uten tilsatt laktase, sammen med SKY hadde en positive effekt for produksjon av acetaldehyd.

Mengde maursyre var signifikant høyere i yoghurt produsert med laktase. Det ble også funnet et signifikant interaksjon mellom SKC og laktase i forhold til produsert maursyre. Bestanddeler som stammer fra hydrolysering av laktose er CO₂, melkesyre, eddiksyre, aceton, acetoin, galaktose og maursyre (Baglio 2014), samt at *St.thermophilus* fremmer veksten av *Lactobacilli* ved å danne maursyre (Routray & Mishra 2011). Slik at en forklaring på det høyere innholdet av maursyre kan være at det er et noe høyere forhold av

St.thermophilus enn *Lb. bulgaricus* i SKC. Det ble videre observert lavere innhold av pyrodruesyre i produkt med tilsatt laktase. Disse resultatene kan forklares med at *St.thermophilus* initierer vekst av *Lb. bulgaricus* ved å danne maursyre fra pyrodruesyre (Walstra et al., 2006).

Yoghurt med tilsatt laktase viste videre en signifikant høyere maks kohesjon enn i yoghurt som ikke ble tilsatt laktase. Dette ble også funnet av Nagaraj et al., (2009) i yoghurt som var hydrolysert med til henholdsvis 50 og 70 % reduksjon i laktose. Denne fastheten kan forklares med økt innhold av monosakkarider som er mer løselige og dermed kan gi en mer kremet konsistens i yoghurt (Nagaraj et al., 2009). Det ble videre funnet at yoghurt som var tilsatt laktase viste mer myseutskillelse enn yoghurt som ikke var tilsatt laktase.

5.2.4 Syrekultur

En optimumstemperatur for de termofile melkesyrebakteriene *St.thermophilus* og *Lb. bulgaricus* ligger på mellom 40-45°C. Bakteriell fermentering konverterer laktose til melkesyre, noe som vil redusere pH (Lee & Lucey 2010). Det ble nyttet to ulike syrekulturer under dette forsøket; henholdsvis SKY som ifølge datablad inneholder *Lb. bulgaricus* og *St. thermophilus* (i denne rekkefølgen) samt SKC som ifølge datablad inneholder *Lb. rhamnosus*, *St. thermophilus* og *Lb. bulgaricus* (i denne rekkefølgen).

I følge resultater i denne studien var det store ulikheter mellom de to syrekulturene. Innhold av sitronsyre viste ingen signifikant forskjell mellom yoghurt produsert med de to ulike syrekulturene. Det ble derimot registrert noe mer sitronsyre i yoghurt produsert med SKC, noe som var uventet da denne inneholdt fakultativ heterofermentativ art, *Lb. rhamnosus* som foretrekker glukose og sitrat som energikilde (Jyoti et al., 2003). De to andre melkesyrebakteriene benytter seg ikke av sitrat som energikilde. Derimot kan en forklaring være at dette er en stamme som ikke er citratforgjørende som eksempelvis *Lb. rhamnosus* GG som vist av Østlie et al (2003).

Innhold av melkesyre viste seg som signifikant høyere i yoghurt inkubert med SKY, mens innhold av maursyre viser seg som signifikant høyere for yoghurt produsert med SKC. Det høyere innholdet av melkesyre i yoghurt med SKY kan ses på sammen med fermenteringstid, da yoghurt med SKY brukte signifikant kortere syringstid enn SKC. Det kan se ut til at SKY er mer effektiv til å konvertere laktose til melkesyre enn SKC. Dannelse av maursyre skjer

vanligvis ved nedbryting av pyrodruesyre og vil stimulere vekst av *Lb.bulgaricus* (Walstra et al., 2006). Ved høyt innhold av maursyre i yoghurt med SKC kan dette indikere at det er en lavere andel *Lb.bulgaricus* i denne yoghurten. En inhiberende faktor for *Lb.bulgaricus* kan også være melkesyrebakterien *Lb.rhamnosus* som kan virke som en inhibitor for kooperasjon mellom de to yoghurtbakteriene.

Den viktigste veien for acetaldehydproduksjon i yoghurt er fra aminosyren treonin som finnes naturlig i melk (i lave konsentrasjoner), men den kan også produseres fra glukose via Embden-Meyerhof-Parnas-metabolismeveien (EMP): Glukose → pyruvat → acetyl-CoA → acetaldehyd (Tamime et al., 2007) Acetaldehyd er ikke lenger en like ønskelig smak i yoghurt, spesielt ikke i barneyoghurter. Et signifikant lavere innhold av acetaldehyd i yoghurt fermentert med SKY kan videre støtte antagelsen av at det var et høyere innhold av *St.thermophilus* i SKC. En kan spekulere i SKC er produsert for å produsere yoghurt med en lavere mengde acetaldehyd ved å styre forholdet av yoghurtbakterien. Eksempelvis kan dette gjøres ved å ha en lavere ratio med *Lb. bulgaricus* i forhold til *St. thermophilus*, da det er *Lb. bulgaricus* som i størst grad produserer acetaldehyd i yoghurt (van Kranenburg et al. 2002; Walstra et al. 2006).

Et spredningsplott ble produsert for dannelsen av melkesyre og maursyre samt for acetaldehyd og diacetyl. Det ble her observert at yoghurttyper som var inkubert med SKY viste jevnere og mer konstant produksjon av organiske syrer samt av de flyktige aromastoffene. Yoghurt med SKC viste større diversitet blant de 16 ulike yoghurttypene med større påvirkning av faktorene. Dette kan igjen forklares med SKC sin sammensetning av melkesyrebakterier som så ut til å påvirke protoko-orperasjon mellom yoghurtbakteriene slik at produksjon med denne syrekulturen var mindre stabil.

Acetoin er smaksløst, mens diacetyl er den typiske smak i smør. Disse bakteriene viste seg som signifikant høyere i yoghurt som var fermentert med SKC. Pyrodruesyre var for yoghurtbakteriene eneste forløper ved produksjon av diacetyl og acetoin. Derimot kan også disse produseres gjennom citratmetabolisme hos *Lb.rhamnosus*, dersom denne er sitratforgjærende, hvor sitrat først hydrolyseres til acetat og oksaloacetat av sitratlyase, som videre dekarboksyleres til pyrodruesyre. Acetolaktat dannes så videre fra pyrodruesyre og

oksidativ dekarboksyleres til diacetyl. Acetoin dannes fra direkte dekarboksylering av acetolaktat. Både diacetyl og acetoin reduseres til 2,3- butandiol av acetoin dehydrogenase. Dette kan forklare hvorfor innholdet av disse flyktige stoffene var høyere i SKC. Det høye resultatet for diacetyl på 4,47 ppm i yoghurt inkubert med SKC kan derimot virke som et veldig høyt tall, og noe som kan føre til en noe sterk og ubehagelig smak i yoghurten. Innholdet av diacetyl bør ikke overgå 0,5-1,0 ppm i yoghurt (Baglio 2014). Ahmad et al., (2013) fant i undersøkelser at i kommersiell yoghurt kun inneholdt *St. thermophilus*, noe som ikke tilfredsstillt kvalitetskrav for yoghurtkultur, hvor begge kulturene *St. thermophilus* and *Lb. bulgaricus* er påkrevd. Gjerne i en ratio 1:1 (Ahmad et al., 2013; Tamime et al., 2007)

Videre ble det funnet signifikant interaksjon mellom syrekultur og tørrstoff i forhold til produksjon av diacetyl. Resultatene viste at TSB:SKC gav et høyere innhold av diacetyl enn kombinasjonen TSB og SKY i yoghurt. Laktose og sitronsyre virker begge som forløper til diacetyl produksjon, noe som ved tilført TSB kan føre til lenger fermenteringstid noe som fører til at tilleggsmetabolske veier går lenger.

Yoghurt med SKC hadde en signifikant høyere viskositet og fasthet enn SKY. Tekstur på yoghurt er sterk påvirket av starterkulturen som tilsettes i melkebasen. Tykkere og mer kornete produkt, kan relateres til en høyere inkuberingstemperatur. Flere rapporter indikerer at ved bruk av eksopolysakkarid (EPS) produserende starterkulturer i yoghurtfermentering vil dette føre til økt viskositet i produktet ([Hess et al., 1997](#)). Dette ble også observert av Doleyres et.al., (2005) hvor konsistensindeksten og tilsynelatende viskositet var høyere for yoghurter produsert med EPS-produserende stammer. Derimot finnes det ikke nok informasjon om syrekulturene til å vite om de er EPS dannende. Ved bruk av konfokalmikroskop viste Hassan et al. (2003) at yoghurt produsert med EPS-produserende stammer inneholdt store porer assosiert med tilstedeværelsen av EPS og proteinnettverk bestående av tykke tråder som består av tett aggregerte proteinpartikler. Dermed kan en forklaring på den tykkere konsistensen være at SKC inneholder en eller flere EPS produserende stammer.

Store porer i en yoghurtgel indikerer et noe grovere gelnettverk som kan føre til større myseparasjon (Lucey, 2004). Dersom yoghurt med eksopolysakkerider også er inkubert ved en høyere temperatur, kan disse faktorene påvirkes til større sannsynlighet for myseparasjon. Spesielt ble det observert at yoghurt inkubert med SKC ved 44°C var mer utsatt for myseutskillelse da disse var skrumpet sammen til en fast gel.

Det ble som nevnt påvist signifikant høyere syrningstid for yoghurt med SKC enn for yoghurt med SKY. Det var derimot ingen signifikant forskjell forårsaket av ulike inkubasjonstemperaturene. Derimot ble det funnet en interaksjon mellom faktorene syrekultur og temperatur for syrningstid. Denne viser blant annet at det er jevn syrningstid for SKC uavhengig av syrningstemperatur. Yoghurt fermentert med SKC og tilsatt laktase viste en trend til å bruke lenger tid på å nå ønsket pH ved 44 °C fremfor 42 °C. Dette kan være grunnet den veldig faste gelen som ble dannet ved den høye temperaturen. Siden de hydrofobiske interaksjonene i kaseinpartiklene er endoterme vil gel som dannes ved høy inkubasjonstemperaturer øke antall og styrken til hydrofobiske interaksjoner i kaseinmicellen. Dette vil resultere i en mer kompakt konformasjon og vil redusere kaseinpartikkelens volum og dermed også kontaktflate mellom partiklene (van Vliet et al. 1989; Roefs & van Vliet 1990; Lucey et al. 1997), og også føre til en solidifisering av gelen og dermed en økning av bufferevnen i yoghurt (Lee & Lucey 2010). Den sene inkubasjonstiden for yoghurt med SKC kan også forklares med at denne syrekulturen ikke tåler høy inkuberingstemperatur, da det ikke er noen signifikant forskjell mellom melkesyre produsert ved 42 °C og 44 °C.

5.2.5 Inkubasjonstemperatur

Fysiske egenskaper og mikrostruktur i yoghurt påvirkes i stor grad av inkuberingstemperatur. Under produksjon av yoghurt ble det benyttet inkubasjonstemperatur på henholdsvis 42°C og 44 °C.

Resultatene viste ingen signifikant forskjell mellom aromastoffene diacetyl eller acetaldehyd i forhold til inkubasjonstemperatur men det ble det observert høyere innhold av både acetaldehyd og diacetyl i yoghurt inkubert ved 44°C. Ved høy inkuberingstemperatur, gjerne

over 45 °C vil stavene dominere og formodentlig i hovedsak produsere de flyktige stoffene (Walstra et al., 2006).

Når pH i melk reduseres under fermentering av yoghurt, vil denaturerte myseproteiner som er forbundet med kasein miceller samt "oppløselige" denaturert myseproteinkomplekser (som har tendens til å bli mindre løselige når pH avtar) aggregere med andre kaseinmiceller (Lucey et al., 1997).

Ved dannelsen av yoghurtgeler ved inkubasjonstemperaturer ved omtrent 40°C skjer en langsom proteinaggregering. Dette resulterer i dannelsen av et stort antall protein-protein bindinger som fører til et sterkt tverrbundet og forgrenet protein nettverk med mindre porer og mer homogen struktur (Lee & Lucey, 2004). Ved lavere inkubasjonstemperatur, skjer en økning i volum av kaseinpartikler, noe som resulterer i en økning i kontaktflatene mellom aggregerte kasein partikler. Økt kontaktflate mellom kaseinpartiklene kan bidra til økt fasthet i geler (Walstra, 1998).

Ved høy inkuberingstemperatur vises også en høyere termisk beveglighet i partiklene, noe som kan endre aggregeringsprosessen og gi økt følsomheten mellom kaseinbåndene og videre forårsake rearrangering og brudd i mellom partiklene (Lee & Lucey 2010). Denne typen nettverk utviser en mindre viskøs strømming i yoghurt. (Lucey et al.,1997).

Signifikant ($p < 0,05$) positiv korrelasjon ble i dette forsøket observert mellom yoghurt inkubert ved lavere inkuberingstemperatur og fasthet i gel før opprøring. Dette gjaldt både for fasthet, kohesivitet målt i gram kraft samt maks areal og maks areal 2:3 målt i gram i sekunder i yoghurten ved hjelp av Texture analyser. Yoghurt som ble inkubert ved 44°C utviste signifikant lavere fasthet, noe som kan forklares med redusert kontaktflate mellom kaseinpartiklene og rearrangering grunnet en raskere syrningstid samt høyere temperatur. Det ble videre observert at høy inkubasjonstemperatur resulterte i en reduksjon i geleringstid for de fleste typer yoghurt ved pH 4,5 - dette resultatet var derimot ikke signifikant.

I rørt yoghurt ble det oppvist signifikant ($p < 0,05$) fastere gel i produkt som var inkubert ved 42 °C. Det var derimot ingen signifikant forskjell i kohesjon eller viskositet. Ved mål av

viskositet ved hjelp av SMR-funnel ble det heller ikke oppdaget noen signifikant forskjell mellom opprørte prøver i forhold til inkubasjonstemperatur, derimot viste resultatene en trend hvor yoghurt som var inkubert ved lavere temperatur hadde høyere viskositet, men standardavvikene var forholdsvis store. Viskositetsmåling ved hjelp av SMR funnel er ikke en sofistikert måte å måle viskositet, men denne ble inkludert for å undersøke hvor nyttig denne er for å gi pålitelige målinger.

Selv med kun to graders senkning i inkuberingstemperatur av yoghurt i dette forsøket, kunne man demonstrere en signifikant innvirkning på gelnettverkets stabilitet. Videre viste yoghurt inkubert ved 44°C en økning i myseseparasjon sammenlignet med yoghurt som ble inkubert ved lavere temperatur. Denne observasjonen indikerer at geler som dannes ved høy temperatur er svakere og at det grovere gelnettverk som blir dannet grunnet omfattende rearrangering i gelen videre kan resultere i dannelse av store porer og større myse separasjon (Lucey, 2004).

Spontan myse separasjon er relatert til et ustabil nettværk, som kan induseres ved skade på gelnettverk ved stort skjærstress eller rearrangement i gelnettverket, også det grove nettværket er mer sammenfallende med større myselommer (enn med fint nettværk) og disse vil spontant vise koalescens (Lucey et al 1998; Lucey 2002). Lee & Lucey (2003) fant at inkubasjonstemperaturen hadde en dominerende innvirkning på myse separasjon, hvor yoghurt som ble inkubert ved 40 °C utviste mindre synerese enn i yoghurt som ble inkubert ved 45,7 °C. Nguyen et al. (2014) fant som et eksempel i forsøk på yoghurtproduksjon av buffalomek at det var tydelig signifikant senkning av synerese ved senkning av inkubasjonstemperatur fra 43 °C til 40°C. Det ble derimot ikke observert noen ulikhet i myseutslipp ved senkning fra 40°C til 37 °C.

5.3 Diskusjon av resultater oppnådd ved forforsøk samt observasjoner på TINE Meieriet Oslo mot resultater oppnådd ved hovedforsøk på NMBU

Selv om det er store ulikheter mellom produksjon av yoghurt i et stort produksjonsanlegg som hos TINE Meieriet Oslo og produksjon av yoghurt i lab-/pilotskala. Kan resultater oppnådd på grunnlag av disse forsøkene gi en indikasjon på hvordan yoghurtproduksjon på TINE kan optimaliseres i forhold til de nåværende produkter.

Resultater oppnådd for syringstid på TINE viste for Sprett laktoseredusert Yoghurt stor ulikhet i syringstid. Under forsøk utført på skolen viste dette produktet med kode LC 42 og 44, en mye lengre syringstid med større standardavvik enn yoghurt inkubert med syrekultur Y. Yoghurt produsert med SKY C viste også signifikant ($p < 0,05$) høyere syringstid en yoghurt produsert med SKY. Videre viste resultater oppnådd ved mål av organiske syrer og flyktige komponenter at SKC er en mer følsom kultur i forhold til produksjon ved at den blir sterkere påvirket av de ulike forsøksfaktorene enn SKY.

Videre resultater viste en signifikant fastere gel i yoghurt som ble inkubert ved 42 °C fremfor 44°C i forsøk på skolen. På TINE var den reelle temperaturen i syringstankene målt mellom 44-45°C. Selv med en så liten temperaturforandring kan dette tydelig ha en signifikant effekt på fasthet og viskositet i yoghurt. Ved inkuberingstemperatur på 44°C ble det videre observert større mengde myseutskillelse noe som også kan sammenlignes med syringstankene på TINE hvor store mengder myseutskillelse også ble observert før opprøring. Videre ble det observert større myseutskillelse i produkter produsert med TSB, laktase og SKC.

Det er ikke lenger like ønskelig med høyt innhold av acetaldehyd i produkter til barn, da denne smaken kan oppfattes som noe sterk og for syrlig (Heidi Grønnevik, Leder produkt- og teknologiutvikling TINE FoU pers med). Ved resultater oppnådd for måling av flyktige stoffer viser yoghurt inkubert med SKC en svakere produksjon av acetaldehyd, men til gjengjeld meget høyt innhold av diacetyl. Østlie et al., (2003) fant at innhold av acetaldehyd med bruk av *Lb. rhamnosus GG*, var lavt og det ble forslått at dette var blitt redusert til etanol, noe som stemmer med resultater oppnådd. Sprett yoghurt tilsettes både søtningsstoff samt syltetøy, slik at denne smaken nok ikke oppleves som ubehagelig.

5.4 Oppsummering av diskusjon

Under forforsøk og observasjoner ved TINE Meieriet Oslo viste det seg at det var avvik i produksjon som kunne påvirke yoghurtkvaliteten. Ved å sikre mindre mekanisk påvirkning, riktig syringstemperatur og et godt vedlikeholdssystem for bruk av pH-meter, både med tanke på kalibrering, vask og generelt vedlikehold, kan dette styrke produktets kvalitet betraktelig.

Resultatene fra teksturmålingen i hovedforsøk viste at det var signifikant forskjell ($p < 0,05$) i fasthet og kohesivitet mellom yoghurt produsert ved 42 °C og 44 °C. Mengde myseutskillelse på yoghurt viste seg også betraktelig lavere ved lavere inkubasjonstemperatur. Disse resultatene gir en god indikasjon på at det kun kreves en liten temperaturendring i inkubasjonstanken på TINE for å sikre et mer viskøst yoghurtprodukt som er mindre utsatt for synerese.

Videre viste resultater oppnådd ved hjelp av HPLC og HCGC en tendens til ujevn yoghurtproduksjon ved bruk av «Syrekultur C». På grunnlag av disse resultatene, samt problemer med myselommer og lang syrningstid som oppstod på TINE, kan en stille spørsmål ved bruk av SKC i industriell produksjon av yoghurt. Analyseopplegget nyttet i dette forsøket har vist at kulturen både er ustabil og produserer en metabolittprofil det kan stilles spørsmål ved.

6. Litteraturliste

Ahmad, I., Gulzar, M., Shahzad F., Yaqub M., Zhoor T. (2013) *Quality assessment of yoghurt produced at large (Industrial) and small scale* The Journal of Animal and Plant Sciences, 23, 58-61.

Baglio, E. (2014) *Chemistry and Technology of Yoghurt Fermentation*, Springer, Italy ISBN 978-3-319-07377-4

Beshkova, D.M., Simova, E.D., Frengova, G.I., Simov, Z.L. & Adilov, E.F. (1998) *Production of amino acids by yogurt bacteria*. Biotechnology Progress, 14, 963–965

Boylston, T.D. (2015) *Effect of Inoculation Level of Lactobacillus rhamnosus and Yogurt Cultures on Conjugated Linoleic Acid Content and Quality Attributes of Fermented Milk Products* Journal of Food Science 71(4), 275 - 280

Brabandere, A.G. & De Baerdemaekere, J.G. (1999) *Effects of process conditions on the pH development during yogurt fermentation* Journal of Food Engineering 41, 221-227.

Broome, M.C., Thomas, M.P., Hillier, A.J., Jago, G.R. (1980) *Pyruvate Dehydrogenase activity in group N streptococci*. Australian Journal of Biological Science, 33, 15–25.

Bylund, G. (2003). *Dairy Processing Handbook*. 2. utg. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB.

Coulate, T.P. (2009) *FOOD The Chemistry of its Components* 5th edition RSC Publishing

de Oliveira, M.N (2014) *Fermented milks* Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition), Elsevier, Ltd p.908–922.

Doleyres, Y., Schaub, L., Lacroix, C. (2005) *Comparison of the Functionality of Exopolysaccharides Produced In Situ or Added as Bioingredients on Yogurt Properties* Journal of Dairy Science 88, 4146–4156.

Elaïsson, H. (2006) *Mechanisation, Automation and Future Development, Chapter 10* Fermented milks. edited by Tamime, A. Y, first edition, Blackwell Science, Ltd, Oxford. ISBN: 978-0-632-06458-8

Eneroth, A., Ahrne, S., Molin, G. (2000) *Contamination of milk with Gram negative spoilage bacteria during filling of retail containers*. International Journal of Food Microbiology 57, 99-106.

Fizman, S.M., Lluch, M.A., Salvador, A. (1999) *Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties*. International Dairy Journal, 9, 895–901.

Fladberg E. (2013) *Perfeksjoner pH-målingene!* Lastet inn 10.04.15

[<http://www.tu.no/automatisering/automatiseringsakademiet/kategorier/maleteknikk-og-analyse/vaeskeanalyse/2013/01/22/perfeksjoner-ph-malingene>]

Forskrift om kondensert melk og melkepulver (2003) *Vedlegg 1. Varebetegnelser og produktdefinisjoner* Hentet fra [<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-08-930>] lastet inn 20.04.2015

Foster-Powell K, Holt, S., Brand-Miller, J.C. (2002) *International table of glycemic index and glycemic load values: 2002* American Journal of Clinical Nutrition vol. 76 no. 1, 5-56.

Gassem, M.A., Frank, J.F. (1991) *Physical properties of yogurt made from milk treated with proteolytic enzymes*. Journal of Dairy Science 74, 1503-1511.

Guirguis, N., Broome, M.C., Hickey, M.W. (1984) The effect of partial replacement of skim milk powder with whey protein concentrate on the viscosity and syneresis of yoghurt. *Australian Journal of Dairy Technology* 39, 33-35.

Gunnewijk, M.G. & Poolman, B. (2000) *Phosphorylation state of HPr determines the level of expression and the extent of phosphorylation of the lactose transport protein of Streptococcus thermophilus*. *Journal of Biology and Chemistry* 275, 34073–34079.

Hagenes, K. (2010) *Produksjon av meieriprodukter* 2.utgave, Baneforlaget ISBN: 9788291448497

Halbo, L. (2010) *Kvalitetstyring og måleteknikk* 2.utgave, Gyldendal Norsk forlag AS ISBN: 978-82-05-40211-9

Hallström, B., Skjöldebrand, C., Trögårdh, C. (1988) *Heat Transfer and Food Products*, Elsevier Applied Science, London

Hannisdal, A. (2009) *Kompendiet i «kvalitetssikring og kvalitetsledelse»* avdeling for mat- og medisinsk teknologi, Høyskolen i Sør-Trøndelag (HIST)

Hassan, A. N., Ipsen, R., Janzen, T., Qvist, K.B., (2003) *Microstructure and rheology of yogurt made with cultures differing only in their ability to produce exopolysaccharides*. *Journal of Dairy Science*. 86, 1632–1638.

Haugan, G & Haugan, P., (1994) *Kvalitetssikring og kvalitetsledelse* Fagbokforlaget, Bergen. Kap 12: 211-222. ISBN 82-7674-207-6.

Hess, S. J., Roberts, R.F., Ziegler, G.R. (1997) *Rheological properties of nonfat yogurt stabilized using Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus producing exopolysaccharide or using commercial stabilizer systems*. *Journal of Dairy Science*. 80, 252–263.

Hickey, M.W., Hillier, A.J., Jago, G.R. (1986) *Transport and Metabolism of Lactose, Glucose, and Galactose in Homofermentative Lactobacilli* Applied Environmental Microbiology. vol. 51 no. 4 825-831.

Hillier, A.J. (2002) *Genetic modification in the dairy industry*. The Australian Journal of Dairy Technology, 57, 119–125.

Hobbs, L. (2009) Chapter 21 - Sweeteners from Starch: Production, Properties and Uses Starch: Chemistry and Technology, Third Edition, Elsevier Inc.

Horne, D. S. (1998) *Casein interactions: Casting light on the Black Boxes, the structure in dairy products* International Dairy Journal. 8, 171–177.

Hutkins. R., Morris, H.A., McKay, L.L. (1985) *Galactose transport in Streptococcus thermophilus*. Applied and Environmental Microbiology 50, 772-776.

Ibarra, A., Acha, R., Calleja M.T., Chiralt-Boix, A., Wittig, E. (2012) *Optimization and shelf life of a low-lactose yogurt with Lactobacillus rhamnosus HN001* Journal of Dairy Science Volume 95, Issue 7, 3536–3548.

Interkontrollforskriften (1996) *Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter* Hentet fra: [<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1996-12-06-1127?q=internkontrollforskrift>] Lastet inn 24.04.2014

Izco, J.M., Tormo, M., Jimenez-Flores, R. (2002) *Rapid simultaneous determination of organic acids, free amino acids, and lactose in cheese by capillary electrophoresis* Journal of Dairy Science 85, 2122-2129.

Jyoti B.D, Suresh A.K and Venkatesh K.V. (2003) *Diacetyl production and growth of Lactobacillus rhamnosus on multiple substrates* World Journal of Microbiology & Biotechnology 19: 509–514.

Kim, H.H.Y., & Jimenez-Flores, R. (1995) *Heat-induced interactions between the proteins of milk fat globule membrane and skim milk* Journal of Dairy Science, 78, 24–35.

Kopanos G.M, Luis Puigjaner L., Michael C. Georgiadis M.C. (2010) *Optimal Production Scheduling and Lot-Sizing in Dairy Plants: The Yogurt Production Line* Ind. Eng. Chem. Res. 2010, 49, 701–718.

Lafarge, V., Ogier, J.L., Girard, Maladen,V., Leveau, J.Y., Gruss, A., Delacroix-Buchnet, A. (2004) *Raw Cow Milk Bacterial Population Shifts Attributable to Refrigeration Applied and Environmental Microbiology* 70, 5644-5650.

Larsen, H.D. & Jørgensen, K. (1997) *The occurrence of Bacillus cereus in Danish pasteurized milk* International Journal of Food Microbiology 34, 179-186.

Lee, W.J. & Lucey, J.A. (2003) *Rheological properties, whey separation and microstructure in set-style yoghurt: effects of heating temperature and gelation temperature.* Journal of Texture Studies, 34, 515–536.

Lee, W. J. & J. A. Lucey. (2004) *Structure and physical properties of yogurt gels: Effect of inoculation rate and incubation temperature.* Journal of Dairy Science. 87, 3153-3164.

Lee, W.J. & Lucey, J.A. (2010) *Formation and Physical Properties of Yogurt* Asian-Australasian Journal of Animal Science Vol. 23, No. 9, 1127 - 1136.

Lucey J.A. (2001) *The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels* Food Hydrocolloids 15, 603–608.

Lucey J.A. (2002) *Formation and physical properties of milk protein gels.* Journal of Dairy Science 85, 281–294.

Lucey J.A. (2004) *Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties* International Journal of Dairy Technology Vol 57, No 2/3, 77- 84.

Lucey J.A., Munro, P.A., Singh, H. (1999) *Effects of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels* International Dairy Journal Volume 9, Issues 3–6, 275–279.

Lucey, J.A. & Singh, H. (2003) *Acid coagulation of milk*. In *Advanced Dairy Chemistry, Vol 2, Proteins*, 2nd edn, 1001–1026. Fox P F and McSweeney P L H, eds. Aspen.

Magan, N., Pavlou, A., Chrysanthakis, I. (2001) *Milk - sense: a: volatile sensing system recognises spoilage bacteria and yeasts in milk*. Sensors and Actuators B Chemical 72, 28-34.

Marshall, V.M.E. & Tamime, A.Y. (1997) *Physiology and biochemistry of fermented milks*. *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk* (ed. B.A. Law), 2nd edn, pp. 153–192, Blackie Academic & Professional, London.

Matijević, B., Lisak, K., Božanić, R., Tratnik, L. (2011) *Impact of enzymatic hydrolyzed lactose on fermentation and growth of probiotic bacteria in whey* Mljekarstvo, 61 (2011), pp. 154–160

Melkevareforskriften. (1953). Forskrift om melk of fløte m.v. av 17. juli 1953 nr 9637: Helse- og omsorgsdepartementet. Tilgjengelig fra:

[\[http://www.lovdatab.no/cgiwift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19530717-9637.html\]](http://www.lovdatab.no/cgiwift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19530717-9637.html) (lest 14.04.2015).

McPhee, J.D. & Griffiths, M.W. (2002) *Pseudomonas spp.* *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Vol. 4, Edited by Roginski, H., Fuquay W.J., Fox, F.P., Academic Press, 2340-2350.

Mellema, M., Walstra, P., van Opheusden, J.H.J. & van Vliet, T. (2002) *Effects of structural rearrangements on the rheology of rennet-induced casein particle gels*. *Advances in Colloid and Interface Science*, 98, 25–50.

Nagaraj, M., Sharanagouda, B., Manjunath, H., Manafi, M. (2009)

Standardization of different levels of lactose hydrolysis in the preparation of lactose hydrolyzed yoghurt Iranian Journal of Veterinary Research, Shiraz University, 10, 132–136.

Narvhus, J. A., Østeraas, K., Mutukumira, T., Abrahamsen, R. K. (1998) Production of fermented milk using a malty compound-producing strain of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, isolated from Zimbabwean naturally fermented milk. International Journal of Food Microbiology, 41, 73-80.

Navratil, M., Cimander, C., Mandenius, C.F. (2004) *On-line multisensor monitoring of yogurt and filmjök fermentations on production scale*. Journal of Agriculture and Food Chemistry 52, 415–420.

Nguyen, H.T.H., Ong, L., Lefèvre, C., Kentish, S.E., Gras, S.L. (2014)

The Microstructure and Physicochemical Properties of Probiotic Buffalo Yoghurt During Fermentation and Storage: a Comparison with Bovine Yoghurt. Food Bioprocess Technol 7:937–953.

Pedersen, P.Å. (2000) *Kvalitetssikring – et ledd i verdiskapning* NKI forlaget

Prajapati J.B. & Nair B.M. (2009) *The History of Fermented Foods chapter 1 Handbook of fermented Functional Foods, second edition* Taylor & Francis group, LLC ISBN: 978-1-4200-5328-9

Robinson, R.K. (1981) *Yoghurt – some considerations of quality*, Dairy Industries International, 46(3), 31–35.

Robinson R.K, Lucey J.A. og Tamime A.Y. (2006) *Manufacture of yoghurt chapter 3* Fermentet milks, edited by Tamime, A. Y, first edition, Blackwell Science, Ltd, Oxford ISBN: 978-0-632-06458-8

Robinson, R.K., Tamime, A.Y., Wszolek, M. (2002) *Microbiology of fermented milks*. Dairy Microbiology Handbook, The microbiology of Milk and Milk Products, edited by Robinson, R.K., third edition, Wiley Interscience, New York, 376-43 ISBN: 0-471-38596-4

Routray, W. & Mishra, H.N. (2011) *Scientific and Technical Aspects of Yogurt Aroma And Taste : A Review* Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety Vol.10,2011

Rømø, B & Westblad, A. M (2014) *Produkt og prosessbeskrivelse - Yoghurt* Utgave 4 TINE Meieriet Oslo.

Sagdiç, O., Simsek, B., Orhan, H., Dogan, M. (2004) *Effect of κ -carrageenan on bacteria and some characteristics of yoghurt*. *Milchwissenschaft*, 59, 45–47.

Shao Y. & He Y. (2009) *Measurement of Soluble Solids Content and pH of Yogurt Using Visible/Near Infrared Spectroscopy and Chemometrics* Food Bioprocess Technology 2: 229–233.

Soukoulis,C. Panagiotidis, P. Koureli, R. and Tzia, C. (2007) *Industrial Yogurt Manufacture: Monitoring of Fermentation Process and Improvement of Final Product Quality* Journal of Dairy Science 90:2641–2654.

Standard.no (2015) *ISO-Standarder* Tilgjengelig fra: [<https://www.standard.no>] lastet inn 09.04.15

Standard Norge (2006) *Systemer for kvalitetsstyring: Krav (NS-EN ISO 9000:2006)* Oslo: Standard Norge.

Standard Norge (2008) *Systemer for kvalitetsstyring: Krav (NS-EN ISO 9001:2008)* Oslo: Standard Norge.

Sørhaug, T., Stepaniak, L. (1997) *Psychrotrophs and their enzymes in milk and dairy products: Quality aspects*. Trends in Food Science and Technology 8, 35-4.

Tamime, A.Y., Kalab, M., Davies, G. (1984) *Microstructure of set-style yoghurt manufactured from cow's milk fortified by various methods*. Food Microstructure, 3, 83–92.

Tamime, A.Y., Skriver, A., Nilsson, L.E. (2006) *Starter cultures, chapter 2 Fermentet milks*, edited by Tamime, A. Y, first edition, Blackwell Science, Ltd, Oxford. ISBN: 978-0-632-06458-8

Tamime, A.Y. & Robinson, R.K., (2007) *Yoghurt science and technology. Third edition* Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK. ISBN: 978-1-84569-6

TINE.no (2015) TINE Meieriet Oslo Tilgjengelig fra: [<http://www.TINE.no/om-TINE/meieriene/flytende-produkter/TINE-meieriet-oslo>] Lastet inn 13.05.2015

TINEingrediens (u.å) *skummetmelkpulver – TINE ingrediens produktguidet* Tilgjengelig fra: [<http://www.TINEingrediens.no/attachment/303857?amp%3Bdownload=true>] Lastet inn 19.04.2015.

Titgemeyer, F. & Hillen, W. (2002) *Global control of sugar metabolism: a Gram-positive solution* Antonie van Leeuwenhoek 82, 59–71.

Van Kranenburg, R., Kloorbezem, M., van Hylckama Vlieg, J., Ursing, B.M., Boekhorst, J., Smit, B.A., Ayad, E.H.E., Smit, G., Siezen, R.J. (2002) *Flavour formation from amino acids by lactic acid bacteria: predictions from genome sequence analysis*. International Dairy Journal, 12, 111–121.

Van Vliet, T., & Dentener-Kikkert A (1982) *Influence of the composition of the milk fat globule membrane on the rheological properties of acid milk gels*. Netherlands Milk Dairy Journal 36 261–265

Vonk, R.J., Priebe, M.G., Koetse, H.A., Stellaard, F., LenoirWijnkoop, I., Antoine, J.M., Zhong, Y., Huang, C.Y. (2003) *Lactose intolerance: analysis of underlying factors*. European Journal of Clinical Investigation 33, 70–75.

Walstra, P. (1998) Relation between structure and texture of cultured milk products. In *Texture of Fermented Milk Products and Dairy Desserts*, pp 9–15. Special issue 9802. Brussels: International Dairy Federation (ikke lest, referert av Lucey, 2004)

Walstra, P. Wouters, J. T. M. & Geurts, T. J. (2006). *Dairy Science and Technology*. Second edition. Boca Raton: Taylor & Francis Group. ISBN: 13: 978-0-8247-2763

Williams, R.P.W., Glagovskaia, O. & Augustin, M.A. (2003) Properties of stirred yogurts with added starch: effects of alterations in fermented conditions. *Australian Journal of Dairy Technology*, 58, 228–232.

Zoon P (2003) Viscosity, smoothness and stability of yogurt as affected by structure and EPS functionality. In *Fermented Milk*, pp 280–289. Special issue 0301. Brussels: International Dairy Federation.

Zourari, A., Accolas, J.P., Desmazeaud, M.J., (1992) *Metabolim and biochemical characteristics of yoghurt bacteria*. A review. *Le Lait, Dairy Science and Technology* 72, 1-34

Østlie, H.M., Helland, M. H., Narvhus, J.A. (2003) *Growth and metabolism of selected strains of prebiotic bacteria in milk* *International journal of Food Microbiology* 87, 17-27.

Vedlegg 1

Avviksskjema – Yoghurt i syringstank

Ved unormal konsistens, myselag, ujevnt koagel og lignende, skriv ned tidspunkt, produkt, pH samt en kommentar om observasjon. Dersom det har vært en spesiell hendelse tilknyttet observasjonen skriv også gjerne dette.

Tidspunkt (dato og klokkeslett)	Produkt og tank	pH	Kommentar	Temperatur på tank



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

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