

C 2

8

K O N D E N S E R T E M E L K E P R O D U K T E R .

F o r e l e s n i n g e r

ved

Kjell Steinsholt

-1963-

I N N H O L D

	Side
I. Definisjoner og kvantitative minimumskrav.....	1
II. Historikk.....	2
III. Litt om varmebehovet ved kondensering.....	5
IV. Kvalitetskrav til melk som skal kondenseres.....	7
V. Kontrollmetoder.....	8
VI. Fremstilling av sukret kondensert melk.....	11
A. Standardisering av forholdet fett/ffmt.....	13
B. Forvarming.....	16
C. Tilsetning av sukker.....	19
D. Tidspunktet for tilsetningen av sukker.....	22
E. Kondenseringen.....	23
F. Avkjøling og tvungen krystallisering.....	28
VII. Fremstilling av sukret kondensert skummet melk.....	32
VIII. Kondenserte myseprodukter.....	32
IX. Pakking av sukrete kondenserte melkeprodukter.....	33
X. Fremstilling av kondensert sterilisert (evaporert) melk.	34
A. Standardisering.....	34
B. Forvarming	35
C. Kondensering.....	37
D. Homogenisering.....	38
E. Kjøling.....	39
F. Fylling i bokser.....	39
G. Sterilisering.....	40
H. Kjøling.....	42
I. Rysting.....	42
XI. Generelt om bestemmelse av steriliseringstid og tempera- tur.....	42
XII. Vanlig kondensert (usterilisert)melk.....	48
XIII. Faktorer som har virkning på de fysisk-kjemiske egen- skapene til den kondenserte melka som har størst betyd- ning for produktets salgbarhet.....	50
A. Varmestabiliteten.....	50
1. De fysisk-kjemiske egenskapene til den opprinne- lige melka.....	51
2. Produksjonsteknikken.....	52
B. Viskositeten.....	53
C. Tilsetning av stabilisatorer for kontroll av stabiliteten og viskositeten.....	55

	Side
XIV. Mikroorganismer og enzymer i kondenserte melke- produkter og feil som disse kan være årsak til.....	56
A. Kondensert usterilisert melk.....	56
B. Overopphetet kondensert melk.....	56
C. Sukret kondensert melk.....	56
D. Evaporert melk.....	59
XV. Ikke-biologiske feil i kondenserte melkeprodukter...	60
A. Sukret kondensert melk.....	60
1. Bunnfelling av laktose.....	61
2. En økende viskositet under lagring.....	62
3. Oksydert smak.....	63
4. Brunfarging.....	64
B. Evaporert melk.....	64
1. Utfnokking.....	64
2. Fett-oppfløtning.....	64
3. Bunnfelling.....	64
4. Brunfarging.....	65

I. Definisjoner og kvantitative minimumskrav.

Generelt sett er kondensert eller konsentrert melk vanlig frisk helmelk eller skummetmelk hvor en stor del av vannet er fjernet ved fordampning. Den kondenserte melken lages med eller uten tilsetning av sukker (sakkarose, dextrose o.l.) og produktene kalles da naturlig nok henholdsvis sukret eller usukret kondensert melk.

Etter de norske forskriftene av 27. juli 1953 skal slike kondenserte produkter bare selges til konsumentene i hermetisk lukkede beholdere hvor fabrikantens navn, produksjonssted og varens nettovekt skal være påført. Dessuten skal det være angitt på boksene om varen er framstilt av helmelk eller skummet melk. Alle typer kondensert melk kan imidlertid selges til storforbrukere som bakere, konditorier, iskremfabrikker osv. i "løs vekt". 1/1 boks usukret kondensert melk skal inneholde netto 335 g og 1/2 boks 168 g. Nettovekten av 1/1 boks sukret kondensert melk skal være minst 390 g.

Forskriftene våre bestemmer videre at varen ikke må inneholde mindre enn 30 g melketørrstoff pr. 100 g av den sukrete og ikke mindre enn 25 g melketørrstoff pr. 100 g av den usukrete varen. Kondensert helmelk må ikke inneholde mindre enn 7,8 g fett/100 g.

Food and Agriculture organization of the United Nations (F.A.O.) har vedtatt under "Code of principles concerning milk and milk products" følgende minimumskrav for at varen skal bringes på det internasjonale markedet. Disse bestemmelsene er tiltrådd av en rekke medlemsland, bl. a. Norge.

<u>Kondensert helmelk:</u>	Usukret	Sukret
Fett, minimum.....	7.5 %	8,0 %
Melketørrstoff, minimum...	25.0 "	28.0 "
<u>Kondensert skummetmelk:</u>		
Melketørrstoff, minimum...	20.0 %	24.0 %

Produkter som ikke fyller disse kravene, kan ikke merkes "usukret kondensert melk", "sukret kondensert melk", "usukret kondensert

skummetmelk" eller "sukret kondensert skummetmelk", "evaporert melk", "evaporert hel melk", eller "evaporert skummetmelk". Hvis disse minimumskravene er oppfylt, kan produsenten utenpå boksene med kondensert helmelk sette en etikett med produktets aktuelle fettinnhold og innhold av melketørrstoff.

Ved eksport av kondensert melk må produktet minst fylle importslandets minstekrav når det gjelder innholdet av fett og melketørrstoff.

I tillegg til de nevnte formene for kondensert melk, finnes det på markedet også kondenserte myseprodukter og kondenserte spesialprodukter med et vesentlig større innhold av melketørrstoff. De forskjellige typer av kondensert melk som er beregnet på å tilfredsstille en bestemt industris ønsker om varmebehandling, fettinnhold, innhold av fettfritt melketørrstoff, innhold av sukker osv., produseres på spesialbestilling. I Danmark er det t.d. ikke uvanlig at kondenseringsfabrikkene leverer iskremsetter med bestemte innhold av fett og fettfritt melketørrstoff til iskremfabrikkene.

II. Historikk.

De første positive forsøk med kondensering av melk ble utført av den franske forskeren Nicolas Appert. Allerede i 1796 publiserte han noen av sine resultat fra varmpreservering av en rekke forskjellige matvarer, både vegetabiliske og animalske. Hans fremgangsmåte ved konservering av melk var først å konsentrere denne i vannbad til ca. 2/3 av opprinnelig volum. Konsentratet ble så silt, avkjølt og fylt på flasker. Disse ble fylt helt fulle, korket godt igjen og holdt i kokende vann i 2 timer. Produktet ble så holdbart av Napoleon brukte det som en del av provianten til den franske marinen i de første åra av det 19. hundreåret. Apperts resultater ble i tidsrommet 1820-1850 verifisert av en rekke andre forskere, og produksjonsteknikken ble forbedret.

Fabrikkasjonen av kondensert melk fikk imidlertid ingen større

komersiell betydning før amerikaneren Gail Borden i 1853 patenterte en metode for kondensering under vakum. Etter flere mislykte forsøk på å opprette en levedyktig industri basert på denne patenten, ble Bordens arbeid kronet med hell i 1858 da New York Milk Company ble opprettet med Borden som leder.

Opprettelsen av de store konserner som i dag for en stor del dominerer verdensmarkedet, foregikk i siste halvdel av det 19. og i de første åra av det 20. århundre. I begynnelsen av 1860-åra ble The Anglo Swiss Condensed Milk Company startet i Sveits, og dette firmaet opprettet datterselskaper bl. a. i U.S.A. De amerikanske datterselskapene ble imidlertid kjøpt opp av Borden's Condensed Milk Company. I 1904 gikk fabrikantene i Sveits sammen med Henry Nestlé og dannet selskapet Nestlé-Anglo Swiss Condensed Milk Company. De Norske Melkefabrikker med produksjonsavdelinger på Hamar og i Levanger er et datterselskap av dette konsernet.

Inntil 1880-åra var det utelukkende sukret kondensert melk som ble solgt i hermetisk lukket blikkembalasje. Den usukrete melka ble bare solgt i løs vekt direkte til forbruker og hadde naturligvis en meget begrenset holdbarhet.

Sveitseren J.B. Meyenberg kom på å varmebehandle den kondenserte melka under trykk, og etter mange eksperimenter fikk han et sterilt og holdbart produkt uten sukertilsetning. Han uteksperimenterte i denne forbindelse en roterende autoklav og patenterte samtidig framstillingsteknikken som gikk ut på sterilisering med damp under trykk til 115.6°C , mens boksene stadig ble holdt i rotasjon. Hans patenter ble fra 1885 utnyttet av hans nyopprettede firma, Helvetia Milk Condensing Company. (Illinois, U.S.A.)

Den nye melketypen slo imidlertid ikke straks igjennom. Den fikk naturlig nok en kokt smak og også sterk brunfarging. Etterhvert som utstyret ble bedre, homogenisering ble tatt i bruk, og en fikk et bedre innblikk i de prosesser som foregikk under

kondenseringen og steriliseringen, slik at en til en viss grad kunne kontrollere viskositeten og varmestabiliteten til produktet, ble den kondenserte usukrete melka bedre. I dag utgjør den minst 90 % av den totale produksjonen av kondensert melk.

Selv om det tekniske utstyret har gjennomgått en stor utvikling fra midten av 1800-tallet til i dag også med hensyn til fremstillingen av kondenserte melkeprodukter, er metodene som brukes i prinsippet de samme som Gail Borden og Meyenberg uteksperimenterte. Det har vært gjort forsøk på andre produksjonsmetoder, t.d. ved å sende opphetet luft gjennom melk, ved koking ved atmosfærisk trykk eller ved utfrysing av vannet. Ingen av disse metodene har ennå fått noen større utbredelse, og kondensering blir ennå for det meste utført under vakum som i Gail Bordens prosess og steriliseringen blir fremdeles utført under damptrykk som introdusert av Meyenberg.

Det er vanskelig å finne verdier for verdens-produksjonen av kondenserte melkeprodukter i dag, men en del av de viktigste lands produksjon i tonn er samlet i følgende tabell:

	1959	1960	1961
Vest-Tyskland	335 000		386 000
Nederland	339 000		327 000
U.S.A.	1 603 000	1 594 000	
Japan	47 000		
Australia	62 000		
U.S.S.R.	456.7 mill enheter		514.6 mill enheter
Norge	ca.10 000		
Verdens produksjon etter FAO	2 994 000		

F.A.O.'s tall for verdensproduksjonen omfatter ikke Sovjet og

flere andre til dels store produsenter av kondensert melk. Tallet er derfor for lavt.

III. Litt om varmebehovet ved kondensering.

I kondensmelk-industrien blir nå praktisk talt all indampning foretatt under redusert trykk. Ved dette oppnår en først og fremst en skånsom varmebehandling av produktet, dernest går fordampningen hurtigere og prosessen blir billigere.

Varmebehovet ved inndamping av melk er avhengig av melkas temperatur før kondenseringen, av koketemperaturen og dermed av trykket, av melkens spesifikke varme, fordampingsvarmen eller den indre latente varme og den ytre latente varmen. Den siste størrelsen representerer den termiske ekvivalent til den energi som skal til for å øke volumet fra væske til damp.

Den varmemengden som skal til for å bringe melka fra opprinnelig temperatur til kokepunktet bestemmes ved følgende likning:

$$Q = (t_k - t_o) \text{ sp.v. } \cdot M$$

hvor t_k er koketemperatur

t_o " opprinnelig temperatur

sp.v." spesifikk varme

M " mengde i kilo

Den spesifikke varmen for melk er normalt satt til 0.93 Cal pr. kg.

Ved inndamping under vakuum er den varmemengden som trenges for å bringe væsken opp til kokepunktet, mindre enn ved inndamping ved atmosfæretrykk.

Fordampingsvarmen, eller den indre latente varmen, varierer ganske sterkt med trykket. Fordampingsvarmen stiger med avtagende trykk og varmebehovet til fordamping er derfor høyere under vakuum enn ved atmosfæretrykk. Ved 150 mm Hg som tilsvarer en koketemperatur av vann på 60°C, er den indre latente varmen 526.4 Cal pr. kg, mens den

ved 760 mm Hg er 498.2 Cal/kg.

Den ytre latente varmen som tilsvarer den termiske ekvivalen-
ten av det arbeidet som utføres når væsken går over til damp, er
også avhengig av trykket. Når fordampingen foregår ved atmosfære-
trykket, er trykket over den kokende væsken 1.0333 kg/cm^2 . En må
tilføre energi når væsken skal over i damp for å overvinne dette
trykket. Skjer fordampingen under vakum ved 60°C er trykket bare
 0.203 kg/cm^2 . Imidlertid blir ikke den ytre latente varmen redusert
tilsvarende fordi 1 kg damp ved det lavere trykket opptar langt
større plass enn ved 1. atm. 1 kg damp ved 100°C har et volum på
 1671 dm^3 mens den ved 60°C opptar et volum på 7660 dm^3 .

Den ytre latente varmen ved 760 mm Hg utgjør 40.5 Cal/kg, mens
den ved 150 mm Hg utgjør 36.3 Cal/kg.

I tillegg til de faktorene som her er nevnt, har en den ter-
miske ekvivalent til den energi som tilføres systemet fra vakum-
pumpa når denne ved fjerning av kondensvannet må overvinne trykk-
forskjellen mellom vakumsiden og atmosfæresiden. Denne varmemengden
blir anslått til 28 Cal/kg fordampet vann.

På grunnlag av disse opplysningene kan en sammenlikne kalori-
behovet ved fordamping ved atmosfæretrykk og under vakum. Eksempel-
vis kan en gå ut fra 100 l melk av 20°C som skal konsentreres til
40 l, dvs. at 60 liter vann skal fjernes. En nytter en kokotempera-
tur på 60°C i vakumkokeren.

	60°C 150 mm Hg		100°C 760 mm Hg	
Oppvarming til kokepunktet	(60-20)1000x0.93 = 3720		(100-20)1000x0.93 = 7440	
Indre latente varme	60 x 526.4	= 31584	60 x 498.2	= 29892
Ytre latente varme	60 x 36.4	= 2184	60 x 40.5	= 2430
Energi utviklet av vakumpunpe	60 x 28	= 1680		
	39168		39762	

På grunnlag av disse beregningene ser en at kaloribehovet under de nevnte forutsetninger er noe mindre ved fordamping under vakum enn ved atmosfæretrykk. I praksis er forskjellen imidlertid enda større enn disse tallene viser. Ved inndamping under vakum arbeides det ved lavere temperatur og varmetapet til omgivelsene blir vesentlig mindre enn når inndampingen skal skje ved atmosfæretrykk. I de nyere to og tre trinns vakumkokerne er varmebehovet også redusert på grunn av regenerativvirkning.

IV. Kvalitetskrav til melk som skal kondenseres.

Stort sett stiller en de samme krav til melk som skal brukes som råvare i kondensmelkindustrien som til melk som skal selges til konsum eller brukes til fremstilling av andre produkter. En må imidlertid stille ekstra strenge krav til varmestabiliteten. Denne er bl. a. avhengig av melkas surhet. Det er derfor av den største betydning at melka behandles og oppbevares slik at en hindrer mikrobiell vekst og produksjon av melkesyre.

En dårlig varmestabilitet kan også ha rent kjemiske årsaker. T.d. er en økende viskositet ved lagring (age thickening) en ganske vanlig feil i sukret kondensert melk. Samel og Muers har vist at et høyt innhold av anjoner - og da særlig fosfater og sitrater - kan være en vesentlig årsak til denne feilen. Et høyt innhold av divalente katjoner, og da særlig Ca^{++} , er særlig viktig for varmekoagulasjon. Forholdet mellom konsentrasjonen av divalente katjoner og di og tri valente anjoner ser derfor ut til å ha stor betydning for stabiliteten til de kondenserte melkeproduktene. Dette forholdet kalles saltballansen, men noen kvantitative mål for denne er ennå ikke blitt alment vedtatt.

Rein melk, og ikke rensset melk, er selvsagt det ideelle råmaterialet for kondensmelk-industrien. Likevel er det oftest nødvendig å filtrere eller slamsentrifugere melka for å få bort synlige forurensninger. En sentrifugering vil virke mer tiltalende enn en filtrering. Ved filtreringa vil melka bli presset gjennom et filter som blir mer og mer urent, og den intime kontakten mellom smuss og melk øker muligheten for smaksfeil. Dahle og Josephson fant at en slamsentrifugering bedret holdbarheten til kondensert melk og tørr melk, etter deres mening fordi ca. halvparten av fosfatidene ble fjernet fra fettkulenes overflate. Forfatterne utelukker imidlertid ikke at det kan være andre stoff som katalyserer oksydasjonsprosessene som fjernes under sentrifugeringen og gir produktet en bedret holdbarhet.

V. Kontrollmetoder.

Det er nødvendig for kondenseringsfabrikkene å foreta en rekke kontrollprøver og analyser av den melka de skal kondensere, enten denne kommer fra meieri eller direkte fra leverandører. Slike prøver kan for enkelhets skyld grupperes slik:

1. Analyser av stoffinnholdet i melka.
2. Prøver for å få klarlagt de hygieniske forhold som melka er produsert under.
3. Prøver til å bestemme melkas varmestabilitet.

De kondenserte melkeproduktene må oppfylle bestemte minimumskrav med hensyn til melkefett og melketørrstoff. Fettprøver og tørrstoffprøver er derfor nødvendig både for kontroll og som grunnlag for beregninger. I U.S.A. er det heller ikke uvanlig at det blir foretatt prøver med henblikk på å oppdage om det er tilsatt vann til melka hvis fettinnholdet eller tørrstoffinnholdet er unormalt lavt. Slike prøver utføres mest ved frysepunktbestemmelser.

En lukt og smaksprøve kan avsløre dårlig melk ganske effektivt, og en slik prøve bør inngå som en rutineprøve. Det er også viktig at det føres kontroll med bakterieinnhold og syreproduksjon i råmaterialet. Reduktaseprøven er ofte nyttet som et kvantitativt mål for bakterieinnholdet. Direkte mikroskopisk undersøkelse av bakteriefloraen brukes en del i U.S.A. både for å bestemme antall bakterier, og for å få et bilde av de bakterieartene som dominerer.

Titring eller SH-bestemmelse og pH-målinger har ofte vært brukt for å oppdage en begynnende syring. Titring av melka har t.d. vært i bruk en del i U.S.A., og enkelte kondenseringsfabrikker har avvist melk med for høy titer.

Nå har melka imidlertid en naturlig titer vesentlig på grunn av melkas proteiner og fosfatider, og den delen av titeren som skyldes melkesyre, kan ikke uten videre bestemmes ved titring. En høy titer kan nemlig bety en tørrstoffrik melk og dermed en verdifull råvare. Titeren i melk fra enkeltkyr kan variere innenfor vide grenser, men også melk fra forskjellige besetninger kan ha store variasjoner i titer (t.d. 7-10 SH). Et titreringsresultat bør derfor alltid vurderes nøye og eventuelt kontrolleres med en

pH-bestemmelse.

I følge Hunziker er en pH-måling bedre egnet til å påvise en begynnende syrning. Han angir at pH i normal melk ligger mellom 6.6- og 6.8. Hvis en melk med naturlig titer på 7 SH får en syrestigning slik at titeren blir 10 SH, vil pH synke til ca. 6.0. Ved titrering alene ville imidlertid et titreringsresultat på 10 SH ikke kunne betraktes som unormalt. Det er også vanskelig å sette bestemte grenser for hvor høy pH må være for at melka skal være akseptabel. Generelt vil en imidlertid måtte betrakte en melk med lavere pH enn 6.4 som mindre god til kondensering.

Ling har utarbeidet en metode for direkte kolorimetrisk bestemmelse av melkesyre i melk, og denne prøven kan rimeligvis med fordel nyttes som kontroll. Metoden går ut på å måle fargestyrken av et ferrilaktat kompleks i et protein- og sitronsyrefritt filtrat.

Forøvrig har sediment-prøven vært i bruk for å plukke ut melk som ikke egner seg til fremstilling av kondensmelk.

Alkohol-prøven blir nyttet en del til å kontrollere melkeproteinenes stabilitet. Metoden går ut på at en blander like deler melk og 70 %-ig alkohol i et reagensglass. Prøven vendes noen ganger og en observerer om det blir utfellinger på glassveggen. Det hevdes at denne prøven er godt egnet til å kontrollere melkas varmestabilitet, og at den påviser varmelabil melk enten årsaken er syreproduksjon eller feil i saltballansen. Dahlberg og Gardner trakk den slutningen så tidlig som i 1921 at alkoholprøven var bedre egnet enn titrering når det gjaldt å forutsi varmestabiliteten til melka. Erfaring og forsøk har seinere vist at melk som koagulerer ved alkoholprøven har større sjanser til å koagulere under kondenseringsprosessen enn melk som ikke koagulerer ved denne prøven,

men noen fullgod indikator er imidlertid heller ikke denne prøven.

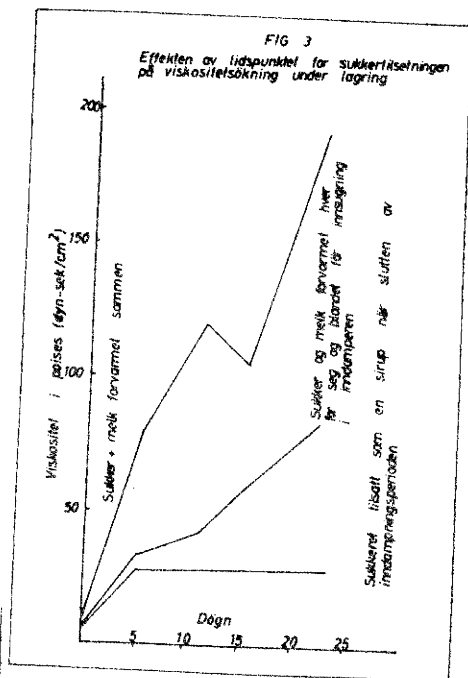
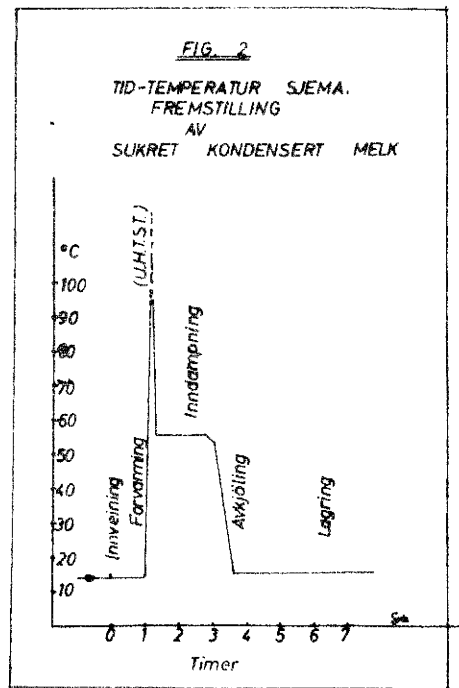
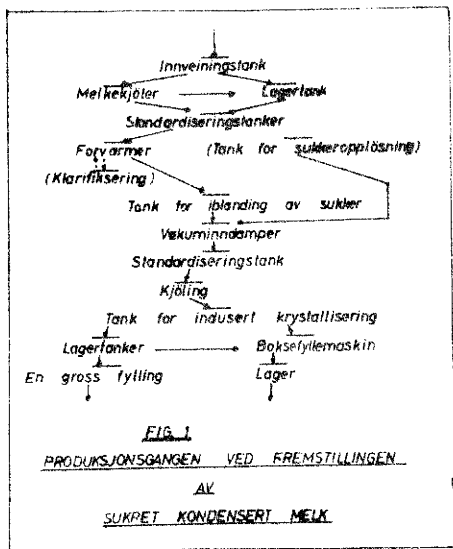
Fosfat-prøven er utarbeidet av Ramsdell, Johnsen og Evans.

De prøvde forskjellige tilsetningsmengder av KH_2PO_4 til melk og fant at hvis melka koagulerte ved tilsetning av 10 % 0.5 M kaliumdihydrogenfosfat og koking i 5 minutter, ville den som regel koagulere ved kondensering og sterilisering. Forfatterne hevder at denne prøven kan brukes til å plukke ut melk som ellers ville forringe kvaliteten i kondensmelka, selv om en del av råmaterialet er av god varmestabilitet.

VI. Fremstilling av sukret kondensert melk.

Sukret kondensert melk er vanligvis konsentrert til ca. 40 % av opprinnelig volum. Den er videre tilsatt mellom 40 og 45 % sukker, enten bare sukrose eller også sukrose + dekstrose. Den sukrete kondenserte melken fylles i bokser for detaljsalg. Til næringsmiddelindustrien selges den ofte på fat eller i tretønner. Det høye sukkerinnholdet gjør varen meget holdbar.

Produksjonsgangen ved fremstilling av sukret kondensert melk er fremstilt i figurene 1 og 2.



A. Standardisering av forholdet fett/ffmt.

Det er flere forhold som gjør det nødvendig å kunne standardisere kondensert melk. For det første er det bestemte forskrifter som må tilfredsstilles. For det andre er det nødvendig at et produkt som selges i lukket emballasje har en ensartet kvalitet og en sammensetning som nøyaktig svarer til den som er angitt utenpå emballasjen. For det tredje vil en varierende sammensetning ha stor betydning for bl. a. viskositeten av produktet, og dette kan både gi problemer i produksjonsteknikken og ugunstige reaksjoner hos kundene. Ved en standardisering vil en også kunne korrigere for sesongmessige variasjoner, enten ved tilsetning av melkefett eller fettfritt melketørrstoff.

For at det skal være mulig å utføre en standardisering må en ha analysemetoder som hurtig gir pålitelige resultater. Mange kondensmelkfabrikker i utlandet er derfor utstyrt med Mojonnier Tester, og ved hjelp av denne kan en i løpet av ganske kort tid bestemme melkens fettinnhold og tørrstoffinnhold. De fabrikkene som ikke har anskaffet seg en Mojonnier Tester, må naturligvis bruke andre analysemetoder. Fettbestemmelsen kan utføres ved en gerberering. Vanlig tørrstoffbestemmelse med tørring i tørreskap kan nyttes. Metoden er imidlertid tidkrevende, men under forutsetning av at de daglige variasjonene er små, kan en normalt nytte resultatet fra en dag i beregningene den neste. Forøvrig er det fremstilt flere kontinuerlige tørrstoffmetoder basert på hurtigtørring. Formoltitrering eller Kjeldahl analyser har vært brukt til en vurdering av melkens innhold av tørrstoff. Bestemmelse av protein ved fargebindingsmetoder vil trolig være enklere og mer nøyaktig.

Forøvrig er nye metoder for bestemmelse av både fett og tørrstoff i melk under utarbeidelse. Metodene er enten basert på

absorpsjon av infrarødt eller ultrafiolett lys i homogenisert melk eller på absorpsjon av ultralyd av spesielle bølgelengder.

For å spare arbeid og få sikrere resultater ved standardiseringen, er det viktig at en har relativt store lagertanker for melka og at røringen i tankene er tilfredsstillende.

Beregningene for standardisering av melka før kondensering kan generelt utføres etter følgende fremgangsmåte:

En har på forhånd bestemt det fettinnholdet og innholdet av melketørrstoff som det ferdige produktet skal ha. Vi kan kalle fettinnholdet for F_k og innholdet av melketørrstoff for T_k . Da er innholdet av ffmt $ffmt_k = T_k - F_k$. Vi definerer nå en størrelse R på denne måten:

$$R = F_k / ffmt_k$$

altså forholdet mellom ønsket fettinnhold og ønsket innhold av ffmt. Når den kondenserte melka skal tilfredsstillere minimumskravene for sukret kondensert melk blir $R = 7.8/22.2 = 0.351$.

På grunnlag av analyser har en bestemt fettinnholdet i den melka en bruker (F_m) og tørrstoffinnholdet. En vet da også innholdet av fettfritt melketørrstoff ($ffmt_m$). Hvis forholdet $F_m/ffmt_m$ er større enn R , må en tilsette skummetmelk, hvis dette forholdet er mindre enn R , må en tilsette fløte.

$$a) F_m / ffmt_m > R$$

$$1) \frac{Q_m \times F_m + F_s \times Q_s}{Q_m \times ffmt_m + Q_s \times ffmt_s} = R$$

Hvor Q_m = kvantum melk som skal kondenseres

Q_s = kvantum skummet melk som skal tilsettes

F_s = fettinnholdet i skummet melk

$ffmt_s$ = innholdet av ffmt i skummet melk

Dette gir

$$2) Q_s = \frac{F_m - \text{ffmt}_m \times R}{R \times \text{ffmt}_s - F_s} \cdot Q_m$$

$$b) F_m / \text{ffmt}_m < R$$

$$1) \frac{Q_m \times F_m + Q_f \times F_f}{Q_m \times \text{ffmt}_m + Q_f \times \text{ffmt}_f} = R$$

hvor Q_f = kvantum fløte som skal tilsettes

F_f = fettprosent i fløten

ffmt_f = innholdet av fettfritt melketørrstoff i fløten

Dette gir

$$2) Q_f = \frac{\text{ffmt}_m \times R + F_m}{F_f + \text{ffmt}_f \times R} Q_m$$

Beregningsoppgaver:

1) Ønsker: Kondensert melk med 7.8 % fett og 30 % totalt melketørrstoff,

Råvarer: 10 000 kg helmelk med 3.6 % fett og 12.11 % totalt tørrstoff og skummet melk med 0.05 % fett fra tilsvarende helmelk.

2) Ønsker: Kondensert melk med 7.8 % fett og 30 % tørrstoff

Råvarer: 15 000 liter helmelk med 3.0 % fett og 12.0 % tørrstoff og fløte skummet av tilsvarende helmelk med fettinnhold = 35 %.

$$1) R = 0.351$$

$$F_m / \text{ffmt}_m = 0.423$$

Tilsettes sk.melk

$$\text{ffmt}_s = \frac{8.51 \times 99.95}{96.4} = \underline{8.82}$$

$$Q_s = \frac{0.6215}{3.037} \times 10\ 000 = 2046 \text{ kg}$$

2) $R = 0.351$

$$F_m / \text{ffmt}_m = 0.33$$

Tilsettes fløte

$$\text{ffmt}_f = \frac{9 \times 65}{97} = \underline{6.03}$$

$$Q_f = \frac{0.159}{32.883} \times 15.480 = \underline{74.85 \text{ kg}}$$

B. Forvarming.

Forvarmingen av melka har tre hovedhensikter, nemlig:

- a) Pasteurisering av melka
- b) Virkning på produktets viskositet
- c) Tilretteleggelse av temperaturen for en vellykket operasjon av vakuminndamperen.

Forvarming til temperatur/tids kombinasjoner som minst oppfyller kravene til vanlig pasteurisering, er nødvendig for å ødelegge patogene bakterier og organismer som kan forringe kvaliteten av produktet. Dessuten skal melkas originære enzymer destrueres. Den varmebehandlingen som melka blir underkastet i vakuminndamperen, er nemlig ikke tilstrekkelig til å destruere enzymer og mikroorganismer i den utstrekningen dette er nødvendig for at produktet skal bli helsemessig sikkert og holdbart.

Forvarmingstemperaturen kan variere fra en regulær langtidspasteurisering ved 60°C i 30 minutter til en tilnærmet sterilisering ved 120-150°C i noen sekunder. Den mest vanlige temperaturbehandlingen er 80-100°C i 10-30 minutter. Det er meget viktig at den melka som er forvarmet, ikke blir infisert med rå melk. Det hevdes at selv en innblanding på bare 0.3 % rå melk er nok til å gi produktet en harsk smak etter lagring.

Forvarmingens betydning for viskositetsøkning under lagring, ("age thickening") er langt dårligere kjent og vanskeligere å undersøke enn dens betydning for floraen i melka. Tallrike forsøk har imidlertid slått fast at "age thickening" påvirkes av varmebehandlingen og at den til en viss grad kan reguleres under forvarmingen.

Oppvarmingens innflytelse på noen av melkebestanddelene er som oftest observert i modellforsøk med enkle og kjente blandinger. Resultatene kan derfor ikke uten videre overføres til de kompliserte kjemiske forholdene en har i melka. Det er dessuten vanskelig å nytte flere fysikalsk kjemiske målemetoder ved høye temperaturer. Imidlertid er det trolig at oppvarmingen vil øke hydrogenjoneaktiviteten. For det første er det nemlig grunn til å tro at temperaturen har stor innvirkning på dissosiasjonskonstantene til en rekke syrer og baser i melka. Dessuten kjenner en til at oppløseligheten av $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ og Ca-sitrat avtar med stigende temperatur. Dette vil trolig gi en økende surhet, men samtidig fjernes både Ca^{++} og PO_4^{---} og sitratjoner fra systemet, og virkningen av dette på stabiliteten av melka kan variere alt etter innholdet av disse jonene i melka. Dessuten vil kjemiske reaksjoner gå hurtigere ved høg temperatur og all erfaring har vist at en temperaturbehandling av melk normalt vil gi melkeproteinene en mindre stabilitet.

Ntailianas og Grimbleby har funnet at det er likevektstilstander mellom kasein - albumin, kasein - globulin og proteinerlaktose forbindelser som er sterkt avhengig av temperaturen. Betydningen av konsentrasjonen av bestanddelene i ffmt indikeres ved at tørrstoffinnholdet både i melka og i det kondenserte produktet har stor betydning for fremkomst av kokt smak, brunfarging, gelledannelsen osv. Beeby og Loftus Hills har funnet at det bare skal små forandringer i forholdet protein-vann for å gi store forskjell-

ler i melkas viskositet etter oppvarming. Variasjoner i melkas sammensetning på grunn av årstid, tid i laktasjonstadiet, rase osv. kan derfor ha betydning for hvilken temperatur-tids kombinasjon som er den gunstigste i forvarmingen.

Det har vist seg at forvarming ved 60-75°C og 100-120°C reduserer tendensen til viskositetsøkning ved henstand. Normalt er dette en fordel, men for melk som har vanskelig for å gi et produkt med stor nok viskositet til å hindre bunnfelling av laktose og utskilling av fett, er det uheldig. Temperaturer mellom 80 og 100°C, - og kanskje særlig i området 95-100°C gir tendens til viskositetsøkning under lagring. Hunziker fremhever at temperaturområdet 110-120°C normalt bør betraktes som gunstigst. En rekke patenterte fremstillingsmåter omfatter bl.a. også forvarmingstemperaturer innenfor dette området.

Forvarming ved direkte tilførsel av steam er uheldig da det ofte virker så denaturende på melkeproteinene at det gir en for lav viskositet.

Forvarmingen har også betydning ved at en vellykket operasjon av vakuuminddamperen er avhengig av at melka er oppvarmet før den suges inn.

Apparaturen til forvarmingen må tilpasses den forvarmingstemperaturen en velger å bruke. Ved temperaturer under 100°C kan oppvarmingen skje i beholdere enten med direkte tilførsel av steam, eller helst ved hjelp av varmekappe eller spiraler. En kan også nytte en eller annen form for kontinuerlig oppvarming som t.d. et plateapparat. Ved høyere temperaturer må en nytte systemer som kan settes under trykk. I de seinere åra har det blitt konstruert plateapparater som kan tåle relativt høye trykk. For å hindre påbrenning

i slike apparater bør melka først varmes til ca. 95°C før den går inn i avdelingen for ultrahøy temperaturbehandling.

C. Tilsetning av sukker.

Hovedhensikten med tilsetning av sukker er at dette virker som konserveringsmiddel slik at den kondenserte melken kan bli holdbar uten en fullstendig varmesterilisering.

De forskjellige sukkerartene varierer med hensyn til konserverende evne og til hvor lett de forgjæres av forskjellige mikro-organismer. En bør nytte en sukkerart som har god konserverende evne og som ikke forgjæres for lett. Videre må sukkeret ha en størst mulig oppløselighet slik at en kan oppnå en tilstrekkelig konserverende virkning uten at oppløsningen blir overmettet. Endelig må en forlange at sukkeret ikke tilfører produktet noen uønsket smak og at det ikke forårsaker missfarging.

Den sukkerarten som best fyller disse kravene, er utvilsomt vanlig rørsukker eller sakkarose. Det er imidlertid meget viktig at sukkeret som nyttes, er av den aller beste kvalitet. Granulert sukker er vanligvis foretrukket framfor finpulverisert. Det er videre av stor betydning at sukkeret oppbevares i tørre og rene lokaler slik at det ikke får anledning til å oppta vann.

Druesukker eller dekstrose er også blitt brukt en del i kondensmelk-industrien. På grunn av dekstrosens fri aldehydgrupper kan den lett være årsak til missfarging og viskositetsøkning under lagring. Dekstrosen er dessuten meget lett å forgjære. Den første ulempen kan en unngå ved å sette druesukkeret til på slutten av kondenseringsperioden og da i form av en konsentrert vanndig oppløsning.

En regner normalt med at det ikke er noen fordel å bruke

druesukker i kondensmelk som skal selges i lukkete beholdere. Derimot er slik tilsetning brukt en del i kondensmelk som selges til iskremfabrikker, konfektfabrikker og konditorier. Normalt brukes det da 3/4 rørsukker og 1/4 druesukker. Det hevdes at dekstrosen skal ha en gunstig virkning på iskremens konsistens og enkelte konfektprodusenter hevder at dekstrosen gjør varene mindre utsatt for å bli kornet. På bakgrunn av prisforholdene mellom dekstrose og sukrose er det imidlertid tvilsomt om det er noe vunnet ved å bruke dekstrose i den sukrete kondenserte melka. Normalt kan en derfor gå ut fra at sukrose er den sukkerarten som bør nyttes.

Sukkermengden i kondenserte melkeprodukter må være tilstrekkelig til å hindre mikrobiell vekst, og det som i denne forbindelse har størst interesse, er sukkerinnholdet i vannet. En regner med at et sukkerforhold på 62.5 % sukker er nødvendig for at den sukrete kondenserte melka skal være holdbar i lengre tid.

$$\text{(Sukkerforhold} = \frac{\% \text{ sukker} \times 100}{100 - \text{melketørrstoff}} \text{)}$$

Selv ved slike konsentrasjoner kan en risikere at det kan være levelige vilkår for gjær som kan ødelegge produktet. Ved fremstilling av kondensert melk som skal brukes som råvare til næringsmiddelindustrien, er lagringstida begrenset. En kan da produsere et produkt som har et noe mindre innhold av sukker uten at det er noen særlig fare for gjæring. T.d. kan en da gå ned i et sukkerforhold på 60 Under normale omsetningsforhold og produksjon under gode hygieniske betingelser kan en regne med et sukkerforhold på 62.5-64.5 % i den kondenserte melka. Høyere sukkerforhold enn 64.5 % blir ikke anbefalt da en i så fall vil nærme seg en mettet oppløsning og risikere utkrystallisering ved oppbevaring ved lave temperaturer.

Generelle beregningseksempler.

- 1) En har laget et produkt med mt_k % melketørrstoff og et sukkerforhold på S %. Hvor mange % sukker er det i hele produktet ?

$$\frac{(100 - mt_k) S}{100} = \% \text{ sukker i produktet.}$$

=====

- 2) En har et produkt med s % sukker og mt_k % melketørrstoff. Hvor stort er sukkerforholdet ?

$$S = \frac{s \times 100}{100 - mt_k}$$

- 3) Den ferdige sukrete kondenserte melka skal ha s % sukker og mt_k % melketørrstoff. Den opprinnelig melka har mt_m % tørrstoff. Hvor mange kg sukker skal tilsettes pr. 100 kg melk ?

$$\text{Kg sukker/100 kg melk} = \frac{s}{\text{kondenseringsgraden}} = \frac{s}{\frac{mt_k}{\frac{mt_m}{m}}} = \frac{s \times mt_m}{mt_k}$$

Oppgave 3. Ønsker: Sukret kondensert melk med et sukkerforhold på 63 % og et totalt innhold av melketørrstoff på 30 %.

Råvarer: 10 000 kg standardisert melk med 12.0 % melketørrstoff og sakkarose. Hvor stor mengde sukker skal brukes ?

Oppgave 4. Ønsker: Sukret kondensert melk med et innhold av 42.5 % sukker, 8.0 % melkefett og 22.5 % fettfritt melketørrstoff.

Råvarer: 5 000 kg helmelk med et innhold på 4.0 % fett og 12.0 % tørrstoff, sukrose og skummet melk produsert av den nevnte helmelk. Hvor mye sukker må brukes, hvor mange kg kondensert melk kan produseres og hvor stort blir sukkerforholdet ?

D. Tidspunktet for tilsetning av sukker.

Tidspunktet for sukkerets tilsetning under fremstillingsprosessen og melkens temperatur ved tilsetningen har stor betydning for produktets fysisk-kjemiske stabilitet. Tilsetning av sukker vil også virke inn på effektiviteten av pasteuriseringen fordi sukkeret øker mikroorganismenes og også enzymenes varmeresistens.

Det sistnevnte forholdet har vært gjenstand for mange undersøkelser, og det er vist at bakterienes varmetoleranse er minst i oppløsninger uten eller med små mengder sukker. Det blir angitt at bakteriene har minimum varmeresistens i en 0.2 M sukkeroppløsning, mens de har maksimum toleranse i en 2.0 M oppløsning. Disse minimums og maksimums verdiene varierer med bakteriearten.

Bevans undersøkte en hel rekke bakteriers varmemotstandsevne i forskjellige sukkerkonsentrasjoner. I området 0-20 % sukker fant han en stadig økende varmetoleranse. Robertson hevder at det er en økende varmeresistens helt opp til 50 % sukker i oppløsningen.

Årsakene til dette forholdet er blitt forklart ved at sukkeret skal motvirke den irreversible koagulasjonen av celleproteiner som er årsaken til at bakteriene ødelegges ved varmebehandling. Av samme grunn regner en med at laktosen til en viss grad beskytter bakteriene i melka og gjør dem relativt varmetolerante der. Egg, som ikke inneholder sukker, lar seg meget lett pasteurisere.

Som vist i figur 3 (etter Stebnitz og Sommer), kan tilsetningen under forvarmingen av sukkeret ha en ugunstig virkning på melkeproteinenes stabilitet og bevirke en viskositetsøkning under lagring. Det blir derfor anbefalt å lage en 60-65 %-ig oppløsning av sukker, varme denne opp til ca. 90°C og suge den inn i vakuumindampningen, helst mot slutten av inndampingsperioden.

Imidlertid er det ifølge Hunziker mest vanlig at sukkeret blandes i den forvarmede melka, og viskositetsøkningen kontrolleres på annen måte. Ved fremstilling av boksemelk som en vet vil bli lagret i lengre tid, bør imidlertid sukkeret og melka suges inn separat i vakuminndamperen.

E. Kondenseringen

Kondenseringen i vakum-inndamperen foregår enten porsjonsvis eller kontinuerlig. Den porsjonsvise kondenseringen er vanligvis brukt for fremstillingen av sukret kondensert melk. Etter at vakum-inndamperen er sterilisert med damp, setter en vakum-pumpa i gang til en har nådd det vakumet en vil ha. En åpner så for melketilløpet, og den standardiserte melka (eller blandingen av melk og sukker) suges inn. Når melka dekker varmekappa eller står over varmerørene, åpner en for varmemediet. Melka begynner da å koke. Melketilgangen blir så synkronisert med avgangen av damp slik at melka alltid står til det samme nivået i inndamperen. Ved tilsetning av sukkersirup under kondenseringen, suges denne inn når melka nesten har fått den konsentrasjonen som den skal ha.

Inndampningen avbrytes gjerne på følgende måte:

- 1) Tilgangen på varmemedium brytes.
- 2) Kondensatorvannet blir avstengt.
- 3) Vakum-pumpa stanses og en slipper luft inn i inndamperen til en har fått normalt trykk.
- 4) Vakum-inndamperen tømmes.

Ved den kontinuerlige inndampningen startes og opereres vakum-inndamperen på den samme måten som ved porsjonsinndampning. Når melka har fått den konsentrasjonen en ønsker, startes imidlertid ei pumpe som fjerner det ferdige produktet. Fra da av er tilgangen på melk synkronisert med både avdampningen av vann og avtappingen av det ferdige produktet.

Det er viktig, men også vanskelig, å avbryte inndampningen på det rette tidspunktet. Erfaringsmessig vil den som betjener vakuminndamperen kunne se når inndampningsgraden er omtrentlig riktig. Etter som inndampningen foregår vil melka få et noe endret utseende, og selve kokingen skifter karakter. Ved et gunstig konsentrasjonsområde vil kokingen foregå ganske rolig, gjerne med en slags rulling av konsentratet fra sidene mot midten. Overflaten blir dessuten etter hvert mer blank.

En slik subjektiv bedømmelse av konsentratet er imidlertid aldri helt å lite på, og det er nødvendig å analysere konsentratet enten med hensyn på fysiske egenskaper eller på det kjemiske stoffinnholdet for å få mål for kondenseringsgraden. For å få tatt ut prøver må en da enten avbryte kokingen eller ha spesielle anordninger for uttak. En slik innretning er skissert i figur 4.

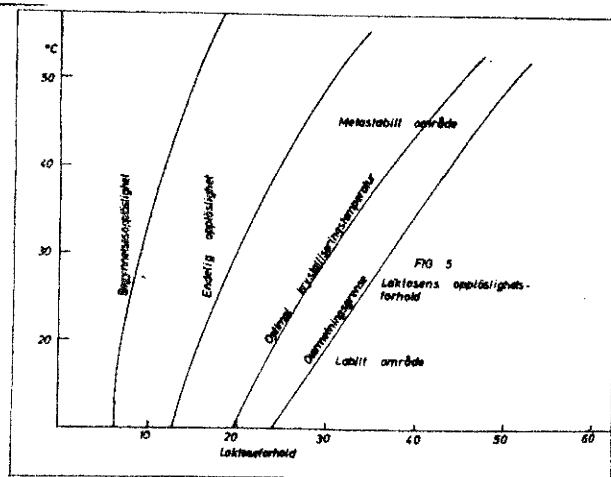
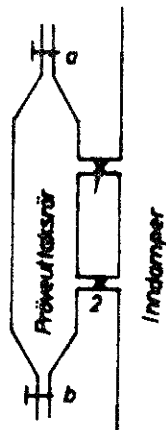


FIG 4



Kranene 1 og 2 åpnes og prøverøret fylles. Så stenges disse kranene og prøven tappes ut ved at kranene a og b åpnes. Forøvrig finnes det prøveuttakere av forskjellige konstruksjoner. Den som er skissert her er imidlertid ganske enkel.

Målinger av sp. vekt er kanskje den raskeste måten å måle kondenseringsgraden på, men metodene har sine svakheter. De er bl.a. avhengige av en nøyaktig justering av temperaturen, som regel til 15°C. En kan korrigere for små forandringer i temperatur fra standardmetodene, men dette vil også medføre feilkilder.

Aerometer-metoden. Aerometeret kan være inndelt slik at en direkte kan lese av den sp. vekta, eller den kan være inndelt i grader slik at en gjennom tabeller eller omregninger kan komme fram til den sp. vekt.

Pyknometer-metoden er basert på avveining av et bestemt volum. En fyller pyknometeret slik at all luft er fjernet. Deretter veies dette med en nøyaktighet på 0.1 g.

Viskositeten kan bety svært mye for den verdien for sp.vekt som en får ved å bruke et aerometer. Da viskositeten ikke bare er avhengig av kondenseringsgraden, vil dette medføre muligheter for feil. Melkas evne til geldannelse vil t.d. spille en rolle for den sp. vekt-verdien en finner ved aerometer-metoden.

Det er ofte vanskelig å få en fullstendig fylling av konsentrat i pyknometeret da skummet er relativt stabilt i den viskøse væsken.

Beregning av den spesifikke vekt. For at de to nevnte metodene skal ha noen praktisk betydning, må en vite hvilken sp. vekt en ønsker på det ferdige produktet. Dette kan beregnes når en kjenner sammensetningen av den kondenserte melka og de forskjellige sp.vekter for ingrediensene. Den sp. vekta kan beregnes ut fra følgende formel:

$$\frac{100}{\frac{\% \text{ fett}}{\text{sp.v.}} + \frac{\% \text{ ffmt}}{\text{sp.v.}} + \frac{\% \text{ sukker}}{\text{sp.v.}} + \% \text{ vann}} = \text{sp.vekt av sukret kond.melk ved } 15^{\circ}\text{C.}$$

Melkefett	har	sp.vekt.	0,93	små variasjoner
Ffmt	"	"	"	1,608 varierer sterkere med melkas sammensetning
Sukker	"	"	"	1.589 praktisk talt konstant.

I formelen er det forutsatt at volumene av de forskjellige ingrediensene er additive, men dette er rimeligvis ikke eksakt. Summen av volumene er rimeligvis noe mindre enn innholdet av de enkelte ingrediensene skulle tilsi, og den sp. vekt derfor litt større enn den verdien som formelen gir ved en bestemt sammensetning.

Et aerometer er ofte inndelt i grader Baumé. Omregningen til grader Bé ved 15°C utfra den spesifikke vekt, gjøres etter denne formelen:

$$^{\circ}\text{Bé} = 145 - \frac{145}{\text{sp.vekt ved } 15^{\circ}\text{C}}$$

Brytningsindeksen til den kondenserte melka er også blitt brukt som et mål for kondenseringsgraden. Denne bestemmes ved et refraktometer. Dessuten er ofte viskositeten brukt som et mål for kondenseringsgraden. Målingene av disse karakteristikkene må utføres ved en bestemt temperatur.

Konsentrasjonsgraden av den kondenserte melka kan også bestemmes ved t.d. en fettbestemmelse eller også en tørrstoffbestemmelse. Forholdet mellom fett og ffmt. er jo standardisert slik at hvis enten fettinnholdet eller innholdet av tørrstoff er riktig, så er begge korrekte hvis blandingen har blitt utført riktig. Både fettprøver og tørrstoffprøver har hittil vært for tidkrevende for dette formålet, men det er mulig at prøver som nå er under utvikling kan være hurtige og nøyaktige nok. Analyser av andre bestanddeler som spesielle salter eller laktose, kan også bli aktuelle i fremtiden. Det arbeides dessuten med direkte kjemiske bestemmelser av vannet i konsentrerte melkeprodukter.

Den beste måten å oppnå et produkt med en bestemt kondenseringsgrad, er rimeligvis å konsentrere noe for mye, og seinere

standardisere i spesielle tanker. En er da ikke i så høy grad avhengig av hurtige analysemetoder.

Kondenseringsgraden ved kontinuerlig inndamping kontrolleres med et kontinuerlig densiometer som styrer en tilbakeløpsventil. Hvis egenvekten er for lav går en større del av konsentratet tilbake til inndamperen enn hvis egenvekten er for stor.

Oppgave 5.

En skal lage en kondensert melk med 7.8 % melkefett, 22.2 % ffmt og 42 % sukker. Beregn den sp. vekt ved 15°C. Hvor mange °Be er produktet ?

En overkondenserer melka noe og finner et fettinnhold på 8.2 % ved analyse. Beregn den sp. vekta til produktet. Hvor mange % vann må tilsettes for at produktet skal tilfredsstille de kravene en stilte til stoffinnhold ?

F. Avkjøling og tvungen krystallisering.

Avkjølingen av den sukrete kondenserte melka er vesentlig av hensyn til kvaliteten. Det er viktig at avkjølingen skjer umiddelbart etter kondenseringen og at den skjer så hurtig som mulig. Ellers kan en risikere sterk missfarging og også en tendens til viskositetsøkning ved lagring.

Avkjølingens virkning på krystalliseringen av laktose er imidlertid av den største betydningen for kvaliteten til den kondenserte melka, fordi dette til en stor del bestemmer produktets homogenitet og tekstur. I et prima produkt skal det være mange og små laktosekrystaller, og det er vist at ca. 400 000 krystaller pr. mm³ er normalt. Disse krystallene er da ca. 10 micron lange. I et sandet produkt er antallet langt lavere, og det er vist at produktet virker tydelig sandet når det er mindre enn 12 500 krystaller pr. mm³. Den lengste kanten til disse krystallene var ca. 30 micron.

Som kjent er melkesukkeret relativt tunt oppløselig. Ved 20°C er oppløseligheten 18 deler sukker til 100 deler vann.

I en 62 %-ig oppløsning av rørsukker er imidlertid oppløseligheten bare 15 deler laktose i 100 deler vann. Ved slutten av inndampingen vil den kondenserte melka være mettet og kanskje også overmettet med laktose selv om koketemperaturen er så høg som 60°C. Ved romtemperatur vil den kondenserte melka være sterkt overmettet og det vil alltid skje en utkrystallisering. Ved avkjøling av den kondenserte melka gjelder det derfor å få laktose-krystallene så små som mulig.

Under avkjølingen vil det bare være alfa-laktose-hydrat som krystalliserer ut. Krystalliseringshastigheten er imidlertid avhengig av at beta-laktose-anhydrid må gå over i alfa-hydrat. Denne overgangen er sterkt temperaturavhengig, og avtar raskt med synkende temperatur. En hurtig krystalldannelse er også avhengig av en liten viskositet i væsken, og viskositeten stiger med avtagende temperatur. På den annen side vil en lav temperatur fremme tendensen til hurtig utkrystallisering og små krystaller hvis en utelukkende ser på det forholdet at en lavere temperatur øker overmettingen. Sett under ett må dette faktorkomplekset betinge at det finnes en optimal temperatur for dannelsen av små krystaller.

Den optimale temperaturen for krystallisasjon varierer med flere faktorer, og en del av disse er igjen uten tvil sterkt avhengig av laktoseforholdet, som er definert ved følgende formel:

$$\text{laktoseforholdet} = \frac{\% \text{ laktose} \times 100}{\% \text{ laktose} + \% \text{ vann}}$$

Hunziker har utarbeidet en figur som viser optimale krystalliserings-temperaturer for forskjellige laktoseforhold. En ser av denne (fig. 5) at et laktoseforhold på 31 gir en optimal krystalliseringstemperatur på 31°C og et laktoseforhold på 37 gir en optimal temperatur for krystallisering på 40°C.

Oppgave 6. Det skal lages en sukret kondensert helmelk som skal tilfredsstillende min. fordringene til fettinnhold og innhold av

melketørrstoff etter de norske forskriftene. Videre skal melka inneholde 42.5 % rørsukker. En regner med at den opprinnelige melka har et innhold på 5.0 % laktose. Hvilken optimal krystallisasjonstemperatur kan en regne med ?

Generelt kan en si at et godt resultat avhenger av:

- 1) hurtig avkjøling til optimal temperatur.
- 2) poding med godt podemateriale
- 3) kraftig røring
- 4) tilstrekkelig lang tid ved optimal temperatur til å få en fullstendig utkrystallisering
- 5) rask avkjøling til oppbevaringstemperaturen.

Som podemateriale nyttes finpulverisert laktose, og en nytter ca. 400-500 g pr. 1000 liter opprinnelig melk. Podematerialet bør ha en krystallstørrelse på ca. 1 micron - eller mindre. For å få krystaller av en slik størrelsesorden, må laktosen bearbejdes i spesielle møller i flere uker. Buyze har utarbeidet en metode som går ut på å spray-tørke laktosen. Den blir da amorf, og under opptak av fuktighet fra lufta vil den krystalliseres spontant til meget små krystaller. Denne metoden har den mangel at det også blir krystallisert ut en del beta-laktose som er uheldig som podemateriale fordi den er lettere oppløselig enn alfa-formen.

Buyze har også utarbeidet en metode som anriker den spray-tørkede laktosen med hensyn på alfa-laktose. Metoden går ut på å suspendere laktosen etter spray-tørringen i en mett oppløsning av laktose og filtrere. Den laktosen som blir filtrert fra, har da et langt høyere innhold av alfa-laktose enn utgangsmaterialet. Buyze fant at spray-tørket laktose med et opprinnelig forhold på 50 - 50 mellom alfa og beta, etter suspensjonen og filtreringen ga et produkt med 96 % alfa-laktose og 4 % beta-laktose. Det ble ikke observert noen forskjell i størrelsen på krystallene før og etter behandlingen.

Podematerialet røres godt ut i litt av den kondenserte melka og tilsettes langsomt under kraftig omrøring.

En kraftig omrøring under kjølingen ned til kryst.temperaturen og under selve krystalliseringsperioden er viktig både av hensyn til en jevn kjøling av hele porsjonen og for å lette bevegelsen av podematerialet i den viskøse blandingen en arbeider med. Krystalliseringstiden er normalt ca. 1 time.

Kjølingen av den kondenserte melka kan enten gjøres i en porsjonskjøler med et kraftig røreverk eller med en kontinuerlig kjøling. Det siste kan enten foregå i et plateapparat eller i en rørkjøler hvor melka presses gjennom det innerste røret og vannet gjennom det ytterste røret i motsatt retning.

En kombinert porsjons- og kontinuerlig kjøling blir også brukt, enten ved å kjøle kontinuerlig til krystalliseringstemp. og så kjøle videre i krystalliseringstanken, eller ved å kjøle i krystalliseringstanken til krystalliseringstemp. og videre kontinuerlig kjøling til lagertemperatur.

Store bedrifter nytter også ofte vakumkjøling. Prinsippet for dette er at en bruker et vakum som gir en koketemperatur som tilsvarer den temperaturen en vil avkjøle melka til. Varmeforbruket ved fordampningen avkjøler da raskt melka. Vakumkjølingen er rask og den gir ved en indusert krystallisering ensartede og små laktosekrystaller. Dette medfører en fin og fløyelsaktig konsistens. Kjøling ved vakum er også gunstig fordi lufta fjernes og produktet blir mer holdbart mot kjemiske feil. Infeksjonsfaren blir også mindre, og det blir dårligere muligheter for mugg- og gjærsporer til å utvikle seg.

VII. Fremstilling av sukret kondensert skummet melk.

Fremstillingsteknikken for dette produktet er omtrent den samme som for sukret kondensert helmelk. Da tørrstoffinnholdet i skummet melk nødvendigvis er lavere enn i helmelk, må inndampingsgraden bli noe større. Forskriftene våre krever et minimum på 30 % melketørrstoff også i en sukret kondensert skummet melk. Hvis en går ut fra en skummet melk med et tørrstoffinnhold på 9 % får en en inndampningsgrad på $30 : 9 = 3.333$. Under forutsetning av at skummet melka inneholder 5 % laktose, blir det $5 \times 3.33 = 16.67$ % laktose i den kondenserte melka. Med et sukkerforhold på 60 % blir sukkerinnholdet i melka 42 %, og vanninnholdet derfor 28 %. Laktoseforholdet blir da:

$$\frac{16.67}{28 + 16.67} \times 100 = 37.3 \%$$

Den optimale krystalliseringstemperaturen for en slik laktoseoppløsning blir ifølge figur 5 ca. 40°C.

Sukret kondensert skummet melk blir som regel omsatt i en gros til næringsmiddelindustrien, og da ofte fylt i eiketønner. Produktet bør ikke lagres ved høyere temperaturer enn 15°C, da den ellers lett kan få en sterkt øket viskositet under lagring på grunn av det store innholdet av melkeproteiner.

VIII. Kondenserte myseprodukter.

Sukret kondensert myse er et produkt som har en begrenset anvendelsesmulighet bl.a. i konfektindustrien og i konditorier. Produktet har en meget god piskeevne. Normalt er forholdet mellom sukker og mysetørrstoff 1 : 1. Dette betyr at en til 100 kg myse må tilsette 6.5 - 6.7 kg sukker. Tørrstoffinnholdet i det ferdige produktet er så høgt som ca. 76 %, og sukkerforholdet blir da

$$S = \frac{38}{38 + 24} = 61.3 \%$$

Den spesifikke vekten av et slikt produkt ligger på ca. 1.360 ved 50°C. Mysesirupen blir avkjølt til 35°C, podet med krystallkjerner og må røres i flere timer for å sikre et produkt med små krystaller. Produktet kan pakkes i hermetisk lukkede blikkbokser, i tønner eller i fat og er holdbart i flere måneder ved romtemperatur. Viskositeten stiger svakt ved lagring, men er ikke et så stort problem som ved t.d. produksjonen av sukret kondensert skummet melk.

Vanlig mysekonsentrat er et langt vanligere produkt, særlig her i landet hvor det er halvfabrikata ved fremstillingen av brunost. For øvrig brukes dette produktet til melkesukkerfremstillingen og til dyrefôr.

Kondenseringsgraden avhenger mye av hva produktet skal brukes til. Ved brunostfremstillingen konsentreres mysa til ca. 60 % tørrstoff i vakuminndamperne, og den samme tørrstoffmengden brukes også i mysa når den skal nyttes videre til fremstilling av laktose.

Konsentrat til melkesukkerfabrikasjonen pasteuriseres til 80°C for å hindre syredannelse, og forvarmingen kan da utelates. Konsentratet tappes på tønner eller fat mens det ennå er varmt. Store krystaller er gunstig fordi det letter utskillelsen av melkesukkeret og gir et større utbytte. Derfor nytter en ingen form for kjøling eller omrøring. Proteinene i mysa har tendens til å øke viskositeten og vanskeliggjøre utkrystalliseringen samtidig som det rimeligvis oppstår forbindelser mellom laktose og myseproteinene. Proteinenes virkning kan reduseres en del ved å tilsette amoniakk, og det er da vanlig å bruke 1 l NH_4OH med sp. vekt 0.91 til 200 liter konsentrat.

IX. Pakking av sukrete kondenserte melkeprodukter.

Etter forskriftene skal som nevnt sukret kondensert melk selges til de vanlige konsumentene i hermetisk lukkede bokser.

Etter hvert som produktene er blitt mer og mer vanlig som halvfabrikata til næringsmiddelindustrien, har en gått over til å pakke i store beholdere. Den mest vanlige emballasjen er da tretønner av eikestav, men metallfat og spann brukes også en del.

Ved fyllingen i blikkbokser nyttes gjerne fyllemaskiner som arbeider etter stempelprinsippet i det den riktige mengden konsentrat stemples inn i boksene. Boksene er sterilisert på forhånd, og boksene bør også hurtigst mulig lukkes for å unngå infeksjon og lysvirkning som lett kan forårsake oksydasjon av melkefettet i de relativt fettrike produktene. Fyllemaskinene må være lette å rengjøre og bør også stå i lokaler hvor det tilføres sterilfiltrert luft. Det er viktig at boksene fylles så fulle som mulig for å redusere luftmengden.

X. Fremstilling av kondensert sterilisert (evaporert) melk.

Dette produktet fremstilles av helmelk og kondenseringsgraden ligger i området 2.15-2.55. Dette betyr at det til 1 liter kondensert melk trenges mellom 2.15 og 2.55 liter helmelk, avhengig av melkas tørrstoffinnhold og kravene til sammensetningen av den kondenserte melka. Kondensert melk bør ha en konsistens mest mulig lik konsistensen i tynn fløte, og den skal omsettes i hermetisk lukkede beholdere. Det nyttes 2 boksestørrelser, 1/1 boks inneholder netto 335 g og 1/2 boks inneholder netto 168 g. Produktet blir sterilisert i boksene og er derfor meget holdbart.

Melkas gang i et kondenseringanlegg er tegnet opp i figur 6, og de temperaturbehandlinger melka får, er skissert i figur 7. Det som er den vesentligste forskjellen mellom produksjonen av kondensert melk og sukret kondensert melk, er at den første alltid blir homogenisert og at den blir sterilisert.

A. Standardisering: Før forvarmingen og kondenseringen må melka standardiseres med hensyn på forholdet fett: fettfritt melketørr-

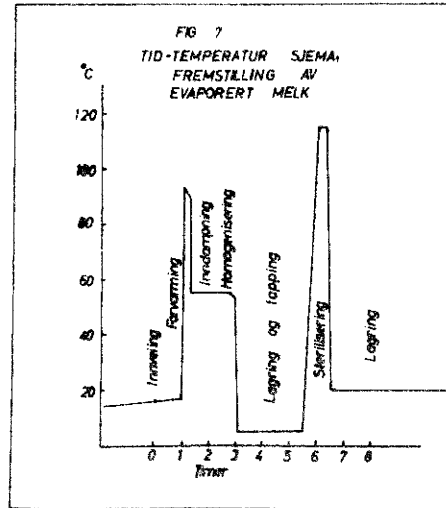
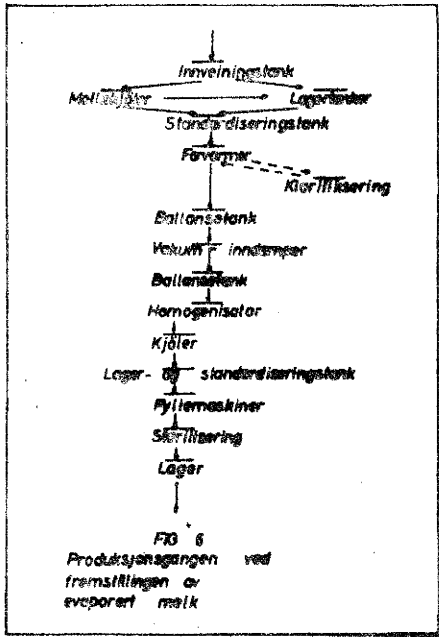
stoff. Dette blir utført på den samme måten som tidligere er omtalt for sukret kondensert melk. Standardiseringen baseres på analyser av fett og tørrstoff og de nødvendige justeringene foretas enten med skummet melk eller med fløte alt etter forholdet fett/fettfritt m.t. i den opprinnelige melka.

B. Forvarming. Kondensert melk blir sterilisert, og hensikten med forvarmingen er derfor ikke først og fremst å redusere bakterieinnholdet. Viktigere er det å øke produktets varmestabilitet, og dermed påvirke viskositeten i produktet. En heving av forvarmingstemperaturen øker normalt produktets varmestabilitet og senker viskositeten. En god varmestabilitet er naturligvis av den største betydning for dette produktet som blir underkastet en meget sterk varmebehandling ved steriliseringen.

Vanligvis forvarmes den kondenserte melka til $93-100^{\circ}\text{C}$ i 10-25 minutter. Ved fremstilling av tørrstoffrik kondensert melk blir kravet til stabiliteten større, og det anbefales da at forvarmingen foregår ved temperaturer over vannets kokepunkt. Imidlertid er en viskositetsminking under lagringen en vanlig feil i kondensert melk, og gir kanskje like hyppig problemer som viskositetsøkning under lagringen for sukret kondensert melk. Forvarming til temperaturer over 100°C bør derfor begrenses til melk som har en unormalt dårlig varmestabilitet.

Ved forvarming til temperaturer lavere enn 100°C kan brukes rørforvarmerer med steam som varmemedium. I disse kontinuerlige forvarmerene (multivelocitetype single-pass preheater) passerer melka gjennom rør med avtagende diameter. Strømningshastigheten øker derfor etter hvert som temperaturen i melka stiger, og dette forebygger påbrenning selv ved temperaturer nær kokepunktet.

Oppvarming til temperaturer over 100°C kan skje i spesialbygde platepasteurer eller i annen apparatur basert på kontinuerlig forvarming.



C. Kondensering. Den usukrete melka koker mer voldsomt enn sukret melk, og produksjonen av kondensert melk krever derfor mer tilsyn under kokingen enn produksjonen av sukret kondensert melk.

For å avgjøre når kokingen skal avbrytes, bestemmer en som oftest den spesifikke vekt ved hjelp av et aerometer. Dette lar seg lettere gjøre i dette produktet enn i sukret kondensert melk, da viskositeten er mindre.

Den riktige sp. vekten av den kondenserte melka kan bestemmes ved beregning utfra melkas ønskede sammensetning etter de formelene som er gjengitt på side 26 . For et produkt som tilfredstiller forskriftenes minimum (7.8 % fett og 25 % tørrstoff) vil den spesifikke vekta etter denne formelen bli:

$$\frac{100}{\frac{7.8}{0.93} + \frac{17.2}{1.608} + \frac{75}{1}} = 1.0629 \text{ ved } 15^{\circ}\text{C}$$

For å sikre en korrekt konsentrasjon av melka er det også for dette produktets vedkommende vanlig å overkondensere noe og seinere justere ved tilsetning av vann eller standardisert melk. Dette utføres gjerne i en samletank like etter inndampningen, eller kan også foretas i lagertankene, og beregnes på følgende måte:

$$\frac{\text{kg opprinnelig melk}}{\text{ønsket kondenseringsgrad}} - \frac{\text{kg opprinnelig melk}}{\text{virkelig kondenseringsgrad}} =$$

kg vann som skal tilsettes.

hvor kondenseringsgradene henholdsvis er forholdet mellom ønsket tt i kondensert melk og tt i melka, og forholdet mellom virkelig tt i den kondenserte melka og tt i melka. (Eller også forholdet mellom de respektive fettprosentene).

I større anlegg nyttes oftest kontinuerlig drift av vakumkokeren. Anlegget får da en større kapasitet fordi en helt unngår stans for tømning av kokeren. Vakuminndamperen er i slike anlegg gjerne utstyrt med en måleinnetning for kontinuerlig måling av

spesifik vekt.

I U.S.A. er det ganske vanlig å øke innholdet av D vitamin i den kondenserte melka. Dette kan gjøres enten ved bestråling med ultrafiolett lys eller ved direkte tilsetning av vitaminet. Den første metodengår ut på at melka strømmes i et tynt skikt over en bestrålet metallflate. En får da en omdannelse av ergosterol til vitamin D_2 og av 7 - dehydrocholesterol til vitamin D_3 .

D-vitaminkonsentrat oppløst i smørfett med en konsentrasjon på ca. 20 000 O.E. per gram nyttes normalt ved direkte tilsetning. Tilsetningsmengden avpasses slik at konsentrasjonen blir ca. 400 I.E. regnet pr. liter opprinnelig melk.

D. Homogenisering. I den kondenserte melkeindustriens første år var fettutskillelse i det steriliserte produktet en av de mest alvorlige og vanligste feilene. Allerede ca. 1910 ble homogeniseringen innført i denne industrien for å hindre dette, og virkningen var markant.

Den høye viskositeten en får ved homogenisering vil sammen med den reduserte fettkulestørrelsen effektivt motvirke en oppfløting og derved en utskillelse av fett. Årsaken til viskositetsøkningen er trolig at store deler av proteinene (kaseiner) blir adsorbent til den langt større fettoverflaten som homogeniseringen gir. Det er også mulig at en samtidig får en endring i proteinenes fysikalsk-kjemiske egenskaper. På grunnlag av viskositetsmålinger er det blitt trukket den slutning at mens 2.27 % av melkas proteiner i vanlig helmelk er adsorbent til fettkulene, vil hele 25.2 % være adsorbent etter homogenisering av den samme melka.

Homogeniseringen vil imidlertid virke destabiliserende på proteinene og høye homogeniseringstrykk (over ca. 280 kg/cm^2) vil kunne forårsake koagulering under steriliseringsprosessen. For melk som har dårlig varmestabilitet bør derfor homogeniseringstrykket

være relativt lavt. Normale homogeniseringsbetingelser er trykk på ca. 200 kg/cm^2 og temperatur på ca. 55°C . To-trinns homogenisering er ikke ansett for å ha den betydningen for kondensert melk som den har t.d. for iskrem, og nyttes derfor sjelden.

E. Kjøling. Kjølingen foregår enten i plateapparat, på overflatekjølere eller i tanker med kjølekappe. Kjøletemperaturen avhenger av om det kondenserte produktet skal hermetiseres straks eller om det skal stå over til neste dag før det fylles i bokser og steriliseres. I det siste tilfelle må kjølingen være meget god, og produktet bør oppbevares i isolerte tanker. Melka bør standardiseres på dette trinnet i produksjonsprosessen, og tankene må være utstyrt med gode røreverk.

F. Fylling i bokser. En har nevnt tidligere at den overveiende delen av den kondenserte melkeproduksjonen blir omsatt i hermetisk lukkede bokser. Det finnes flere typer av disse boksene på markedet, og det er svært vesentlig at en velger en emballasje som er sterk overfor mekaniske påkjenninger og som kan lukkes på en tilfredsstillende måte.

Til ikke flytende produkter brukes mest en boksetype med lokk som falses på etter fylling. Ca. 95 % av den kondenserte melka blir imidlertid tappet på såkalte "vent hole" bokser. Lokket er her falset på før fylling. I lokket er det et hull med ca. 3 mm i diameter, og melka tappes inn gjennom dette via spesielle tappemaskiner. Etter fyllingen lukkes hullet med en dråpe loddemiddel.

For å unngå skumdannelse er den gunstigste temperaturen i melka ved tappingen ca. 5°C . Det er viktig at skumdannelsen er minst mulig da den ellers kan vanskeliggjøre en korrekt fyllingsgrad. På den annen side må ikke melka være for kald ved fyllingen, da boksene vil bule ut ("flipping") når de seinere oppbevares ved romtemperatur. Av samme grunn må fyllingsgraden reguleres slik at boksene ikke blir for fulle.

Etter fylling går boksene til forseglingsmaskinen som lodder igjen tappehullene. Deretter blir boksene inspisert, og de boksene som ikke er tette, blir frasortert. Dette gjøres ofte ved at boksene går gjennom et lag med varmt vann. På grunn av oppvarmingen vil bokser med lekkasje avgi luft og boblene ses i vannet. En annen form for inspeksjon av loddestedene kan foretas helautomatisk ved sugeskåler. Disse løfter alle bokser som er tette på den flaten som er loddet, inn på samleband. Sugeskålene vil imidlertid ikke kunne suge seg fast til de utette boksene. Disse vil derfor fortsette på bandet ved tappemaskinen fram til ny loding.

G. Sterilisering: Hensikten med steriliseringen er å inaktivere alle mikroorganismer, sporer og enzymer som kan redusere produktets holdbarhet. Steriliseringen vil også ha en viss betydning for konsistensen i produktet. Varmebehandlingen vil øke viskositeten og gi et fløteaktig utseende. Den høyere viskositeten vil virke til å stabilisere fettemulsjonen slik at en gjennom steriliseringen også forebygger fettutskillelse ved lagring. Imidlertid vil steriliseringen kunne forårsake missfarginger og gi produktet kokt smak.

Steriliseringen foregår i spesielle autoklaver, enten porsjonsvis eller ved kontinuerlig sterilisering av bokser som går gjennom autoklaven. Ved porsjons-autoklavering brukes liggende autoklaver. Boksene stables i spesielle kurver som kjøres inn i autoklaven. Holderen eller kurven roterer rundt sin egen akse og sikrer dermed en jamn oppvarming av alle boksene. Det tilføres steam gjennom et perforert rør som ligger i hele autoklavens lengde. På toppen av autoklaven er det dyser for innsprøyting av kaldt vann for å sikre en rask og jamn avkjøling etter at steriliseringen er avsluttet.

Det er bare under oppvarmingen og avkjølingen at holderen med bokser roterer. Under selve steriliseringsperioden står den

stille.

For å sikre en rask og ensartet oppvarming er det så mye vann i autoklaven at det dekker de nederste boksene i holderen. Boksene vil da bli neddyppet i vann for hver omdreining. Omdreiningshastigheten varierer mellom 10 og 14 R.P.M. avhengig av autoklavens størrelse. Oppvarmingen bør skje så hurtig at det tar mellom 15 og 20 minutter for å nå steriliseringstemperatur, og avkjølingen bør ikke ta mer enn 15 minutter. Ensartet oppvarming og avkjøling er nødvendig for å gi et ensartet produkt fra boks til boks med hensyn til farge, smak og viskositet, og også for å sikre at hele partiet er tilfredsstillende sterilisert.

En kontinuerlig sterilisator består av en forvarmer, en sterilisator og en kjøler. I forvarmeren er det to seksjoner. I den første blir boksene oppvarmet til temperaturer mellom 85-98°C, og deretter går de inn i en holderseksjon. Etter forvarmeren passerer boksene en innretning for påvisning av lekkasje. På grunn av det store trykket inne i boksene vil hele bokser her bule ut, mens de utette boksene ikke gjør det. De siste blir da automatisk sortert ut.

Fra denne lekkasje-finneren (leak detector) går boksene gjennom en trykkventil inn i sterilisatoren og blir skjøvet gjennom spesialformete spor av en roterende mekanisme. Boksenes hastighet kan varieres. Normalt har sterilisatorene en kapasitet på 130-170 bokser i minuttet.

Etter steriliseringen passerer boksene igjen en ventil før de går inn i kjøleren. Lufttrykket inne i kjøleren er ca. 4.5 kg/cm² for at boksene ikke skal gå i stykker på grunn av det store innvendige trykket. I passeringen ut fra kjøleren går boksene igjen gjennom en lekkasje-finner. Her er forholdet det at de boksene som er lekk beholder en utbuling og blir frasortert på grunnlag av det. De hele boksene får sin naturlige form igjen etter avkjølingen

H. Kjøling: Umiddelbart etter steriliseringen må boksene avkjøles til 20-25°C. Kjøletiden må maksimalt være 15 minutter, ellers utsettes produktet for unødig fare for kvalitetsforringelse på grunn av missfarging og dårlig tekstur.

I. Ryisting: Etter nedkjølingen passerer boksene ofte en rystemaskin. Denne rystingen nedbryter et koagel som eventuelt er dannet under steriliseringen, og gir produktet en jamn og homogen tekstur. Et koagel som brytes på denne måten, vil vanskelig dannes igjen. For sterk rysting er imidlertid ugunstig da det reduserer viskositeten for sterkt.

XI. Generelt om bestemmelse av steriliseringstid og temperatur.

Hensikten med steriliseringen er som nevnt, å inaktivere enzymer, mikroorganismer og sporer slik at produktet blir holdbart. For å forenkle problemet kan det straks fastslås at destrueringen av enzymer og vegetative celler ikke byr på noen problemer innen hermetikkindustrien. Varmebehandlingen under steriliseringsprosessen er alltid sterk nok til å utføre dette. Hovedproblemet konsentrerer seg om å få en varmebehandling som er tilstrekkelig til å destruere sporene til de anaerobe bakteriene.

Imidlertid vil en temperaturbehandling som er kraftig nok til å inaktivere bakteriesporer, kunne forårsake reaksjoner som vi helst vil unngå i de næringsmidlene som skal steriliseres. Særlig utsatt er i så henseende melkeproduktene som lett får missfarging og uønsket smak og konsistens ved en kraftig varmebehandling. Det gjelder å begrense slike reaksjoner mest mulig, og derfor er det også om å gjøre å begrense steriliseringsprosessen. En langvarig steriliseringsprosess vil naturligvis også falle kostbar. Det gjelder derfor å komme fram til en tidstemperatur-kombinasjon som er tilstrekkelig kraftig, men heller ikke kraftigere enn nødvendig for

å sikre en fullstendig sterilisering.

Grunnlaget for bestemmelse av slike optimale temperatur-tids kombinasjoner får en ved å skaffe tilveie opplysninger om

- 1) varmeresistensen til de mest varmeresistente bakterisporene som kan påvirke holdbarheten av produktet. Som testorganisme nyttes oftest Clostridium botulinum.
- 2) den tiden som er nødvendig under vanlig driftsforhold for å oppnå steriliseringstemperatur i det produktet som skal steriliseres.

Varmeresistensen til sporene er ikke en konstant. Bl.a. avhenger den av surheten i det næringsmiddelet som skal steriliseres. Næringsmiddelets kjemiske sammensetning har trolig også betydning på andre måter, t.d. øker bakterienes varmetoleranse i sukkeroppløsninger opp til ganske høye konsentrasjoner. Varmeresistensen burde derfor egentlig bestemmes i det aktuelle næringsmiddelet. Imidlertid er det vanlig å nytte et substrat ved slike undersøkelser som en vet er vanskelig å sterilisere. Fosfatpuffer ved pH 7.0 er et vanlig substrat.

På et slikt standardisert substrat i spesielle bokser podes suspensjoner med et stort antall bakterier for undersøkelser av den termiske dødstitid. Det nyttes også spesielle autoklaver hvor temperaturen kan heves og senkes nesten øyeblikkelig til de temperaturene en vil ha. Suspensjonene med sporer står så ved forskjellig temperatur og varierende tid i autoklavene. Etter avkjøling podes suspensjonen på et egnet substrat, og en undersøker om det blir vekst. Følgende forsøk utført av Tanner gir et eksempel på en slik undersøkelse utført ved 115.6°C og en spore konsentrasjon på 7.5×10^8 pr. ml av Cl. botulinum. Det ble utført tre parallelle prøver.

Tid	Overlevd
5 minutter	+++
6 "	+++
7 "	+-
8 "	+--
9 "	---

I dette forsøket ble altså sporene destruert ved 115.6°C i 9 min.

Ved på denne måten å bestemme den tida som er nødvendig for å destruere sporene ved forskjellige temperaturer, får en grunnlag for å trekke de såkalte termiske dødstidskurvene i et koordinatsystem med temperaturen som absisse og log. til tiden som ordinat. Dødstidskurvene vil da være rette linjer (Bigelow.)

Figur 8 viser en termisk dødstidskurve for en stamme av *Cl. botulinum*, som går gjennom punktet 10 minutter og 115.6°C . Linjen kan beskrives entydig ved hjelp av et punkt på denne og dens helningsvinkel. Det punktet som vanligvis er valgt, viser dødstiden ved 121°C (250°F.) For denne organismen er tiden 2.78 minutter. Kurvens helning betegnes vanligvis ved det antall $^{\circ}\text{C}$ som skal til for å passere en logaritmisk cyklus på tidsordinaten. Denne verdien kalles for kurvens z-verdi. Den termiske dødstidskurven for denne undersøkte stammen av *Cl. botulinum* vil derfor kunne uttrykkes kort (2.78, $z = 10$).

Det går frem av det foregående at de termiske dødstidskurvene blir bestemt under standardiserte betingelser. For at en skal kunne dra praktisk nytte av slike kurver til bestemmelse av steriliseringstiden og temperaturen, må en vite hvor lang tid det tar før det spesielle produktet som fremstilles når steriliseringstemperaturen i de autoklavene og de boksene en har til rådighet. Denne tida kan variere sterkt fra produkt til produkt avhengig bl.a. av produktets varmeledningsevne og dets viskositet. I et flytende produkt vil oppvarmingen foregå meget hurtigere enn i et produkt med stor viskositet fordi varmevekslingen i det første produktet for en vesentlig del kan skje ved strømming. Oppvarmingstiden er dessuten avhengig av boksenes størrelse og form.

Til klarlegging av oppvarmingskurvene bruker en termoele-

menter eller thermocouples som skrues inn i boksene på de stedene der oppvarmingen vil skje langsomst. Termoelementene vil da kontinuerlig kunne registrere temperaturforandringene i boksene. For hvert produkt og for hver boksestørrelse får en da parvise verdier av tiden og temperaturen som plottes inn i et koordinatsystem med tiden som absisse og logaritmen til temperaturen som ordinat. Figur 9 angir en slik kurve trukket gjennom tidstemperatur-punktene for et produkt med liten varmegjennomgang og derfor en langsom oppvarming. Fra det tidspunktet da autoklaven har nådd steriliserings-temperaturen, vil oppvarmingskurven være tilnærmet rettlinjett.

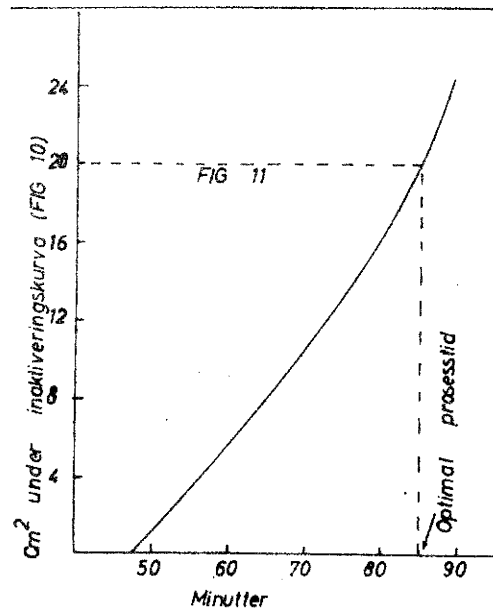
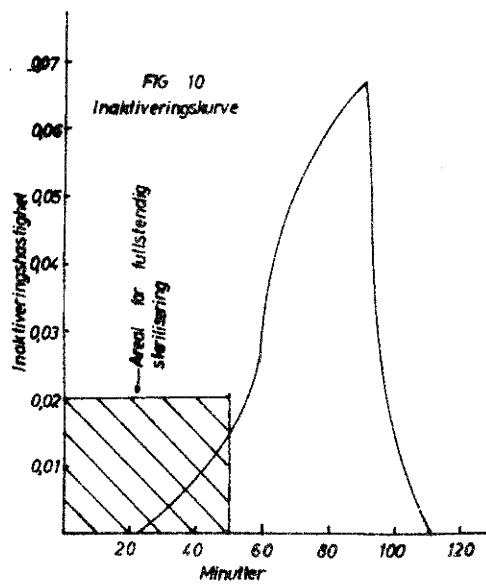
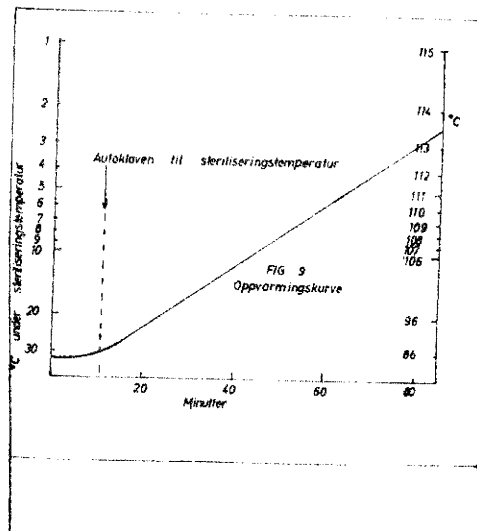
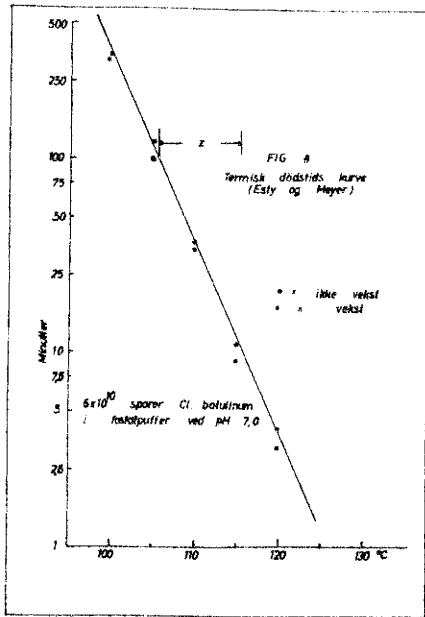
Som tidligere nevnt, ønsker en for de fleste næringsmidler å bruke den svakeste varmebehandlingen som er nødvendig for å oppnå et sterilt produkt. Under oppvarmingen vil en passere temperaturer hvor det foregår en viss sterilisering. Ved en langsom oppvarming kan holdertiden ved steriliseringstemperatur derfor kortes inn eller helt elimineres.

Det er utarbeidet flere metoder til å bestemme den optimale steriliseringsprosessen, bl.a.:

- 1) Den grafiske metoden (Bigelow)
- 2) Formel metoden (Ball)
- 3) Nomogram metoden (Olsen og Stevens).

Alle disse metodene er basert på utnyttelsen av de termiske dødstidkurvene og oppvarmingskurvene. Den første metoden er den enkleste, og her vil en bare beskrive denne. (For nærmere beskrivelse av de andre metodene vises til The canned food reference manual, American Can Company, 1947).

Av figur 8 ser en at en allerede ved temperaturer mellom 95 og 100°C får en reduksjon av sporeantallet, og produktet kan bli sterilisert ved slike temperaturer hvis vi bare bruker lang nok tid. Ved en hver temperatur har en en gjennomsnittlig innaktiveringshastighet (lethal rate) som er definert som $1/t_T$, eller den inverse verdien av dødstiden ved temperatur T.



Den gjennomsnittlige inaktiveringshastigheten kan også betraktes som den brøkdelen av det totale antall sporer som gjennomsnittlig inaktiveres pr. minutt. (Ved en bestemt temperatur vil neppe dødshastigheten eller inaktiveringshastigheten være konstant gjennom hele steriliseringstiden. Under en stadig stigende eller avtagende temperatur vil imidlertid feilene ved å bruke gjennomsnittsverdier bli små). Summen av inaktiveringshastighetene x tidene ved de forskjellige temperaturene oppvarmingskurven gjennomløper + inaktiveringshastighet x tid ved steriliseringstemperatur + inaktiveringshastighet x tid ved de temperaturene avkjølingskurven gjennomløper skal være lik 1 for fullstendig sterilitet. Det betyr jo nettopp at 1/1 av sporene er inaktivert. Imidlertid ser en ofte bort fra avkjølingskurven og bruker dennes steriliserings-effekt som sikkerhetsmargin. Beregningene av steriliseringstid og temperatur kan da utføres i tre trinn.

1) En beregner dødshastighetene for forskjellige prosess-tider etter oppvarmingskurven og den termiske dødstidskurven. Etter en bestemt tid viser nemlig oppvarmingskurven en bestemt temperatur i produktet, og med den som inngang i den termiske dødstidskurven, får en den termiske dødstiden og derved også dødshastigheten.

Prosesstid	Temperatur etter oppvarmingskurven	Termisk dødstid	Døds-hastighet
30 min.	90 ⁰ C	490 minutter	0.002
40 "	104 "	180 "	0.005
50 "	108 "	62 "	0.016
60 "	110 "	40 "	0.025
70 "	112 "	20 "	0.050
80 "	113 "	17.5 "	0.061
90 "	114 "	15 "	0.067

Den bestemte oppvarmingskurven i fig. 9 gir nevnte døds-hastigheter etter forskjellig prosessstid for den stammen av *Cl. botulinum* som en har funnet dødstidskurven for i fig. 8.

2) De beregnete dødshastighetene brukes som ordinat i et koordinatsystem med tiden som absisse (fig. 10). Ved hjelp av et planimeter kan så arealet under kurven bestemmes for forskjellige steriliseringstider. Den steriliseringstid som skal nyttes, er da den verdien som gir et areal under kurven tilsvarende dødshastighet \times tid = 1. Bestemmelsen av steriliseringstida kan foregå enda enklere ved å tegne opp en kurve med arealet ved bestemte tidspunkt som ordinat og tiden som absisse (fig. 11). Etter målestokken på fig. 10 vet en da hvor stort arealet skal være for dødshastighet \times tid = 1.

For næringsmidler med dårlig varmegjennomtrengelighet, trenger en ikke å nå steriliseringstemperatur før produktet er sterilisert. Kondensert melk derimot er lett å varme opp og må ha en viss holdertid ved steriliseringstemperaturen. En regner med en oppvarmingstid på ca. 15 minutter og en holdertid på 15-20 minutter ved 115.6°C . Temperaturen i autoklaven er da 115.6°C og temperaturen i melka noe lavere.

XII. Vanlig kondensert (usterilisert) melk.

Dette er et produkt som er noe sterkere konsentrert enn "boksefløten", og kondenseringsgraden ligger innenfor området 25:1 og 4:1. Produktet kan fremstilles av helmelk, skummet melk eller delvis skummet melk, og er i mange tilfeller overopphett. Produktet selges oftest i store beholdere, men kan også emballeres i vanlige melkeflasker eller på pappkartonger. Varen er ikke steril og ikke konservert med sukker og har derfor en holdbarhet som tilsvarende pasteurisert melk av god kvalitet. Denne kondenserte melka brukes mye i utlandet i iskremindustrien.

Kvalitetskravene til melka som skal brukes til dette produktet, er stort sett de samme som for melk som skal brukes til sterilisert kondensert melk. Vanlig kondensert melk blir ikke utsatt for

så sterk varmebehandling som sterilisert melk, men til gjengjeld blir den noe sterkere kondensert. Det må derfor stilles sterke krav til varmestabiliteten.

Forvarmingstemperaturen må være lav for at en skal oppnå stor nok viskositet uten sterilisering. Forøvrig må forvarmingstemperaturen justeres etter om produktet skal "overopphetes" eller ikke.

Standardiseringen utføres som tidligere beskrevet for sterilisert kondensert melk. Det totale tørrstoffinnholdet vil ligge på ca. 36 %, og kondenseringsgraden måles ved hjelp av et aerometer. Hvis produktet skal "overopphetes", må en regne med den vannmengden en får som kondensat under overopphetingen.

Overopphetingen utføres først og fremst for å få en økning i viskositeten, og dermed en mer fløteaktig konsistens. Overopphetingen har også en gunstig virkning på konsistensen til de produktene en skal lage på basis av den kondenserte melka, fordi melkeproteinenes vannbindingsevne øker. Imidlertid kan overopphetingen være årsaken til kokt smak. Den kan også forårsake en grov tekstur hvis overopphetingen er drevet lenger enn melkas stabilitet tilsier.

Overopphetingen foregår som regel ved at en leder steam direkte inn i den kondenserte melka ved slutten av kondenseringen. Melka blir da normalt oppvarmet til 85-95°C, og varmebehandlingen må være tilstrekkelig til at produktet får den viskositeten som en ønsker. Opphetingstiden kan dreie seg om fra 10-20 minutter.

Etter at varmebehandlingen er ferdig, kjøles produktet ved hjelp av vakum til 52-55°C i vakuminndamperen. Deretter tappes det ut og kjøles videre enten på en overflatekjøler eller i et plateapparat.

Kjølingen må gå raskt, og helst ned til under 5°C da produktet ellers ikke vil holde seg. Det har også vært brukt å fryse den kondenserte melka for å unngå bakterievekst. I frossen tilstand

er det bakteriologisk godt holdbart, men det oppstår lett en destabilisering av proteinene som lett kan gjøre produktet ubrukbart til t.d. fremstilling av iskrem.

En slik usterilisert, kondensert melk har blitt produsert med henblikk på konsum i områder hvor det ellers er vanskelig å skaffe frisk melk.

Nilsen og Rosenberger har utarbeidet en fremstillingsmetode som skal gi et produkt som er vel egnet til konsum etter fortykning. Denne går ut på at melka pasteuriseres, homogeniseres og konsentreres til 1/3 volum. Den homogeniseres så igjen og repasteuriseres ved 82°C i 16 sekunder. Dette produktet holdt seg da i ca. 1 mnd. ved 2°C og i ca. 2 uker ved 4.5°C . Det hevdes at produktet etter rekonstituering var like god som frisk melk. De samme forfatterne beskriver også en metode for fremstilling av frosset kondensert melk. Problemet ved denne er, som sagt, destabiliseringen av proteinene. De hevder at en lagring ved -29°C gir et stabilt produkt. Imidlertid er stabiliteten sterkt avhengig av tørrstoffinnholdet og melkas opprinnelig stabilitet, frysetiden, opptiningstiden osv., så et godt resultat er avhengig av en nøyaktig kontroll og et godt fryseutstyr.

XIII. Faktorer som har virkning på de fysisk-kjemiske egenskapene til den kondenserte melka som har størst betydning for produktets salgbarhet.

A. Varme-stabiliteten. Ved varmestabiliteten forstår vi melkas evne til å motstå koagulering under sterilisering. Webb, Bell, Deysher og Holm har definert varmestabiliteten som den nødvendige tiden for en begynnende koagulering ved 115°C . I kondensert melk er en ikke interessert i å oppnå den maksimale varmestabiliteten, men en optimal stabilitet som gir produktet den viskositeten en vil ha i produktet. En for god stabilitet gir et produkt som er tynt-

flytende, en dårlig stabilitet vil gi et produkt som er koagulert og grov i teksturen. Begge disse ekstremiteter vil gi et produkt med dårlige salgsegenskaper.

Varmestabiliteten er avhengig av mange faktorer som kan deles inn i to grupper:

- 1) melkas fysisk-kjemiske egenskaper
- 2) produksjonsteknikken

1. Melkas fysisk-kjemiske egenskaper.

a) Surhetsgraden påvirker i høy grad stabiliteten, og generelt vil en hver økning i surheten ha en ugunstig virkning ved en sterk reduksjon av varmestabiliteten. Under steriliseringen stiger surheten i den kondenserte melka, og stigningen er avhengig av temperaturen, tiden, laktosekonsentrasjonen og proteinkonsentrasjonen. Årsaken tilskrives en begynnende nedbryting av kaseinet og en oksydasjon av laktosen. Videre skjer det reaksjoner mellom laktose og amino-grupper slik at en får en relativ økning av karboksylgruppene i forhold til de basiske aminogruppene og dermed en reduksjon i pH. Felling av $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ spiller antagelig også en viss rolle.

b) Proteinene i melka er den faktoren som stabiliteten refererer seg til, og alle proteinene i melk koagulerer under varmepåvirkning. Kaseinet er ganske stabilt i frisk melk. Ntailianas og Grimbleby fant en viss dissosiering av peptidkjedene i kaseinet ved temperaturer på 95-110°C i 30 minutter. Først ved 120°C i 30 minutter skjedde det en re-assosiering av disse peptidkjedene med påfølgende koagulering. Deres forsøk ble gjort i fosfatpuffere ved pH 6.6, og koaguleringen vil trolig inntreffe ved svakere varmebehandling i kondensert melk. Det angis at 10 % av kaseinet og nærmere 70 % av albuminet er koagulert i vanlig kondensert melk. En liten surhetsstigning eller en uheldig saltballanse kan bevirke at mye mer koagulerer. Forvarmingens betydning for økning av viskositeten har tydeligvis sammenheng med innholdet av albumin. Ved forvarmings-

temperaturer over 90°C er det vist at viskositeten øker proporsjonalt med konsentrasjonen av albumin.

c) Saltballansen i melka har stor betydning for varmestabiliteten. Bare små variasjoner i denne kan være årsaken til at stabiliteten forandres. Forholdet mellom Ca^{++} og Mg^{++} på den ene side og sitrat og fosfat på den andre er en avgjørende faktor. Vanligvis er det et overskudd av Ca^{++} , og en kan da rette på en dårlig varmestabilitet ved å tilsette fosfater eller sitrat. Dette kan imidlertid øke faren for "age thickening". Både innholdet av salter og forholdet mellom de forskjellige proteinene blir påvirket av laktasjonsstadiet og også av årstidene.

2. Produksjonsteknikken.

a) Forvarmingstemperaturen er en meget betydningsfull faktor til å kontrollere melkas varmestabilitet med. Som før omtalt vil en forvarming til 120°C i 2 til 3 minutter gi melka en større varmestabilitet enn ordinære forvarmingstemperaturer. Hva som forårsaker dette, er ennå ikke tilfredsstillende forklart. Sannsynligvis spiller tiden og temperaturen stor rolle for protein-protein reaksjoner og reaksjoner mellom proteiner og laktose. Det er t.d. hevdet at reaksjoner som fører fram til øket vannbindingsevne hos proteinene har en større Q_{10} enn de reaksjonene som fører fram til brunfarging og kokt smak. Derfor kan en dra nytte av den gunstige virkningen av ultrahøy forvarming, men unngå uheldig smak og brunfarging ved å bruke kort tid. En kan også sterilisere melk ved 150°C uten å få kokt eller brent smak eller uønsket farge. Forvarmingen ved ultrahøye temperaturer må imidlertid begrenses til ekstra ustabil melk da den har en tendens til å forårsake viskositetsminking under lagring.

Tumermann et al. fant at destabiliseringen eller koaguleringen av kasein under lagring av frosset kondensert melk er en

direkte følge av en laktosekrystallisering. De antar at årsaken kan være at laktosen i oppløsning binder Ca^{++} og reduserer disses destabiliserende virkning. Hvis den oppløste laktosen krystalliserer ut vil Ca^{++} frigjøres og vil virke destabiliserende på kaseinfraksjonene. Hvis en fryser hurtig og nytter lave oppbevarings-temperaturer med følgende hurtige opptining, vil en få en amorf laktose-fase som er stabil mot krystallisering og dermed hindrer utfnokking.

Med den rivende utvikling en i de siste åra har hatt med hensyn til fremstilling av sterilisert melk, er det trolig at en kondensert usteril melk ikke lenger er særlig aktuell som grunnlag for fremstilling av melk til konsum.

b) Konsentrasjonsgraden har betydning for melkas varmestabilitet. Stabiliteten avtar med stigende konsentrering, og dette var lenge årsaken til at innholdet af ffmt i kondensert melk måtte begrenses. Ved å heve forvarmingstemperaturen kan imidlertid virkningen reduseres.

c) Homogeniseringen reduserer varmestabiliteten, spesielt i melk hvor stabilitetene av andre årsaker er dårlig. Virkningen er økende med økende homogeniseringstrykk og temperatur. Melk som er forvarmet til 120°C i 2-4 minutter beholder som regel sin proteinstabilitet etter homogenisering.

B. Viskositeten i den kondenserte melka er en egenskap som forbrukerne legger stor vekt på. Høy viskositet gir melka en fløteaktig utseende og er også gunstig fordi den motvirker fløteavsetning. Ved viskositetsmålinger under produksjonsgangen, er det funnet at forvarmingen har liten virkning på viskositeten. (En annen sak er det at høye forvarmingstemperaturer kan ha virkning som slår ut i lavere viskositet under lagring). Inndampingen øker viskositeten noe på grunn av at tørrstoffinnholdet øker. Steriliseringen er

imidlertid den prosessen som har den største innvirkningen på viskositeten. Steriliseringsmåten spiller også en vesentlig rolle. Høy temperatur-kort tid gir liten viskositet, lavere temperatur i lengre tid gir større viskositet.

Viskositeten er sterkt avhengig av melkeproteinenes stabilitet, og forhold som virker inn på stabiliteten har også virkning på viskositeten. Virkingen går imidlertid i motsatt retning, slik at de faktorer som forårsaker dårligere stabilitet gir en større viskositet i produktet. Slike forhold som høy surhetsgrad, lav forvarmingstemperatur, sterk konsentrering, høyt homogeniseringsstrykk, og lang oppbevaringstid ved vanlig romtemperatur før sterilisering gir dårlig varmestabilitet, men høy viskositet.

Maksimal stabilitet er som før nevnt, ikke ønskelig og årsaken er at viskositeten i så fall kan bli for lav. En bør derfor regulere forvarmingen etter melkas opprinnelige stabilitet. Ved evaporert melk med høyt tørrstoffinnhold kan en regulere viskositeten ved å bruke ultrahøy forvarmingstemperatur og et lavt homogeniseringsstrykk.

Lagringen bevirker en nedgang i viskositeten til vanlig kondensert melk, og denne nedgangen er et problem på samme måte som en øking av viskositeten er et problem ved fremstillingen av sukret kondensert melk. Viskositeten avtar hurtigst i begynnelsen av lagringstiden og særlig hvis melken lagres ved høy temperatur. I enkelte tilfeller kan også evaporert melk danne et gel under ekstrem lang lagring. Det har vist seg (Bell, Curran og Evans) at slik koagulering helst opptrer i melk som er sterilisert ved høy temperatur i kort tid (flashsterilisering). Dette forholdet understreker den komplekse naturen til viskositetsendringer i melkekonsentrater, et forhold som på ingen måte ennå er tilfredsstillende forklart.

C. Tilsetning av stabilisatorer for kontroll av stabiliteten og viskositeten.

Det er tidligere presisert at saltballansen har stor virkning på proteinenes stabilitet og dermed også på viskositeten i kondensert melk, og at en dårlig varmestabilitet ofte skyldes et overskudd av Ca^{++} relativt til innholdet av sitrat og fosfat. Det er derfor naturlig at en tilsetning av slike stoff vil kunne hjelpe når det oppstår problem som har sammenheng med saltballansen.

Mojonnier fant på en metode allerede i 1916 hvor det ble nyttet tilsetninger av NaHCO_3 , men etter større arbeider av Sommer og medarbeidere angående dette problemet, gikk en over til å nytte tilsetninger av fosfater eller citrater. Ved hjelp av laboratoriesterilisator og viskosimeter kan en ved å variere tilsetningsmengdene av stabilisator, finne den mengden som er optimal for melka. Prøvene utføres ved forvarming som i vanlig kommersiell praksis, og de steriliserte boksene inspiseres over en lengre periode og viskositeten måles. Da en boks bare kan undersøkes en gang ved slike eksperimenter, kreves det et relativt stort antall bokser, hvis boksene skal følges i lengre tid. Ofte blir derfor viskositeten og konsistens og smak bedømt umiddelbart etter avkjøling.

Webb og Bell fant imidlertid at en korrekt forvarming var et bedre middel til å regulere viskositeten enn tilsetning av stabilisatorer. Park fant at bare en del (ca. 25 %) av den kondenserte melka trengte å forvarmes til ultrahøye temperaturer for å gi en god nok varmestabilitet til hele produktet. Innvirkningen av forvarmingen er tidligere beskrevet.

I den seinere tida er det også gjort forsøk på å bedre stabiliteten i ustabil melk ved å bruke jonebyttene hvor Ca^{++} og Mg^{++} blir byttet med Na^+ . For å oppnå gunstig virkning er det nok at 2.5-5 % av den melka som skal kondenseres, blir behandlet gjennom en jonebytter. Imidlertid kan det gjøres innvendinger både mot

tilsetning av salter og behandling gjennom jonebytter. Tilsetninger vil naturligvis forårsake at den kondenserte melka ikke lenger er noe naturprodukt selv om tilsetningsstoffa er tillatt etter paragraf 11 i forskriftene. Ved jonebyttere fjernes en del Ca^{++} som kanskje er noe av den viktigste bestanddelen i melk som brukes i barnemat o.l.

XIV. Mikroorganismer og enzymer i kondenserte melkeprodukter og feil som disse kan være årsak til.

A. Kondensert melk som ikke er sterilisert, er ikke holdbar under normale lagerbetingelser da melka kan inneholde opp til flere millioner organismer pr. ml. Produktet får en svak forvarming, temperaturen under kondenseringen er lav slik at det kan være mange bakterier som overlever varmebehandlingen. Både kvantitativt og kvalitativt er derfor floraen avhengig av floraen i den opprinnelige melka. Dessuten vil fremstillingsteknikken i noen grad påvirke bakterieantallet og hvilke bakteriearter som vil overleve. Generelt må imidlertid en kondensert melk oppbevares ved lave temperaturer og helst i kort tid før den konsumeres.

B. Overopphetet kondensert melk har vanligvis et svært lite antall bakterier etter overopphetingen. Imidlertid vil mikroorganismene ha meget gode vekstbetingelser i denne. Dette tilsier at produktet må lagres kaldt, og også at det har en svært begrenset lagringstid.

C. Sukret kondensert melk er heller ikke steril, og den har omtrent det samme antall mikroorganismer som vanlig kondensert melk. På grunn av den konserverende virkningen til sukkeret, er produktet imidlertid godt holdbart. Forandringene i bakterietallet under lagringen kan være både negative og positive, svært avhengig av oppbevaringstemperaturen og hvor sterkt osmofil floraen er.

Det er relativt vanlig at det utvikles mugg på overflaten av store beholdere med sukret kondensert melk etter en tids lagring ved optimal temperatur (ca. 20°C). I vanlig emballasje for konsum

er lufttilgangen imidlertid så liten at en massiv muggvekst hindres.

De viktigste feilene i sukret kondensert melk som kan føres tilbake til bakterievirksomhet, er mugg-klumper, viskositetsøkning ved lagring og gassdannelse.

Mugg-klumpene kan være av varierende størrelse med en fast osteaktig konsistens og en gul-hvit til rød-brun farge. Det er uråd å få emulgert disse klumpene i melka igjen. Klumpene har en gammel og osteaktig smak, og gir også en slik gammel smak til den kondenserte melka. Rogers, Dahlberg og Evans fant at slike klumper ble dannet av *Aspergillus repens* og muligens andre *Aspergillus* arter. Knutsen fant også *Asp. glaucus* og *Contenularia fuliginea*. Sporene til disse muggartene destrueres under en vanlig forvarming, og de må derfor ha kommet til etter forvarmingen. De utvikles også meget langsomt ved temperaturer under 15°C.

Etter dette kan en forebygge muggklumper i sukret kondensert melk ved:

- 1) En systematisk oppbygging av arbeidsprosessen med hensyn på å unngå reinfeksjon. Et bestemt vaskeprogram av utstyret må inngå i arbeidsprosessen.
- 2) Bruke lagringstemperaturer under 15°C.
- 3) Forsegle emballasjen under vakum.

Viskositetsøkningen under lagringen av sukret kondensert melk kommer vanligvis på grunn av rene fysisk-kjemiske endringer i melka som ikke har noen forbindelse med bakterier eller enzymer. I noen tilfeller kan imidlertid årsaken være ren bakteriologisk, da er det alltid meget høye bakterietall i produktet. Andrews fant store antall av *Staphylococcus aureus* og *Staph. albus* i slik melk. Andre forskere har funnet gjær, *Bacillus subtilis*, *B. mesentericus* og melkesyrestreptokokker. Årsaken til viskositetsøkningen er vanligvis en syreproduksjon, men kan også være en produksjon av løpelignende enzymer.

For å forebygge en slik bakteriell virksomhet som fører til viskositetsøkning, må en først og fremst gjennomføre en fullstendig pålitelig vask, sterilisering og sanitær kontroll. De bakteriene som Andrews fant, tyder jo på en human infeksjon i fabrikk. Disse bakteriene er varmeømfintlige og vil destrueres under forvarmingen. Et probat middel, som imidlertid burde være unødvendig, er å øke sukkerkonsentrasjonene slik at sukkerforholdet blir på ca. 64.5 %. Oppbevaring ved lav temperatur vil også hindre slike bakteriearter i å utvikle seg.

Gassdannelse er en av de vanligste feilene i sukret kondensert melk, og er også en meget alvorlig feil som gjør produktet ubrukelig. I hermetiske bokser vil en slik gassdannelse forårsake at boksene buler ut, og i ekstreme tilfeller vil boksene kunne revne.

En sukkertolerant gjærart som Hammer kalt for *Torula lactis condensii* er den vanligste mikroorganismen som kan forårsake gassdannelse i sukret kondensert melk. En hel rekke forskere har funnet at det er en knoppskytende gjær som har evne til å fermentere sukrose i konsentrerte oppløsninger vesentlig til alkohol og CO₂.

Torula lactis condensii kommer vanligvis i den kondenserte melka med sukkeret. Det anbefales derfor at sukkeret skal være forseglet i sin opprinnelige emballasje inntil bruk, og at en bør kjøpe sukkeret i tønner i stedet for i sekker. Bruk av sukkeroppløsninger byr på store fordeler fordi disse kan pasteuriseres før bruk. Damp i produksjonsrommet bør unngås mest mulig, og innsekter må holdes ute både fra produksjonslokalene og lagerrommet hvor en oppbevarer sukkeret. En grundig vask og sterilisering av maskiner og redskaper og en sanitær produksjonsgang, er naturligvis også av den aller største betydning med hensyn til gjærinfeksjonsfaren.

D. Evaporert melk skal være absolutt steril. Imidlertid hender det at en også i dette produktet får feil som kan spores tilbake til bakteriell virksomhet. Det er først og fremst anaerobe sporedannere som har muligheter til å forekomme i sterilisert kondensert melk, og da som oftest sterkt putrifike smørsyrebakterier. Weigmann isolerte en slik art og kalte den for *Plectridium* (*Clostridium*) *foetidum*. Denne bakterien koagulerer først melka og peptoniserer den seinere under sterk utvikling av H_2S . Organismen overlever $118^{\circ}C$ i 15 minutter. Den forekommer i dyrket jord, og kan derfor gjennom avlingen komme i melka allerede i fjøset. Gassdannelse i sterilisert kondensert melk forekommer derfor oftest i inneføringsperioden.

Av og til kan det forekomme gassdannelse som skyldes bakterier som ikke overlever en sterk varmebehandling, t.d. koliforme bakterier. Årsaken er da en infeksjon etter steriliseringen i defekte bokser.

Koagulering av melka er sannsynligvis den vanligste feilen i evaporert melk. I enkelte tilfeller kan melka være koagulert av bakterier som produserer løpeliknende enzym. Smaken på melka er da som regel normal, og det er ingen myseutskillelse. Hammer og Hussong isolerte *Bacillus cereus* fra slik melk. I andre tilfeller har melka blitt sur med sterk utskillelse av myse, og Hammer fant *Bacillus coagulans* i slik melk. En kraftigere varmebehandling er det beste botemiddelet mot disse bakteriene.

Bacillus amarus og *Bac. panis* er isolert fra koagulert evaporert melk med en sterk bitter smak. Den sistnevnte bakterien er meget varmeresistent. Liknende feil kan imidlertid også skyldes varmeømfindtlige organismer og indikerer en dårlig sterilisering. En ujamn fordeling av varmen i autoklaven har ofte vært årsaken. Sildesmak i sterilisert melk er også funnet å være en bakteriologisk feil forårsaket av *Proteus* (*Pseudomonas*) *ichthyosmuis*.

Harskning av fettene i vanlig usterilisert kondensert melk og i sukret kondensert melk har noen ganger ødelagt produktet. Lipasene destrueres med sikkerhet ved 80°C, men spontan oppvarming til 70°C vil svekke dem i vesentlig grad. Imidlertid indikerer forsøk av Rice at de er svært resistente i konsentrerte sukkeroppløsninger. Forekomst av harskning bør motvirkes ved en heving av forvarmingstemperaturen. En skjerpet smaks kontroll av den melka som skal kondenseres, er også viktig hvis denne feilen oppstår.

Andre originære enzymer eller enzymer som blir produsert av mikroorganismer som destrueres ved normal pasteurisering, betyr neppe noen fare i den kondenserte melkeindustrien. Proteasesystemer kan imidlertid være meget varmetolerante og tåle opp til 93°C selv om aktiviteten da svekkes vesentlig.

XV. Ikke-biologiske feil i kondenserte melkeprodukter.

A. De vanligste feilene i sukret kondensert melk som kan skylles rene fysisk-kjemiske forhold er følgende: sandethet, bunnfelling av laktose, viskositetsøkning under lagring, gassdannelse, metallsmak og andre oksydasjonssmaker, brunfarging og fettutskillelse.

Som nevnt før vil en sukret kondensert melk alltid være overmettet med hensyn på laktose. For å få så små krystaller som mulig i produktet, blir det derfor foretatt en tvungen krystallisasjon med poding av laktosestøv ved optimale temperaturer for en hurtig krystalldannelse. Hvis den tvungne utkrystalliseringen ikke er effektiv, vil produktet bli sandet da laktosekrystallene vil bli for store.

En så sterk avkjøling av den sukrete kondenserte melka at en må varme den opp igjen før den fylles på boksene, vil i de aller fleste tilfellene gi et sterkt sandet produkt. Dett er særlig tilfelle hvis oppvarmingen skjer under kraftig omrøring. Årsaken er at de minste krystallene løses opp og laktosen krystalliserer

ut igjen på de større krystallene.

Hvis sukroseforholdet er over 64.5 %, vil en også få muligheter for utkrystallisering av rørsukker fordi vannfasen da er mettet ved ca. 5°C.

Tabell. Oppløsligheten av sukrose ved forskjellige temperaturer.

°C	Sukkerforhold	°C	Sukkerforhold	°C	Sukkerforhold
0	64.18	20	67.09	35	69.55
10	65.58	25	67.89	40	70.42
15	66.30	30	68.70	45	71.32

De sukkerkrystallene som da felles, vil være relativt store og gi produktet en grov tekstur.

1) Bunnfelling av laktose er en relativt vanlig feil i sukret kondensert melk. Den primære årsaken er den forskjellen i sp. vekt som eksisterer mellom laktosekrystallene og melka. Jo større krystallene er, desto lettere vil de falle ut. En regner med at produktet sjelden vil bli sandet eller gi bunnfall hvis krystallene er mindre enn 10 mikron. Viskositeten i den sukrete kondenserte melka har naturligvis en meget vesentlig innflydelse på bunnfelling. Jo større viskositeten er, desto vanskeligere har partiklene for å sedimentere. En moderat øking av kondenseringsgraden kan motvirke bunnfelling av laktose fordi dette medfører en øket viskositet.

Homogenisering er ingen normal del av fremstillingsprosessen for sukret kondensert melk. Imidlertid vil denne øke viskositeten, og vil derfor kunne nyttes med fordel hvis det er vanskelig å få tilstrekkelig viskositet på andre måter. En overoppheting av den kondenserte melka vil forøvrig også virke til å øke viskositeten og hindre bunnfelling.

2) En økende viskositet under lagring kan, som en har vært inne på før, ha bakteriologiske årsaker. Feilen kommer imidlertid hyppigere av reint fysisk-kjemiske grunner, og fenomenet har utvilsomt noe å gjøre med hydratasjon og assosiering av proteinene. Det er også mulig at laktose-protein reaksjoner spiller en viss rolle. Fenomenet er imidlertid særlig knyttet til kasein-fraksjonene, og myseproteinene spiller en langt mindre rolle enn ved varmekoagulasjon av proteiner.

Problemet med økende viskositet er mer fremtredende i bestemte perioder av året enn ellers. I den melkeproduserende sonen av den nordlige halvkule er melka minst stabil i perioden fra midten av april til et stykke ut i juli.

Det er vist (Samel og Muers) at tilsetninger av fosfatjoner og sitratjoner gir melk med dårlig stabilitet mot "age thickening". Høyt innhold av Ca^{++} stabiliserer derimot melka. Disse jonerne har derfor motsatt virkning i de to fenomenene "age thickening" og varmekoagulering.

Forvarmingstemperaturen har en meget vesentlig innvirkning på stabiliteten, og gjennom denne kan en i høy grad kontrollere stabiliteten. Ultrahøye forvarmingstemperaturer i kort tid er å anbefale hvis stabiliteten er ekstremt dårlig.

Innholdet av rørsukker har også stor innvirkning på viskositetsøkningen i det økende innhold av sukker reduserer feilen. Det er antatt (Leigton og Deyster) at rørsukkeret kan reagere med noen av saltene i melka og/eller forandre oppløsligheten til disse på en slik måte at det virker gunstig for stabiliteten. Effekten er også blitt forklart ved en rein fortynningseffekt av vannfasen. I alle tilfeller kan et økende sukkerforhold brukes til kontroll av stabiliteten. Viskositetsøkning under lagringen kan også begrenses ved å forvarme melka og sukkeret hver for seg og så blande disse

først i vakuminndamperen.

Høy inndampingstemperatur i vakuminndamperen fremmer viskositetsøkningen under lagringen. En ganske effektiv måte å begrense feilen på er derfor å bruke en lav inndampingstemperatur. Særlig er det om å gjøre at temperaturen er lav mot slutten av inndampingen da kondenseringsgraden er høy. Det er sannsynlig at en da begrenser de reaksjonene som seinere fører til stor viskositet.

Innholdet av fettfritt melketørrstoff og kondenseringsgraden har også betydning for viskositeten, rimeligvis fordi høyere innhold av ffmt. gir større konsentrasjoner av de stoffene som er med i reaksjoner som fører til øket viskositet. Saltballansen i den opprinnelige melka, melkas surhet og temperaturen under lagringen av ferdige produktet, har også betydning for viskositetsøkningen.

Gassdannelser i bokser med kondenserte melketyper er som regel bakteriologiske feil. Imidlertid kan en få utbuling av boksene som likner på gassdannelse av reint fysisk-kjemiske grunner. Dette kan skyldes for fulle bokser, fylling av svært kald kondensert melk i boksene eller også at salget foregår i ekstraordinært varmt vær. Kombinasjoner av slike uheldige forhold kan gi store utslag, og publikum vil normalt reagere sterkt på slik utbuling. Frysing av innholdet i boksene vil også gi en tilsynelatende "gassdannelse", og hvis produktet er produsert på fabrikker som ligger i liten høyde over havet, vil boksene kunne bule ut hvis de transporteres til steder med vesentlig lavere lufttrykk. I et par tilfeller er det også blitt rapportert om gassdannelse som skyldes en for dårlig fortinning av boksene. Syrene i det kondenserte produktet har da reagert med metallet i boksen.

3) Oksydert smak kan nå og da opptre i sukret kondensert melk, men er ingen vanlig feil. Årsaken kan være et dårlig utgangsmateriale hvor smaken allerede har utviklet seg, eller også en tilførsel

av kopper ett eller annet sted i produksjonsprosessen.

Hvis viskositeten er ekstremt lav, kan oppfløttingen av fett forekomme i sukret kondensert melk. Produksjonsmetoder som øker viskositeten, vil derfor effektivt hindre oppfløtting av fett.

4) Brun-farge i sukret kondensert melk kan komme av at det er brukt glukose i produktet. Videre vil en høy forvarmingstemperatur i lang tid og en høy oppbevaringstemperatur øke faren for misfarging.

B. Følgende feil som kan ha rein fysisk-kjemisk opprinnelse, er funnet i sterilisert kondensert melk: Utfnokking av protein, fett utskilling, bunnfelling, gassdannelse og brun-farge sammen med kakt eller noe brent smak.

1) Utfnokking er en relativ vanlig feil og skyldes en dårlig varmestabilitet. Særlig vil en boksefløte med dårlig stabilitet ha tendens til å fnokke ut når den has opp i varm kaffe hvor pH-verdien som oftest er i nærheten av 5.0. Forholdsregler for å hindre utfnokking er som en har vært inne på tidligere, de samme som gir en lavere viskositet, t.d. høy forvarmingstemperatur, lavere homogeniseringstrykk og/eller temperatur, tilsetning av stabilisatorer (fosfater), fjerning av Ca^{++} med jonebyttefiltre, kontroll med den opprinnelige melkas surhet og en sikker beregning og effektiv kontroll av den optimale steriliseringsprosessen.

2) Fett-oppfløttingen hindres best ved en god homogenisering. Det har imidlertid vist seg enkelte ganger at viskositeten i det ferdige produktet avtar så sterkt under lagringen at fettkulene flyter opp. En slik viskositettilbakegang er en relativ vanlig feil i evaporert melk. Hvis dette inntrer må teknikken legges opp for å gi en øket viskositet i produktet.

3) Bunnfelling av et hvitt fast stoff har nå og da forekommet i sterilisert kondensert melk. Bunnfallet består som regel av

trikalsiumcitrat og forekomsten er mest alminnelig når innholdet av sitrat i melka er størst, nemlig seint på våren og tidlig på sommeren. Tendensen til bunnfelling øker med kondenseringsgraden og med lagertemperaturen.

4) De reaksjonene som fører frem til brunfarging i melkeprodukter, innledes normalt med reaksjoner mellom melkesukker og amino-grupper. Brunfargingen vil oftest også følges av en noe brent smak. Det/ viser seg at reaksjonene som fører til brunfarging, kan begrenses eller helt elimineres ved å nytte høye temperaturer i kort tid under steriliseringen. Tilsvarende varmebehandling oppnådd ved lavere temperaturer og lengre tid vil øke mulighetene for missfarging. Fargen vil bli mørkere under lagringen, især hvis denne skjer ved høye temperaturer.

En standardisert driftskontroll er nødvendig på kondensmelkfabrikkene, og større fabrikker har store lager av prøver tatt fra hver charge. Disse bedømmes både bakteriologisk og fysisk-kjemisk etter bestemte tidsintervall fra produksjonsdagen. Data som fås ved slike lagringsprøver sammenliknet med spesielle karakteristika for den opprinnelige melka og det ny-produserte produktet kan gi verdifulle opplysninger for opplegget av produksjonsteknikken. En kan også få et meget godt bilde av de sesongmessige variasjonene i melka som kan føre fram til bestemte feil i produktet, og gardere seg mot disse på forhånd.