



CHALMERS

Undersökning av variabler vid optimering av syrningsprocessen för framställning av cottage cheese

Examensarbete inom kemiteknik

Björn Hansson

Undersökning av variabler vid optimering av syrningsprocessen för framställning av cottage cheese

Björn Hansson



Institutionen för Biologi och Bioteknik
Avdelningen för Livsmedelsvetenskap
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2019

Undersökning av variabler vid optimering av syrningsprocessen för framställning av cottage cheese

Björn Hansson

© Björn Hansson, 2019

Handledare: Agneta Svensson, Arla Foods

Examinator: Marie Alminger, Avdelningen för Livsmedelsvetenskap, Chalmers Tekniska Högskola

Institutionen för Biologi och bioteknik

Avdelningen för Livsmedelsvetenskap

Chalmers Tekniska Högskola

SE – 412 96 Göteborg

Sverige

Göteborg, Sverige 2019

Undersökning av variabler vid optimering av syrningsprocessen för framställning av cottage cheese

BJÖRN HANSSON

Institutionen för Biologi och Bioteknik

Chalmers Tekniska Högskola

Sammanfattning

Arla Foods mejeri i Falkenberg producerar cottage cheese, och under hösten 2018 hade de vissa störningar i sin syrningsprocess, vilket resulterade i en produkt av varierande kvalitet. Dessa störningar är nu åtgärdade, men deras produktteknikers arbete fortsätter med att utarbeta metoder för en mer stabil och pålitlig process för att säkerhetsställa en produkt av en jämn kvalitet. I led med detta arbete har två projekt utförts; syrningsprojektet som undersökte vilka variabler som är mest optimala för processen gällande temperatur, proteinhalt i mjölken samt mängden använd syrningskultur. Ysttänk – och kyltornsprojektet undersökte skillnaden i torrsustanshalten i ostkornen när förseningar uppstår i produktionen, i.e. när ostkornen blir liggande i ysttänkarna längre än vanligt och hur detta påverkar dess torrsustanshalt, och hur länge de måste ligga i kyltornen för att åter nå normal torrsustanshalt. Båda projekten utfördes i labbskala. I syrningsprojektet utvärderades syrningsprocessens hastighet genom att mäta pH var femtonde minut och tiden ner till pH 5,7 (när löpe tillsätts) samt pH 4,7 (när ostmassan bryts) noterades och användes i resultatberäkningarna med ett tvåsidigt 95 % konfidensintervall. Resultaten visar att temperaturen, mjölkens proteinhalt och deras faktorinteraktion var signifikanta för syrningsprocessens tid ner till pH 5,7. För syrningsprocessens tid ner till pH 4,7 sågs det att alla faktorer och faktorinteraktioner var signifikanta förutom trefaktorinteraktionen. En högre temperatur förkortade tiden för syrningsprocessen medan en högre proteinhalt i mjölken hade motsatt effekt. I ysttänk – och kyltornsprojektet omrördes och värmdes vassle och ostkorn i en bågare vid temperaturen 60 °C, där prov på ostkornen togs ut efter 0, 30, 60 and 90 minuter. Proverna överfördes till en omrörare i en kyld bågare med 4 °C vatten i, varifrån prov från ostkornen togs ut efter 2, 4 och 6 timmar. Torrsustanshalten hos ostkornen mättes med Milkoscan FT1. På grund av den varierande kemiska sammansättningen av ostkornen som tog ut ur de olika ysttänkarna är resultaten inte jämförbara, men en betydande sänkning i torrsustanshalt sågs i alla analyser efter två timmars kylning.

Abstract

Arla Foods dairy in Falkenberg produces cottage cheese and under the fall of 2018, they had some problems with an uneven acidification, which gave their product an uneven quality. Those problems are now solved but in the continued work their product technicians always work to find methods for a more reliable and stable acidification process, for a product with more even quality. In the work for a more reliable and stable process, two projects have been done. The acidification project performed to examine which conditions that were most optimal regarding the temperature, the percentage of protein in the milk and the amount of starter culture used. The other project, the vat and cooling towers project, was done to examine the change in dry matter content in the cheese curd when there are delays in the production line, i.e. when the cheese curd has to lie in the vat longer than usual and how that affects the curds dry matter content, and how long the curd has to lie in the cooling towers to reach normal dry matter content limits. Both projects were done in laboratory scale. In the acidification project the rate of the acidification were assessed by measuring the pH of the sample every fifteen minutes. The times down to pH 5.7 (when rennet is added) and pH 4.7 (when the coagulum is cut) were measured and used to calculate the results using a 2 sided 95 % confidence interval. The temperature, the percentage of the milk and their factor interaction were significant for the rate of acidification down to pH 5.7. For the acidification rate down to pH 4.7, all the factors and factor interactions were significant except for the three-way factor interaction. A higher temperature made the acidification rate increase while a higher percentage of protein in the milk decreased the acidification rate. In the vat and cooling towers project whey and cheese curd were stirred and heated at 60 °C in a beaker, with samples of the curd taken out after 0, 30, 60 and 90 minutes. At these times cheese curd was transferred to a stirred and cooled beaker with 4 °C water in them, with samples of the curd taken out after 2, 4 and 6 hours. The dry matter of the cheese curd was then measured with a Milkoscan FT1. Because of the different chemical compositions of the cheese curd taken out from different vats the results were not comparable but a significant drop in dry matter could be seen from all runs after two hours of cooling.

Sökord: syrningsförlopp, syrningsprocess, syrningskultur, torrsubstanshalt, Milkoscan FT1, cottage cheese, kasein, syneres.

Förord

Detta examensarbete har utförts på Arla Foods mejeri i Falkenberg under vårterminen 2019. Examensrapporten är resultatet av tio veckors heltidsstudier och är den sista delen av min utbildning på kemiteknikprogrammet vid Chalmers Tekniska Högskola.

Jag skulle framförallt vilja tacka min handledare Agneta Svensson som jobbar på labbavdelningen på Arla Foods mejeri i Falkenberg, för all hjälp med projektet, information och guidning genom projektets gång.

Jag skulle även vilja tacka Monica Rudberg och Urban Olofsson på mejeriet i Falkenberg för hjälp med projektet i form av information om projektets olika delar och svar på alla mina frågor. Urban får även ett extra tack för all hjälp med den statistiska beräkningen i Minitab.

Ett tack till de processoperatörer som hjälpte och lärde mig att ta ut vassle och ostkorn ur de olika ysttankarna i produktionen.

Ett sista tack till min examinator Marie Alminger för hjälp med de frågor jag haft under projektet.

Falkenberg, juni 2019

Björn Hansson

Innehållsförteckning

1	Introduktion.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Avgränsningar.....	2
2	Teori.....	2
2.1	Tillverkningsprocessen av cottage cheese.....	2
2.1.1	Mjölk­mottagning och behandling.....	2
2.1.2	Syrningsprocessen.....	3
2.1.3	Tillverkning av dressing.....	3
2.1.4	Blandning av ost­massa och dressing samt förpackning.....	4
2.2	Ingående om syrningsprocessen.....	4
2.2.1	Mjöl­kens sammansättning.....	4
2.2.2	Kasein.....	5
2.2.3	Syrnings­kulturer.....	7
2.2.4	Löpe och kal­cium­klorid.....	7
2.2.5	Syrnings­förloppet.....	8
2.2.6	Syneres/Vass­leav­skiljning.....	9
3	Metod.....	10
3.1	Syrnings­projektet.....	10
3.1.1	Experi­mentell design.....	10
3.1.2	Utrustning.....	10
3.1.3	Förberedelser.....	11
3.1.4	Beräkning av mängd syrnings­kultur.....	11
3.1.5	Utförande.....	11
3.2	Yst­tank – och kyl­tor­ns­projektet.....	14
3.2.1	Experi­mentell design.....	14
3.2.2	Utrustning.....	14
3.2.3	Förberedelser.....	15
3.2.4	Utförande.....	15
4	Resultat.....	18
4.1	Syrnings­projektet.....	18
4.2	Yst­tank – och kyl­tor­ns­projektet.....	27
5	Diskussion.....	29
5.1	Syrnings­projektet.....	29
5.2	Yst­tank – och kyl­tor­ns­projektet.....	31

6 Slutsats	31
Referenser.....	33
Bilagor	34
Bilaga 1 – Flödesscheman och processbeskrivningar	34
Bilaga 2 – Värden och resultat från syrningsprojektet samt ysttank – och kyltornsprojektet.	45

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Cottage cheese är en olagrad färskost bestående av små ostkorn blandade med en dressing bestående av mjölk, grädde och olika sorters tillsatser. Cottage cheese torrsbstanshalt är ca 20 % [1, 2] och den har ett naturligt högt innehåll av protein, 12 % [3]. Cottage cheese ursprung är okänt men det är känt att den första industriella tillverkningen av färskosten skedde i USA runt 1915 – 1916 [4, 5].

Cottage cheese tillverkas av skummjölk där det tillsätts en syrningskultur av mjölkbakterier [3, 6], vilket startar en syrningsprocess. Mjölken förvaras i stora ysttankar under värmning samt omrörning. Mjölkbakterierna fermenterar mjölkens sockerart, i.e. laktos, till mjölksyra [3, 7], varvid mjölkens pH sänks. När pH-värdet minskat till ca 5,7 tillsätts löpe, vilket är ett enzym som utvinns ur kalvmagar, för att få mjölken att lättare koagulera. Det aktiva enzymet i löpe är kymosin [6-8], vilket reagerar med mjölkens protein, i.e. kasein, genom att spjälka bort dess hydrofila del och därmed gör att kasein lättare aggregerar till ett koagel [7] samt att koaglet får en högre hållfasthet [3]. Kasein aggregerar även av sig själv vid sin isoelektriska punkt, pH 4,6, eftersom kaseinet vid det pH-värdet blir olösligt [7]. Vid pH 4,7 bryts den nu koagulerade mjölken till ostkorn. Ostkornen utsätts sedan för värmning samt omrörning för att avge vassle och därmed få en viss torrsbstanshalt [3]. Efter en stund i ysttanken pumpas ostkornen vidare till ett kyltorn. Därefter blandas ostkornen med dressing i en blandare och förpackas.

Arla Foods mejeri i Falkenberg har under hösten 2018 haft en del “syrningsstörningar”, vilket har gett en ojämn produktion med varierande syrningsstider, i.e. att tiden för syrningsprocessen varierar i längd. Dessa “syrningsstörningar” är åtgärdade och i det fortsatta arbetet fokuserar produktteknikerna på att få fram metoder för en så stabil och optimal syrningsprocess som möjligt, för att undvika produkt av ojämn kvalitet och fluktuerande tider i produktionsflödet.

1.2 Syfte

I denna rapporten har det tagits hänsyn till två syften med samma mål, nämligen att kunna styra produktionsprocessen mer optimalt för att få en jämnare kvalitet på produkten.

Det första syftet är att i labbskala simulera syrningsprocessen i ysttankarna, för att undersöka vilka förutsättningar som är de mest optimala för syrningsprocessen avseende temperatur, proteinhalt i mjölken samt mängd syrningskultur.

Det andra syftet är att undersöka hur variation i tid gällande värmning, omrörning samt efterföljande kylning av ostkornen påverkar ostkornens torrsbstanshalt (TS-halt) genom simulering i labbskala.

Genom att undersöka detta hoppas Arla Foods i Falkenberg kunna få en fingervisning om hur de ska styra tillverkningsprocessen vid förseningar och störningar samt hur de ska ändra förutsättningarna i syrningsprocessen för att få en optimal syrningsstid.

1.3 Avgränsningar

Rapporten innefattar inte mjölkens förbehandling innan syrningsprocessen samt processen efter kylning av ostkornen. En kortare beskrivning av hela produktionsprocessen kommer dock att presenteras för att underlätta övergripande förståelse.

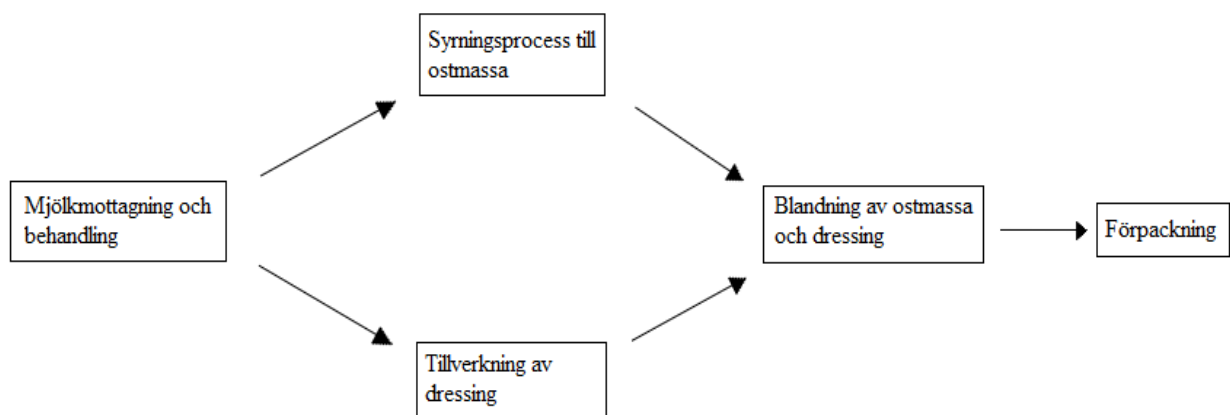
2 Teori

Teoriavsnittet kommer att börja med att kort beskriva produktionen av cottage cheese för att sedan ge en mer ingående beskrivning av ystningsprocessen olika delar, såsom e.g. mjölkens sammansättning, mjölkproteinet kasein samt syrningskulturer. I ystningsprocessen ingår även den viktiga syrningsprocessen av mjölken till ostmassa.

2.1 Tillverkningsprocessen av cottage cheese

Tillverkningsprocessen av cottage cheese som beskrivs är inte generell utan beskriver hur Arla Foods mejeri i Falkenberg tillverkar sin cottage cheese, varför det i vissa delar av texten saknas uppgifter om tider och temperaturer för att värna om företagets kommersiella integritet. För flödesscheman och processbeskrivningar, se Bilaga 1. Det kan förekomma skillnader mot andra texter om tillverkning av cottage cheese.

Tillverkningen av cottage cheese är en omfattande process som tar ca 16 timmar innan färdig produkt kan tas ut. Här följer en beskrivning av processen från mjölmottagning fram till förpackning av produkt. I Figur 1 syns ett blockschema över tillverkningsprocessen.



Figur 1. Enkelt blockschema över tillverkningsprocessen för cottage cheese. Schemat är anpassat efter Arlas Foods flödesscheman med tillstånd. Se Bilaga 1.

2.1.1 Mjölmottagning och behandling

I mjölmottagnings- och behandlingsdelen av processen pumpas mjölken in i mejeriet från en tankbil till en silo. Mjölken som pumpas in är opastöriserad och kallas för helmjölk. Helmjölken ska i silon hålla en temperatur som är under 6 °C.

Helmjölken värms sedan upp och separeras till skummjolk och grädde. Det är på skummjolk som ystningsprocessen till ostkorn sker, därav kallas den även för ystmjolk. Skummjölken har en fetthalt som är mindre än 0,05 % och grädden en fetthalt på 40 %. Efter separationen pumpas de till varsin tank. Skummjölken pastöriseras sedan på vägen till tanken i 72,5 °C under 15 sekunder och grädden i 90,5 °C i 2,5 sekund. Skummjölken kyls sedan ner till under 8 °C och grädden till under 6 °C.

2.1.2 Syrningsprocessen

I syrningsprocessen bildas de ostkorn som sedan ska blandas med dressing. Förvärmad ystmjolk pumpas till en försyrningstank där en syrningskultur tillsätts, vilket är en sammansättning av mjölksyrabakterier och kalciumklorid. Kalciumkloriden ökar ystbarheten genom att mjölken koagulerar snabbare, håller en jämnare koaguleringsstid samt att ostkornet får önskad konsistens och fasthet [6, 9]. För laktosfria produkter tillsätts även laktasenzym, som hydrolyserar laktos till glukos och galaktos, vilket leder till att produkten blir laktosfri [7].

Efter en tid i försyrningstanken pumpas mjölken vidare till en ysttång, där 18 000 liter mjolk förvaras under omrörning och värmning i ca 30 °C. När mjölkens pH nått ner till ca pH 5,7, efter ca fem timmar, tillsätts löpe. Löpe hjälper proteinet kasein i mjölken att koagulera samt att det ökar ostkornets hårdhet [6]. Omrörningen upphör en kort stund efter att löpe tillsatts för att inte mjölkens koagulering ska störas [8].

När pH-värdet i ysttanken har nått ca 4,7 körs ett brytverktyg genom den nu koagulerade mjölken, i.e. ostmassan. Verktyget bryter ostmassan till små kuber som sedan får ligga under omrörning en stund, ca 15 minuter, för att de ska dra ihop sig genom att avge vassle samtidigt som temperaturen höjs till ca 60 °C. Det tar ca 8 timmar från det att mjölken pumpas in i försyrningstanken tills det att ostmassan bryts.

Ostkornen samt vasslen pumpas sedan genom en vassletränerare där vasslen avlägsnas, medan ostkornen förs vidare till ett kyltorn där de tvättas samt kyls i cirkulerande vatten. Ur 18000 liter ystmjolk bildas ca 2800–3000 kg ostkorn.

2.1.3 Tillverkning av dressing

I dressingdelen av tillverkningsprocessen tillverkas den dressing som sedan blandas med ostkornen från kyltornen. Uppvärmad skummjolk pumpas tillsammans med grädde till en förstandardiseringstank, där man ser till att blandningen standardiseras till rätt kemisk sammansättning, e.g. med tanke på fetthalt [6]. I dessa tankarna tillsätts även laktasenzym för laktosfria produkter. Standardiseringen kan ta från 0 – 18 timmar, där den längre tiden är för laktosfria produkter.

I en mixer tillsätter man sedan salt, stärkelse, konserveringsmedel och protein efter recept, beroende på vilken sorts dressing som ska tillverkas. Lösningen som ligger i förstandardiseringstanken pumpas efter standardisering genom mixern, där den blandas med de ingredienser som tillsätts till en dressing. Därefter värms dressingens upp och homogeniseras. Dressingen pastöriseras sedan i 90 °C och kyls därefter av i dressingstanken ner till ca 6 °C. I tanken får sedan dressingens ligga och mogna från 0 – 10 timmar, beroende

på vilken sorts dressing som tillverkas, innan den används, detta för att dressingen inte ska bli för tunn.

2.1.4 Blandning av ostmassa och dressing samt förpackning

I blandningsdelen blandas dressing och ostkorn till färdig produkt. Ostkorn från kyltornen pumpas genom en vattendrainerare, där vatten avlägsnas, till en blandningstank. Samtidigt pumpas dressing från en dressingtank till samma blandningstank. I blandningstanken tillsätts en viss mängd dressing och ostkorn, och omröres därefter skonsamt för att inte skada ostkornen samt för att få en jämnt blandad produkt. Ska produkten vara smaksatt tillsätts här även smaktillsatser.

Från blandaren pumpas sedan den blandade färdiga produkten till en förpackningsmaskin för att förpackas i behållare. För vissa produkter pumpas dressingen direkt från dressingtanken till förpackningsmaskinen för att förpackas med ostkorn.

2.2 Ingående om syrningsprocessen

Syrningsprocessen hör till de viktigaste delarna i tillverkningsprocessen i ett ostmejeri, där bland annat mjölkens kvalité och sammansättning är avgörande variabler för produktframställningen.

2.2.1 Mjölakens sammansättning

Mjolk består av vatten, fett, protein, laktos och mineraler, där vatten utgör största delen, ca 87 %, av mjölken. Mjölakens sammansättning kan variera beroende på vad det är för ras på kon, vilken årstid det är, i.e. vad kon får för foder, skillnader mellan enskilda kor, vilken tid det är i laktationsfasen, i.e. hur lång tid det gått efter kalvning [6-9]. Det som bland annat kan ses är att fett- och proteinhalterna sjunker första halvan av året för att sedan öka under andra halvan [7]. Mjölakens sammansättning kan ses i Tabell 1.

Tabell 1. Mjölakens sammansättning med vissa variationer beroende på ras, skillnad mellan enskilda kor, vilken årstid, tid i laktationsfasen. Tabellvärden är hämtade från Bylund 2013 & Furugren 2015 [6, 7].

Ämne	Halt	Medelvärde
Vatten	86,3 – 88,0	86,9
Fett	3,5 – 4,6	4,2
Protein	3,2 – 3,7	3,5
Laktos	4,5 – 5,0	4,7
Mineraler	0,7 – 0,8	0,7

Mjölk är ingen homogen lösning utan dess beståndsdelar förekommer i olika tillstånd: emulsion, kolloid lösning och vattenlösning. Mjölakens fettpartiklar är emulgerade och flyter runt i mjölken vattenfas. Fetteemulsionerna omges av stabiliserande membran och inuti partiklarna finns bland annat karoten samt vitaminerna A, D, E och K [7, 8].

Mjölakens proteiner förekommer både som kolloid lösning och som partiklar i vattenlösningen. Det protein som utgör ca 80 % av mjölakens protein är kasein och förekommer som kolloid lösning eftersom det bildar miceller som flyter runt i mjölken vattenfas. Det är fetteemulsionerna och kaseinmicellerna som på grund av sin storlek, 1 – 10 μm respektive 0,001 – 0,2 μm , gör att mjölken ser vit ut, eftersom de reflekterar det inkommande ljuset [7, 8].

I vattenlösningen förekommer resterande proteiner, i.e. vassleproteinerna, samt laktos och mineraler. Vassleproteinerna är ett samlingsnamn för flera olika sorters vattenlösliga proteiner som finns i vasslen, där den största delen utgörs av proteinerna α -laktalbumin, β -laktoglobulin och serumalbumin. Bland vassleproteinerna förekommer även enzymer och immunoglobuliner [7, 8].

Mjölakens fett består till största delen av triglycerider av olika slag, ca 95 – 98%. Resterande fetter består bland annat av steroler, fosfolipider, karetenoider samt fria fettsyror [6-8].

Vid syrningsprocessen används dock skummjölk, vilket är den mjölk som separerats från fett och håller en fetthalt på ca 0,05 %. Detta gör att fettets förmodligen inte har så stor påverkan i en syrningsprocess för cottage cheese, vilket däremot mjölakens proteiner har, speciellt kasein.

2.2.2 Kasein

Kasein utgör den största andelen av protein i mjölken, ca 80 %. Kasein kan delas in i ett antal undergrupper, vilket kan ses i Tabell 2.

Tabell 2. De fyra undergrupperna av kasein. Tabellvärden hämtade från Furugren 2015 [7].

Kasein	Halt i mjölk (g/liter)	Andel av totalt kasein (%)
α_{S1} – kasein	11	40
α_{S2} – kasein	3	11
β – kasein	10	35
κ – kasein	4	14

Proteinerna är amfifila, i.e. de består av två delar: en del som består av kolkedjor där vissa ojämnt fördelade områden är mer eller mindre hydrofoba, och en annan del som innehåller en minusladdad fosfatgrupp, vilket gör denna delen mycket hydrofil. Fosfatgruppen är förestad till proteinerna via aminosyran serin.

α_{S1} -kasein är det näst största kaseinproteinet och består av 199 aminosyror. De största kaseinerna är α_{S2} -kasein och β -kasein, som båda innehåller 209 aminosyror. Av de fyra proteinerna är α_{S2} -kasein det mest hydrofila och β -kasein det mest hydrofoba. κ -kasein är det minsta proteinet med 169 aminosyror. Kaseinerna är olösliga i pH-området 3,5 – 5,5 och har sin isoelektriska punkt vid pH 4,6 [7].

De olika kaseinsorterna kan associeras till sin egen sort men även till andra kaseinsorter, där de på grund av sin amfifila struktur ordnar sig i kaseinmiceller, med den hydrofoba delen inåt och den hydrofila delen utåt, i närvaro av kalciumjoner, Ca^{2+} . Micellbildningen påverkas inte bara av koncentrationen på kalciumjoner utan även av temperaturen, pH samt koncentrationen av citrat och fosfat. Av allt kasein är det ca 95 % som är ordnade i micellformationer medan resten finns utanför micellen i form av serumkasein, i.e. som lösta kaseinmonomerer [7].

Kalciumjonen binder till kaseinernas fosfatgrupper och bildar kalciumfosfat [7]. Tre av kaseinerna, α_{S1} , α_{S2} och β , är dock känsliga för kalciumkoncentrationer högre än 6 mM och fälls ut i koncentrationer över det, vilket gör mjölkens koncentration på ca 30 mM kalcium problematisk. κ -kasein som dock innehåller mindre fosfatgrupper än de andra kaseinerna är stabil vid denna högre koncentration av kalcium, och är därför fortsatt lös och stabiliserar micellerna. κ -kasein sitter på utsidan av micellerna och skyddar de känsliga kaseinerna på micellens insida från att fällas ut [7, 10].

Micellens storlek varierar från 50 – 500 nm med en medeldiameter på 100 – 120 nm och en medelpartikelmassa på 10^8 – 10^9 u, vilket motsvarar ca 10 000 kaseinproteiner [7].

Kaseinmicellens struktur är ännu inte helt känd men flera modeller har föreslagits. Den mest accepterade gamla modellen bestod av flera submiceller som tillsammans bildade en stor micell. Kärnan av submicellerna bestod av de kalciumkänsliga kaseinerna, α_{S1} , α_{S2} och β , medan utsidan av submicellerna bestod av en varierande mängd av κ -kaseiner. De submiceller med minst andel κ -kasein befann sig längst in i kärnan på den stora sammanslagna micellen medan de submiceller med störst andel κ -kasein befanns sig vid ytan av den gemensamma micellen [7, 10].

Strukturen är fortfarande osäker men med nya mer avancerade elektronmikroskopitekniker har det visats att den gamla modellen med submiceller inte kan stämma, eftersom inga submiceller har lokaliserats samt att den inte stämmer överens med kaseinmicellens kända egenskaper [7, 10].

Nya modeller av kaseinmicellen har lagts fram [11, 12], e.g. dubbelbindningsmodellen, men den senaste mest accepterade modellen är nanoklustermodellen [7, 11]. I denna modellen föreslås det att flera nanometerstora kluster av kalciumfosfat är bundna till α - och β -kaseinerna. De två kaseinerna är sedan bundna till varandra med olika sorters svaga bindningar, e.g. hydrofoba interaktioner, vätebindning och jonbindning, och växer i storlek när kasein-kalciumfosfatkluster binder till varandra, och slutar växa först när micellens yttre yta är täckt av κ -kaseiner. Beroende på halten av κ -kasein i mjölken varierar storleken på micellerna, där en högre halt ger micellerna en mindre storlek [7, 11].

Det som både de gamla och nya modellerna har gemensamt är att de har integrerade och stabiliserande kalciumfosfatområden, de har κ -kasein vid ytan av micellen samt att κ -kaseinets kalciumfosfatgrupper riktar sig ut från micellen och utgör ett steriskt hinder, så att micellerna inte slås ihop med varandra [7, 11].

2.2.3 Syrningskulturer

En syrningskultur består av mjölksyrabakterier som hydrolyserar mjölkens socker, laktos, till glukos och galaktos, vilket sedan omvandlas till mjölksyra [7, 13]. Det finns en stor variation i släkter och arter av mjölksyrabakterier och de kan grovt delas upp i de som:

- bildar mjölksyra från laktos
- bildar arom
- bildar koldioxid
- deltar i proteinnedbrytning [9, 14].

Mjölksyrabakterierna som producerar mjölksyra och växer som mest mellan 20 – 40 °C med ett temperaturoptimum runt 30 °C definieras som mesofila och de som producerar mjölksyra och växer ända upp till 51 °C med ett temperaturoptimum runt 42 °C benämns som termofila [9, 13].

Beroende på vad för mejeriprodukt som ska tillverkas, väljs olika mjölksyrabakterier ut och sätts ihop till en speciell sammansättning, en så kallad syrningskultur. De olika mjölksyrabakterierna påverkar vilka egenskaper produkten får [8]. När två eller flera olika stammar och arter av mjölksyrabakterier används kallas det för blandkultur [7].

Vid osttillverkning väljs syrningskultur efter vilken sorts ost som ska tillverkas. Termofila mjölkbakterier används ofta vid tillverkning av e.g. emmentalerost, parmesanost och mozzarella, medan mesofila mjölkbakterier ofta används vid tillverkning av e.g. cheddar och montereyost [9]. Är det en rundpipig ost, i.e. en ost med hål i, används så kallade arombildande mjölkbakterier eftersom de bildar koldioxid och diacetyl av mjölkens laktos och citronsyra. Diacetyl ger smak till osten medan koldioxiden samlas i ostens håligheter och gör att osten får sina pipor [8, 14]. Typiska ostar med pipor är e.g. emmentalerost, edamerost samt gouda [9].

Till keso används en syrningskultur med mjölkbakterier som är arombildare samt bakterier som inte bildar så mycket koldioxid. De mjölkbakterier som används är bland annat den arombildande *Leuconostoc cremoris*, för att bilda den viktiga arommolekylen diacetyl, tillsammans med mjölksyrabakterierna *Lactococcus cremoris* samt *Lactococcus lactis*, vilka är de bakterier som är minst orsakar aggregering av ostkornen. Denna kultur är även vald på grund av att den bildar så lite koldioxid att ostkornen sjunker till botten av ysttanken istället för att flyta på ytan, vilket underlättar för den fortsatta syrningsprocessen [5, 8]. På Arlas Foods mejeri i Falkenberg används en blandkultur med fyra stycken mesofila och två stycken termofila mjölksyrabakterier.

2.2.4 Löpe och kalciumklorid

Löpe och kalciumklorid används vid osttillverkning för att få ett högre utbyte av ostkorn genom att underlätta för kaseinerna att koagulera, förstärka syneresen ur ostkornen, i.e. vassleavgången, samt att ge ett fastare koagel, vilket i längden ger en kortare syrningsprocess [3, 6, 8, 9].

Löpe utvinns ur magar på e.g. lamm, kid och kalvar, där det som används mest är löpe utvunnet ur kalvmagar, där det aktiva enzymet är kymosin [6, 7]. På grund av att osttillverkningen i världen ökar medan antalet kalvar minskat har tillgången på kalvlöpe varit

otillräcklig i många år, vilket innebär att alternativa källor för löpe behövs. Sex olika alternativ för löpe har funnits: peptidaser från gris, nötkreatur och kyckling samt de tre sura proteaserna från mikroorganismerna *Rhizomucor meihi*, *R. pusillus* samt *Cryphonectria parasitica*. Genkloning av kalvkymosinet i e.g. mikroorganismen som *Escherichia coli* (*E. Coli*) och *Saccharomyces cerevisiae* har visat sig ge bra resultat. Löpe från kalvmagar är mest fördelaktigt eftersom dess enzym är väldigt specifikt och spjälkar rätt bindning, medan det med löpe från andra källor kan ske en proteinnedbrytning som är ospecifik och därigenom ge en bitter bismak [7, 15].

Enzymet kymosin fungerar genom att det spjälkar bort den hydrofila delen på κ -kaseinet, vilket gör kaseinmicellerna opolära och det steriska hinder som den polära ytan utgjorde försvinner och aggregering av micellerna till ett koagel är då möjlig. Den modifierade kaseinmicellen kallas för para- κ -kasein.

När ca 60 – 80 % av para- κ -kasein har bildats börjar micellerna att aggregera mer och mer tills att det bildats ett koagel. För att micellerna ska aggregera och bilda ett koagel krävs det att kalciumjoner är närvarande. Utfällningen av koaglet sker snabbare vid ett lägre pH samt vid en temperatur på ca 42 °C, dock brukar temperaturen begränsas till ca 30 °C för att inte få ett för hårt koagel. Kymosin denaturerar vid temperaturer över 55 – 60 °C [7].

Vid cottage cheese tillverkning används bara små mängder av löpe men det är tillräckligt för att hjälpa till med aggregeringen av kaseinmiceller, förkorta syrnings tiden, ge ett tillräckligt hårt koagel för att kunna bryta det till ostkorn som inte går sönder samt att det ger ostkornen en bättre konsistens [3, 16].

Kalciumklorid tillsätts under syrningsprocessen för att få ett fastare koagel som är lättare att bryta till ostkorn utan att de faller sönder, vilket ger ett högre ostutbyte, samt att det ger en bättre syneres av ostkornen [6]. Genom att kalciumkloriden ökar koncentrationen med kalciumjoner samt att den sänker mjölkens pH, leder det till att löpe får lättare att bilda ett koagel av kaseinmicellerna [17].

Det har dock rapporterats att kalciumklorid vid cottage cheese tillverkning inte har så stor effekt på ostkornets fasthet och kvalitet vid pH-värden under 5. Vid dessa pH-värden anser rapporterna att det mesta av de kolloidala kalciumfosfaten ska vara upplösta och utsöndrade från kaseinmicellerna och att kaseinerna befinner sig i sin serumfas [5, 16], i.e. micellerna har lösts upp och kaseinerna befinner sig löst i mjölken [7].

2.2.5 Syrningsförloppet

Mjölkens kaseinmiceller genomgår flera förändringar under förloppet av en syrningsprocess. När de närmar sig sin isoelektriska punkt börjar de bli olösliga och genom att de förlorar sin negativa laddning börjar de aggregera mer och mer, vilket utnyttjas vid tillverkning av färskost, e.g. cottage cheese [7].

I intervallet pH 6,7 till ca 6,0 minskar micellernas laddning något och den steriska effekt som laddningen utgör minskar. Vid en sänkning av pH löses kolloidala kalciumfosfat upp men vid pH-värden runt 6 har bara en liten del av dem lösts upp, vilket gör att den interna strukturen av micellen är nästintill oförändrad [18].

När pH-värdena ändras från ca 6 till ca 5 minskar micellernas negativa laddning ännu mer och den steriska effekten minskar ytterligare. Den steriska effekten minskar bland annat för att den negativa laddningen minskar sin elektrostatiska repulsion samt att de utstickande kalciumfosfatgrupperna på micellens utsida minskar lite i storlek. Vid pH-värden på ca 5 är allt det kolloidala kalciumfosfatet upplöst, vilket medför omstruktureringar av kaseinet på micellens insida. Vid temperaturer under 20 °C och pH-värden runt 5,2 – 5,4 dissocierar kaseinserum från micellerna med hög hastighet men detta kan motverkas om temperaturen är över 20 °C. Vid 30 °C, vilket är temperaturen för tillverkning av cottage cheese, motverkas dissociationen av kaseinserum så mycket att det nästan inte förekommer någon dissociation [18].

Vid pH-värden under 5 och ner mot kaseinets isoelektriska punkt, pH 4,6, minskar laddningen och den steriska effekten ytterligare. Micellerna börjar interagera med varandra mer och mer genom intermolekylära krafter. Micellerna börja aggregera till ett koagel runt ett pH-värde på ca 4,9 och vid ca pH 4,6 har koaglet nått sin maximala fasthet [18]

Vid användningen av löpe höjs det pH-värde då micellerna börjar aggregera och bilda ett koagel, vilket bland annat gör att koaglet tidigare kan brytas till ostkorn [16, 18].

2.2.6 Syneres/Vassleavskiljning

Syneres är när koaglet, i.e. ostmassan eller ostkornen, drar ihop sig genom interna strukturförändringar och därigenom samtidigt avge vassle [18].

Syneresen kan ske enligt två principer, antingen genom inducerad syneres eller genom spontan syneres. Spontan syneres brukar ofta vara en oönskad effekt eftersom det kan ske i färdigförpackade produkter, ofta i ostsorter med högre vätskehalt.

Orsaken till att spontan syneres sker kan bero på flera faktorer men där den gemensamma nämnaren är omstruktureringar i den interna kaseinstrukturen. Faktorer som påverkar är:

- fortsatt syrningsprocess efter paketering, vilket medför att pH-halten sänks;
- att förvaringstemperaturen för produkten är för hög;
- att det förekommer fluktuationer i förvaringstemperaturen;
- fortsatt hydrolys av kasein beroende av syrningskulturen;
- samt extern påverkan e.g. att förpackningarna utsätts för skakningar och vibrationer.

Dessa faktorer gör att aggregeringen av kaseinet ökar, vilket medför förändringar i kaseinernas inre struktur. Omstruktureringen av kaseinerna leder till att ostkornen avger vassle genom syneres och därmed fås en produkt av sämre kvalitet eftersom vassle finns fritt i förpackningen [3, 18].

Inducerad syneres är däremot en önskad effekt i produktionen av ost och sker genom mekanisk påverkan av koaglet. I produktionen påverkas hastigheten för syneresen genom att:

- bryta koaglet i mindre beståndsdelar, i.e. ostkorn;
- öka temperaturen;
- sänka pH-halten;
- omrörning av ostkornen;
- samt genom att avlägsna vassle under tiden omrörningen sker [19].

Genom att bryta koaglet till ostkorn ökar ytan där vassle kan avlägsnas och vasslen får en kortare väg till ostkornens yttre kant. Det sker även omstruktureringar av proteinstrukturen till mer kompakta formationer, vilket ger ett högre tryck i ostkornet som pressar den innevarande vasslen genom ostkornets porer [3, 8].

Temperatur och pH påverkar även syneresen och vassleavskiljningen genom att kaseinets vattenbindningsförmåga minskar med ökande temperatur och sjunkande pH [14].

Temperaturen påverkar syneresen på två sätt i syrningsprocessen, där det ena fallet är vid vilken temperatur koaguleringen sker, eftersom den bestämmer hastigheten och halveringstiden av de bindningar som bildas mellan kaseinerna i koaglet, vilket påverkar koaglets egenskaper när det är tid för brytning. Temperaturen varvid syneresen sker är det andra sättet som påverkar syneresen, där det vid en högre temperatur är lättare att bryta bindningarna i den inre kaseinstrukturen som därmed ökar möjligheten till att ändra i sin struktur och dra samman ostkornen [20].

Tillsats av löpe och kalciumklorid hjälper även till med ostkornens syneres. Kalciumkloriden hjälper e.g. syneresen genom att påverka jonernas laddning, mjölkens pH samt de kolloidala kalciumfosfaten. Dock går åsikterna isär för om kalciumklorid tillsats verkligen hjälper till vid ostkornens syneres, vissa studier säger att en liten tillsats av kalciumklorid ökar halten av syneres medan vissa studier säger att det inte har någon effekt alls, eller i så fall en mycket liten sådan. En högre halt av kalciumklorid tillsats har dock observerats påverka syneresen negativt [20].

3 Metod

Två projekt har utförts, ”Syrningsprojektet” samt ”Ysttänk – och kyltornsprojektet”, och deras metoder samt utrustning beskrivs var för sig nedan.

3.1 Syrningsprojektet

3.1.1 Experimentell design

En icke randomiserad faktor försöksdesign med tre faktorer samt olika antal nivåer togs fram i programmet Minitab, version 18.1. Faktorerna och nivåerna som användes var:

- Temperatur: 31, 32, 33 eller 34 °C;
- Proteinhalt i mjölken: 3,4 (mjölkens naturliga proteinhalt), 3,6 eller 4,0 %;
- Antal påsar kultur: 5, 6, 7 eller 8 påsar syrningskultur, mängden syrningskultur i varje prov beräknades genom en formel beroende på antal påsar i en fullskalig process. Syrningskulturpåsarerna togs från samma batch.

3.1.2 Utrustning

pH-mätare, pH340, WTW

Milkoscan FT1, FOSS

Vattenbad

Våg

Tidtagarur

Inkubator

5 liter UHT – (Ultra High Temperature) mjölk, det vill säga mjölk som pastöriserats vid extra hög temperatur

4 sterila 1 l glas – eller plastflaskor

12 sterila 100 ml glas – eller plastflaskor

Pipett med sterila pipettspetsar

400 g fryst syrningskultur

Protein (80 % casein/20 % vassleprotein), Fromaquick, Fayrefield Foods A/S

3.1.3 Förberedelser

5 l UHT – mjölk placerades i en inkubator med temperaturen 30 °C samt att ett vattenbad sattes till temperatur X (X = 31, 32, 33 eller 34 °C) dagen innan försöket.

3.1.4 Beräkning av mängd syrningskultur

En fryst syrningskulturpåse vägdes och mängden syrningskultur som ska tillsättas i de fyra proverna (5, 6, 7 eller 8 syrningskulturpåsar) beräknades enligt ekvation (1).

$$m_{Prov} = \left(\frac{(m_{Påse} * N_{Påsar})}{V_{Ystmjolk}} \right) * 100, \quad (1)$$

där m_{Prov} är mängd lösning som ska överföras till provflaskan (blandning 3) från blandning 2 enligt beskrivning i utförandeavsnittet. $m_{Påse}$ är vikten på en syrningskulturpåse, $N_{Påsar}$ är det antal syrningskulturpåsar som används vid ystning i reell skala och används för att beräkna om för den aktuella mängden syrningskulturpåsar i labbskala och $V_{Ystmjolk}$ är mängden ystmjolk som används i ysttanken. Beroende på storlek på ysttänk krävs olika mängd ystmjolk, på Falkenbergsmejeriet används 18 000 liter.

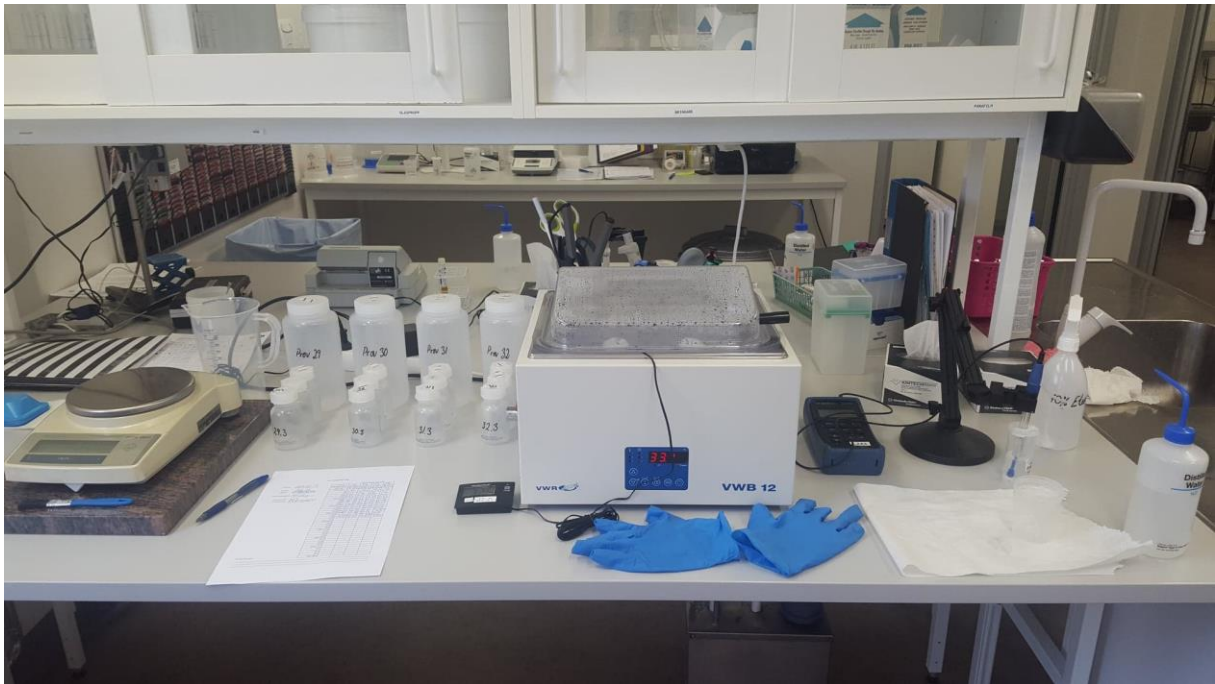
3.1.5 Utförande

5 l UHT – mjölk placerades i ett vattenbad med temperatur X (X = 31, 32, 33 eller 34 °C). Fyra sterila 1 l flaskor samt tolv sterila 100 ml flaskor märktes upp med provnummer. Därefter togs en fryst syrningskulturpåse fram.

- Blandning 0** 100 g fryst syrningskultur vägdes upp i de respektive fyra sterila 1 l flaskorna. Därefter vägdes det upp 900 g UHT – mjölk i respektive flaska som sedan blandades genom att vändas några gånger.
- Blandning 1** 90 g UHT – mjölk vägdes upp i en steril 100 ml flaska. Därefter vägdes 10 g upp från blandning 0, den första 1 l flaskan, i samma 100 ml flaska. Därefter blandades flaskan genom att vända den några gånger.
- Blandning 2** 90 g UHT – mjölk vägdes upp i en steril 100 ml flaska. Därefter vägdes 10 g upp ur blandning 1 i samma 100 ml flaska. Därefter blandades flaskan genom att vända den några gånger.
- Blandning 3** Den beräknade mängden för det aktuella provet, m_{Prov} , för 5 syrningskulturpåsar vägdes upp från blandning 2 i en 100 ml steril flaska. Därefter späddes provet, blandning 3, upp till 100 g med UHT – mjölk som sedan blandades genom att vändas några gånger.

Därefter utfördes samma procedur med de resterande 1 l flaskorna, fast med den beräknade mängden för 6, 7 samt 8 syrningskulturpåsar för respektive aktuellt prov. När de fyra 100 ml flaskorna, blandning 3, för respektive prov var färdiga sattes de i ett vattenbad. Samtidigt som den 4:e flaskan placerades i vattenbadet startades ett tidtagarur på 15 minuter. pH-värdet mättes och noterades för respektive prov direkt efter tidtagaruret startats. Därefter mättes pH-värdet var 15:e minut och noterades tills det att ett pH-värde på 4,5 uppnåts eller att åtta timmar gått efter provets första pH-mätning.

I försöken när extra protein användes tillsattes 2,00 g respektive 4,00 g extra protein i de 1 l mjölkpaketen som därefter återslötts och skakades. Proteinhalterna analyserades sedan i en Milkoscan FT1. Därefter utfördes samma procedur som beskrivits ovan. Exempel på uppställning av försöket syns i Figur 1 och 2.



Figur 1. Exempel på uppställning av försök i syrningsprojektet.



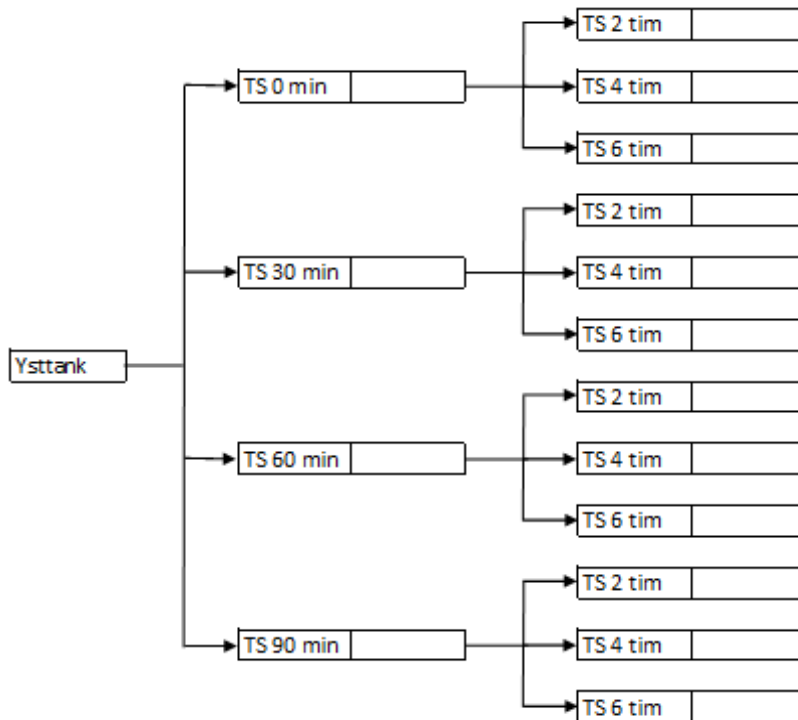
Figur 2. Exempel på uppställning av försök i syrningsprojektet.

Totalt gjordes 15 försök med fyra prover i varje försök, vilket ger totalt 60 prov varav 48 enkelprov samt 12 prov med parametrarna 32 °C, 3,6 % protein samt 4, 5, 6 eller 8 påsar syrningskultur.

3.2 Ysttank – och kyltornsprojektet

3.2.1 Experimentell design

Vid analysen av ostkornens variation i TS-halt vid extra värmning samt kylning togs en försöksplan fram enligt Figur 3.



Figur 3. Försöksdesignen för Ysttank – och kyltornsprojektet.

Ur en ysttank, där syrningsprocessen är färdig och ostkornen samt vasslen ska tömmas ut, tas ca 2000 g ostkorn samt ca 3 l vassle. Vasslen och ostkornen förs sedan över till en bägare som står på en omrörare med värmefunktion. Temperaturen vid omrörningen håller 60 °C, vilket simulerar en ysttank. Från de 2000 g ostkorn tas 400 g ut efter 0, 30, 60 respektive 90 minuters omrörning, och flyttas över till en varsin bägare för kylning med omrörning vid en temperatur på 4 °C som simulerar ett kyltorn. Ytterligare 100 g tas ut vid varje tidsintervall från ursprungsbägaren för analys av TS.

Från respektive prov som står på kylning tas 100 g ut vid 2, 4 och 6 timmar för ytterligare analys av TS.

3.2.2 Utrustning

Ca 1000 g ostkorn

Ca 3 l vassle

1 3 l bägare

2 2 l bägare

Hålslev

1 omrörare med värmefunktion

2 omrörare

Matmixer

Våg

Milkoscan FT1, FOSS

2 tidtagarur

8 240 ml provburkar

LOS – mixer, LOSAB

Vattenbad

0,1 M NaOH

Antifoam, FOSS

16 100 ml provburkar med lock

3.2.3 Förberedelser

Av praktiska skäl delades försöket upp i två delar, där proverna vid 0 samt 30 min utfördes vid ett separat tillfälle och proverna vid 60 samt 90 min utfördes vid ett senare tillfälle. Vid båda tillfällena fylldes två 2 l bägare med 1,5 l vatten och sattes på omrörning i ett utrymme med en temperatur på ca 4,8 °C dagen innan försöket. Åtta 240 ml provburkar märktes upp med provnummer vid respektive tillfälle.

Tre timmar före TS-analyserna sattes 500 ml 0,1 M NaOH i ett 60 °C vattenbad vid respektive tillfälle.

3.2.4 Utförande

3.2.4.1 Tillfälle 1, 0 samt 30 min

Ca 1000 g ostkorn samt 3 l vassle togs ut ur en ysttank med en syrningsprocess som var färdig och redo att tömmas. 100 g ostkorn överfördes direkt (vid 0 min) till en 240 ml provburk. Därefter överfördes 400 g till en kyld 2 l bägare med 1,5 l vatten i och sattes på omrörning i ett utrymme med en temperatur på ca 4,8 °C. Samtidigt sattes ett tidtagarur på två timmar.

500 g ostkorn överfördes sedan till en 3 l bägare som därefter fylldes upp med vassle till 3 l strecket. Bägaren sattes på en omrörare under värmning, där blandningen av ostkorn och

vassle höll ca 60 °C. Ett tidtagarur sattes på 30 minuter. Efter 30 minuter togs ett 100 g prov ut och överfördes till en 240 ml provburk.

Därefter överfördes de resterande 400 g ostkorn till en kyld 2 l bägare med 1,5 l vatten i och sattes på omrörning i ett utrymme med en temperatur om ca 4,8 °C. Samtidigt sattes ett tidtagarur på två timmar. Från dessa 400g tog prover om 100 g ut och överfördes till 240 ml provburkar från de kylda bägarna vid 2, 4 och 6 timmar. De 100 g prov som togs ut mixades direkt i en matmixer tills det att respektive prov var helt homogena och placerades därefter i ett kylskåp med temperaturen 5 °C. Mellan varje provmixning rengjordes matmixern med vatten och torkades därefter av. När alla proven var uttagna och mixade, analyserades de i en Milkoscan FT1.

3.2.4.2 Tillfälle 2, 60 samt 90 min

Ca 1000 g ostkorn samt 3 l vassle togs ut ur en ysttänk med en syrningsprocess som var färdig och redo att tömmas. Ostkornen överfördes sedan till en 3 l bägare som därefter fylldes upp med vassle till 3 l strecket. Bägaren sattes på en omrörare under värmning, där blandningen av ostkorn och vassle höll ca 60 °C. Samtidigt sattes två tidtagarur på 60 respektive 90 minuter. Blandningen rördes om manuellt i 60 minuter och därefter med hjälp av omröraren fram till 90 minuter.

Efter 60 samt 90 minuter togs ett 100 g prov ut vid respektive tid och överfördes till 240 ml provburkar. Samtidigt överfördes 400 g ostkorn vid respektive tidsintervall till en kyld 2 l bägare med 1,5 l vatten i och sattes på omrörning i ett utrymme med en temperatur på ca 4,8 °C, samtidigt som tidtagarur sattes på två timmar.

100 g prov togs ut och överfördes till 240 ml provburkar från de respektive kylda bägarna vid 2, 4 och 6 timmar. De 100 g prov som togs ut mixades direkt i en matmixer tills det att respektive prov var helt homogena och placerades därefter i ett kylskåp med temperaturen 5 °C. Mellan varje provmixning rengjordes matmixern med vatten och torkades därefter av. När alla proven var uttagna och mixade, analyserades dem i en Milkoscan FT1.

3.2.4.3 Provberarbetning och analys av TS i Milkoscan FT1

$50 \pm 0,02$ g av ett homogent mixat prov överfördes till en 100 ml provburk. Därefter tillsattes $50 \pm 0,02$ g av 0,1 M NaOH till provburken. Blandningen mixades försiktigt för hand och hälldes sedan ner i en LOS – mixer som kördes i två minuter. Efter två minuter tillsattes åtta droppar skumminskande medel, Antifoam, i LOS – mixern som därefter startades och stoppades efter 2 – 3 sekunder. Blandningen överfördes sedan från LOS – mixern till den ursprungliga 100 ml provburken som förslöts med ett lock. LOS – mixern torkades därefter torr med papper och samma procedur återupprepades med de resterande sju proverna.

Efter att alla proverna gjorts iordning analyserades deras TS-halt med Milkoscan FT1. Exempel på uppställning av försöket syns i Figur 4 och 5.



Figur 4. Exempel på uppställning av försök i ysttänk – och kyltornsprojektet.



Figur 5. Exempel på uppställning av försök i ysttänk – och kyltornsprojektet.

Totalt utfördes fyra försök med ostkorn och vassle som togs från olika ysttankar, men hade i övrigt likartade försöksförhållanden.

4 Resultat

4.1 Syrningsprojektet

Tiden till pH 5,7 (när löpe tillsätts) samt pH 4,7 (när ostmassan bryts till ostkorn) mättes och de aktuella faktorernas statistiska signifikans för påverkan av hastigheten ner till de två pH-värdena beräknades. Vid beräkningen av resultaten i Minitab användes ett tvåsidigt 95 % konfidensintervall, vilket ger att ett P-värde under $\alpha = 0,05$ anses vara signifikant. Faktorens samtliga nivåer användes vid beräkningen i Minitab, vilket kan ses i Tabell 3.

Tabell 3. Faktorer och nivåer som användes vid beräkning av resultat i Minitab. Värdena inom parenteserna är mjölkens analyserade proteinhalt. Analyserna av mjölkens proteinhalt utfördes med Milkoscan FT1.

Faktor	Nivå 1	2	3	4
Temperatur (°C)	31	32	33	34
Proteinhalt i mjölk (%)	3,4 (3,383)	3,6 (3,640)	4,0 (4,011)	
Antal påsar syrningskultur	5	6	7	8

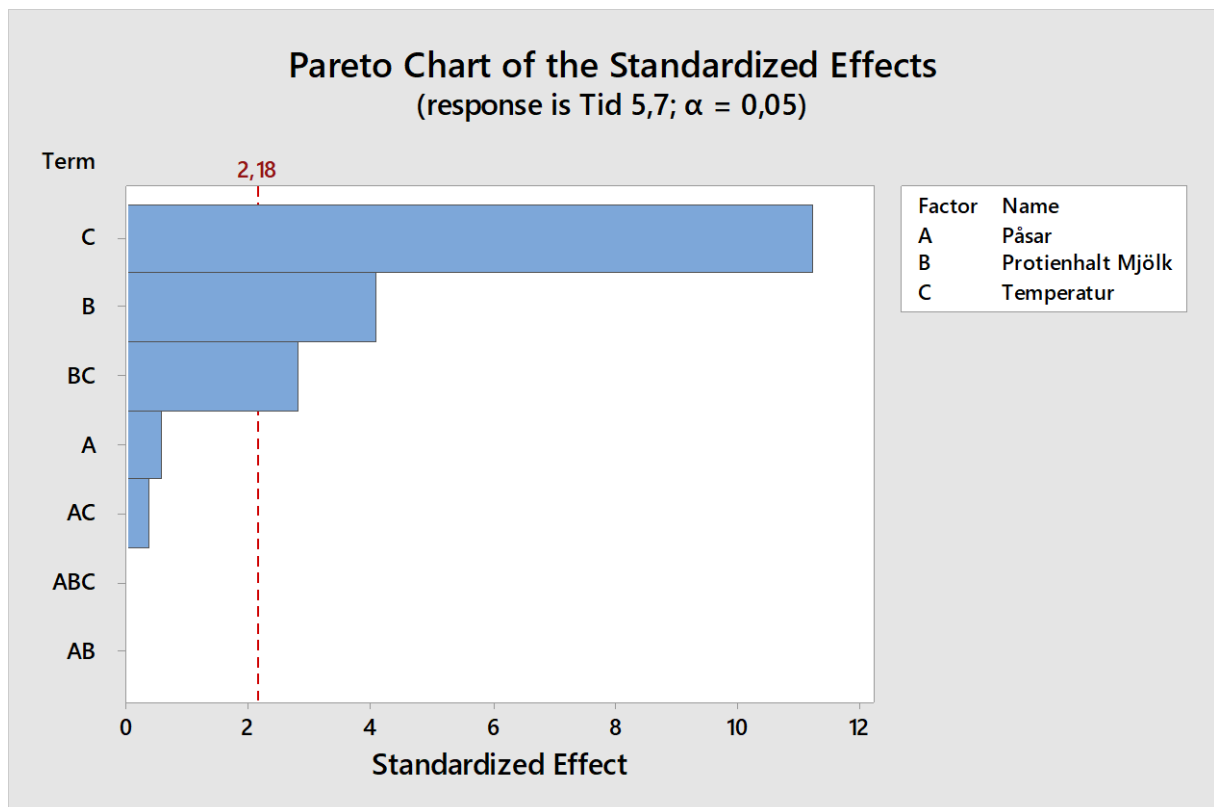
Vid beräkning av resultaten för tiden ner till pH 5,7 syns det att mjölkens proteinhalt samt temperatur hade signifikant betydelse för hastigheten, då $P < 0,001$ respektive $P = 0,002$, vilket kan ses i Tabell 4.

Tabell 4. Statistiskt beräknade resultat med Minitab för tiden ner till pH 5,7.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F – value	P – value
Model	47	34322,9	730,28	5,53	0,001
Linear	8	29817,2	3727,14	28,20	0,000
Påsar	3	267,7	89,24	0,68	0,584
Proteinhalt Mjolk	2	3076,3	1538,14	11,64	0,002
Temperatur	3	26197,4	8732,46	66,07	0,000
2-Way Interactions	21	4229,6	201,41	1,52	0,228
Påsar*Proteinhalt Mjolk	6	64,3	10,72	0,08	0,997
Påsar*Temperatur	9	782,1	86,90	0,66	0,732

Proteinhalt Mjök*Temperatur	6	3383,0	563,84	4,27	0,016
3-Way Interactions	18	712,8	39,60	0,30	0,990
Påsar*Proteinhalt Mjök*Temperatur	18	712,8	39,60	0,30	0,990
Error	12	1585,9	132,16		
Total	59	35908,9			

Av de samspelseffekter som fanns var det 2-faktorsamspellet mellan mjölkens proteinhalt och temperaturen som var mest signifikant, $P = 0,016$. Resten av effekterna och samspelseffekterna var inte signifikanta för tiden ner till pH 5,7. Faktorernas samt faktorsamspels signifikans kan även ses i Figur 6.



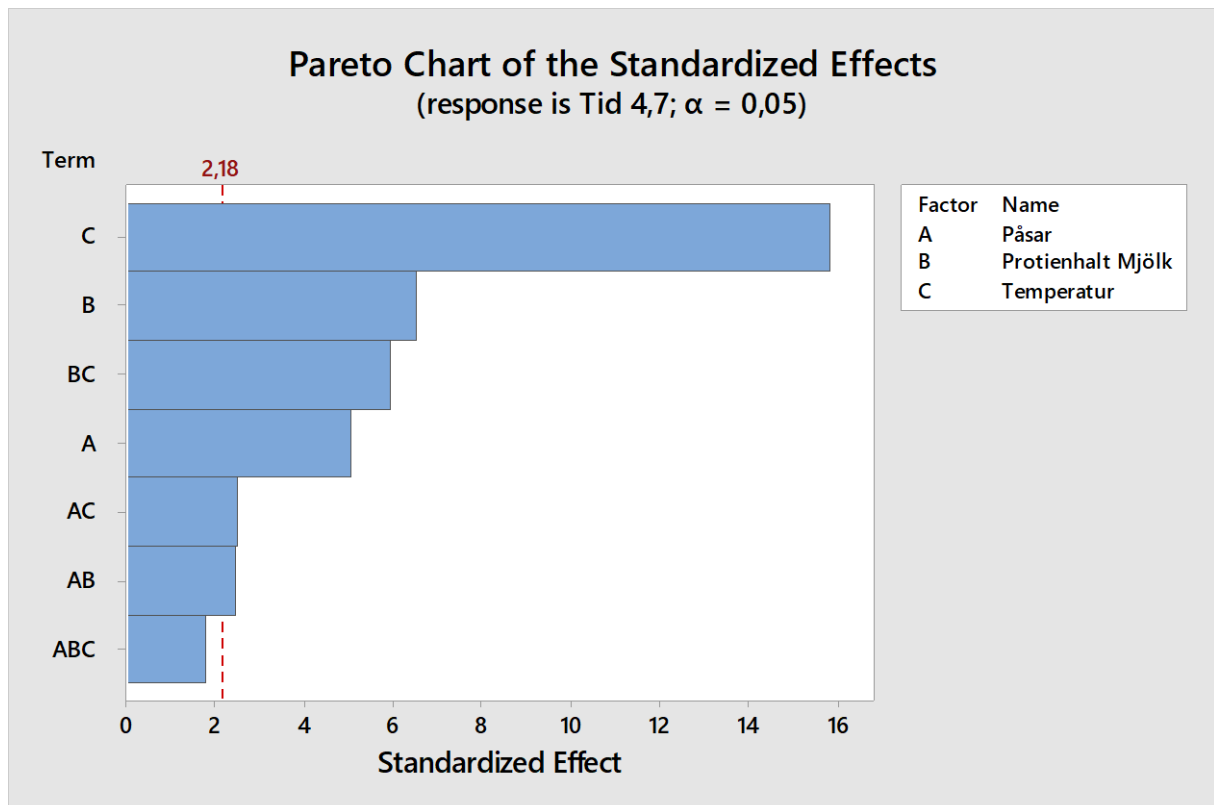
Figur 6. Pareto gram som visar vilka av faktorerna samt faktorsamspelen som var signifikanta för tiden ner till pH 5,7. Faktorerna temperatur och mjölkens proteinhalt samt 2-faktorsamspellet mellan temperatur och mjölkens proteinhalt var signifikanta.

För tiden ner till pH 4,7 var de flesta av faktorerna samt faktorsamspelen signifikanta. Samtliga faktorer, i.e. temperatur, mjölkens proteinhalt och antal påsar syrningskultur, samt 2-faktorsamspellet mellan mjölkens proteinhalt och temperatur hade en mycket hög signifikansnivå med ett $P < 0,001$ för respektive faktor, vilket kan ses i Tabell 5.

Tabell 5. Statistiskt beräknade resultat med Minitab för tiden ner till pH 4,7.

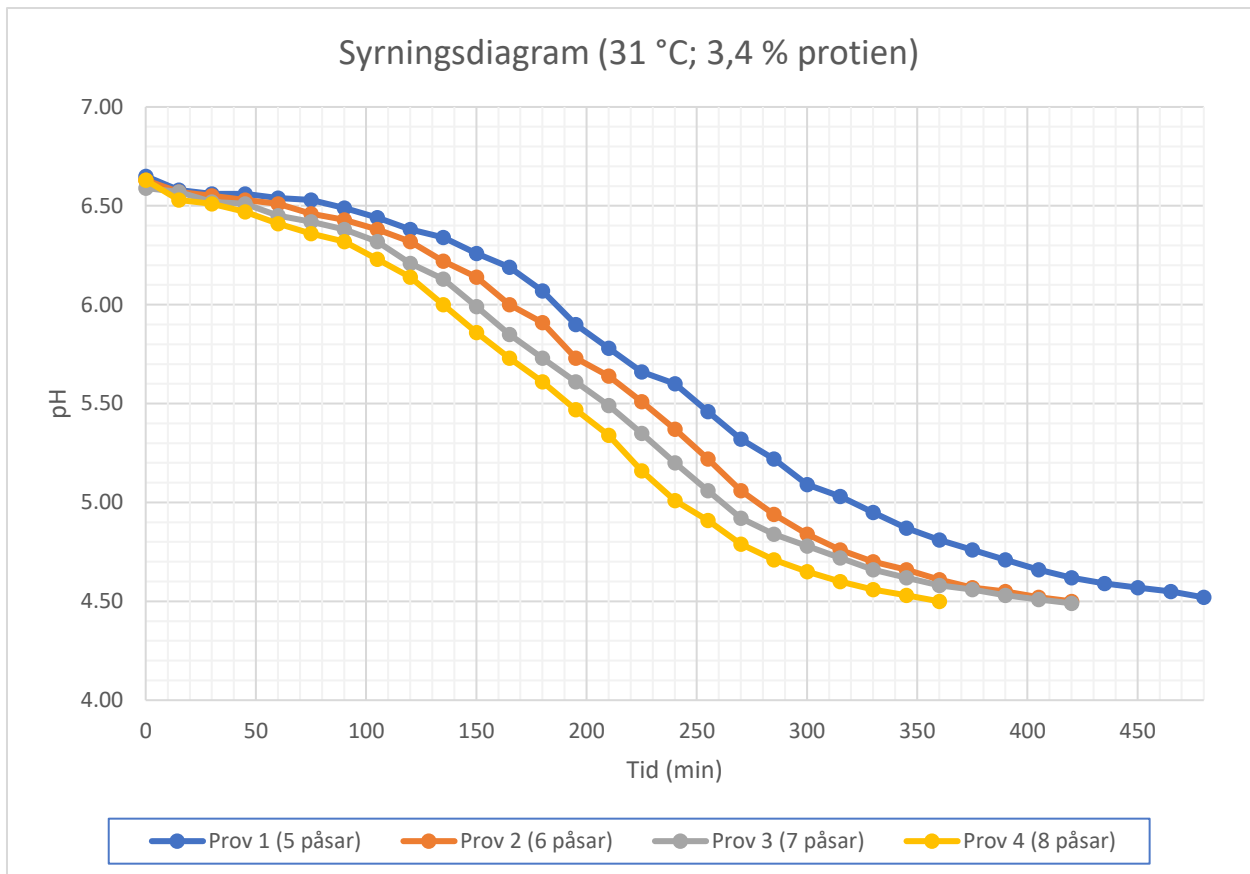
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F – value	P – value
Model	47	36718,0	781,23	14,22	0,000
Linear	8	26896,1	3362,01	61,18	0,000
Påsar	3	2337,0	778,99	14,17	0,000
Proteinhalt Mjök	2	3090,3	1545,16	28,12	0,000
Temperatur	3	21401,4	7133,80	129,81	0,000
2-Way Interactions	21	7634,7	363,55	6,62	0,001
Påsar*Proteinhalt Mjök	6	1135,7	189,28	3,44	0,032
Påsar*Temperatur	9	1629,6	181,07	3,29	0,029
Proteinhalt Mjök*Temperatur	6	4844,8	807,46	14,69	0,000
3-Way Interactions	18	2022,3	112,35	2,04	0,105
Påsar*Proteinhalt Mjök*Temperatur	18	2022,3	112,35	2,04	0,105
Error	12	659,5	54,96		
Total	59	37377,5			

Från Tabell 5 ses även att 2-faktorsamspelet mellan antal syrningskulturpåsar och temperatur, samt mellan antal syrningskulturpåsar och mjölkens proteinhalt har en statistisk signifikans, $P = 0,029$ respektive $P = 0,032$. Det är endast 3-faktorsamspelet som inte är signifikant för tiden ner till pH 4,7, $P = 0,105$. I Figur 7 ses ett paretoqram över faktorernas samt faktorsamspelets signifikans.



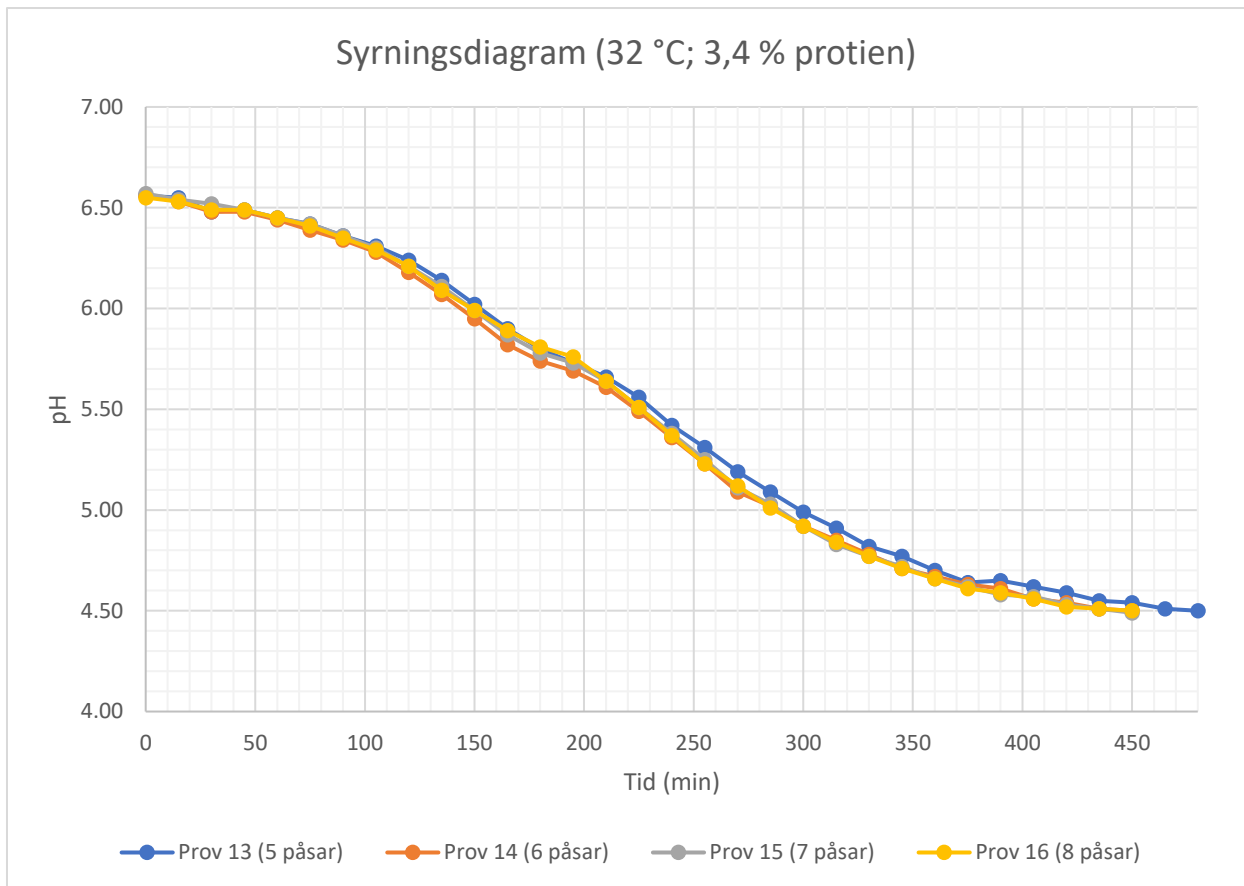
Figur 7. Paretoqram som visar vilka av faktorerna samt faktorsamspelet som var signifikanta för tiden ner till pH 4,7. Faktorerna temperatur, mjölkens proteinhalt, antal syrningskulturpåsar samt 2-faktorsamspelet mellan temperatur och mjölkens proteinhalt var mest signifikanta, medan 2-faktorsamspelet mellan antal syrningskulturpåsar och temperatur samt mellan antal syrningskulturpåsar och mjölkens proteinhalt har en viss signifikans.

I Figur 8 avbildas försök 1, där det ses en indikation på att ju mer syrningskultur desto snabbare sjunker pH-värdet till pH 5,7 respektive 4,7. Mellan prov 1 och prov 4 skiljer det ca 47 minuter ner till pH 5,7 och ca 105 minuter ner till pH 4,7. Tider ner till pH 5,7 respektive 4,7 för alla proverna ses i Bilaga 2.



Figur 8. Försök 1. Ett pH – Tid syrningsdiagram där pH-mätning utfördes var 15:e minut. Ju högre mängd syrningskultur desto snabbare sjönk pH-värdet.

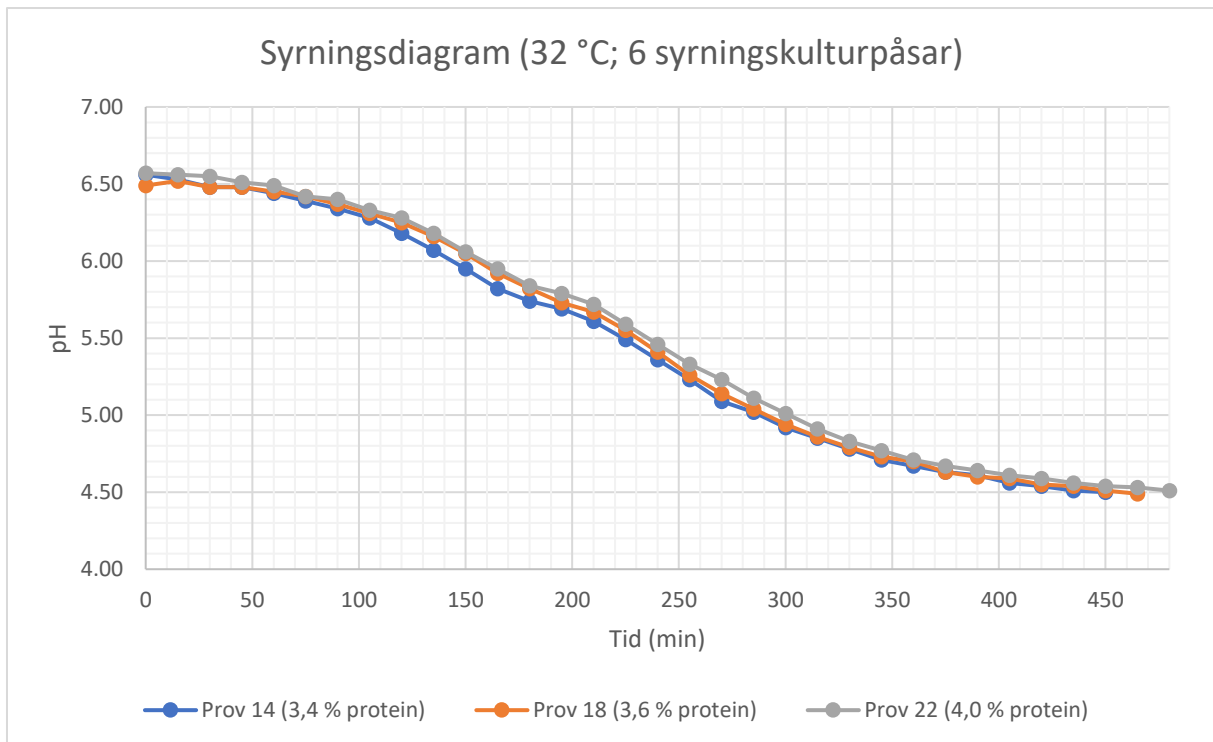
Resten av försöken ungefär samma hastighet på pH-sänkningen oavsett mängd syrningskultur i proven, vilket kan ses i Figur 9.



Figur 9. Ett pH – Tid syrningsdiagram där pH-mätning utförts var 15:e minut. pH-värdet minskar med likvärdig hastighet oavsett mängd syrningskultur.

Mellan prov 13 och 16, med lägst respektive högst mängd syrningskultur, skiljer det ingenting ner till pH 5,7, då båda har tiden 202,5 minuter, vilket speglar resultaten som beräknades på faktorn antal syrningskulturpåsar, där inget signifikant samband kunde ses mellan mängd syrningskultur och tiden ner till pH 5,7. För tiden ner till pH 4,7 skiljer det 15 minuter till fördel för prov 16.

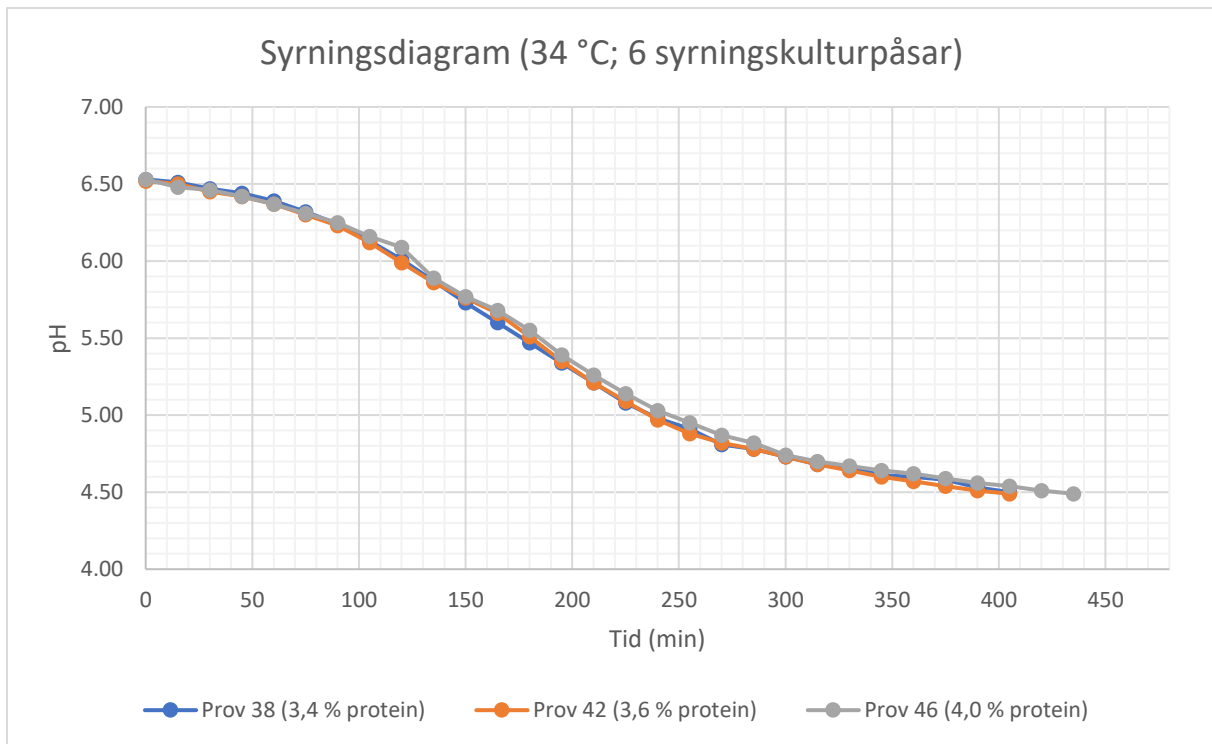
Vid skillnad i proteinhalt verkar hastigheten för tiden ner till pH 5,7 respektive 4,7 variera, där en högre proteinhalt verkar förlänga tiden för pH att sjunka och tvärtom vid en lägre proteinhalt, vilket kan ses i Figur 10.



Figur 10. Ett pH – Tid syrningsdiagram där pH-mätning utförts var 15:e minut. Vid en högre proteinhalt tar det längre tid för syrningskurvan att nå pH 5,7 respektive 4,7.

Som ses i Figur 10 har prov 14 med en lägre proteinhalt, 3,4 %, en högre hastighet ner till pH 5,7 jämfört med prov 22 med högre proteinhalt, 4,0 %. Prov 14 nådde pH 5,7 på 195 minuter jämfört med 212 minuter för prov 22, en skillnad på 17 minuter. Ner till pH 4,7 har prov 14 15 minuters kortare tid jämfört med prov 22. Dock fick prov 18 och prov 22 samma tid ner till pH 4,7, trots skilda halter protein.

I Figur 11 jämförs de olika proteinhalterna vid en högre temperatur, 34 °C. Även vid denna temperatur har provet med en mindre proteinhalt en kortare tid ner till pH 5,7 respektive pH 4,7. Ner till pH 5,7 har prov 38 en tid på 152 minuter jämfört med prov 46 som har 166 minuter, en skillnad på 14 minuter. Detsamma gäller även ner till pH 4,7 där prov 38 har ca 307 minuter och prov 46 har 315 minuter.



Figur 11. Ett pH – Tid syrningsdiagram där pH-mätning utförts var 15:e minut. Vid en högre proteinhalt tar det längre tid för syrningskurvan att nå pH 4,7 respektive 5,7.

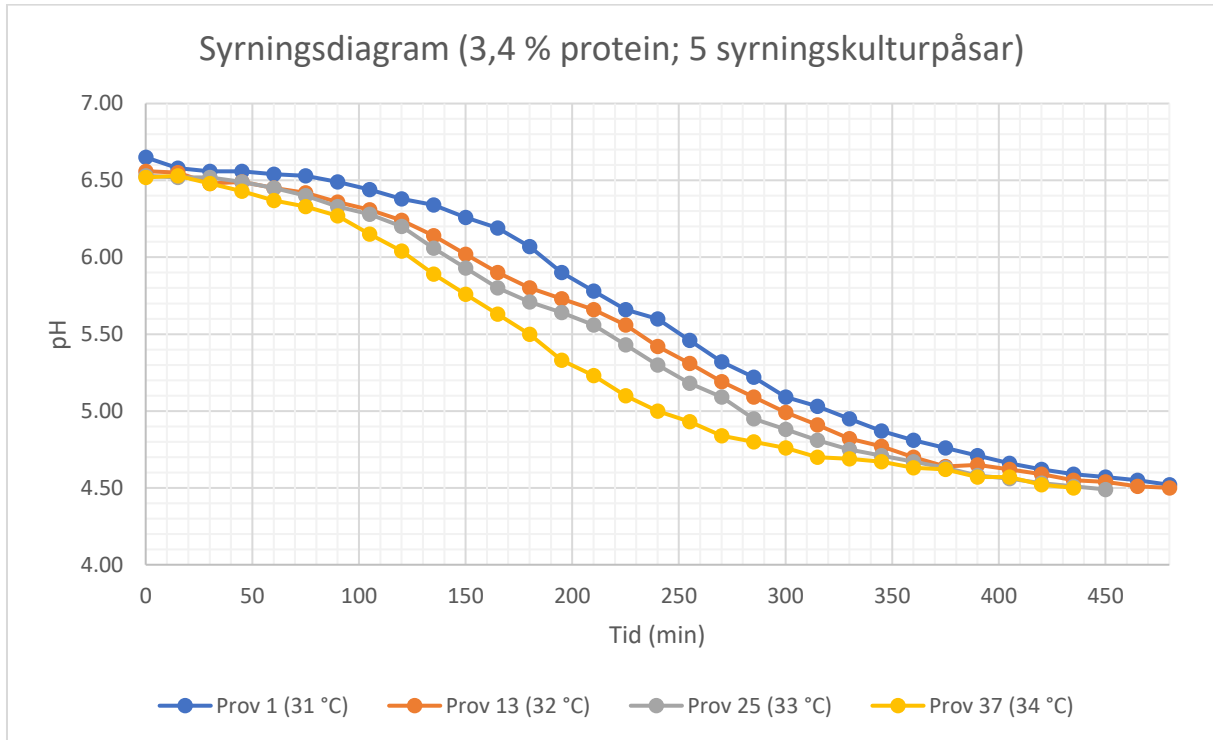
Fyra försök med totalt 16 prover kördes för att se om en högre proteinhalt korrelerade med ett lägre behov av mängd syrningskultur, utan att påverka syrningsstiden. Medeltiden till pH 5,7 respektive pH 4,7 för de fyra försöken har beräknats och är sammanfattade i Tabell 6.

Tabell 6. Medelvärdet av fyra försök för tiden till pH 5,7 respektive pH 4,7 under syrningsförloppet.

Mängd syrningskultur (Antal påsar)	Temperatur (°C)	Proteinhalt (%)	Tid pH 5,7 (min)	Tid pH 4,7 (min)
5	32	3,6	204,25	359,63
6	32	3,6	195,73	348,78
7	32	3,6	200,95	347,63
8	32	3,6	200,15	347,58

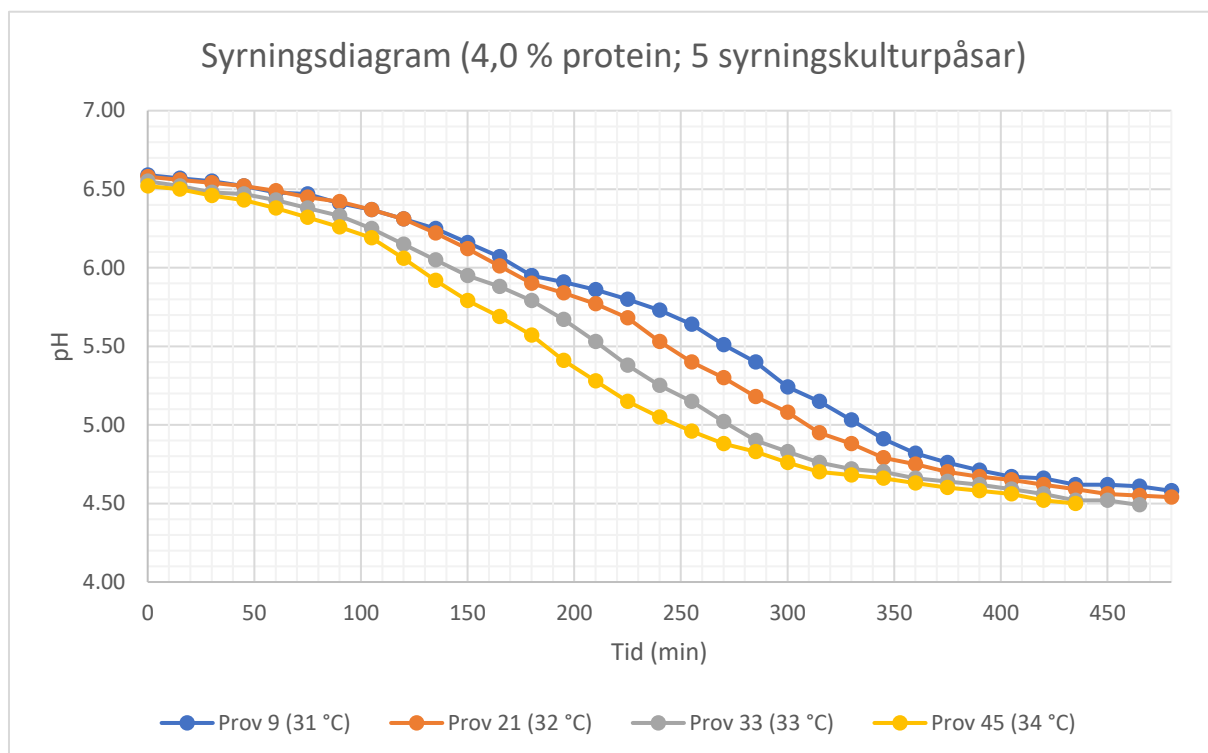
Vid en extra proteinhalt på 3,6 % vid en temperatur på 32 °C och varierad mängd syrningskultur (5, 6, 7 och 8 syrningskulturpåsar) ses det i Tabell 6 att tiden till pH 5,7 respektive pH 4,7 inte skiljer sig nämnvärt mellan antal påsar syrningskultur. Vid syrningsförloppet ner till pH 5,7 är tiderna rätt lika och det skiljer bara ca 4 minuter mellan de prover med mest syrningskultur och de med minst syrningskultur. Ner till pH 4,7 har de tre syrningsförloppen med 6, 7 och 8 syrningskulturpåsar likvärdig tid medan det skiljer ca 10 minuter mot proverna med minst mängd syrningskultur.

Temperaturen påverkar syrnings tiden till pH 5,7 respektive 4,7 markant och ger syrningsförloppet en förkortad tidsduration vid högre temperaturer. I Figur 12 ses det att en högre temperatur ger ett snabbare syrningsförlopp.



Figur 12. Ett pH – Tid syrningsdiagram där pH-mätning utförts var 15:e minut. Påverkan på syrningsförloppets hastighet vid olika temperaturer.

I Figur 12 indikeras det att prov 37, som har en temperatur på 34 °C, har en kortare duration av syrningsförloppet jämfört med de andra tre proverna. Jämförs prov 37 med prov 1, som har en temperatur på 31 °C, når prov 37 pH 5,7 ca 62 minuter snabbare samt ner till pH 4,7 ca 75 minuter snabbare. Även vid en högre proteinhalt påverkar temperaturen syrningsförloppet, vilket kan ses i Figur 13.

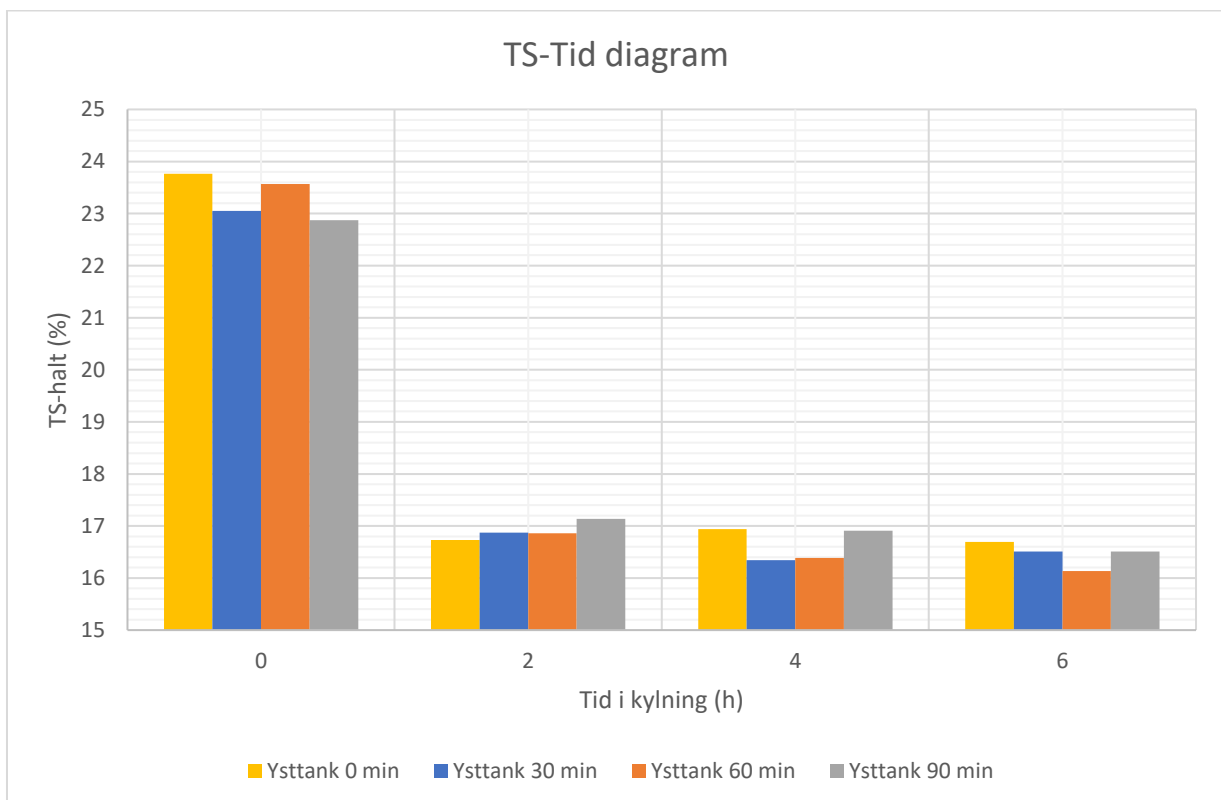
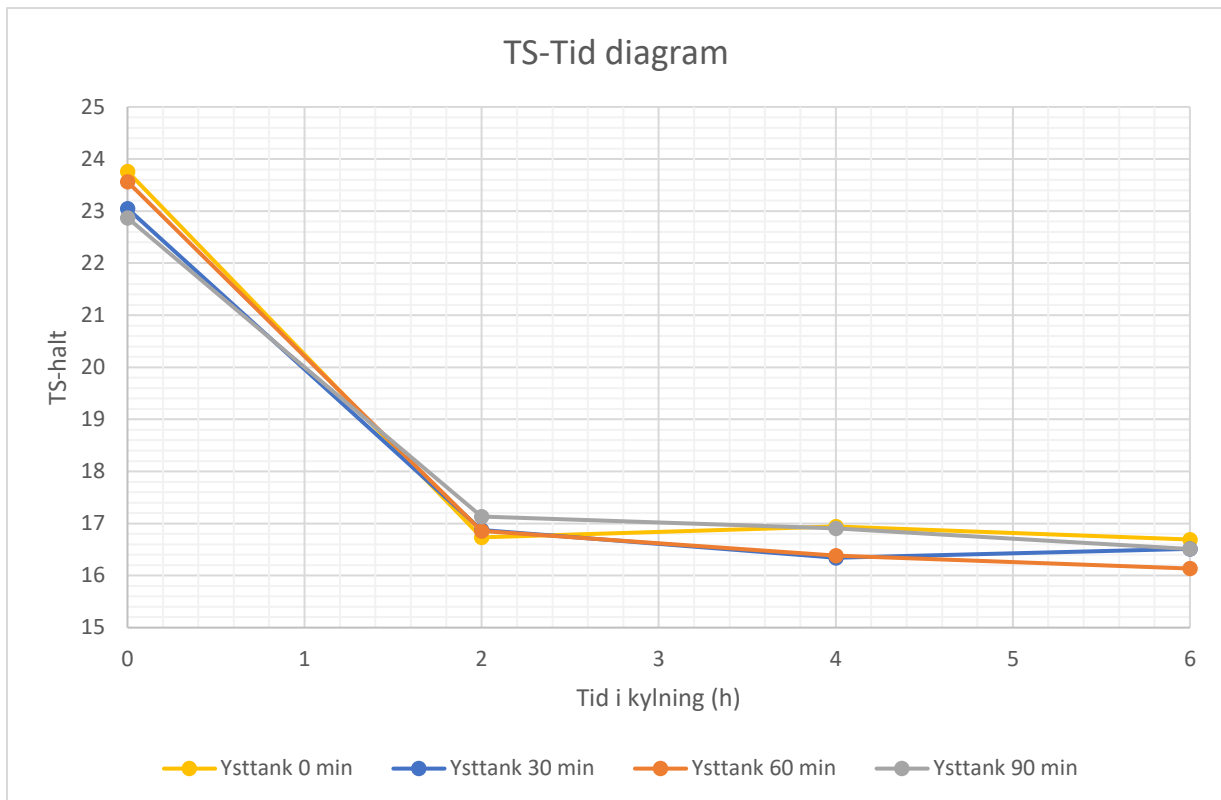


Figur 13. Ett pH – Tid syrningsdiagram där pH-mätning utförts var 15:e minut. Påverkan på syrningsförloppets hastighet vid olika temperaturer i prov med en högre proteinhalt.

Även vid en något högre proteinhalt, 4,0 % istället för 3,4 %, har den syrningskurvan med högst temperatur en högre hastighet på syrningsförloppet. Jämförs prov 45 med prov 9 ger den högre temperaturen en ökad hastighet till pH 5,7 med ca 78 minuter samt 75 minuter till pH 4,7.

4.2 Ysttank – och kyltornsprojektet

TS-halten analyserades i en Milkoscan FT1 och noterades därefter i ett excel-dokument. Det blev totalt fyra försök fördelat på sex stycken ysttankar (Ysttank nr: 11, 13, 21, 22, 23 samt 24). Medelvärdet för TS-halten per provanalys har beräknats mellan försöken och därefter plottats i ett TS – Tid diagram, vilket kan ses i Figur 14 respektive 15.



Figur 14 och 15. Diagrammen visar medelvärdena av den analyserade TS-halten vid 0, 30, 60 och 90 minuters värmning i ca 60 °C samt 2, 4 och 6 timmars kylning i ca 4 °C.

Från Figur 14 respektive 15, vid starttid 0, ses det en viss skillnad i TS-halt ju längre ostkornen varit under värmning i den simulerade ysttanken. TS-halten ser ut att minska lite ju längre ostkornen legat under värmning. Det som också kan ses från Figur 14 samt 15 är att

ostkornens TS-halt sjunker markant efter att de har legat på kylning i det simulerade kyltornet i två timmar. Någon sådan tydlig skillnad kan ej ses efter fyra och sex timmars kylning. För TS-halt för respektive försök, se Bilaga 2.

5 Diskussion

I det följande kapitlet kommer de två projekten, syrningsprojektet samt ysttänk – och kyltornsprojektet, att diskuteras.

5.1 Syrningsprojektet

I Falkenbergmejeriets syrningsprocess är tiden ner till pH 5,7, när löpe tillsätts, ca 200 minuter och tiden ner till pH 4,7, när koaglet, i.e. ostmassan, bryts till ostkorn, ca 350 minuter. Vid dessa tider anses det att ostkornen får rätt kemisk sammansättning och konsistens.

I Minitab har P-värdena för de aktuella faktorerna beräknats i ett tvåsidigt 95 % konfidensintervall. I Tabell 4 ses det i de markerade resultaten att temperaturen ($P < 0,001$) och mjölkens proteinhalt ($P = 0,002$) var signifikanta för tiden ner till pH 5,7. Även 2-faktorsampelet mellan temperaturen och mjölkens proteinhalt ($P = 0,016$) har en viss signifikans för syrningsförloppet ner till pH 5,7. Resten av faktorerna hade ingen signifikans, vilket kan ses i Tabell 4 samt Figur 6.

Det betyder att mängd syrningskultur ($P = 0,584$) sannolikt inte påverkar syrningsförloppet ner till pH 5,7 vid högre proteinhalt, vilket även syntes på nästan alla syrningsförsök som gjordes, där syrningskurvorna liknade de som syns i Figur 9. Dock var första försöket helt annorlunda där mängden syrningskultur såg ut att spela en stor roll för hela syrningsförloppet, vilket ses i Figur 8.

Orsaken till att första försöket reagerade så olikt de andra försöken gällande mängd syrningskultur kan kanske bero på de andra faktorerna, temperatur och mjölkens proteinhalt, eller på något samspel mellan faktorerna. Dock är det svårt att säga eftersom inga fler försök gjordes på de förhållanden som försök 1 hade, vilket hade varit bra för att se om upprepade prov uppvisade liknande beteende.

En av hypoteserna var att en större mängd syrningskultur skulle leda till en kortare syrningsprocess, vilket kunde ses i varierande grad i de olika försöken men inte i den utsträckning som försök 1, utan proverna varierade mycket i tid. Det kanske kan vara så att skillnaden mellan tillsatt mängd syrningskultur var för liten och en större skillnad hade påvisat en större differens mellan tiderna, liknande den i försök 1.

Faktorernas påverkan på tiden till pH 4,7 hade en större signifikans jämfört med tiden till pH 5,7. Här var alla faktorerna, förutom 3-faktorsampelet mellan temperatur, mjölkens proteinhalt och antal påsar syrningskultur, mer eller mindre signifikanta. Lägst signifikans hade 2-faktorsampelen mellan mängd syrningskultur och mjölken proteinhalt ($P = 0,032$) samt mängd syrningskultur och temperatur ($P = 0,029$). Resten av faktorerna; temperatur, mjölkens proteinhalt och mängd syrningskultur samt 2-faktorsampelet mellan mjölkens proteinhalt och temperatur hade en mycket hög signifikans ($P < 0,001$) för syrningsförloppet ner till pH 4,7, vilket kan ses i Tabell 5 och Figur 7.

En hypotes var att en ökad temperatur skulle leda till en kortare syrningsprocess och temperaturens påverkan på syrningsförloppet syns tydligt i Figur 12 respektive 13. Vid en högre temperatur får kurvan ett snabbare syrningsförlopp, både ner till pH 5,7 samt pH 4,7. Detta kan bero på att vid en högre temperatur har mjölksyrabakterierna en högre delningstakt och förökar sig mer snabbt, vilket kan ses genom pH sänkningens hastighet ökar vid högre temperaturer [13].

En ökad proteinhalt påverkar syrningsförloppet en viss del, vilket kan ses i Figur 10 samt 11. Provet med lägst proteinhalt har en något högre hastighet men bara med några minuter. En högre proteinhalt innebär ett ökat antal kaseiner, som gör att fler miceller kommer att bildas, vilket kan vara förklaringen till den förlängda syrnings tiden eftersom fler bindningar behöver bildas vilket kräver tid. Utifrån denna studien kan inga slutsatser dras kring proteinhaltens inverkan eller orsaken till den förlängda syrnings tiden, då fler försök och studier behövs.

En av hypoteserna i rapporten var om en högre proteinhalt i mjölken korrelerade med ett lägre behov av tillsatt syrningskultur. I Tabell 6 syns en viss indikation på att en högre proteinhalt (3,6 % istället för 3,4 %) i mjölken gör syrningsförloppet mindre känsligt och påverkbart av mängden syrningskultur. Oavsett mängd syrningskultur (5, 6, 7 eller 8 påsar) skiljer sig inte tiderna till pH 5,7 respektive pH 4,7 nämnvärt. Det kan kanske bero på att en för stor mängd syrningskultur kan verka hämmande på mjölksyrebakterierna.

Men eftersom det inte var så många försök och de enskilda proven hade upp till 30 minuters tidsskillnad till respektive pH, även fast de hade identiska förhållanden, är det svårt att fastställa statistisk signifikans. För att finna en statistisk signifikans krävs utökade beräkningar, analyser samt större försöksunderlag

Svagheter i metod och utförande:

- Det gjordes bara enkelprov för att hinna med att göra så många olika sorters försök inom den tidsramen som fanns. För att få ett resultat med större statistisk styrka skulle dubbel- eller trippelprov med identiska förhållanden gjorts. Fler prov av försök 1 hade behövts för att kunna jämföra resultaten vid olika ändringar av variabler.
- Eftersom fyra prover gjordes i ordning till varje försök blev det många steg innan alla proverna var färdiga för att sättas i det tempererade vattenbadet. Under probbearbetningen av sista provet hade de första proverna kylts av på grund av den tid det tog att förbereda samtliga prover. En omarbetning av metoden när många prover ska förberedas kanske kan behövas för att få prover som har samma förhållanden under försöket.
- Projektet som utfördes i labbskala hade fler förändringar i variabler än vad som tillåts i reell skala, vilket kan göra att resultaten är svåra att applicera i verksamheten.

För att få större statistisk styrka skulle färre nivåer till de aktuella faktorerna använts. Med färre nivåer kunde fler statistiska verktyg användas i Minitab. I ett försök att använda de verktygen i Minitab togs de försöken med lägst respektive högst värde av varje faktor ut, men eftersom det försöksantalet blev totalt 18 beräknades istället statistiken på alla nivåer med totalt 60 försök för att försöka utöka den statistiska styrkan.

5.2 Ysttank – och kyltornsprojektet

TS-halten analyserades för prov som togs ut ur en bägare under värmning i vassle på temperaturen 60 °C vid 0, 30, 60 respektive 90 minuter samt ur bägare som stått på kylning i ca 4,8 °C vid 2, 4 respektive 6 timmar. Fyra försök utfördes och de analyserade TS-halternas medelvärde för respektive tid beräknades. Mejeriet i Falkenberg vill ha en TS-halt runt ca 18 % på ostkornen efter att de varit i kyltornen för att de ska få rätt konsistens samt binda till dressingen.

Från resultaten i Figur 14 samt 15 syns det tydligt att ostkornens TS-halt sjunker markant efter 2 timmar i den kylda bägaren, vilket gäller för samtliga tider för de ostkorn som stod på värmning. Dock så antogs det att TS-halten skulle öka ju längre ostkornen låg under värmning, vilket inte går i linje med utfallen i resultaten.

Under utförandet av Ysttank – och kyltornsprojektet förekom det flera felkällor som gör att resultatet inte är helt tillförlitligt:

- Det fanns inte tillräckligt med omrörare som fungerade för omrörning av ostkorn. Detta gjorde att varje försök fick delas upp i två delar som utfördes olika dagar. Eftersom försöket delades upp på två dagar utfördes varje delförsök med vassle samt ostkorn från olika ysttankar, vilket gjorde att försöken inte fick samma förutsättningar utan ostkornen hade olika kemisk sammansättning för varje delförsök.
- De kylda bägarna kom aldrig ner i den temperatur som ostkornen kyls med i kyltornen (4 °C) utan de hade en temperatur som låg mellan 4,7 – 5,3 °C, vilket kanske kan göra att ostkornen inte reagerar som de gör i stor skala.
- Även de omrörarna som kunde användas för omrörning med ostkorn slutade ibland fungera, vilket kanske kan ha påverkat ostkornens TS-halt i den bägaren. Under tiden omrörningen inte fungerade hoppade magneten som rörde om runt bland ostkornen och slog sönder dem en del, även detta kan ha påverkat ostkornens TS-halt eftersom de blev mer finfördelade.
- Under 60 och 90 minuters delförsöket orkade inte omröraren med värmning röra runt ostkornen, vilket gjorde att manuell omrörning fick användas tills hälften av ostkornen tagits ut efter 60 minuter. Med den manuella omrörningen kan vissa ostkorn gått sönder och blivit mer finfördelade, vilket kanske kan ha påverkat deras TS-halt jämfört med de hela ostkornen.

För att få mer statistisk styrka skulle fler försök ha gjorts och samtliga prover skulle komma från en och samma ysttank, samt att bättre och mer tillförlitlig utrustning skulle ha använts.

6 Slutsats

Två projekt har utförts för att försöka få fram resultat som ska hjälpa Arla Foods mejeri i Falkenberg att bättre styra sin process.

I syrningsprojektet var faktorerna temperatur och mjölkens proteinhalt samt 2-faktorsamspelet mellan temperatur och mjölkens proteinhalt signifikanta för syrningsförloppets tid ner till pH 5,7. I syrningsförloppets tid ner till pH 4,7 var samtliga faktorer (temperatur, mjölkens proteinhalt samt antal påsar syrningskultur) samt dess 2-faktorsamspel signifikanta av olika grad. Det enda som inte var signifikant var faktorernas 3-faktorsamspel.

Temperaturen var det som mest påverkade tiden ner till respektive pH medan en högre proteinhalt på mjölken gjorde att syrningsförloppet tog lite längre tid. I första försöket påverkade mängden syrningskultur syrningsförloppet markant med ca 105 minuter skillnad mellan proverna med minst samt mest mängd syrningskultur, medan mängden syrningskultur i resten av de 60 försöken knappt påverkade alls, det skiljde max ca 15 minuter mellan de proverna med minst och mest syrningskultur i de försöken.

Det sågs även en viss indikation att en högre proteinhalt på mjölken gjorde syrningsförloppet mindre beroende av mängden syrningskultur, det vill säga att vid högre halt protein i mjölken tenderar inte tiden för syrningsprocessen att påverkas av mängden syrningskultur, vilket kan innebära att man inte behöver korrigera mängden kultur i förhållande till mjölkens proteinhalt, men fler försök behövs för att veta om resultatet är signifikant.

Slutsatsen från syrningsprojektet är att utökade studier med fler identiska försök behöver utföras för att ge resultaten en större statistisk styrka.

I ysttänk – och kyltornsprojektet gjorde dess olika felkällor att resultaten inte kunde jämföras med varandra och den enda trend som kunde ses var att TS-halten sjönk markant efter det att ostkornen varit under omrörd kylning i två timmar. Detta behöver studeras ytterligare då det kan vara av stor vikt i produktionen att veta inom vilka tidsramar som TS-halten påverkas som mest av produktionsstörningar.

I framtida studier behöver en bättre metod utvecklas samt att ett utökat försöksunderlag behövs för att kunna ge signifikanta och understödda resultat.

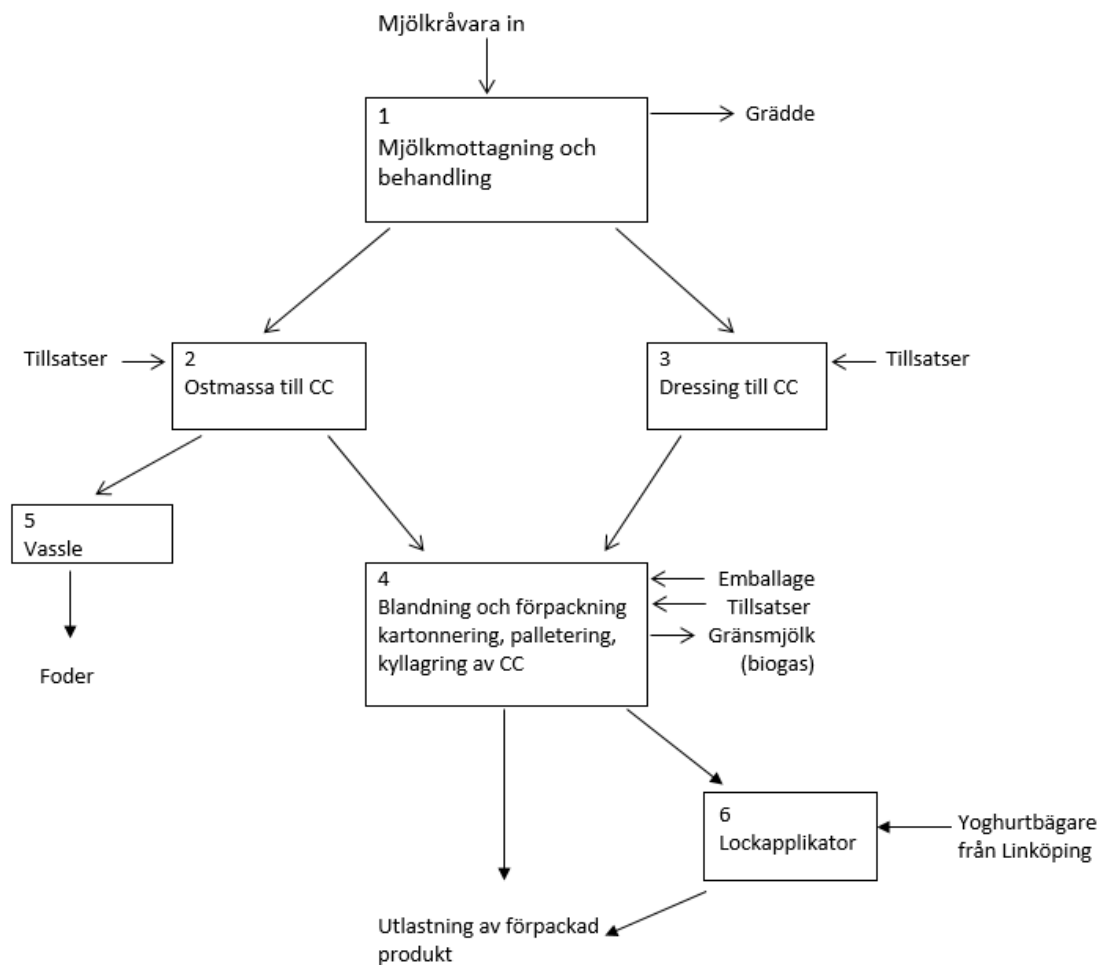
Referenser

1. Nationalencyklopedin. Keso. Available from: <https://www-ne-se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/keso>.
2. Hall, C.W., *Milk and Milk Products*, in *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 2007.
3. Fox, P.F., et al., *Fresh Cheese Products: Principals of Manufacture and Overview of Different Varieties*, in *Fundamentals of Cheese Science*. 2017, Springer US: Boston, MA. p. 543-588.
4. Ho, T.M., T. Howes, and B.R. Bhandari, *Methods to extend the shelf-life of cottage cheese – a review*. *International Journal of Dairy Technology*, 2016. **69**(3): p. 313-327.
5. Guinee, T.P., P.D. Pudja, and N.Y. Farkye, *Fresh Acid-Curd Cheese Varieties*, in *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Volume 2 Major Cheese Groups*, P.F. Fox, Editor. 1993, Springer US: Boston, MA. p. 363-419.
6. Bylund, G. et al., *Dairy processing handbook*. 2 ed. 2003: Tetra Pak Processing Systems AB.
7. Furugren, B., *Mejeri Kemi*. 1 ed. 2015: Svenska mejeriföreningars utbildningsgrupp.
8. Bejram, B. and H. Petterson, *Mejeriboken, Från gräs till konsument*. 1 ed. Vol. 1. 2003: Erhvervsskolernes Forlag.
9. Chandan, R.C., A. Kilara, and N.P. Shah, *12.2.3 Curd Production*, in *Dairy Processing and Quality Assurance (2nd Edition)*. John Wiley & Sons.
10. Fox, P.F., et al., *Chemistry of Milk Constituents*, in *Fundamentals of Cheese Science*. 2017, Springer US: Boston, MA. p. 71-104.
11. de Kruif, C.G., et al., *Casein micelles and their internal structure*. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2012. **171-172**: p. 36-52.
12. Singh, H., M. Boland, and A. Thompson, *6.4.1 The Dual-Binding Model for Micelle Assembly and Structure*, in *Milk Proteins - From Expression to Food (2nd Edition)*. Elsevier.
13. Fox, P.F., et al., *Starter Cultures*, in *Fundamentals of Cheese Science*. 2017, Springer US: Boston, MA. p. 121-183.
14. Jensen, S., Paul and J. Nielsen, *Jens, Mikrobiologi*. 1 ed. Vol. 1. 2001: Erhvervsskolernes Forlag.
15. Fox, P.F., et al., *Enzymatic Coagulation of Milk*, in *Fundamentals of Cheese Science*. 2017, Springer US: Boston, MA. p. 185-229.
16. Farkye, N., *Acid-and acid/rennet-curd cheeses part B: Cottage cheese*, in *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. 2004, Elsevier. p. 329-341.
17. Ong, L., et al., *The addition of calcium chloride in combination with a lower draining pH to change the microstructure and improve fat retention in Cheddar cheese*. *International Dairy Journal*, 2015. **46**: p. 53-62.
18. Lucey, J.A., *Formation, structural properties, and rheology of acid-coagulated milk gels*, in *Cheese*. 2017, Elsevier. p. 179-197.
19. Fox, P.F., T.M. Cogan, and T.P. Guinee, *Factors that affect the quality of cheese*, in *Cheese*. 2017, Elsevier. p. 617-641.
20. Fagan, C.C., et al., *Effect of cutting time, temperature, and calcium on curd moisture, whey fat losses, and curd yield by response surface methodology*. *Journal of dairy science*, 2007. **90**(10): p. 4499-4512.

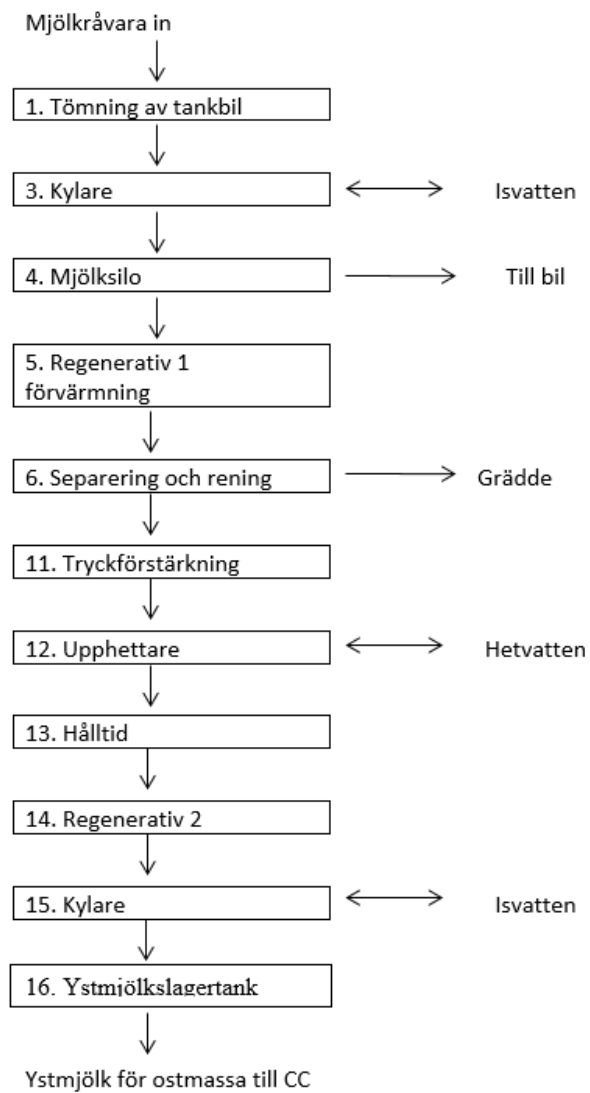
Bilagor

Bilaga 1 – Flödesscheman och processbeskrivningar

Övergripande flödesschema för Cottage Cheese tillverkning



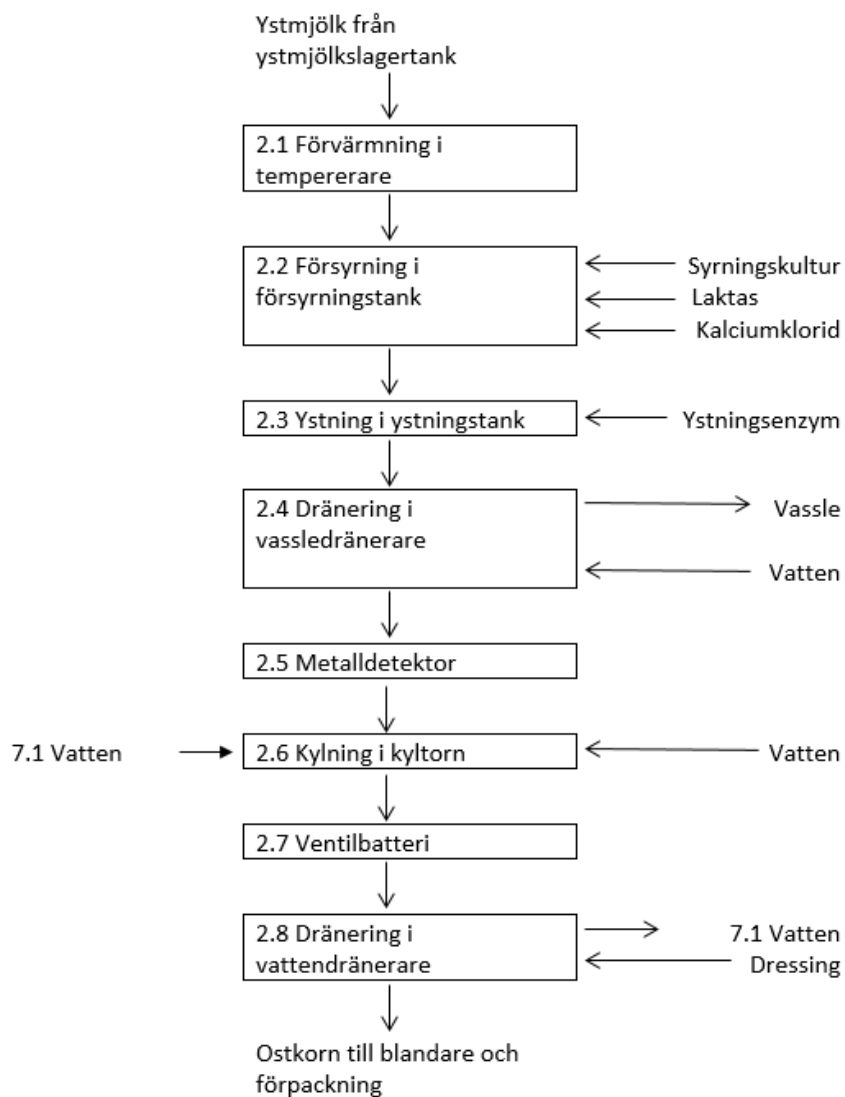
Figur B1. Övergripande flödesschema för cottage cheese tillverkning.



Figur B2. Flödesschema för mjölkottagning och mjölkbehandling.

Processteg	Processbeskrivning
↓	EKO samt ordinare helmjök,
1. Tömning av tankbil	Obehandlad mjök hämtas med tankbil på gårdarna och transporteras till mejeriet. Bilarna lossas i mjölmottagningshallen. Riktvärde för temperatur på bil och i silo är < 6°C. Varje bil och släp kontrolleras för antibiotika enligt rutin. Varje mottagningslinje har en sil som rensas vid varje CIP disk som sker en gång per dygn. Slangar är livsmedelsgodkända och byts regelbundet. Mottagnings slangar förvaras upphängda i hållare på väggar och stolpar när de ej används.
3. Kylare	Mjölken pumpas via kylare som kylv med isvatten till <6°C.
4. Mjölksilo	Det finns 6 silos med utrymme för 750 m ³ . Prov tas ut av operatör för kontroll av antibiotika, bakt, kem och lukt & smak. Antibiotikakontroll utförs enligt instruktion. Mjölken förvaras vid <6°C. Provtagningsmembran byts enligt instruktion .
5. Regenerativ 1 förvärmning	Mjölken förvärms regenerativt.
6. Separering och rening	Mjölken rensas och separeras till skummjök med en fetthalt <0.05% och grädde med 40% fetthalt. En del av grädden återblandas vid dressingtillverkningen och överskottsgrädden lastas ut.
11. Tryckförstärkning	Mjölken passerar tryckförstärkarpumpen för att få högre tryck på produktsidan i behandlingsaggregatet, >0,2 bar.
12. Upphettare	Mjölken värms till pastöriseringstemperatur min 72,5°C med hetvatten. Omslagskontroll inför varje uppstart, inbyggt i programmet.
13. Hålltid	Mjölken uppehålls min 15 sek i hållarcellen.
14-15. Regenerativ och kylning	Mjölken kylv regenerativt med isvatten till ca <8°C.
16. Ystmjölkslagertank	Mjölken förvaras i 6 tankar a`150 m ³ . Temperaturen är <8°C .
Ystmjök för ostmassa till CC	

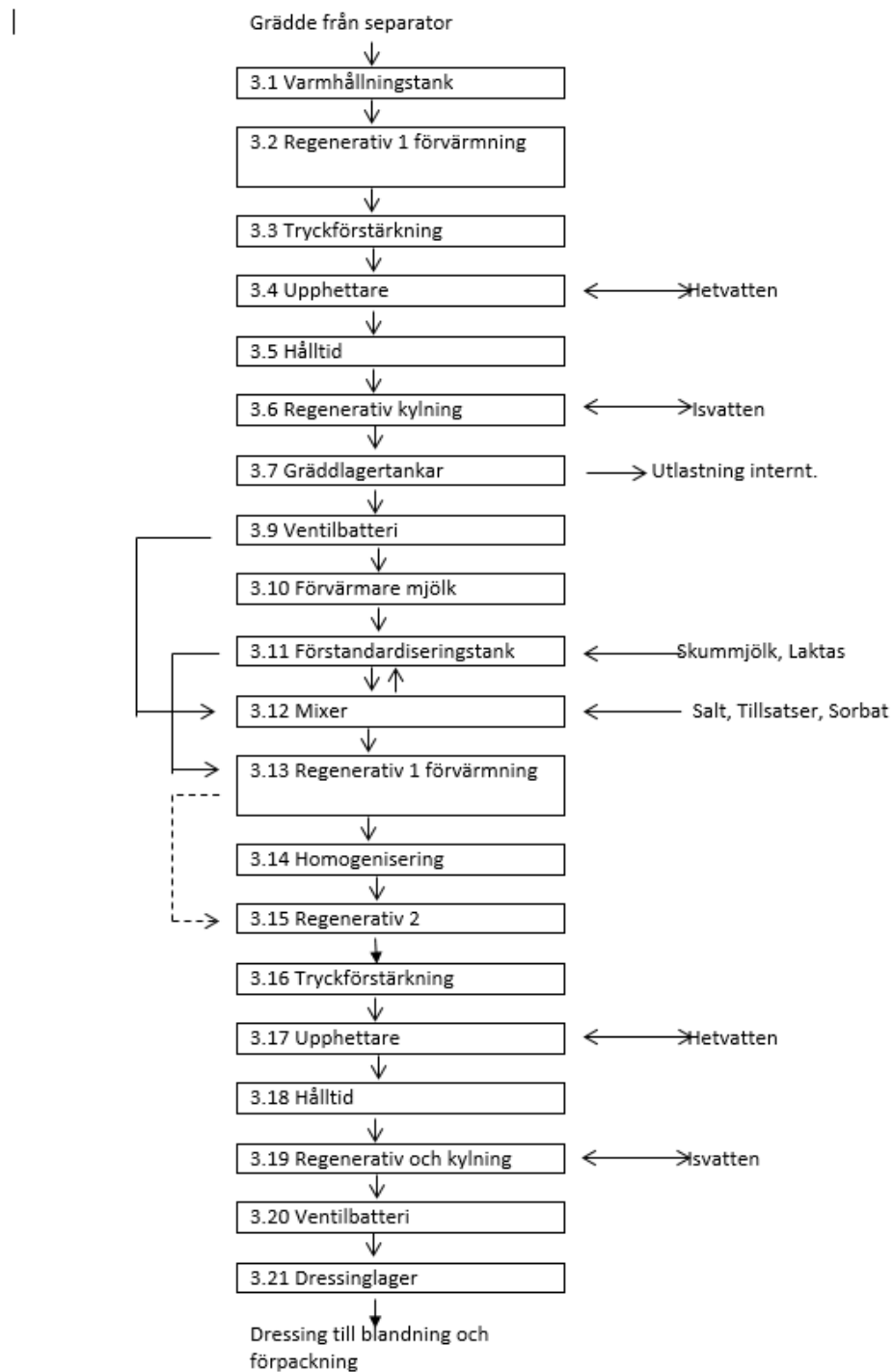
Figur B3. Processbeskrivning för mjölmottagning och mjökbehandling.



Figur B4. Flödesschema för ostmassa till cottage cheese.

Processteg	Processbeskrivning
Ystmjök från ystmjöklagertank	Laktosfri ystning. Ystning inklusive EKO
↓	
2.1 Förvärmning i tempererare	Värmning i värmväxlare till temperatur enligt recept
2.2 Försyrning i försyrningstank	4 st försyrningstankar Tillsats av syrningskultur, laktas och kalciumklorid enligt recept. Mottagningskontroll av kultur, laktas samt kalciumklorid sker.
2.3 Ystning i ystningstank	8 st ysttankar Tillsats av ystenzym enligt recept Koagulering till pH 4,5-4,9 Brytning med brytverktyg Värmning och rörning av ostmassa till sluttemp enligt recept
2.4 Dränering i vassletränerare	Vassle dräneras på matta i vassleavskiljare under sköljning av vatten
2.5 Metalldetektor	Från vassletränerare till kyltorn passerar ostmassan metalldetektor. Metalldetektorer kontrolleras tillsammans med utkastarventilen en gång/dygn.
2.6 Kylning i kyltorn	Ostkornen kyls med cirkulerande vatten i kyltorn till temperatur enligt recept
2.7 Ventilbatteri	Ventilbatteriet diskas med lut- och syradisk. Objekten diskas enligt diskmatris.
2.8 Dränering i vattendränerare	Vatten dräneras bort på matta i vattendräneraren. Ostmassan till blandare.
↓	
Ostkorn till blandare och förpackning	

Figur B5. Processbeskrivning för ostmassa till cottage cheese.



Figur B6. Flödesschema för dressing till cottage cheese.

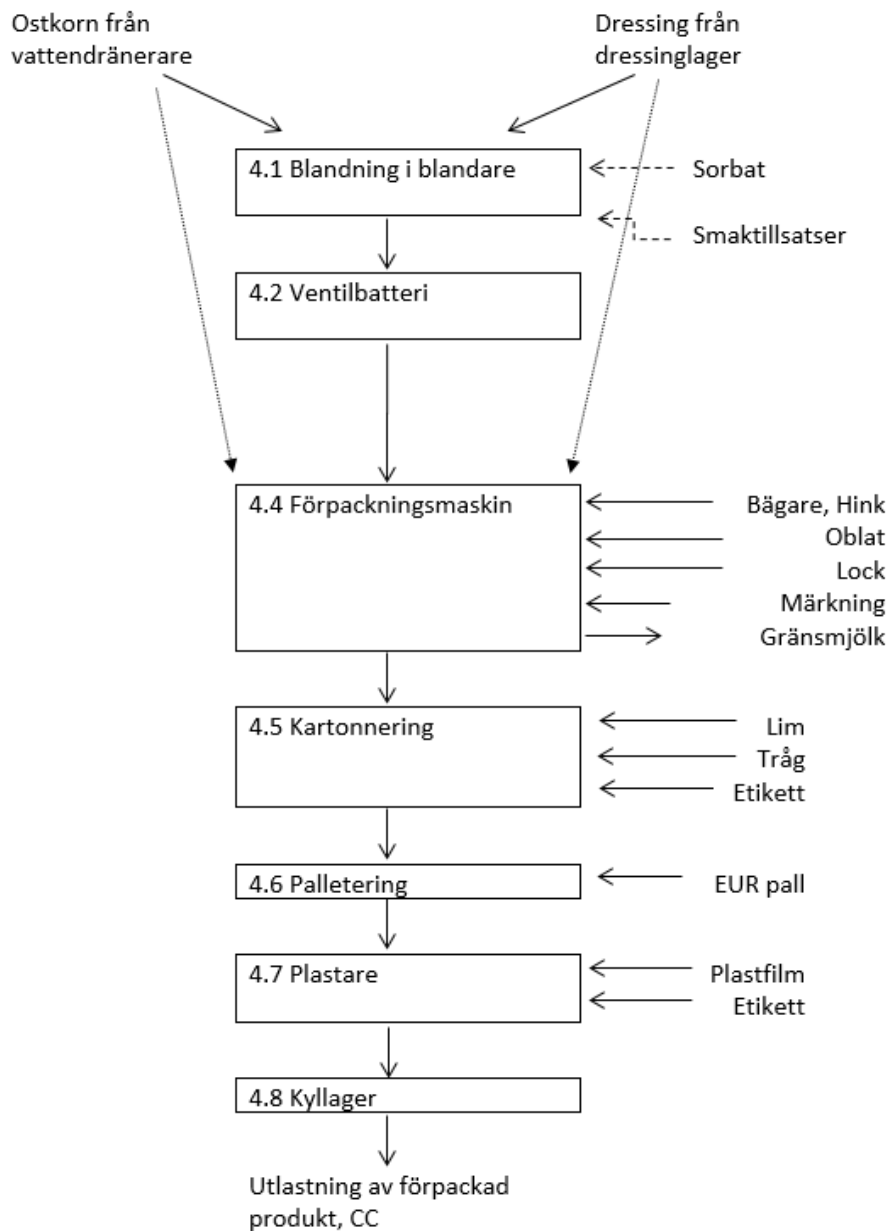


Processteg	Processbeskrivning
Grädde från mjölkseparator	Laktosfri dressing. EKO dressing. Övriga dressingar.
↓	
3.1 Varmhållningstank	Det finns 2 varmhållningstankar på 2,5 m ³ styck. Här tempereras grädden. Det finns maxtid för hur länge grädden får ligga innan tanken ska vara tömd och diskad.
3.2 Regenerativ 1 förvärmning	Grädden värms upp i regenerativ 1.
3.3 Tryckförstärkning	Trycket ökas upp till för att få högre tryck på utgående än ingående grädde.
3.4 Upphettare	Grädden hettas upp till 90,5°C med hjälp av hetvatten. Omslagskoll inför uppstart. Inbyggt i program.
3.5 Hålltid	Hållartiden är 2,5 sek.
3.6 Regenerativ kylning	Grädden kyls ned till 8°C med hjälp av isvatten.
3.7 Gräddlagertank	Det finns 4 stycken tankar på 15 m ³ styck. Temperaturen håller ca 6°C. Tanken är dubbelmantlad och kyls med isvatten. Objekten diskas enligt diskmatris. Överskottsgrädde lastas ut internt Arla Foods samt bulk.
3.8 Ventilbatteri	Ventilbatteriet diskas tillsammans med gräddtanksdisk och gräddutlastningslinje.
3.9 Förvärmare mjölk	Mjölken värms upp till ca mixningstemperatur/hydrolystemp via värmare på väg till förstandardiseringstank.
3.10 Förstandardiseringstank	Skummjolk, grädde och laktas till dressing blandas i tankarna enligt recept. Tankarna är 6 till antalet. De är mellan 4,6 m ³ och 12 m ³ . Här håller blandningen 6°C. Objekten ska diskas enligt diskmatris.

Figur B7. Processbeskrivning för dressing till cottage cheese, fortsättning i Figur B8.

3.11 Mixer	Här sker tillsats av salt, stärkelse, vasslepulver, protein och sorbat enligt recept. Tillsättning av tillsatserna sker i Mixer. Efter kärlet sitter en sil som fångar eventuella mindre partiklar, rensas enligt journal. Säckar med tillsatserna står på torrlager. Mixern ska diskas enligt rutindiskmatris.
3.12 Regenerativ 1 förvärmning	Dressingen värms upp.
3.13 Homogenisering	Dressingen homogeniseras.
3.14 Regenerativ 2	I regenerativ 2 värms dressingen upp ytterligare.
3.15 Tryckförstärkning	Trycket höjs för att få högre tryck på utgående än ingående dressing i pastören.
3.16 Upphettare	Dressingen hettas upp till 90°C i upphettaren med hjälp av hetvatten.
3.17 Hålltid	Hållartid enligt recept.
3.18 Regenerativ och kylning	Kylningen sker med hjälp av isvattencirkulation ner till 8°C.
3.19 Ventilbatteri	Ventilbatteriet diskas enligt diskmatris.
3.20 Dressinglager	Dressinglagret består av 15 stycken tankar mellan 3,5 m ³ och 12 m ³ styck. Här håller dressingen 6°C. Dressingen ska lagras mellan 0 och 10 timmar före användning. Objekten diskas enligt diskmatris.
↓	
Dressing till blandare och förpackning	Dressingen transporteras i "dressinglinjen" via en vattendrainerare till blandaren där den blandas med ostkornen. Transporteras även via ledning direkt till förpackningsmaskin efter recept. Objekten diskas enligt diskmatris.

Figur B8. Processbeskrivning för dressing till cottage cheese, fortsättning från Figur B7.



Figur B9. Flödesschema för blandning och förpackning av cottage cheese.

Processteg	Processbeskrivning
Ostkorn från vattendrainerare + Dressing från dressinglager	
↓	
4.1 Blandning i blandare	<p>Dressing och ostmassa tillsätts i blandaren och omröres sedan skonsamt för att ej skada kornen samt för att få en jämnt blandad produkt. Förpackningsoperatören väljer in den blandare som är godkänd av process. Grynast till förpackningsmaskin 6 går direkt från vattendrainerare till maskinen och dressing tillsätts vid fyllning av bägaren.</p> <p>*Dosering av Kaliumsorbatlösning för Cottage Cheese sortiment med förlängd hållbarhet. Dosering sker från IBC container direkt i blandare utifrån vikt. Två flödesmätare och vågcell reglerar och säkerställer rätt dosering. Funktionskontroll av flödesmätare görs. Smaktillsatser tillsätts från container via egen ledning till blandare. Mottagningskontroll sker. Objekten diskas enligt diskmatris.</p>
4.2 Ventilbatteri	<p>Fördelar produkt från blandare till förpackningsmaskiner. Förträngning av produkt mot gräns från blandare samt CIP-disk av blandare sker via ventilbatteriet. Förträngning av produkt i produktledning mot gräns och CIP-disk av produktledning och förpackningsmaskin sker via ventilbatteriet.</p>
4.4 Förpackningsmaskin	<p>Produkt läggs i plastbägare som försluts genom att ett aluminiumoblat svetsas fast mot bägare och ovanpå detta sätts ett plastlock. Alternativt sker förpackning i hink med plastlock. Bägare för nötlock märkes på undersidan och locken sätts på i annan lokal. Därefter transporteras produkten ut ur maskinen och passerar under en bläckstråleskrivare där märkning görs. Märkningen består av förpackningsdatum, bäst-före datum samt ID-nummer.</p> <p>Kvalitetsprov av förpackningsoperatör för att säkerställa att korrekt märkning sker. Man kontrollerar då även produktvikt, förpackningens täthet och en sensorisk bedömning görs. Prov tas ut för analys av lab. Underkänd produkt pumpas till gränstank. CIP-disk utförs enligt fastställda intervall.</p>

Figur B10. Processbeskrivning för blandning och förpackning av cottage cheese, fortsättning i B11.



4.5 Kartonnering	Trågresaren fylls på med well från pall av LLPoperatör. Trågen limmas, viks ihop och transporteras därefter till trågfyllaren. I trågfyllaren fördelas bågarna och lyfts sedan i trågen för vidare transport mot lagret. På vägen märks tråget med en etikett som visar artikelnr, aktuell produkt, bäst-före datum samt ID-nummer. Detta moment gäller ej för hink.
4.6 Palletering	När tråget når lagret lyfts den över på EUR-pall av en robot. Hink lyfts direkt av robot till EUR-pall.
4.7 Plastare	Pallen sveps in med sträckfilm och etikett appliceras.
4.8 Kyllager	Pallen kylförvaras tills det att den lastas ut på kyld distributionsbil.
↓	
Utlastning av förpackad produkt, Cottage Cheese	

Figur B11. Processbeskrivning för blandning och förpackning av cottage cheese, fortsättning från B11.

Bilaga 2 – Värden och resultat från syrningsprojektet samt ysttank – och kyltornsprojektet.

Tabell B1. Värden och resultat för syrningsprojektet.

Prov nr	Datum	Påsar	Beräknad mängd		Temperatur	Tid till 5,7	Tid till 4,7
			syrningskultur	Protienhalt Mjök			
1	20190205	5	11.73	3.383	31	217.5	390
2	20190205	6	14.08	3.383	31	200	330
3	20190205	7	14.63	3.383	31	185	318
4	20190205	8	18.77	3.383	31	170	285
5	20190206	5	11.5	3.64	31	245	390
6	20190206	6	13.82	3.64	31	240	375
7	20190206	7	16.13	3.64	31	235	375
8	20190206	8	18.43	3.64	31	237	375
9	20190206	5	11.53	4.011	31	244	390
10	20190206	6	13.83	4.011	31	230	380
11	20190206	7	16.14	4.011	31	228	375
12	20190206	8	18.44	4.011	31	232.5	380
13	20190212	5	11.58	3.383	32	202.5	360
14	20190212	6	13.89	3.383	32	195	345
15	20190212	7	16.21	3.383	32	202	345
16	20190212	8	18.52	3.383	32	202.5	345
17	20190213	5	11.59	3.64	32	219	375
18	20190213	6	13.91	3.64	32	202.5	360
19	20190213	7	16.23	3.64	32	210	352.5
20	20190213	8	18.55	3.64	32	200	351
21	20190214	5	11.34	4.011	32	219	375
22	20190214	6	13.61	4.011	32	212	360
23	20190214	7	15.88	4.011	32	210	360
24	20190214	8	18.15	4.011	32	214	367.5
25	20190219	5	11.45	3.383	33	180	345
26	20190219	6	13.74	3.383	33	180	337.5
27	20190219	7	16.03	3.383	33	185	330
28	20190219	8	18.32	3.383	33	195	330
29	20190220	5	11.75	3.64	33	185	330
30	20190220	6	14.11	3.64	33	185	330
31	20190220	7	16.46	3.64	33	185	325
32	20190220	8	18.81	3.64	33	180	315
33	20190221	5	11.67	4.011	33	192	345
34	20190221	6	14.01	4.011	33	192	340
35	20190221	7	16.34	4.011	33	195	337.5
36	20190221	8	18.57	4.011	33	192	342
37	20190226	5	11.54	3.383	34	155	315
38	20190226	6	13.85	3.383	34	152	307.5
39	20190226	7	16.15	3.383	34	151	307.5
40	20190226	8	18.46	3.383	34	152	307.5

41	20190227	5	11.67	3.64	34	157.5	307.5
42	20190227	6	14	3.64	34	157.5	307.5
43	20190227	7	16.33	3.64	34	157.5	307.5
44	20190227	8	18.57	3.64	34	157.5	300
45	20190228	5	11.42	4.011	34	166	315
46	20190228	6	13.7	4.011	34	166	315
47	20190228	7	15.98	4.011	34	168	315
48	20190228	8	18.27	4.011	34	173	315
49	20190402	5	11.41	3.64	32	191.5	352.5
50	20190402	6	13.69	3.64	32	185.4	341.3
51	20190402	7	15.97	3.64	32	185	342
52	20190402	8	18.26	3.64	32	185.4	345
53	20190403	5	11.6	3.64	32	199.5	351
54	20190403	6	13.92	3.64	32	188.2	345
55	20190403	7	16.24	3.64	32	198.8	345
56	20190403	8	18.56	3.64	32	200.8	345
57	20190402	5	11.47	3.64	32	207	360
58	20190402	6	13.77	3.64	32	206.8	348.8
59	20190402	7	16.06	3.64	32	210	351
60	20190402	8	18.36	3.64	32	214.4	349.3

Tabell B2. Värderna och resultat för ysttank – och kyltornsprojektet.

TS - halt (%)	Försök			
	nr	Försök nr2	Försök nr3	Försök nr4
	1	2	3	4
YT 0 min	25.23	24.32	22.16	23.34
YT 0 min KT 2 tim	15.5	18.24	16.39	16.80
YT 0 min KT 4 tim	16.99	17.98	15.80	17.00
YT 0 min KT 6 tim	16.57	17.91	15.80	16.49
YT 30 min	22.23	23.62	22.48	23.87
YT 30 min KT 2 tim	16.49	17.80	16.96	16.24
YT 30 min KT 4 tim	15.92	17.06	16.41	15.98
YT 30 min KT 6 tim	16.22	17.20	16.62	16.01
YT 60 min	24.19	22.62	22.92	24.53
YT 60 min KT 2 tim	17.66	16.76	16.26	16.75
YT 60 min KT 4 tim	17.17	16.30	16.25	15.82
YT 60 min KT 6 tim	16.99	16.50	15.90	15.15
YT 90 min	21.79	22.96	22.89	23.84
YT 90 min KT 2 tim	17.28	17.10	16.02	18.14
YT 90 min KT 4 tim	17.17	16.64	15.97	17.85
YT 90 min KT 6 tim	15.67	16.76	15.87	17.74