

с 4

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

over

FREMSTILLING AV TØRREDE MELKEPRODUKTER

av

Kjell Steinsholt.

## FORORD.

Disse forelesningene er ment som en ramme for pensumet om fremstillingen av tørrede produkter. I forelesningstidene vil enkelte emner bli behandlet mer inngående etter hvert som det viser seg behov for dette, og etter hvert som det vil komme ny litteratur innenfor det meget omfattende emneområdet.

En har mottatt en rekke artikler og illustrasjoner fra A/S Niro Atomizer, København som har vært til meget stor nytte under utarbeidelsen av forelesningene.

## INNHALDSFORTEGNELSE.

	Side
1. INNLEDNING .....	1
2. SPESIELLE KVALITETSBEGREPER INNEN	
TØRREMELKINDUSTRIEN .....	4
2.1. Oppløslighet .....	4
2.2. Sp. vekt av melkepulver .....	6
2.3. Instantegenskaper .....	7
2.4. Pulverets støveevne .....	9
2.5. Brente partikler .....	10
2.6. Pulverets flyteegenskaper .....	11
3. DEN FYSISKE TILSTANDEN TIL MELKAS	
KOMPONENTER I TØRREMELK .....	15
3.1. Laktose .....	15
3.2. Proteinene .....	16
3.3. Fett .....	16
3.4. Vann .....	17
3.5. Salter .....	17
3.6. Luft .....	18
4. TØRREPROSESSER .....	20
4.1. Frysetørring .....	20
4.2. Tørring ved fordampning .....	26
5. BAKTERIEFLORAEN I TØRREDE MELKEPRODUKTER ...	56
5.1. Totalantall bakterier .....	57
5.2. Coliforme bakterier .....	58
5.3. Bacillus cereus .....	58
5.4. Salmonella .....	59
6. DEN KJEMISKE SAMMENSETNINGEN AV TØRREDE	
PRODUKTER .....	61
6.1. Vanninnhold .....	61
6.2. Fettinnholdet .....	64
6.3. Andre bestanddeler .....	64
6.4. Tilgjengelig lysin .....	65

## I. INNLEDNING.

Tørre melkeprodukter er konsentrerte produkter hvor konsentreringen har blitt ført så langt det praktisk er mulig. Formålet med tørringen er å fremstille produkter som er holdbare og krever liten lagerplass i forhold til utgangsmaterialet, men som likevel best mulig har beholdt utgangsmaterialets smaks karakteristika og næringsverdi.

Marco Polo (1254-1324) er tidligere referert til som den første som bragte kjennskap til iskrem og konsentrerte melkeprodukter til Europa. Han beskrev da også først en form for tørrmelk som ble brukt av Kublai Khans soldater som en konsentrert og derfor lett transportabel næring på deres uhyre lange krigstokter.

Nicolas Appert bør også nevnes i forbindelse med tørrmelkfremstilling. Han laget nemlig melketabletter ved å tørre melk i små former i en strøm av tørr luft. Den første kommersielle fremstillingsmåte ble patentert i England i 1885 av Grimwade.

Imidlertid var kondenseringen av melk en nødvendig del av prosessen, og utviklingen av tørrmelkindustrien har kronologisk fulgt etter utviklingen innenfor melkekondenseringsindustrien. Det første tørre produktet som ble markedsført med hell, var såkalt "malted milk" i 1887. Dette er et produkt basert på melk tilblandet maltekstrakt og det er ennå ganske populært i U.S.A.

Vår "modern way of living" med ønske om stor fritid og lettvinde arbeidsforhold for husmora, har gitt tørre produkter en enestående mulighet til å komme inn i de enkelte husholdninger. Ennå ser vi kanskje bare begynnelsen på denne utviklingen. Teknikken har fulgt opp og gitt mulighet for fremstilling av kvalitetsvarer i så store mengder at det også kan være økonomisk forsvarlig å bruke tørre produkter.

Innenfor tørrmelkindustrien kan vi regne med følgende hovedprodukter:

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| I. Tørret skummet emlk. | V. Tørret krem.   |
| II. -"- helmelk.        | VI. -"- kasein og kaseinat.   |
| III. -"- kjernemelk.    | VII. -"- spesialprodukter hvor melketørrstoff utgjør en vesentlig del. Kakemikser, sauser og forblandinger kan gå inn som representanter for denne gruppen. |

Produksjonen i 1962-66 i en del av de land som har stor produksjon, er vist i tabell 1 (1). Tallene fra New Zealand omfatter bare tørret skummet melk; de øvrige gjelder tørret skummet melk og tørret helmelk. Produksjonen av melkepulver i disse landa er nesten like stor som produksjonen av ost (i 1966: 2.334.100 tonn). Tørrmelkindustrien er derfor i dag av den aller største betydning, og denne betydningen vil utvilsomt øke hvis U-landene gis muligheter til å høyne sin levestandard.

I Norge produseres tørrmelk av meieriene og av Nestle A/S. Da det bare er to produsenter, foreligger det ingen offentlig statistikk over produksjonsmengden. Nestle har to fabrikker; mens meieriene har 13. Produksjonen av tørrmelk er underlagt melkeforskriftene av 17. juli 1953 som i § 7 bestemmer:

"Melkepulver eller tørrmelk skal være framstillet ved inn-damping av helmelk eller skummetmelk til pulverform. Det må herunder ikke tilsettes noe fremmed stoff, når unntas mindre mengder natriumkarbonat (natron), dog ikke under noen omstendigheter mer enn svarende til 0,2 g pr. liter av den anvendte melk beregnet som  $\text{NaHCO}_3$ . Vanninnholdet må ikke være mer enn 4 %. Fettinnholdet i tørrmelk framstillet av helmelk må ikke være mindre enn 26 % og i tørrmelk framstillet av skummet melk ikke over 1,6 %.

Tørrmelk må bare utbys til salg til almenhet i lukket pakning hvorpå fabrikantens navn og fabrikasjonsstedet er angitt, samt med angivelse av varens nettovekt og hvilket kvantum hel resp. skummet melk varen er framstillet av.

Tørrmelk tilsatt mineraler, vitaminer e.a. kan bare produseres og omsettes med departementets samtykke og på de vilkår med hensyn til tilsetningens art og mengde samt betegnelser og deklarasjoner som departementet fastsetter".

Fortegnelse over tillatte tilsetningsmidler utgis hvert år og for tiden er det tillatt i et begrenset tidsrom og etter godkjenning fra Sosialdepartementet, å tilsette antioksydasjonsmidler.

Ref. (1). World Agric. Production and Trade U.S. Dep. of Agric. Foreign Agric. Service 1967.

Tabell 1. Produksjon av tørrmelk i en rekke land (1).

	1962	1963	1964	1965	Foreløbige tall	
					1965	1966
Canada	97900	899000	102300	110800		123100
U.S.A.	1060200	1003700	1038000	956100		771300
Belgia	54600	58000	63200	86700		105000
Frankrike	142200	200400	238700	330200		409300
V. Tyskland	117300	145300	170400	224000		272700
Nederland	116000	107600	107500	119500		127000
Sverige	34100	35200	33700	42700		44400
Sveits	22700	24300	23600	18300		24500
Storbritania	100200	76300	57000	94300		81300
Argentina	14200	15000	18900	20100		27700
Australia	57400	55200	64000	61300		86300
New Zealand	44300	56300	72800	83200		115900
SUM	1861100	1867200	1990100	2147200		2188500
Ost i de samme land						2334100

## 2. SPESIELLE KVALITETSBEGREPER INNEN TØRRMELKINDUSTRIEN.

### 2.1. Oppløslighet.

Produktene fra tørrmelkindustrien konsumeres vanligvis i "oppløst tilstand". Mange av de produktene hvor tørre melkeprodukter er viktige ingredienser, er også beregnet til oppløsning i vann. For andre produkter som brødvarer og kjøttprodukter, blir tørrmelka ofte "løst opp" før den brukes i produktet. Det er derfor meget vesentlig at pulveret lett slemmes opp i vann, og at det finnes måter til å bestemme pulverets løsningssegenskaper.

Imidlertid er selve dispergeringen av pulveret en komplisert fysisk prosess hvor vi vil få en oppløsning (laktose, salter), en dispersjon (protein, uoppløste salter) og også i de fleste tilfeller en emulsjon (fett). Det er derfor i virkeligheten heller tvilsomt å tale om oppløseligheten av et melkepulver, selv om dette begrepet nyttes meget ofte. Med oppløseligheten eller kanskje bedre rekonstituerbarheten av et melkepulver mens pulverets evne til å rekonstitueres med vann slik at det rekonstituerte produktet får oppløsningssegenskaper, som er mest mulig lik egenskapene til melk.

Det er foreslått en hel rekke metoder for bestemmelse av oppløseligheten til pulver, og av disse er følgende nyttet som standardmetoder:

#### 2.1.1. A.D.M.I.'s (American Dry Milk Institute's (1)) metode:

13 g tørr helmelk eller 10 g tørr skummet melk rekonstitueres med 100 ml vann av 23,9° C i en spesiell mixer i 90 sek. For pulver som skummer sterkt, tilsettes 3 dråper diglycol-laurat. Etter at den rekonstituerte melka har stått en tid forat lufta skal forsvinne mest mulig, pipetteres 50 ml i koniske, graderte sentrifugeglass og sentrifugeres i 5 min. med en konstant g. Det meste av sentrifugatet pipetteres av, bunnfallet vaskes med 25 ml destillert vann av 24° C og sentrifugeres igjen i 5 min. Volumet av sedimentet måles så og blir angitt som oppløslighets-indeks.



2.1.2. Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft's (D.L.G.) metode er følgende:

13,5 g tørr helmelk eller 10 g tørr skummetmelk blir rekonstituert i 100 ml vann ved 20° C (ved rysting i 10 min., rystelengde 10 cm og rystehastighet 200 pr. min.) 50 ml blir så sentrifugert ved 2000 r.p.m. i 10 min. og tørrstoffinnholdet bestemt i 5 ml av sentrifugatet. Denne metoden har ingen fiksert g-verdi, og verdier kan derfor vanskelig sammenliknes når de er funnet etter sentrifugering med forskjellige sentrifuger. Parson (14) nyttet vann ved 50° C til rekonstituering og etter sentrifugering og avkjøling kunne fettlaget fjernes. Bunnfallet ble så dispergert i den fettfrie væska og ca. 2 ml av dette ble veid vekt (vekt  $L_1$ ). Etter ny sentrifugering ble ca. 2 ml av sentrifugatet veid (vekt  $L_2$ ). Tørrstoffet i begge prøvene ble bestemt til henholdsvis  $S_1$  og  $S_2$  og

$$\text{Oppløseligheten} = 100 \frac{S_2}{L_2} : \frac{S_1}{L_1} \% = 100 \frac{S_2 \cdot L_1}{L_2 \cdot S_1} \%$$

Hoffer (7) brukte en meget kraftig mixer, og formoltiterte blandingen. Etter sentrifugering ble sentrifugatet formoltitert, og den siste titeren ( $E_1$ ) i % av den første ( $E_2$ ) ble betegnet som "oppløslighets-titer" (LT).  $LT = \frac{E_2}{E_1} \cdot 100$ . Denne bør være større enn 94 for et godt skummetmelk-pulver.

Cone og Ashworth (6) modifiserte A.D.M.I. metoden, hvor den viktigste forandringen var at tørrstoffinnholdet i sedimentet ble bestemt som % (p) av tilsatt pulver (M) og M satt lik 100:

$$100 - p = \text{oppløslighetsindeks.}$$

Kreveld og Verhood (8) beskrev en metode fra Holland (C.C.F.-test) hvor pulveret rekonstitueres ved røring med en vanlig teskje i 3 min. Blandingens helles opp i en skilletrakt, står i 30 min. og 1/5 fra botnen og 1/5 fra toppen blir analysert med hensyn til tørrstoffet.

I Torsell og medarbeideres (17) LMC-test nytttes utrøring med skje og visuell bedømmelse av dispergeringen.

Alle disse forskjellige metodene viser at kvantitativ bestemmelse av et melkepulvers oppløslighet eller rekonstituerbarhet er vanskelig fordi det er så mange forhold som virker inn. Ved angivelse av oppløslighet er det derfor et absolutt krav at metodikken beskrives i detalj.

## 2.2. Sp.vekt av melkepulver.

Det kan bli snakk om 3 forskjellige sp. vekter av melkepulver, nemlig

- 2.2.1. Pulverets sp.vekt eller den tilsynelatende sp.vekt,
- 2.2.2. De enkelte partiklenes sp.vekt.
- 2.2.3. Tørrstoffets sp. vekt.

Den første av disse er selvsagt den sp. vekt som i praksis har størst betydning i det den f.eks. bestemmer hvor stor emballasje vi må ha til en viss vektmengde pulver. Imidlertid er den ingen konstant fordi den er meget avhengig av hvor hardt pulveret pakkes.

Sjollema (16) skjelnet mellom minimum og maksimum sp. vekt av melkepulver. Den første kan f.eks. bestemmes ved å veie et bestemt volum pulver i et sylindrisk mål uten noen form for pakking. Det andre bestemte Sjollema ved å fylle pulver i en konisk beholder og dunke denne i bordet, fylle etter o.s.v. helt til det ikke gikk mer pulver i beholderen.

Den spesifikke vekten av pulveret bestemmes av formen og strukturen av partiklene, men også av forholdet mellom små og store partikler. Et stort flertall små, eller et stort flertall store partikler gir mindre sp. vekt enn en passende blanding hvor de små delvis fyller tomrommet mellom de større.

Den sp. vekt av partiklene inkluderer luft som er innesluttet i partikkelen, og kan derfor variere meget sterkt etter hvordan pulveret er fremstilt. Denne spesifikke vekten ble av Verhoog (19) bestemt ved sentrifugering av 500 mg pulver i blandinger av tetraklormetan og flytende parafin med sp. vekt fra 0,875-1,31 g/ml og måling av bunnfallets volum i de forskjellige væskeblandinger.

Den sp. vekt av tørrstoffet er for tørret skummet melk funnet til 1,44-1,48 g/ml. Setter vi

$$\text{luft i pulveret} = 1 - \frac{0,3}{1,45}$$

hvor 0,3 er den sp. vekt av et lett pulver (valse-tørret pulver) finner vi at opptil  $\frac{4}{5}$  av pulveret kan være luft. Dette har selvsagt stor betydning for oksydasjon av fettriikt pulver.

### 2.3. Instantegenskapene.

Et melkepulver består som før nevnt, av salter og melkesukker, dispergerbart protein og i de fleste tilfeller noe fett. I de enkelte pulverpartiklene er det innesluttet betydelige mengder luft. Da partiklenes overflate består av protein, fett og melkesukkeranhydrid, vil et ordinært pulver vanskelig fuktet og vanskelig synke i vann uten mekanisk påvirkning. Imidlertid er fukteevnen og synkeevnen meget viktige egenskaper for forbrukeren, idet disse egenskapene for en vesentlig grad bestemmer hvordan pulveret løser seg med de til dels dårlige mekaniske midler forbrukeren har å hjelpe seg med. Det legges derfor stor vekt på å få fram gode instant-egenskaper (instant = øyeblikkelig oppløselig) i et pulver. Dette vil imidlertid bli behandlet nærmere i et senere kapittel.

Foreløbig skal vi nøye oss med å se litt på noen av metodene som er utarbeidet for kvantitativt å kunne karakterisere instant-egenskapene.

### 2.3.1. Fukteevne.

Denne egenskapen er oftest nær knyttet til selvdispergeringsevnen til pulveret, men prinsipielt er disse egenskapene forskjellige. Fukteevnen er pulverets evne til å trekke til seg vann når det drysses eller ligger på en vannoverflate. Evnen til selvdispergering er den tiden det tar for de enkelte partiklene til å miste sin identitet som partikkel (Nickerson et al. (13)).

I Muers og House's (11) metode spres melkepulver jevnt på et bestemt areal av bomullsfilter som lett gjennomtrekkes av vann, og senkes i kontakt med vannflaten. Den tiden det tar til pulveret er fuktet blir tatt med stoppeklokke.

Mol og de Vries (10) målte refleksjonen fra en overflate dekket med en bestemt mengde pulver. Pulveret ble kontinuerlig strødd utover vann som fløt med konstant hastighet. Refleksjonen ble da målt etter en bestemt flytetid.

### 2.3.2. Synkeevne.

Denne karakteristikk skal gi et mål for pulverets evne til å synke i vann hvilket er en nødvendighet for å få oppløst pulveret ved selv-dispergering.

Bullock og Winder (5) strødde 500 mg pulver på overflaten av 50 ml vann ved 25° C i ei skilletrakt. Etter en bestemt tid ble vannet og det pulveret som hadde synket, tatt ut av trakta. Tørrstoffet ble bestemt og regnet om til % "sinkability".

Troesek og Wilk (18) observerte ganske enkelt den tiden som var nødvendig for dispersjonsfronten å rekke 700 ml-merket i en 1000 ml cylinder.

### 2.3.3. Selvdispergering.

De fleste metoder til bestemmelse av fukteevne måler delvis også pulverets evne til selvdispergering. LMC-metoden (17) er f.eks. en metode som kanskje heller måler denne egenskapen til melkepulver.

Stone og Wood spredte 15 g tørrmelk på overflaten av 90 ml vann i en Buchner trakt. Etter 3 min. ble væska avtappet gjennom et glassfilter og tørrstoffet bestemt.

ADMI (1) baserer sin standardmetode på mixing under nøye bestemte forutsetninger av 52 g pulver i 400 ml vann, 20 sek. pisketid og filtrering gjennom 70 mesh-filter med påfølgende tørrstoffbestemmelse. Dette angis for å være meget nær de metoder som husmora nytter for å løse opp tørrmelk.

### 2.4. Pulverets støveevne.

Vanlig melkepulver inneholder varierende mengder med fine partikler som er en ulempe ved fabrikasjonen og ved bruken av pulveret fordi disse partiklene uhyre lett danner støvlag på redskaper, på folk og på vegger, gulv og tak i de rom hvor tørrmelka handteres.

Andreasen og medarbeidere (2) har utviklet en metode til å bestemme støveevnen til melkepulver som går ut på følgende:

En avveid pulvermengde (ca. 2 cm<sup>3</sup>) plasseres på en plate på toppen av et vidt glassrør. Platen trekkes bort under pulveret og dette faller da fritt ned mot en boks som vist på figuren (fig. 2.4.1.). Boksen har en rekke slisser hvor en kan skyve inn plater. For hvert 2. sek. skyves en plate inn regnet nedenfra, og tørrmelka på hver plate blir veid. Jo mindre del av tørrmelka som faller ned, desto større er støveevnen.

Fig. 2.4.1. Utstyr til bestemmelse av pulverets støvnevne.

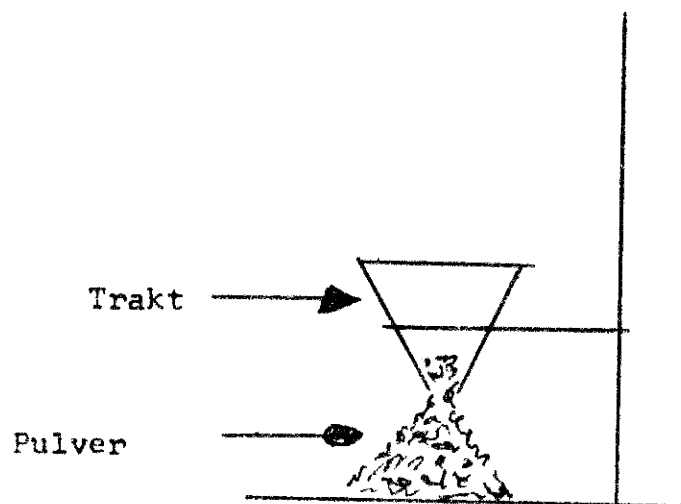
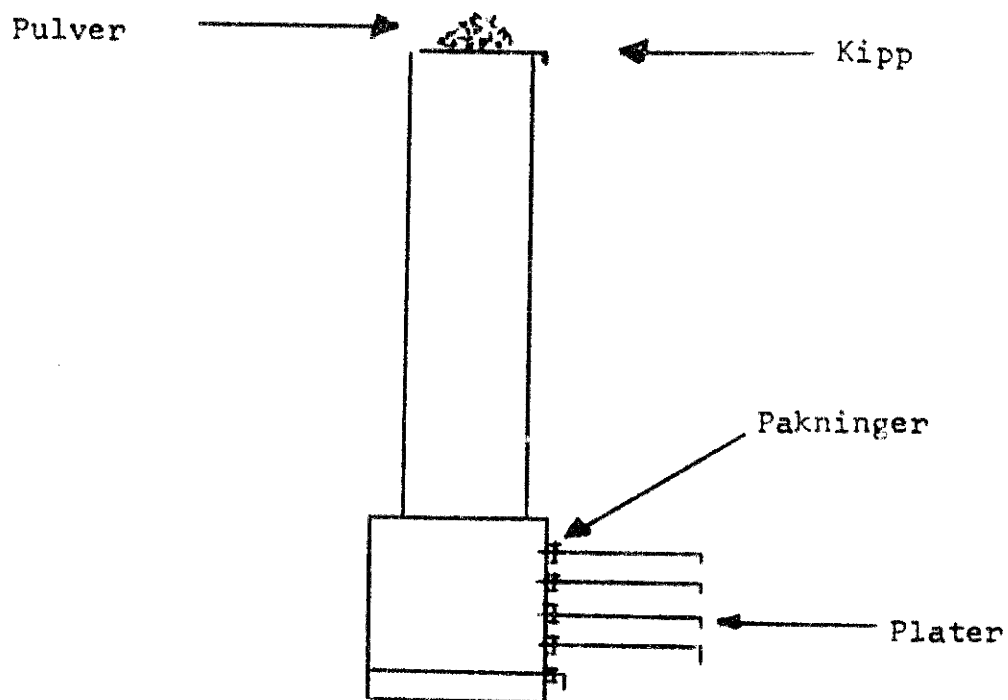


Fig. 2.6.1. Utstyr til måling av pulverets flyteegenskaper.

## 2.5. Brente partikler.

ADMI setter bestemte grenser for brente partikler i tørrmelka. Årsaken er innlysende og partiklene gjør tørrmelka mindre tiltalende og også til dels mindre oppløselig. ADMI's metode består i å filtrere en oppslemming av tørrmelk (spray-tørket pulver) eller i oppløsninger av 2 % Calgon eller 10 % natriumsitrat (valsetørket pulver) eller 10 % tetrantrium salt av ethylen diamin-tetra-eddik-syre (EDTN) (valsetørket kjernemelkspulver). Filtreringen skjer gjennom standard filtre. Filtrene tørkes ved 30-40° C og sammenliknes med ADMI standard (A,B,C og D) som vist i tabell 2.5.1.

For et pulver som skal tilfredsstillere kravene til "extra grade", må innholdet av brente partikler tilsvare B for spraytørret pulver og C for valsetørret pulver.

Tabell 2.5.1. Bedømmelse av brente partikler etter ADMI.

Mg brente partikler	7,5	15,0	22,5	32,5
Betegnelsen	A	B	C	D
<u>Spraytørret pulver</u>				
Ml oppslemming	250	250	250	250
g tørret sk.melk	25	25	25	25
g -"- kjernemelk	25	25	25	25
g -"- helmelk	32,5	32,5	32,5	32,5
<u>Valsetørret pulver</u>				
ml oppløsning	250-300	250-300	250-300	250-300
g tørret sk.melk	17	17	17	17
g -"- kj.melk	17	17	17	17
g -"- helmelk	22	22	22	22

## 2.6. Pulverets flyteegenskaper.

Ethvert melkepulver har en tendens til å henge ved kantene i de beholdere som det oppbevares i. Dette er en kjedelig egenskap særlig for bruk i automater, som utfra tørre produkt lager drikker av forskjellige slag. De samme vanskelighetene oppstår i siloer i bakerier, i forblanderier o.s.v.

Sjollema (16) mente at et svært porøst pulver nødvendigvis hadde dårligere flyteevne enn et mindre porøst pulver.

$$\text{Porøsitet} = \left( \frac{\text{Volum av pulver} - \text{volum av partikkelene}}{\text{Volum av pulver}} \right) 100$$

Årsaken til at pulveret har en porøs struktur er at partiklene kleber til hverandre slik at mellomrommene mellom partiklene vanskelig blir fylt. Denne klebeevnen kan da også virke utad på beholdervegger etc. (Dette trenger ikke nødvendigvis være tilfellet for instantisert pulver hvor klebringen har blitt tilstrebet før pulveret har fått sine endelige fysiske egenskaper og kjemiske sammensetning).

Målingene av flyteegenskapene til et pulver kan inndeles i to grupper, nemlig:

2.6.1. statiske metoder hvor pulveret er i ro og

2.6.2. dynamiske metoder hvor pulveret er i bevegelse.

Av den første typen synes metoden til Neumann (12) å være anvendbar (fig. 2.6.1.). Her monteres en trakt med rett avkuttet åpning 2 cm over et horisontalt papir og det helles pulver i en fin strøm gjennom trakta slik at det dannes en konisk haug på papiret. Når toppen av denne haugen når åpningen på trakta tegnes basis av haugen av på papiret. Tørrmelka fjernes og papirstykket klippes ut, veies og arealet beregnes idet en går ut fra vekt av et kjent areal av papiret. Den tenkte radius i en sirkel som tilsvarende arealet av haugens basis (som ikke nødvendigvis er sirkelformet), beregnes så. Kaller vi denne for  $r$  høyden av haugen for  $h$  (2 cm), munningsvidden til trakta for  $a$  og vinkelen mellom haugens side og papiret for  $\alpha$ , er

$$\text{tg } \alpha = h / (r - \frac{1}{2}a)$$



Jo mindre  $\alpha$  desto bedre flyteegenskaper.

Dynamiske målemetoder er f.eks. utarbeidet av Schmidt (15) hvor en bestemt mengde pulver plasseres i en glasskule. Kula roterer om en horisontal akse. Ved en bestemt hastighet vil pulveret danne en ring rundt kulas ekvator-sone. Jo høyere hastighet det skal til for å oppnå dette, desto dårligere er flyteegenskapene.

Wouterlood (ifølge Sjollegaard (16)) nyttet en roterende sylinder omtrent halvfull av pulver. Ved å øke hastigheten på sylindren vil en komme til en hastighet hvor pulver legger seg som en ring på sylinderveggen og roterer med denne. Denne hastigheten kalles etter Sjollegaard (16) for den karakteristiske hastigheten til pulveret. Jo høyere denne er, desto dårligere er flyteegenskapene.

For å bedre flyteegenskapene til et pulver har bl.a. tilsetning av trikalsiumfosfat, kalsiumsilikat og magnesiumoksyd vært brukt. Natriumaluminiumsilikat (Zeolox) er ansett for å være svært effektivt.

Ballschmieter og Heinen (3) nyttet 2 % tilsetning av vakumtørket mysepulver og observerte god virkning av denne, trolig fordi det her var utkrystallisert melkesukker.

R E F E R A N S E R .

- (1) AMERICAN DRY MILK INSTITUTE, Inc. (ADMI): Standards for grades of dry milks including methods of analysis. Bull. 916 (revised) (1965).
- (2) ANDREASEN, A.H.M., HOFMAN-BANG, N. und RASMUSSEN, N.H.: Uber das Stäubungsvermögen der Stoffe. Kolloid Zeitschrift 86: 70-77 (1939).
- (3) BALLSCHMIETER, H.M.B. und HEINEN, E.H.A.: Vermeidung des Zusammenbackens von pulverförmigen Lebensmitteln durch Molkepulver. Milchwissenschaft 19:360-362(1964).
- (4) BERLIN, E. and PA\_LANSCH, M.J.: Influence of drying methods on density and porosity of milk powder granules. J. Dairy Sci., 46: 780-784 (1963).
- (5) BULLOCK, D.H. and WINDER, W.C.: Reconstitutability of dried milk. I. The effect on sinkability of the manner of handling freshly dried milk. J. Dairy Sci., 43: 301-316 (1960).
- (6) CONE, J.F. and ASHWORTH, U.S.: Comparison of methods of reconstituting milk powder for the plate count with an analysis of variance. Food res. 14: 165-176 (1949).
- (7) HOFFER, H.: Die Löslichkeitstiterbestimmung - eine neue Schnellmethode zur Bestimmung der Löslichkeit von Milchpulver. XVII th Int. Dairy Congres, EF, 227-230 (1960).
- (8) KREVELD, A. van and VERHOOG, J.H.: A new solubility test for whole milk. Neth. Milk and Dairy J. 17: 209-232 (1963).
- (9) LEA, C.H. and GANE, R.: A note on the density of full-cream milk solids. J. Dairy Res., 14: 400-402 (1946).
- (10) MOL, J.J. and VRIES, P. de : A method for testing the wetability of milk powder. XVIth Int. Dairy Congres B: 969-976 (1962).
- (11) MUERS, M.M. and HOUSE, M.A.: A simple method for comparing the wetability of "instant" spray-dried separated milk powders. Proc. Int. Dairy Congres B: 923-929 (1962).

- (12) NEUMANN, B.S. and HERMANS, J.J.: "Flow properties of disperse Systems". North-holland Publ. Co., Amsterdam (1953).
- (13) NICKERSON, T.A., COULTER, S.T. and JENNES, R.T.: Some Properties of Freeze-Dried milk. J. Dairy Sci., 35: 77-85 (1952).
- (14) PARSONS, A.T.: The composition of the globule and insoluble portions of reconstituted milk powders. J. Dairy Res., 16: 377-378 (1949).
- (15) SCHMIDT, G.: Eine neue, dynamische Methode zur Untersuchung der Grenzflächen pulverförmiger Substanzen. (Bewegung lockerer Pulver in rotierenden Kugeln.) Z. Physik. Chem. A 171: 289-319 (1934).
- (16) SJOLLEMA, A.: Some investigations on the free-flowing properties and porosity of milk powders. Neth. Milk Dairy J.: 17: 245-259 (1963).
- (17) TORSELL, K., WALLGREN, K. and LINDAHL, B.: A method for the Evaluation of the Reconstitutability of Milk Powder. XVIIth Int. Dairy Congres, EF: 217-225 (1966).
- (18) TROESCH, H.A. und WILK, G.: Einfluss physikalischer Eigenschaften des Magermilchpulvers auf dessen Dispergierbarkeit. Milchwissenschaft 17: 132-136 (1962).
- (19) VERHOOG, J.H.: A rapid method for the determination of the distribution of entrapped air in milk powder. Neth. Milk Dairy J., 17: 233-244 (1963).

### 3. DEN FYSISKE TILSTANDEN TIL MELKAS KOMPONENTER I TØRRMELK.

#### 3.1. Laktose.

Melkesukkeret er den kvantitativt sett viktigste komponenten i tørre melkeprodukter. Omtrentlige tall for pulver fremstilt av helmelk, skummetmelk og myse er henholdsvis 38 %, 50 % og 70 %.

Som kjent forekommer melkesukkeret i 2 modifikasjoner  $\alpha$  og  $\beta$  etter konfigurasjonen av glukosedelen i disakkaridet.  $\alpha$ -modifikasjonen forekommer både som anhydrid og hydrat mens  $\beta$ -formen bare er isolert som anhydrid. Formene kan igjen forekomme i krystallinsk eller amorf tilstand eller selvsagt også foreligge i oppløsning. En oversikt over den fysisk-kjemiske sammenhengen mellom de forskjellige laktose-former er vist i fig. 3.1.1. (King (4)).

I friskt valse- eller spraytørket pulver er laktosen normalt amorf, og forholdet mellom  $\alpha$  og  $\beta$  modifikasjonene kan gi oss en indikasjon på temperaturen under tørringen. Denne amorfe laktosen er meget hygroskopisk, men så lenge vanninnholdet er lavt vil det ikke skje noen utkrystallisering.

Coulter og Jenness (1) mente at laktosen danner en kontinuerlig fase i tørre melkeprodukter. Dette kan forklare at det blir innesluttet relativt store luftmengder i tørrmelkepartiklene, da laktoselaget hindrer diffusjon.

Når fuktigheten er stor nok, vil den amorfe laktosen begynne å krystallisere ut og kunne avgi noe av det adsorberte vannet, selv om  $\alpha$ -laktosen krystalliserer som monohydrat. Krystalliseringen bevirker at det dannes et fint nettverk av kanaler innover i partiklene. Dette kan gjøre partiklene tilsynelatende lettere oppløselige i vann fordi vannet lettere kommer inn i partiklene. Imidlertid vil krystalliseringen kunne medføre at proteiner og salter anrikes og blir mindre oppløselige.

Lea og medarbeidere (5) fant at spray-tørket skummetmelkpulver kunne stå i 600 dager ved 37° C uten merkbar krystallisering, når vanninnholdet lå mellom 3-5 %. Ved 7,6 % fuktighet begynte krystallasjonen allerede etter 1 dag ved samme temperatur, men etter 100 dager ved 20° C. Et krystallinsk pulver kan en produsere ved tvungen krystallisering etter kondenseringen. Et slikt pulver er lettere oppløselig enn ordinært pulver og er mindre hygroskopisk.

### 3.2. Proteinene.

Denaturering av melkeproteiner er selvsagt av en overordentlig stor betydning når det gjelder rekonstitueringen av tørre produkter. Weight (10) skjelnet mellom to slags uoppløselighet, nemlig uoppløselighet som blir forårsaket av varmpåvirkning i vandig miljø (egentlig denaturering), og uoppløselighet som forårsakes av varmpåvirkning i tørr tilstand. Den siste form for uoppløselighet er trolig forårsaket av et irreversibelt tap av vann fra kasein-partiklene. Disse forhold tilsier at varmpåvirkningen bør være minst mulig for å få et godt oppløselig produkt, og at alle stadier i produksjonsprosessen teller i denne forbindelse.

Dispergeringsforsøk med forskjellige tilsetninger av reagenser med nedbrytende virkning på hydrogenbindinger har indikert at kaseinpartiklene er i kontakt med hverandre gjennom hydrogenbindinger (King (4)). Dette tyder på at også proteinfraksjonen er en kontinuerlig fase i tørrmelkpartiklene, muligens mer utpreget i valsetørret pulver enn i spray tørret.

Ved krystallisering av laktose under lagring av pulveret, vil det som før nevnt kunne foregå en viss destabilisering av proteinene, eller i de minste en aggregat-dannelse. Dette kan videre forårsake en reaksjon mellom reduserende grupper av melkesukker som ennå er i oppløsning og  $\epsilon$ -aminogruppen i lysin, guanidyl-gruppen i arginin eller imidazolyl-gruppen i histidin, med mulighet for videregående bruningsreaksjoner som gir missfarging i pulveret.

### 3.3. Fett.

Fettmengden varierer selvsagt sterkt for de forskjellige tørre melkeprodukter, fra mindre enn 1,5 % i tørret skummetmelk til 25-30 % i tørret helmelk og opp til 65-75 % i tørret fløte. I hvilken fysisk-kjemisk tilstand fettene foreligger avhenger sterkt av fremstillingsmåten. Pulver beregnet for rekombinering eller rekonstituering bør ha et meget findispersert fett; mens pulver til f.eks. sjokoladeindustrien helst bør ha større fettansamlinger. Den siste type pulver kan en oppnå ved valsetørring. Mikroskopiske undersøkelser med fluoresens-teknikk viser at fettene i tørret melk kan forekomme som "fritt fett". Da er membranen rundt fettkulene ødelagt, og fettene flyter sammen. Dette fettene lar seg ekstra-

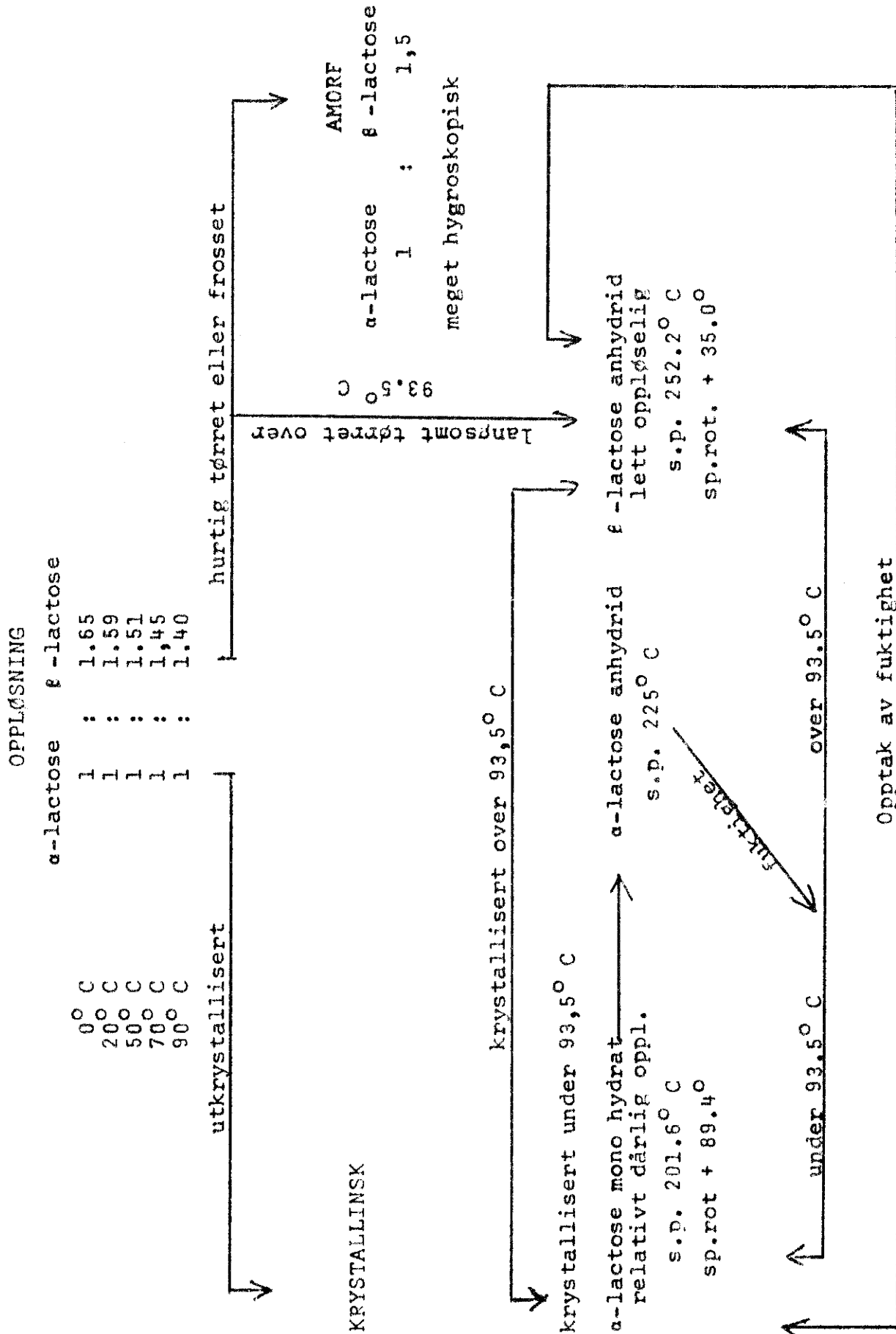


Fig. 3.1. Melkesukkerets overgangsformer.

heres med  $\text{CCl}_4$  eller  $\text{CS}_2$  uten foregående behandling med etanol og kan på den måten bestemmes kvantitativt. På denne måten er det funnet at spraytørret pulver kan inneholde fra 1-20 %, valsetørret fra 91,6-95,8 % og frysetørret fra 43-75 % fett. Størrelsen på fettkulene i spraytørret pulver ligger innenfor området  $2-3\mu$ , men hvis melka er homogenisert på forhånd, er størrelsen mindre enn 1 etter Villanova og Ballanin (9). Fettmembranene er observert i elektronmikroskop (Roelofson og Salomé (7)) og er bestemt til  $8-10\mu$  i tykkelse for ikke homogenisert vare, mens tykkelsen er omtrent halvparten når melka har vært homogenisert.

Som tidligere nevnt har mengden av fritt fett betydning ved rekonstituering eller rekombinering av melkepulver. Større mengder av fritt fett forårsaker at pulveret kan få en vannavstøtende overflate og derfor vanskelig lar seg løse opp. Videre vil fett lett flyte opp når pulveret er blitt slemmet opp. Sannsynligvis er også det frie fett dårligere beskyttet mot oksydasjon enn et fett som først er beskyttet av sin membran og dernest av fettfritt melketørnstoff.

#### 3.4. Vann.

Sannsynligvis er det meste av vannet i tørre melkeprodukter bundet til proteinene. Hvis vanninnholdet blir for høyt (over 5 %) er det nok til at uheldige omsetninger kan finne sted. Av slike omsetninger kan nevnes: krystallisering av laktose, brunfarging, limesmak, dårligere oppløselighet av proteinene, og økende vanninnhold. Mens mikroorganismer har liten mulighet til å formere seg i ordinær tørrmelk, vil øket vanninnhold gi langt bedre forhold for disse, og for enzymatiske omsetninger. Høy lagertemperatur vil bevirke at slike omsetninger går raskere.

Det er også hevdet av Radema (6) at et for lavt innhold av vann kan gi talget smak i tørret helmelk.

#### 3.5. Salter.

Selve tørreprosessen går så raskt at det neppe under denne dannes tungt løselige krystaller. Lengre oppbevaring av konsentrat, i sær ved høy temperatur vil forårsake bunn-

felling av forskjellige tungtløselige kalsiumsalter og da i første rekke  $\text{Ca}_3\text{PO}_4$ . Høyt vanninnhold i pulveret og rekonstituering med varmt vann vil ha omtrent samme virkning. Oppløselighets-bestemmelse etter ADMI gir da også oftest et bunnfall hvor hovedmengden er  $\text{Ca}_3\text{PO}_4$  og trikalsiumsitrat.

### 3.6. Luft.

Partikler fra valsetørret pulver inneholder ikke luft. Spraytørret pulver derimot inneholder til dels betydelige luftmengder innesluttet i partiklene, vanligvis som runde celler. En del gass kan også være absorbert i fettfasen. Flere forskere (Hetrick og Tracy (3)) har funnet at surstoffinnholdet ble større i partiklene ved lagring av pulveret inn til 24 timer. Dette kan forklares ved at det sannsynligvis blir undertrykk i luftcellene når pulveret avkjøles med følgende lufttransport inn til cellene.

$\text{O}_2$ -innholdet i pulveret øker selvsagt pulverets tendens til å få oksydasjonsfeil. Det er da også vist at valsetørret helmelkspulver (Lea og medarbeidere (5)) har bedre holdbarhet (6-12 mndr.) enn spraytørret pulver (3-7 mndr.). Det er forøvrig også vist at trykkforstøvet pulver har et lavere innhold av luft enn sentrifugalforstøvet pulver. Evenhuis (2) fant henholdsvis 13,0 og 35,0 % i tørret skummetmelk.

Innholdet av luft i partiklene spiller en avgjørende rolle ved pakking av melkepulver under vacuum eller i  $\text{N}_2$  atmosfære for å øke holdbarheten. Ved store mengder luft i partiklene vil en slik relativt kostbar behandling være lite effektiv, fordi lufta i partiklene først langsomt diffunderer ut av partiklene og enda langsommere lar seg bytte ut med  $\text{N}_2$ .

Det er meget store antall undersøkelser som er utført for å klarlegge strukturen av tørre melkepartikler indikerer at amorf laktose og også protein danner 2 kontinuerlige faser i partiklene. Fett og luft foreligger som diskontinuerlige faser. Luftmengden avhenger meget sterkt av fremstillingsmåten og det samme gjør dispergeringsgraden av fett. Det er påvist at i hvert fall de mindre partiklene har en positiv ladning som har betydning både ved pakkingen av pulveret og ved rekonstituering (Taneya (8)).



REFERANSEER.

- (1) COULTER, S.T. and JENNES, P.: Tech. Bull. Minn. Agric. Exp. Sta. 167 (1945).
- (2) EVENHUIS, N.: Oxidation defects in milk products. Neth Milk Dairy J., 7: 257-258 (1953).
- (3) HETRICK, J.H. and TRACY, P.H.: Factors affecting the Oxygen Content of the Gaseous Phase of Packaged Whole Milk Powder. J. Dairy Sci., 27: 685-686 (1944).
- (4) KING, N.: The physical structure of dried milk. Dairy Sci. Abstr., 27: 91-104 (1965).
- (5) LEA, C.H., MORAN, T. and SMITH, J.A.B.: The gas-packing and storage of milk powder. J. Dairy Res., 13: 162-215 (1944).
- (6) RADEMA, L.: De invloed van temperatuur in vochtgehalte ob de duurzaamheid van verstuivingspoeder uit volle melk. Neth. Milk Dairy J., 8: 125-135 (1954).
- (7) ROELOFSON, P.A. and SALOMÉ, M.M.: Submicroscopic structure of milk powder. Neth. Milk Dairy J., 15: 392-394 (1961).
- (8) TANEYA, S.: Surface structure of dried skim-milk powder particle by electron microscopic observation. Jap. J. appl. Phys. 2: 637-640 (1963).
- (9) VILLANOVA, A.C. et BALLARIN, O.: Etude an microscope electronique de la structure du lait en poudre "spray". Lait 30: 114-122 (1950).
- (10) WRIGHT, N.C.: Factors affecting the solubility of milk powders. I. The effect of heat on the solubility of milk proteins. J. Dairy Res., 4: 122-141 (1933).

#### 4. TØPREPROSESSER.

Det meste av vannet skal bort under tørkeprosessen, og prinsippielt kan dette foregå på flere måter.

1. Fordampning av vannet.
2. Utfrysing av vann.
3. Sentrifugering.
4. Reversibel osmose.

De tre siste metodene har ennå bare fått anvendelse ved konsentrering av tørrstoff, eller også ved rensning og separering av forskjellige tørrstoffkomponenter. De industrielle anlegg for tørring bygger alle på en fordampning av vannet. Alt etter om tørringen skjer ved en sublimering fra frosne råvarer eller en fordampning fra ufrosne halvfabrikata, kan vi tale om

- A. Frysetørring.
- B. Lufttørring.

##### 4.1. Frysetørring.

Prinsippet bak frysetørringen er en sublimering, d.v.s. det fenomenet at vann kan gå direkte fra fast til gassform. (Jfr. tørking av frosset tøy på en kald vinterdag.) Vannmolekyler vil forlate overflaten av en is-blokk og antallet er en funksjon av temperaturen. Ved vanlig luft-trykk vil imidlertid en stor del av vannmolekylene støte mot molekyler i luftlaget umiddelbart over isblokka, tape en del av sin energi, og avsette seg på isblokka igjen. Vannmolekylene må derfor fjernes på en eller annen måte. Dette kan gjøres ved å blåse en luftstrøm over isblokka. Denne må da være så kald at isen ikke smelter, men dermed har den liten evne til å oppta fuktighet. Den samme virkningen kan vi få ved å plassere isblokka i et vakuumkanter. Fordampningsvarmen vil bli tatt fra isblokka som derved blir kaldere og kaldere. Molekylene energi blir da selvsagt mindre og prosessen vil stoppe opp hvis en ikke tilfører varme.

Det nødvendige utstyr for frysetørring er derfor:

1. Et vakuum kammer.
2. En pumpe til å fjerne vanndamp og luft.
3. Et system for frysing av råmaterialet.
4. Et oppvarmingssystem som ballanserer varmetapet ved fordampningen etter at næringsmiddelet er frosset.

Prosessen er foreløpig kostbar og kan bare nyttes til dyrere produkter. De viktigste anvendelseområdene har vært ved preservering av blodplasma og i den pharmaceutiske industri. Bak frysetørringsprosessen ligger et meget stort utviklingsarbeid av apparaturer. Dette skal ikke gjennomgås her. For den interesserte student viser en til boken Freeze-drying of Foodstuffs (1).

Et av de største problemene ved frysetørringsprosessen, er oppvarmingsmetoden. Ser vi på et næringsmiddel med en viss tykkelse som skal frysetørres, er det umiddelbart klart at varme må transporteres til overflaten av stykket, den må overføres til stykket og videre må den transporteres inn i stykket. Stykket vil tørres lettest i overflaten som derved isolerer for varmeovergang inn i stykket. Dette medfører at tykkelsen av næringsmiddelet kan være av avgjørende betydning for et gunstig resultat. De forskjellige oppvarmingsmetodene kan grupperes slik:

- A. Oppvarming med intim kontakt mellom den oppvarmede plate og det frosne næringsmiddelet.
- B. Som A; men med perforering i oppvarmingsplatene.
- C. Som A; men en av platene har spisser som trenger gjennom næringsmiddelstykket.
- D. Oppvarming ved stråling på en side.
- E.        "-        "-        "-        " begge sider.
- F.        "-        "-        "-        fra en side og kontaktoppvarming fra den andre siden.
- G. Oppvarming ved mikro-bølger (dielektrisk oppvarming).
- H. Oppvarming ved ultralyd.

Oppvarmingen ved mikro-bølger foregår ved at vekselstrøm med frekvens innenfor området 300-30 000 megacycler pr. sekund tilføres næringsmiddelet. Polare molekyler vil prøve å bevege seg i forhold til det elektriske feltet og derved oppstår

det friksjon og følgende friksjonsvarme også i det indre av næringsmiddelet.

#### 4.1.1. Frysetørringens fordeler.

Fordelene ved frysetørring vil prinsippielt være følgende:

- I. Ved lave temperaturer vil kjemiske reaksjoner som kan redusere produktkvaliteten, foregå meget langsomt.
- II. Bakteriologisk virksomhet under tørreprosessen elimineres.
- III. Vannmolekylene forlater en fast masse slik at produktet blir en porøs matrix som lett kan oppta vann og få sin opprinnelige konsistens tilbake.

De fleste har sett grønnsaker, f.eks. gulerotter tørket på vanlig måte i varm luft. Dette er vanlige ingredienser i forskjellige tørkede supper o.l. En slik tørr gulerothbit er innskrunpet og har en meget hard og blank overflate. En kan brette biter av den og får et rent brudd. I vann vil den svulle; men dette skjer meget langsomt, i hvert fall i bitens sentrum.

En frysetørret gulerothbit vil derimot ha sin opprinnelige form. Den vil ha en blek farge; men vil få sin opprinnelige farge ved rekonstituering. Hvis en prøver å brette av et stykke, vil biten pulveriseres. Opptak av vann vil skje meget lett også helt inn til sentrum av gulerothbiten.

Forskjellen gjelder ikke bare fysiske egenskaper. Ved tørking av ufrosne matvarer i større stykker, vil det være en tendens til konsentrering av lett oppløselige stoff enten i ytterkanten av stykket eller i sentrum. Dette kommer av en transport av materiale sammen med vannet mot fordampningsflaten eller også fra høyere konsentrasjoner i stykkets ytre del mot lavere konsentrasjon i sentrum. Noen slik transport vil neppe forekomme i et frysetørret produkt som derfor blir mer homogent.

I tradisjonell tørring foreligger det ofte fare for kondenseringsreaksjoner mellom reduserende sukkerarter, organiske syrer og amino grupper (Maillard-reaksjoner) som kan resultere i brunfarging og også dannelse av bitre smaksstoffer. Dette er det svært liten mulighet for under frysetørringen.

Under begge typer prosesser vil det være mulig for flyktige aromastoffer å unngå. Ved vanlig tørking er det også en form for vandampdestillering som ikke kan forekomme under frysetørring. Derfor vil også smaken på rekonstituerte frysetørrede produkter være vanskelig å skjelne fra smaken på friske produkter. Vitaminer og essensielle aminosyrer vil neppe påvirkes av prosessen.

#### 4.1.2. Frysetørring av enkelte næringsmidler.

##### a. Vegetabiler.

Vegetabiler som skal frysetørres må først vaskes, skrelles, trimmes, kuttet, vaskes igjen og skoldes på vanlig måte. Vanligvis vil en temperatur på  $-17 - -24^{\circ}$  C og trykk på  $1-0,5$  mm Hg være gunstige prosessvilkår (1). Hvis sukkerinnholdet er stort slik som i gulerotter, kan det være gunstig med  $-33^{\circ}$  C og  $0,2$  mm Hg. Prinsipielt bør frysetørringen foregå ved temperaturer lavere enn det eutektiske eller cryohydratiske punkt. Tørretiden er selvfølgelig avhengig av størrelsen på bitene, og kan variere fra 6-18 timer.

##### b. Frukt og bær.

Mange fruktslag har et skinn som er meget motstandsdyktig overfor uttørring. En eller annen prosess for å snitte hull i dette skallet er derfor ofte nødvendig. Frysetørret frukt og bær beholder langt mer av sin aroma enn frukt og bær tørket på konvensjonelle måter.

##### c. Fisk og kjøtt.

I kjøtt er den sammentrekkbare muskelenheten en lang sylindrisk fiber som består av en bunt små trevler. Rundt fiberen ligger en beskyttende hinne, sarcolemma, mens de individuelle trevlene er beskyttet av et sammenbindende vev, endomysiet. Primære bunter av muskelfibre er begrenset av et kraftigere vev, perimysiet og til slutt er hele muskelen omkranset av et stort lag med sammenbindende vev, epimysiet.

I fiskemusklene danner fibrene blokker og disse adskilles fra hverandre med tunne lag av sammenbindende vev,

myocommata som altså løper omtrent vinkelrett på muskel-fibrene.

Dette er årsaken til at det kan være svært stor forskjell på tørretiden f.eks. på forskjellige produkter fra samme individ. Tørring av fiskefilet og fisk i stykker kan foregå forskjellig slik som vist i figur 4.1.2.3. I fileen ligger fibrene parallele med tørkeplatene, mens de i stykket danner dreneringskanaler mot varmekilder. Tørketiden vil derfor være vesentlig lenger for fileen.

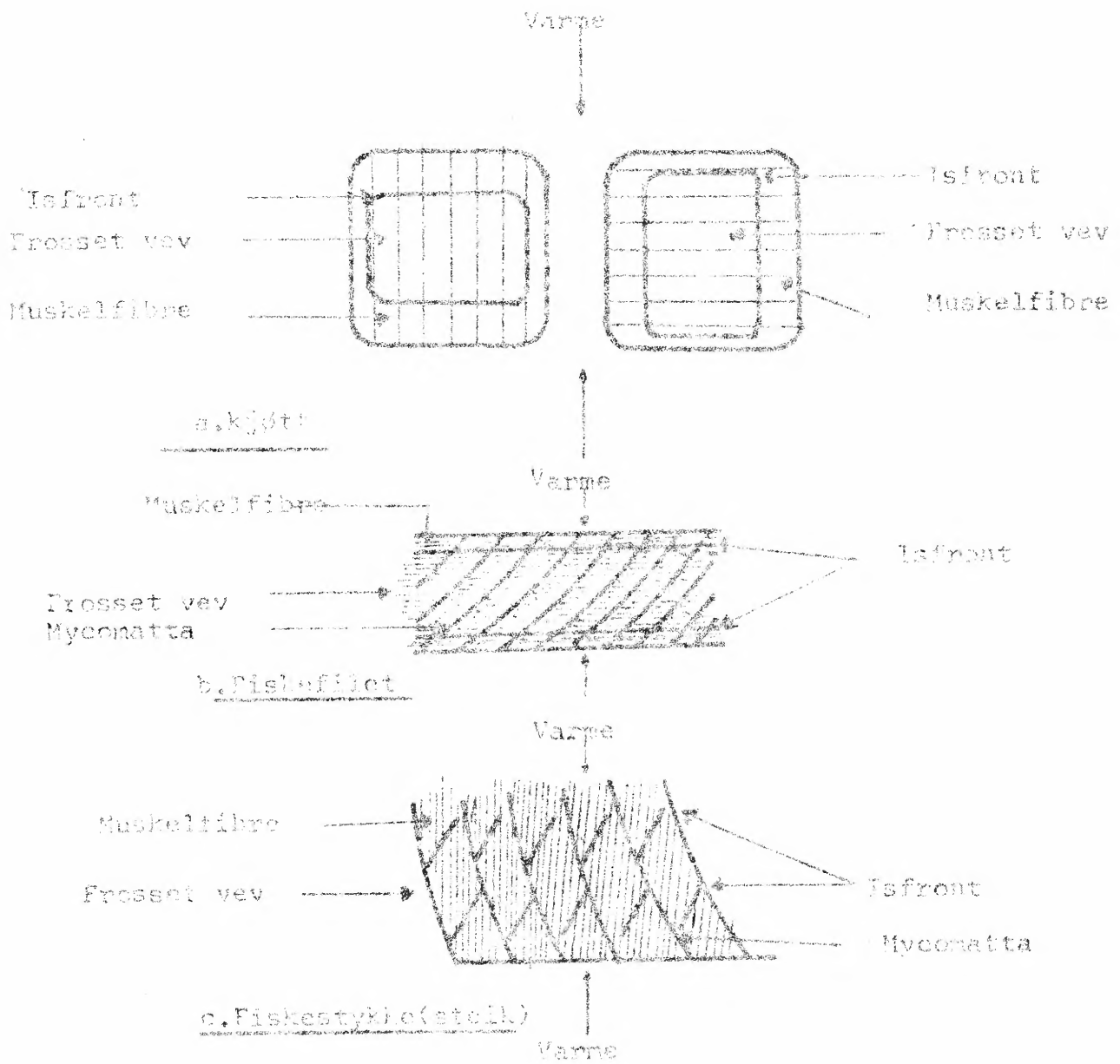
d. Frysetørring av meieriprodukter.

Dette er først og fremst nyttet ved preparering av kulturer for ysting, smørlaging og produksjon av forskjellige surmelkssorter (4, 5). Videre foreligger det en rekke patenter for frysetørring av melkeprodukter som kan rekonstitueres til flytende produkter (3, 6). Som regel dyses da produktene inn i nedkjølede vakuums-kamre. Det har også vært utført forsøk med frysetørring av cottage cheese (2); men resultatet har ikke vært helt vellykket. Prosessen forårsaker lett en destabilisering av proteinene med nyseutskillelse og kort konsistens etter rekonstituering. Produkter tilsatt stabilisator vil antagelig være bedre egnet.

4.1.3. Litteratur.

1. Cotson, S. & Smith, D.B.: Freeze-drying of Foodstuffs. Columbine Press Ltd., Manchester & London, 1963.
2. Emmons, D.B., Beckett, D.C. & Tape, N.W.: Frozen and freeze-dried Cottage Cheese. Can. Inst. Fd. Technol. J. 1(1): 8-10, 1964.
3. Ogden, R.P.: Method of freeze-drying liquid milk products. U.S. Pat. 3297455, 1967.
4. Tynan, E.J. & Hales, M.W.: Preparation of microbial milk acidulating cultures for cheesemaking. U.S. Pat. 3142575, 1964.
5. Vanderzant, C. & Suarez, F.R.: The effect of freeze-dehydration on the survival of certain psychrotrophic

Figur 4.1.1.3. Fibrerstrukturens innvirkning på tørrehastigheten ved frysetørking.



bacteria in skimmilk, ice cream mix substitute and Cottage cheese. J. Milk Fd. Technol. 30(2): 48-53, 1967.

6. W.R. Grace & Co.: Dehydration of frozen ice milk confections. Br. Pat. 1042530, 1966.

#### 4.2. Tørring ved fordampning.

De tradisjonelle tørremetoder kan grupperes slik:

1. Valsetørring.
2. Spraytørring.
3. Tunell-tørring, rotasjonstørring, vibrasjonstørring, etc.

Hovedanvendelsen av valsetørring er til fremstilling av tørrmelk og kjemikalier. Spraytørring brukes til en hel rekke produkter som kan forstøves, mens tørremetodene i pkt. 3 nyttes ved tørring av materiale som vanskelig lar seg forstøve eller pumpe (grønnsaker, frukter, kasein o.s.v.).

##### 4.2.1. Valsetørring.

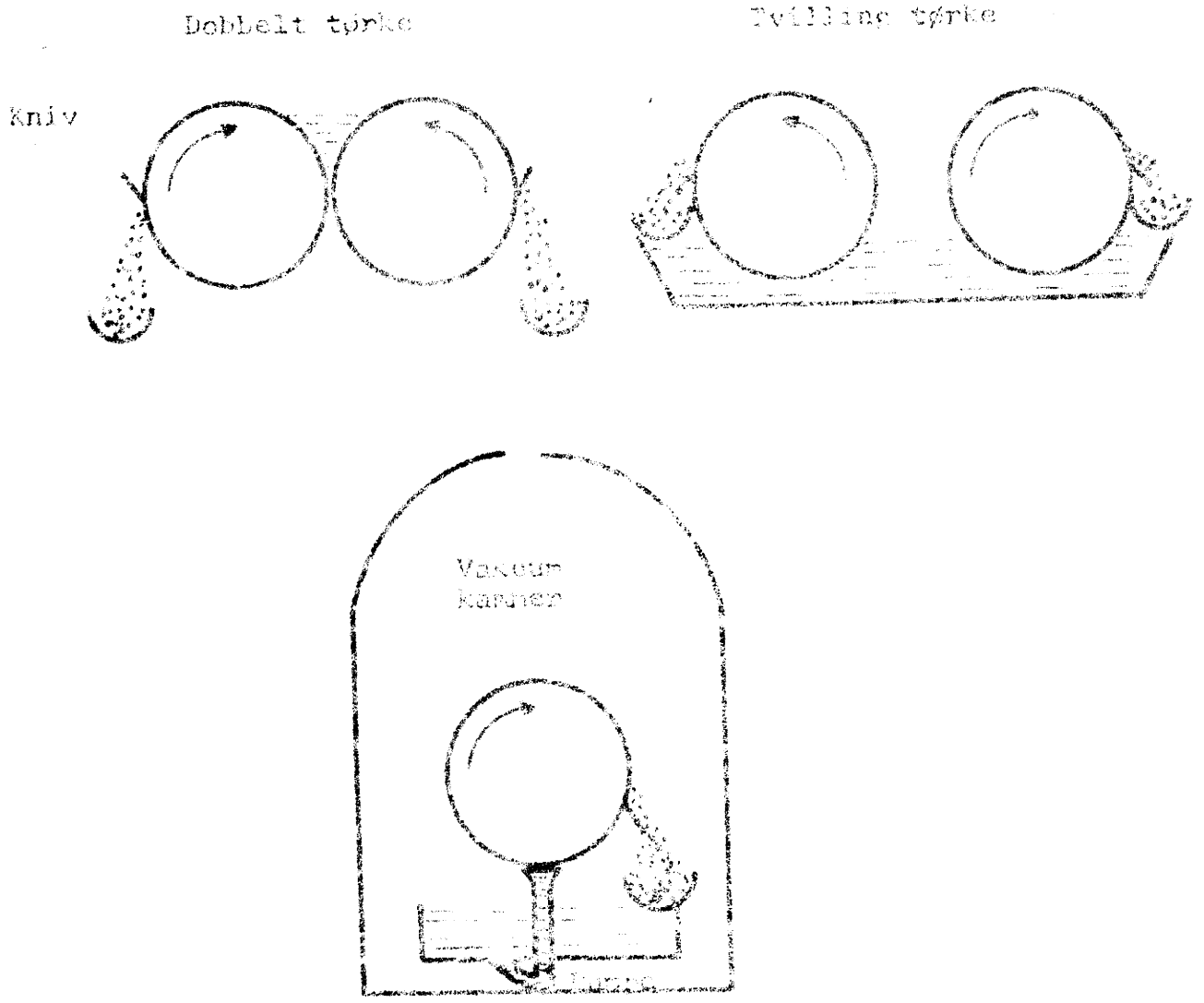
Produktene blir her tørret i en film utenpå en roterende trommel som blir oppvarmet innenfra med steam. Produktet skrapes av trommelen med stasjonære kniver. Valsetørring krever mindre plass enn spray-tørring. Ulempen ved metoden er at produktene lett får brent smak og at denatureringen av proteinene går forholdsvis langt. Dette vil virke både på oppløslighet og på den biologiske verdien av pulveret.

Figuren 4.2.1.1. viser forskjellige typer av valsetørker. De kan klassifiseres etter:

1. Antall valser (en eller to).
2. Trykk rundt valsen (atmosfærisk eller vakuum).
3. Rotasjonsretningen på valsen.
4. Hvordan produktet tilføres.
5. Det materialet valsen er laget av.

Fig. 4.2.1.2. viser hvordan valsen blir oppvarmet.





Enkelt valse under vakuum.

Figur 4.2.1.1. Forskjellige former for valsetørker.

Kapasiteten på en dobbelt valsetørke er avhengig av ( 2 ):

1. Temperaturen på produktet til valsene.
2. Reservoirets høyde mellom valsene.
3. Gapet mellom valsene.
4. Hastigheten på valsene.
5. Temperaturen på steamen til valsen.
6. Eventuell vakuumbeskyttelse rundt valsen.

Med jevne mellomrom må det foretas en kontroll for å sjekke at:

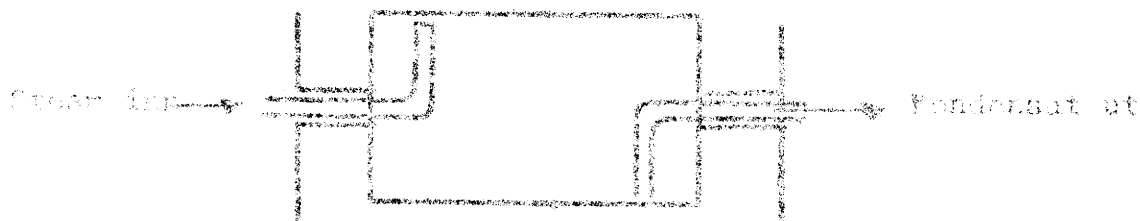
1. dobbeltvalser har identiske karakteristika for varme-gjennomgang, hastighet, slitasje os.v. Dette er vesentlig for å oppnå jevn kvalitet.
2. knivene er skarpe og har jevnt trykk mot valsene. Hvis knivene er beskadiget vil det kunne resultere i at det tørre produktet vil bli overopphetet og gi store mengder brente partikler. Den samme feilen kan forårsakes av et for lite trykk mot valsene. Et for stort trykk kan gi metallbiter i produktet.
3. overflaten på valsene er jevne.
4. kondensatet blir fjernet raskt fra valsen for å hindre lokal påbrenning.
5. det ikke er luftsekker i valsen som kan hindre steamen i å komme i kontakt med hele varmekraftflaten.
6. råproduktet i reservoaret holder konstant nivå.

a. Valsetørning av melk.

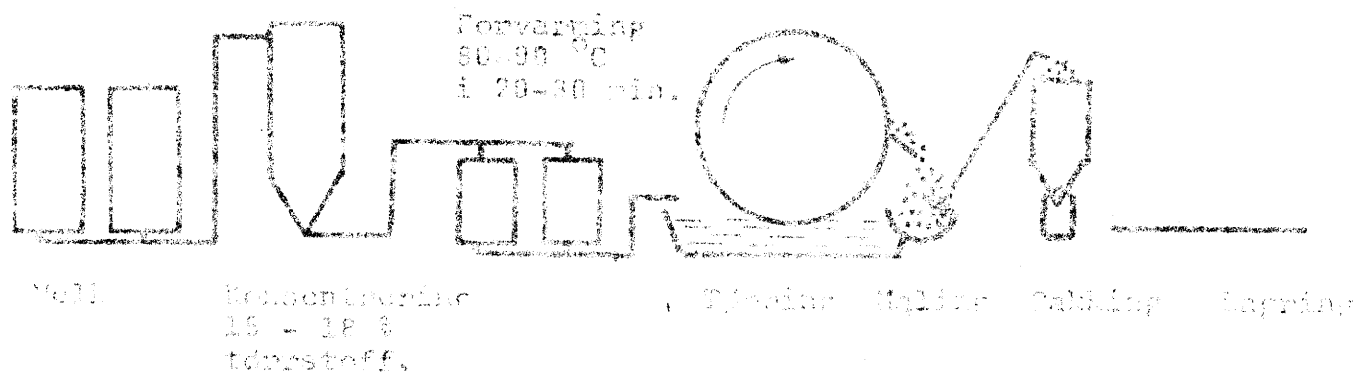
Valsetørret skummet melk har anvendelse innenfor fôrsektoren og kan også brukes til produkter som skal varmebehandles f.eks. i kjøttvarer og brødvarer.

Produksjonsdiagram er vist i figur 4.2.1.3.

Forvarmingen er viktig hvis det ferdige produktet skal ha maksimal vannbindingsevne. En forvarming over 100° C i kort tid kan være å foretrekke. Holdbarheten øker og oppløsligheten av pulveret synes å bli bedre.



Figur 4.2.1.2. Oppvarming av valge.



Figur 4.2.1.3. Produksjonslinje for valset/eret melk til bakeriindustrien.

Konsentrering er bare nødvendig for enkeltvalser og utelukkes ofte for dobbeltvalser med reservoaret mellom valsene.

En del valsetørret helmelk selges til sjokoladeindustrien fordi enkelte mener at den store mengde fritt fett sammenliknet med spraytørret pulver vil lette blandingen av pulveret i sjokoladefettet. Helmelka bør homogeniseres fordi denne prosessen sikrer mot fettavsetning i tanker og reservoar og gir en viss beskyttelse mot oksydasjonsprosessen.

#### 4.2.2. Spray-tørring.

Spray eller forstøvningstørring har blitt mer og mer akseptert som den beste tørremetoden ikke bare for melk og melkeprodukter, men også for en hel rekke andre næringsmidler, kjemikalier o.s.v. Fordelene ved bruk av systemet kan summeres opp slik:

1. Kontinuerlig.
2. Arbeidsbesparende.
3. Fleksibelt slik at ei tørke kan brukes til mange produkter.
4. Økonomisk i bruk fordi produktet kan forkonsentreres sterkt.
5. Liten varmepåvirkning på tross av høy tørretemperatur.
6. Gode muligheter for produktkontroll.
7. Enkel å reingjøre.

Prinsippet ved spray-tørring er enkelt, men samtidig er konstruksjonen av et spray-tørring system meget komplisert. Dette medfører at det kan være stor forskjell på brukbarheten av de enkelte tørketyper for et bestemt produkt, ja to tørker av samme konstruksjon kan vise meget forskjellige egenskaper.

Et moderne spray-tørrings system er prinsippielt konstruert slik som vist i figur 4.2.2.1.

Det konsentratet som skal tørres, blir pumpet gjennom en pumpe fra fødetanken (1) til forstøveren (4). Systemet er ofte koplet til en vanntank (5) i det en kjører vann inn på tørka før og etter produktet.

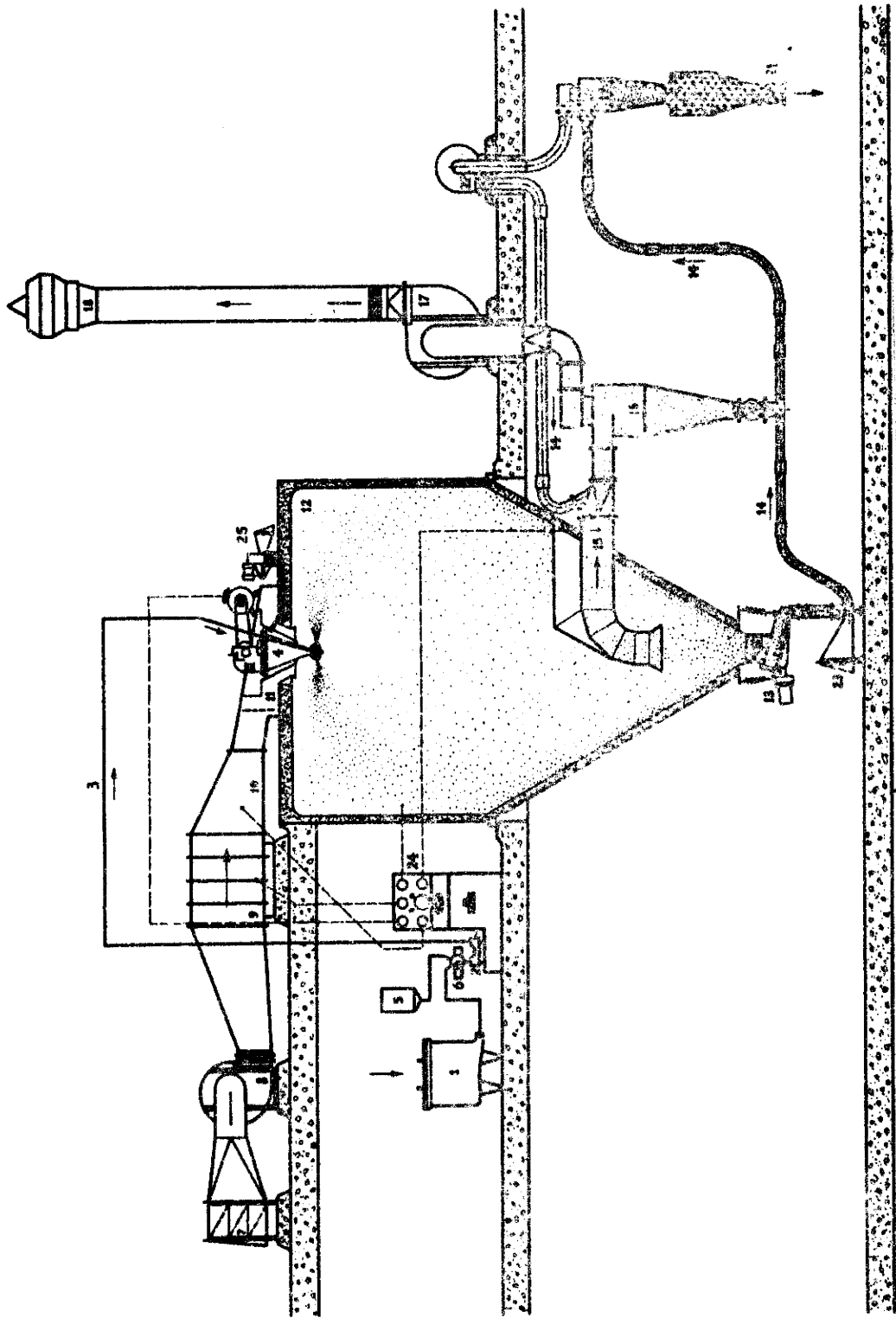


Fig.4.2.2.1. Konstruksjon av en spraytørke.

Ei vifte (8) suger luft gjennom filteret (7), og blåser lufta videre til varmeveksleren (9). Den varme lufta går så videre inn i tørrekammeret gjennom isolerte kanaler. Ei vifte (25) sørger for kald luft hvis nødvendig til forstøveren.

Tørrekammeret er konstruert slik at pulverpartiklene er suspendert i lufta i noen sekunder før de når den koniske delen av kammeret. Det pulveret som faller ned går gjennom en vibrator til et pneumatisk transport system (14). Transportlufta suges først av vifta (22) gjennom et filter (23) og blir ofte også avkjølet.

Tørkelufta går ut gjennom kanalen (15) og tar med seg noe pulver. Derfor føres den gjennom en sykklon (16) eller et batteri av sykkloner hvor lufta roterer med stor hastighet og partiklene sentrifugeres ut og glir ned langs sidene i sykklonen og ned i transportsystemet for hovedfraksjonen fra tørrekammeret.

Hovedfraksjonen og sykklonfraksjonen transporteres til en liten sykklon (19) og videre til utveilingssilo (20).

En går ut fra at de forskjellige delenes konstruksjon vil bli nærmere omtalt i maskinlæra. Bare generell oppbygging og de detaljer som kan ha virkning på pulverkvaliteten, vil derfor bli tatt med i disse forelesningene.

a. Oversikt over faktorer som har betydning for kvaliteten og økonomien ved spray-tørring.

1. Kvaliteten av melka.

Melkas kjemiske og bakteriologiske kvalitet virker sterkt inn på kvaliteten av tørrmelka. Ved tørring fjernes bare vann slik at forholdet mellom tørrstoffbestanddelene ikke endres. Tørreprosessen vil destruere en del organismer, men er i sin letale virkning langt svakere enn f.eks. pasteurisering. Årsaken til dette er den store fordampningen i tørka som vil holde temperaturen i det indre av melkepartiklene nede. En melk av dårlig kvalitet vil også kunne forårsake koagulering under forkonsentreringen og tilstopping av dysene. Regelmessige bakteriologiske kontroller sammen med daglige undersøkelser over melkas stabilitet er derfor ønskelig.

2. Forkonsentrering.

Dette skjer i en vakuuminndamper hvor en tar bort vannet langt mer økonomisk enn i tørka. Det er derfor om å gjøre å få tørrstoffkonsentrasjonen så høy som mulig. Da vannet vil etterlate seg porer i partiklene, vil høy konsentrasjon gi et tungt pulver. I de moderne tørkene kan vi for skummet melk bruke et konsentrat på ca 50 % tørrstoff. For fettrike produkter eller spesialprodukter med større viskositet, må konsentrasjonen settes ned for at forstøvningen skal skje tilfredsstillende.

Konstruksjonen av vakuuminndamperen har uten tvil innvirkning på kvaliteten til de tørre produktene. Flertrinnsinndampere med stort produktvolum kan lett gi en akkumulering av bakterier. Fallstrøms inndampere (fig. 4.2.2.2.) blir nå foretrukket fordi produktet da går raskt gjennom inndampingsprosessen.

3. Temperaturen i inngående luft varierer normalt innenfor området 180-220° C, og må avpasses etter produktets art og konstruksjonen av tørka. Høy inngangstemperatur vil forårsake en hurtigere fordampning fra partiklene, men kan gi fare for eksplosjon. Svært høy inngangstemperatur vil også kunne forårsake at partiklenes ytre blir mer ugjennomtrengelige og vil derfor kunne sinke vandringshastigheten av vann fra partiklenes indre til fordampningssonen. Lavere inngangstemperatur vil kreve mere luft for å gi tørka samme kapasitet.

4. Temperaturen i utgående luft.

Denne er avhengig av temperaturen i inngående luft, luft-hastigheten, tørkas konstruksjon og konsentratets tørrstoffinnhold. En lav temperatur ut av tørka betyr en god utnyttelse av luftvarmen, men det betyr også vanligvis et høyere vanninnhold i produktet. Ved ettertørring i fluidbed er dette ønskelig for å få en effektiv sammenklebing av partiklene. Normalt temperaturområde vil være 75-100° C.

WIEGAND falling film evaporating body (schematic)

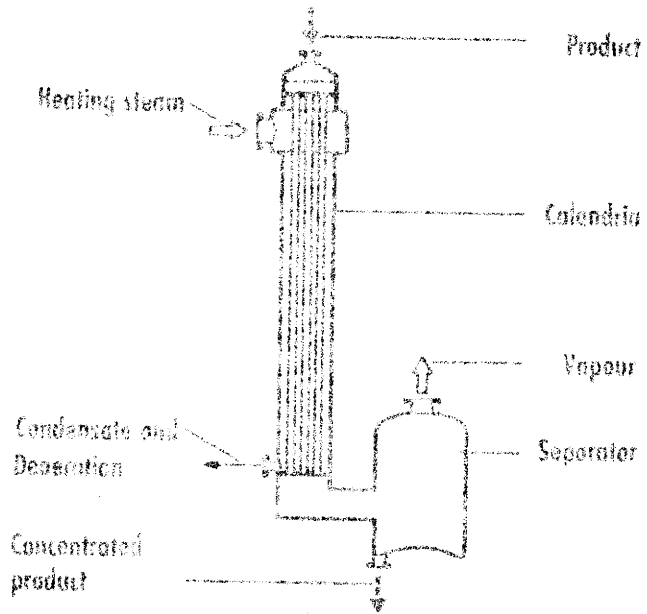
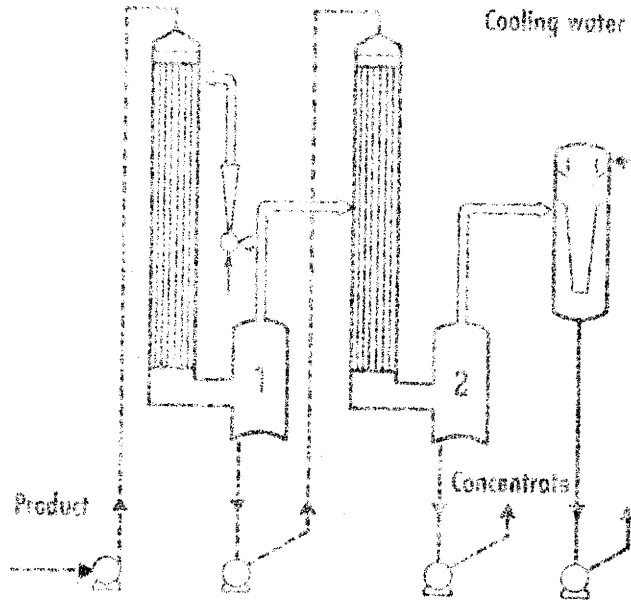
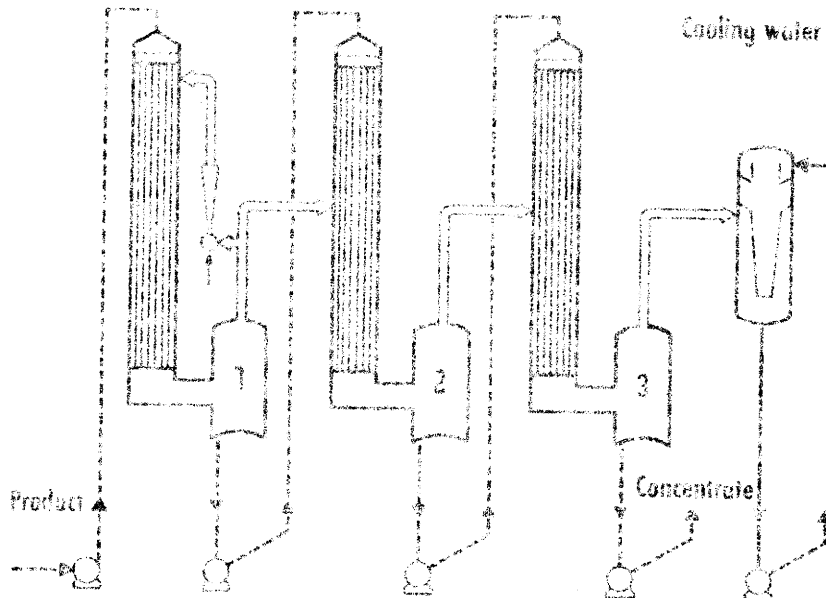


Fig. 4.2.2.2. Falling film inndampere.

Typical flow-diagram (double effect, thermocompression)



Typical flow-diagram: (triple effect, thermocompression)





## 5. Forstøvningemetoder.

Ved forstøvningen vil en oppnå små og mest mulig ensartede partikler med stor overflate. Forstøvningsmåten har stor innvirkning på viktige kvalitetsegenskaper som luft-innhold, fuktighet og rekonstiuerbarhet. Det er viktig at forstøvningen blir utført slik at partiklene er tørket før de når tørkeveggene ellers vil det lett bli opphoping av pulver og kvalitetsforringelse på grunn av for sterk varmepåvirkning.

### Dyseforstøvning.

Forstøvning gjennom dyser kan enten skje ved at konsentratet presses av en trykkpumpe gjennom dysene eller ved at en luftstrøm river med seg konsentratet gjennom dysene (fig. 4.2.2.3.). Dysene er svært utsatt for slitasje særlig ved tørring av krystallholdig materiale s.s. konsentrert myse.

Dråpestørrelsen vil forandre seg omvendt proporsjonalt med kvadratroten av trykket og tilnærmet proporsjonalt med kvadratroten av viskositeten, med overflatespenningen og med spesifikk vekt.

Rotasjonsforstøvning er et mer fleksibelt system enn dyseforstøvning. Førehastigheten og konsentratets egenskaper kan varieres meget sterkt. 3 forskjellige utførelser nyttes.

- a) Konsentratet flyter som en film over en roterende skive.
- b) Konsentratet slenges ut gjennom roterende vinger.
- c) Konsentratet går gjennom roterende dyser eller kanaler som er paralelle med rotasjonsplanet (fig. 4.2.2.4.).

Rotasjons hastigheten kan varieres mellom 6000 og 24000 r.p.m., og meget viskøse materialer kan derfor forstøves. Enkelte tørker er utstyrt med mulighet for dyse og rotasjonsforstøvning i kombinasjon.

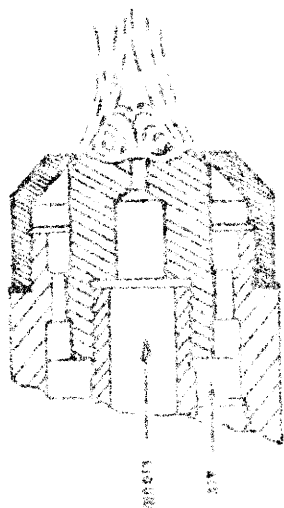


Fig. 1b

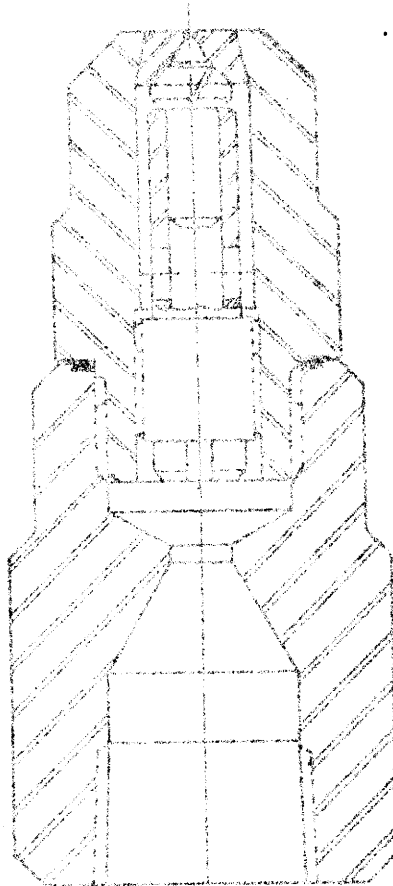


Fig. 1a

Fig. 4.2.3.3. Dysefors oppener.

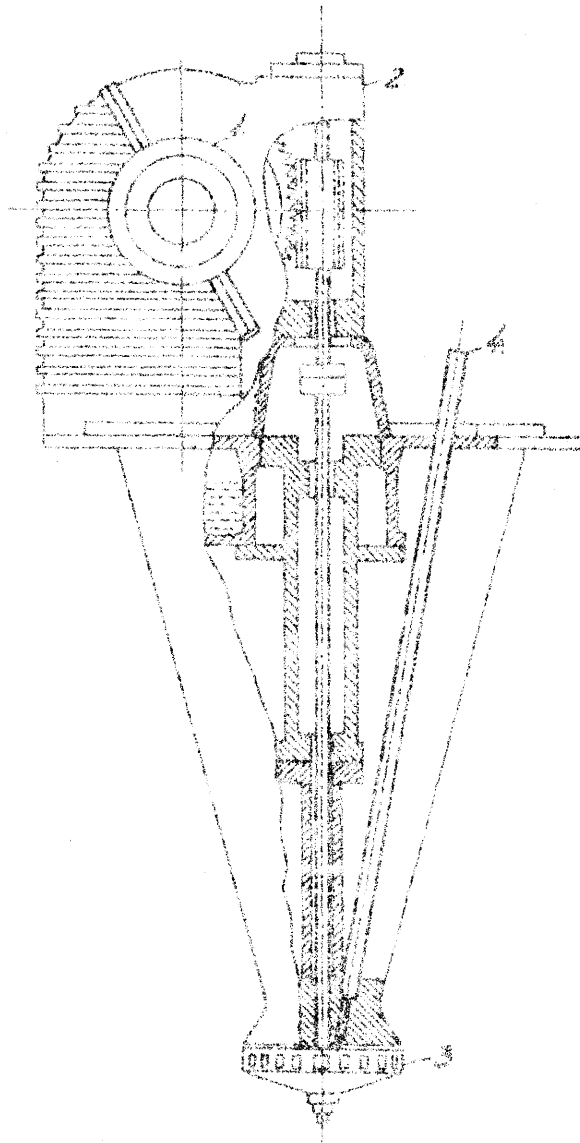
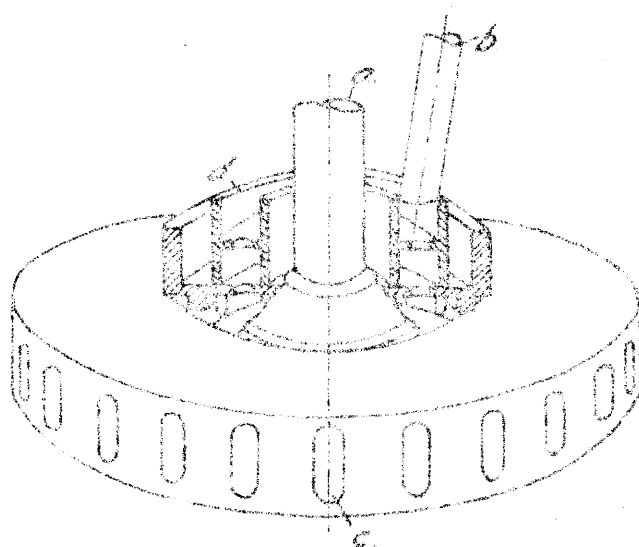


Fig. 4.2.2.4. Foretøvernål og tilføjringsanordning for rotationsforetøvnng.



## 6. Tørkas konstruksjon.

Figur 4.2.2.5. viser prinsipielle forskjeller i tørkekonstruksjonene. Konstruksjoner med koniske nedre deler kan være å foretrekke fordi produktet her vil tømme raskere enn f.eks. fra tørker med horisontale kammer. Figurene viser også at tørkelufta kan komme inn i tørka parallelt med konsentratstrømmen i motstrøm til denne eller i rett vinkel på denne.

I tørker hvor den varmeste lufta treffer det tørreste pulveret kan det bli støv-ekspløsjoner særlig hvis konsentratet har et høyt tørrstoffinnhold. En konsentrasjon på mindre enn ca. 200 g organisk støv pr. m<sup>3</sup> luft er ansett for ikke å representere noen fare for eksplosjon. Tørkene er utstyrt enten med hammere eller med pusterømmer som blåser kald luft mot tørkeveggene for å hindre at pulveret akkumuleres.

## 7. Separasjon av luft og pulver.

Størstedelen av pulveret vil falle ned i tørka og blir transportert ut fra denne. En del finere partikler (fines) vil følge med tørrelufta og må skilles fra denne. Dette utføres vanligvis i en syklon eller i et batteri av sykloner.

Sentrifugalkraften som virker på partiklene i syklonen kan uttrykkes ved formelen

$$CF = \frac{WV^2}{g \cdot r}$$

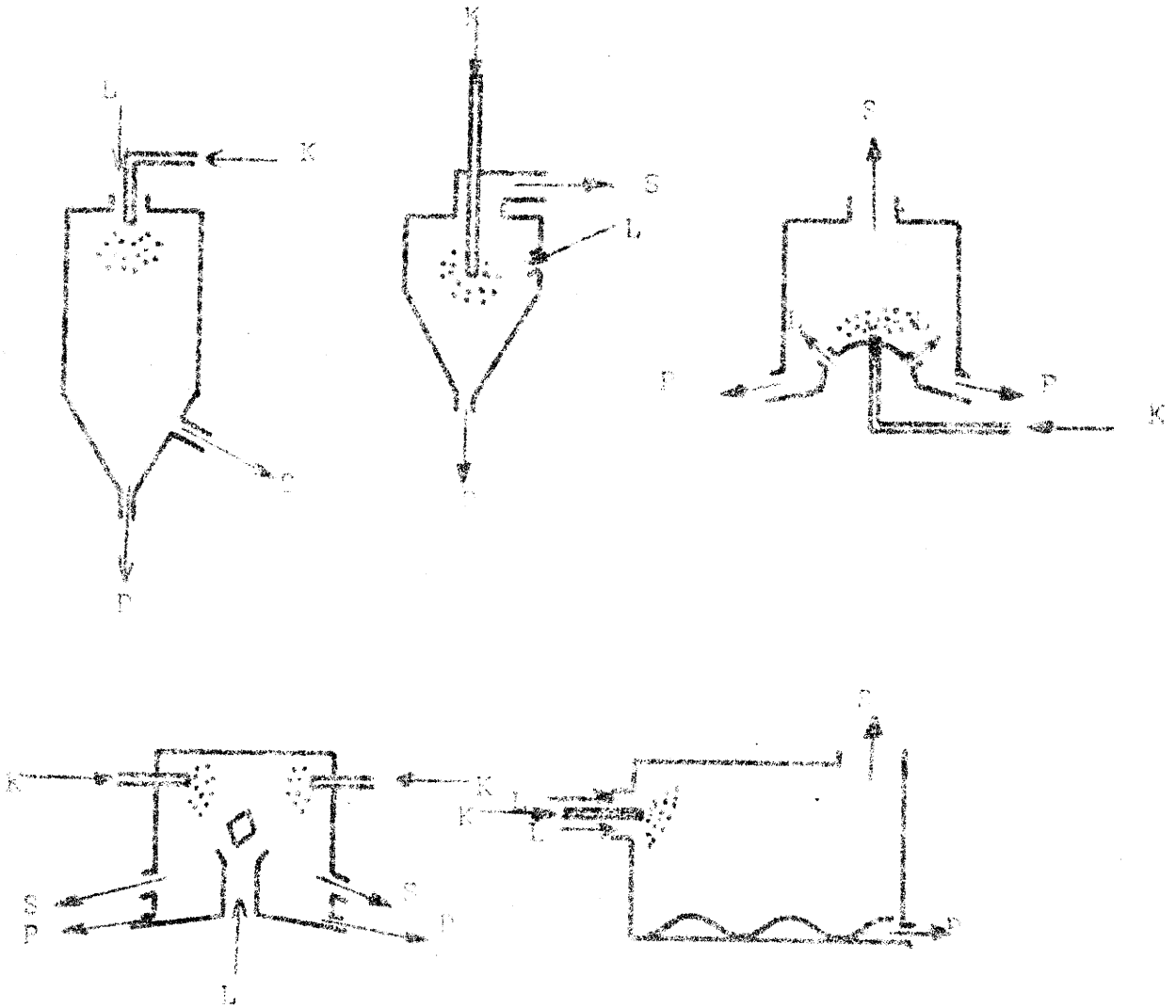
hvor W = partikkelens vekt

V = partikkelens hastighet

r = syklonens radius

g = gravitetskonstanten.

En syklons effektivitet er altså omvent proporsjonal med syklonens radius. Det var derfor tidligere vanlig å bruke et batteri av sykloner, men disse kan være vanskelige å holde reine. Derfor er det nå en tendens til å konstruere en eller få større sykloner. Tap av fines varierer fra 0,5-3 % og vil normalt ligge rundt 1 %.



Figur 4.2.2. Enkelte tørketyper.

K=konsentrat inn

L=luft inn

S= luft ut til syklon

P= pulver ut av tørka.

For å samle opp pulver i utgående luftstrøm, kan det også benyttes bomull- eller linfoiltre og da helst serier av slike. Overflatene av filtrene er ofte meget stor (opptil flere hundre m<sup>2</sup>). Filter-systemet blir rystet med jevne mellomrom slik at det ikke skal tetne.

Det er klart at mye varme går tapt i utgående luft. Det er derfor også konstruert systemer hvor lufta går inn i tanker med melk eller konsentrat som skal tørres. Derved vil også melkepartiklene samles opp. Systemet kan vanskelig nyttes i produkter som lett får oksydasjonsfeil.

#### 8. Avkjøling av pulveret.

Når pulveret kommer ut av tørka, er det nødvendig å avkjøle det for å redusere risikoen for klumping og omsetninger som kan føre til smaksdannelser og redusert næringsverdi av pulveret. Pulveret har meget dårlig varmeledningsevne og avkjølingen må derfor foregå på intimeste måte. Dette kan gjøres ved å skru pulveret med en vann-avkjølt skrume-mekanisme eller ved å bruke kald luft til å transportere pulveret med.

#### 9. Systemer for instantisering av pulveret.

IDF har i 1969 bestemt følgende utprøvingstest for instant tørret skummet melk:

Apparatur: 400 ml begerglass, 135 mm høy og 70 mm i diameter. En liten spatel av rustfritt stål, stoppeklokke og vekt med en følsomhet på 0,1 g.

#### Fremgangsmåte.

10 g pulver slås fra kanten av begerglasset ned på overflaten av 100 ml destillert vann på 20<sup>o</sup> C i begerglasset. Vannet blir så straks rørt i med spatelen slik at spatelen beveges i loddrett stilling fra side til side diamentralt i glasset og berører botnen av glasset hele tiden. Bevegelsen fra vegg til vegg og tilbake utføres 25 ganger i løpet av 15 sekunder.

Tørret skummet melk kan ikke bli klassifisert som "instant" hvis den ikke i løpet av 15 sekunder går gjennom vannoverflaten og lager en væske uten synlige klumper.

Fig. 4.2.2.6 fremstiller et vanlig fremstilt skummetmelk-pulver transportert pneumatisk fra tørrekammeret. I prøver fra selve kammeret vil omtrent alt pulveret være agglomerert; men luftstrømmen vil bryte opp agglomeratene. Sammen med sykklonfraksjonen vil derfor pulveret støve sterkt, og det vil også ha liten evne til å fuktes.

I fig. 4.2.2.7. viser pulver fremstilt med avkjøling av pulveret i fluid bed. Denne består av en vibrerende perforert plate. Kald luft blåses gjennom denne slik at pulveret "hviler" på en luftpute. Fines fra sykklonen og fra fluid bed overføres til konsentratet umiddelbart før forstøvningen eller blåses ut i den fuktige sonen. Støvet slår seg da ned på dråpene og forårsaker en større agglomerering. Pulveret fra fluid bed er da støvfritt og langt lettere oppløselig enn før. Dette pulveret vil kunne betegnes som instant.

Ønskes et ennå mer instant produkt, kan en bruke en såkalt straight through instanizer (fig. 4.2.2.8.). Prinsippet er følgende. Ved å redusere utgangstemperaturen i tørka får en et pulver med 7-8 % fuktighet. Dette pulveret har en meget sterk tendens til å klebe seg sammen til store aggregat. Umiddelbart etter tørka går pulveret inn i 3 fluid bed seksjoner hvor det blir tørket og avkjølt. Fines resirkuleres også her til forstøveren.

En tredje måte å lage instant pulver er ved å fukte pulveret, tørre og avkjøle det i et eget anlegg (instantizer)(fig. 4.2.2.9. og fig. 4.2.2.10.). Pulveret blir da meget lett rekonstituerbart. Denne metoden (rewetting process) egner seg dårlig for fettrike produkter fordi fettene i instantizeren vil smelte og samle seg i større fettdråper som vanskelig dispergeres. Cooling bed kan imidlertid utmerket godt brukes til slike produkter. Ved "straight through instantizer" og spesielt ved instantisering etter "the rewetting process" skal en være oppmerksom på at den virkelige oppløsligheten nedsettes på

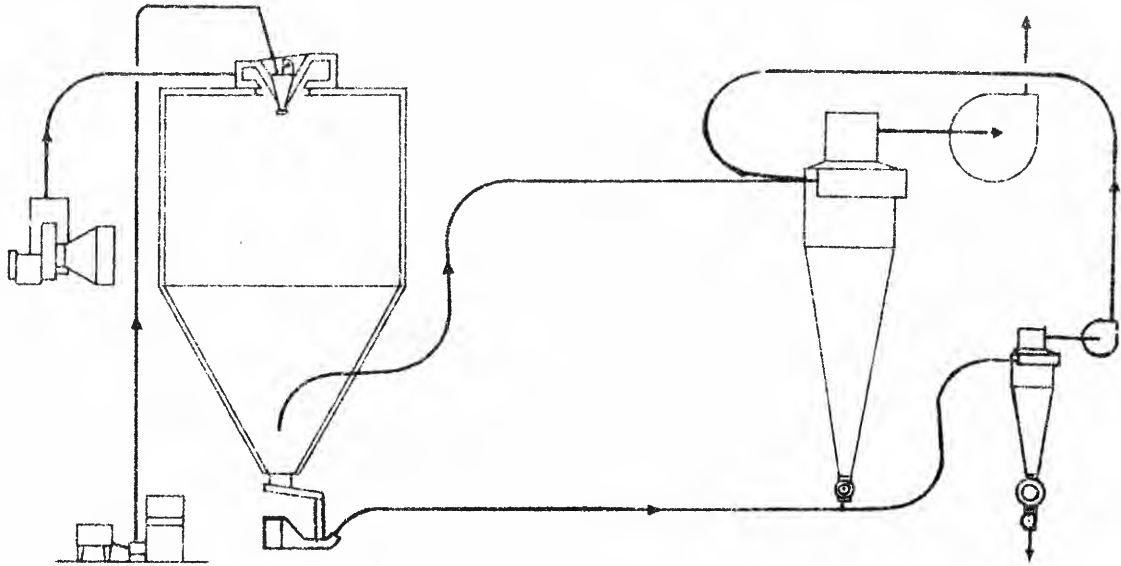
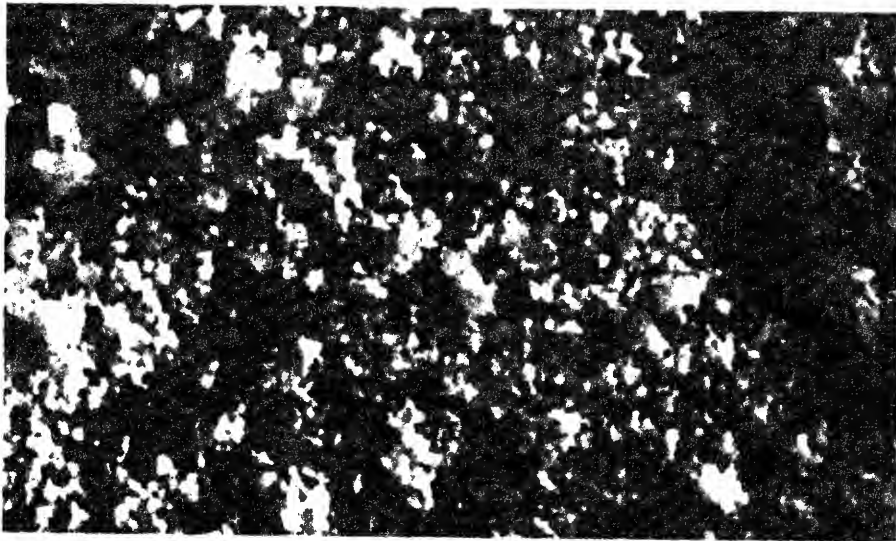


Fig. 4.2.2.6. Ordinær fremstilling av skummetmelk pulver.



1mm



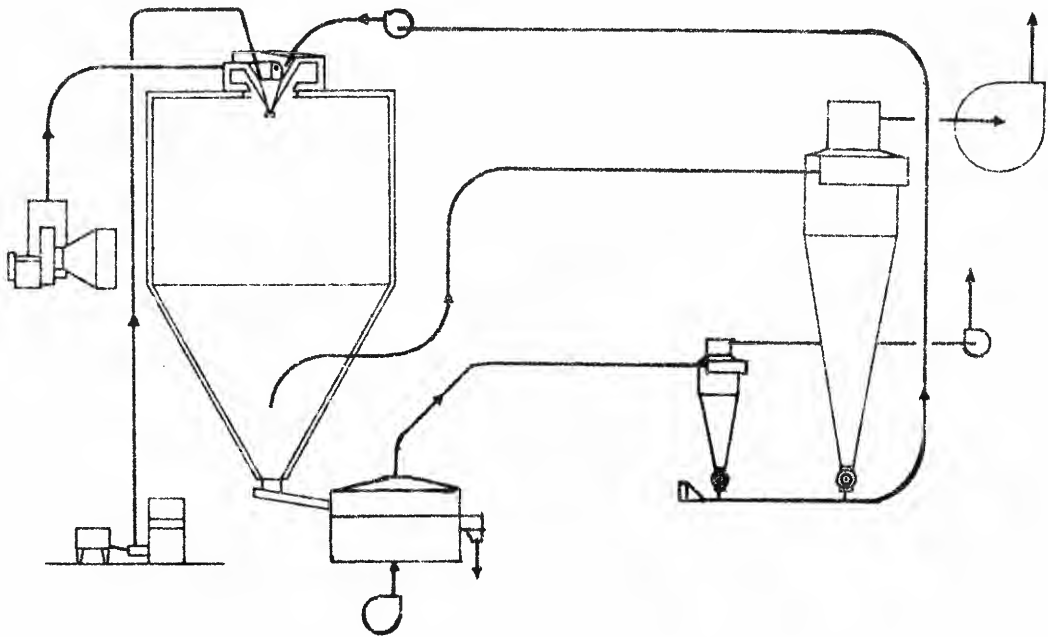
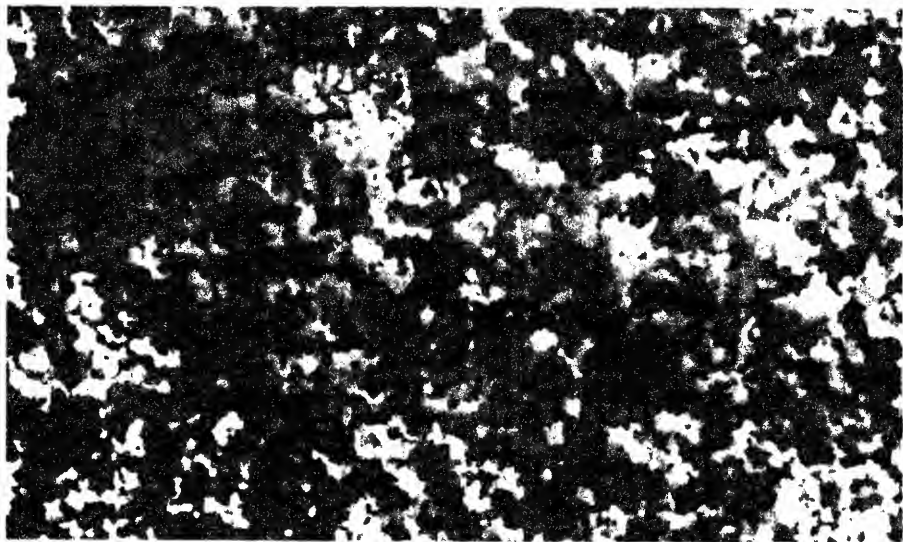


Fig. 4.2.2.7. Fremstilling av avkjølet pulver med retur av småpartikler.



1mm

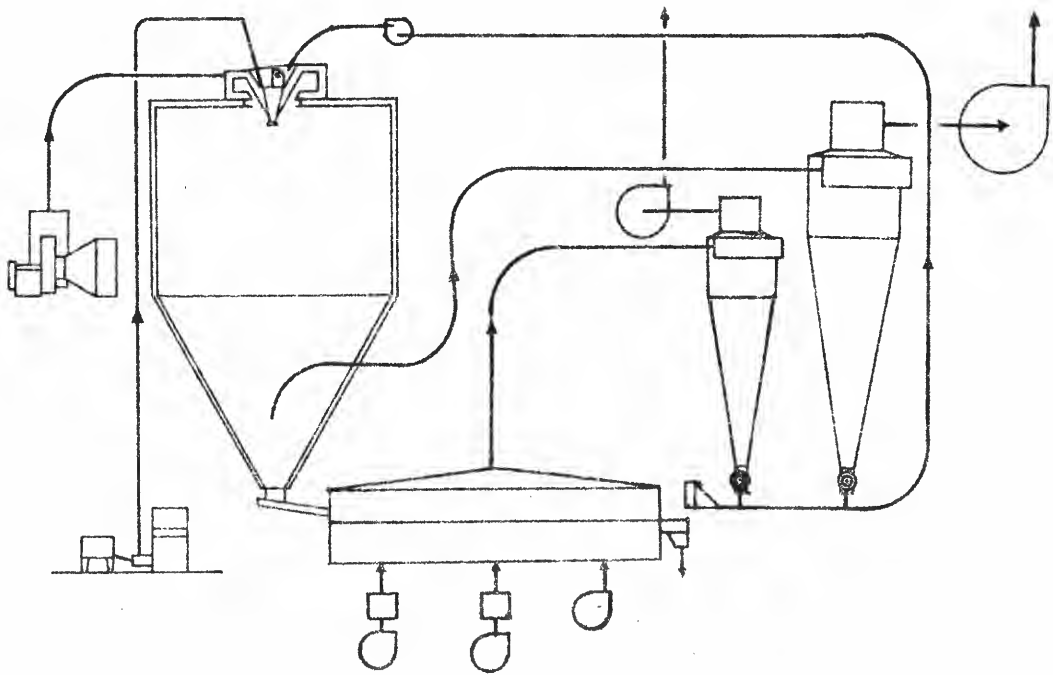
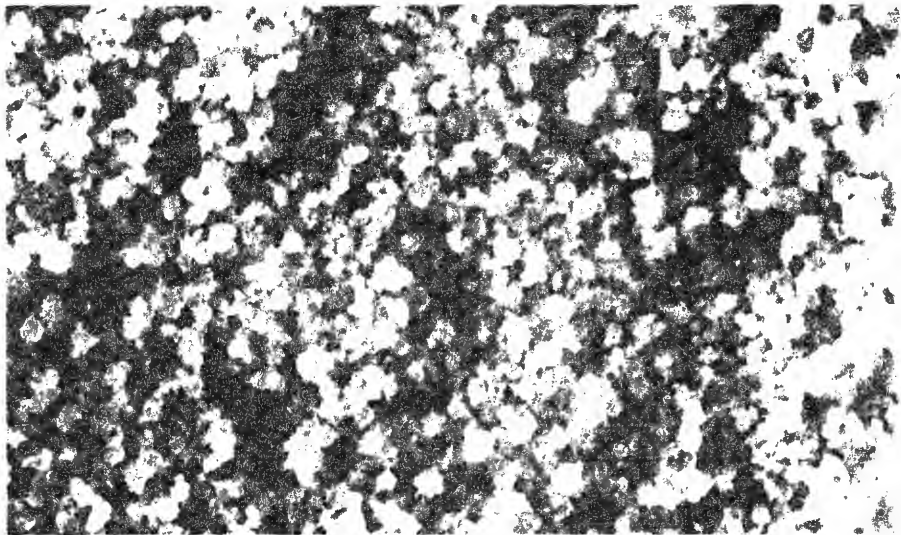


Fig.4,2.2.8. "Straight Through Instatizing".



1mm

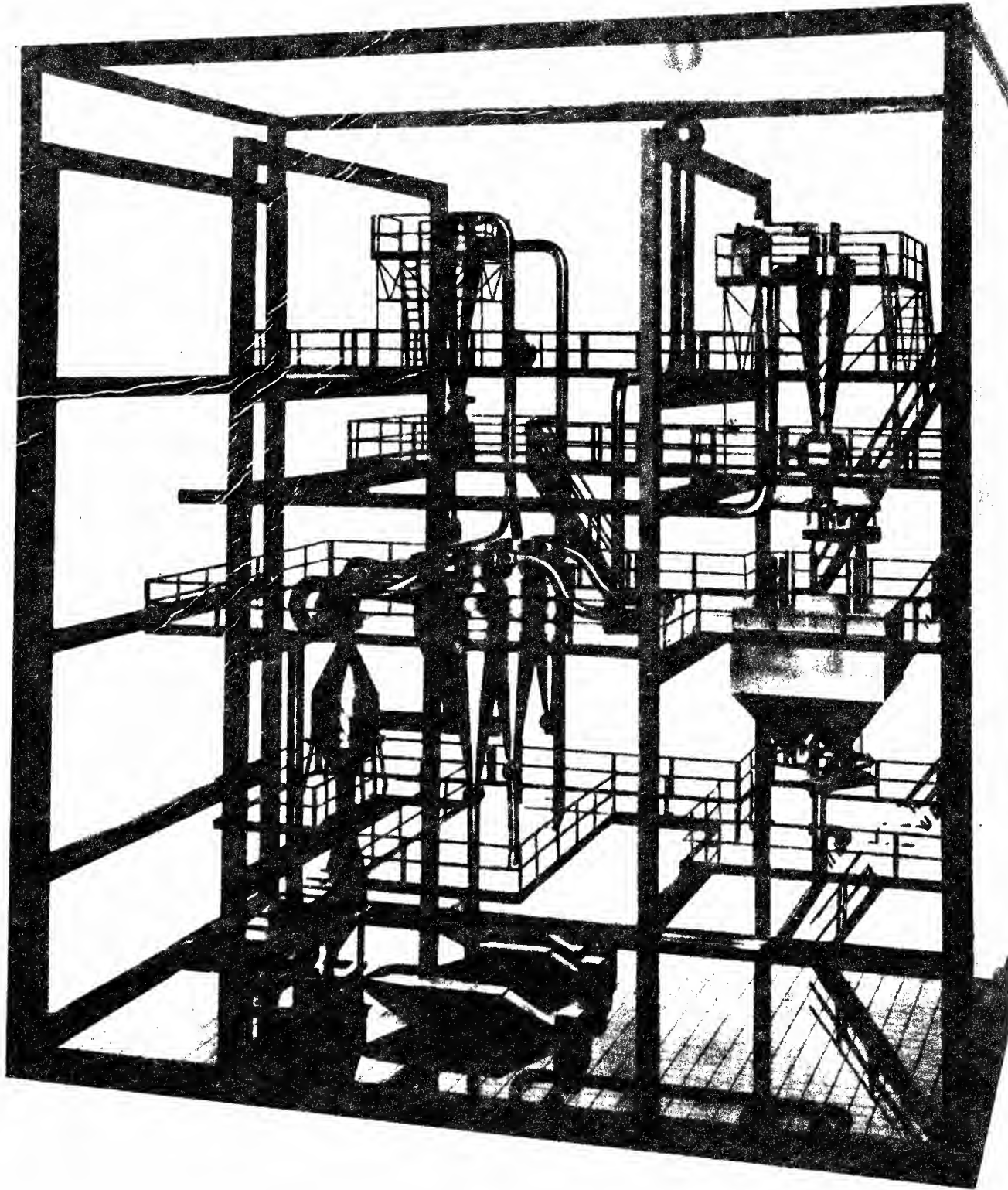


Fig.4.2.2.9. Niros Instantizer.

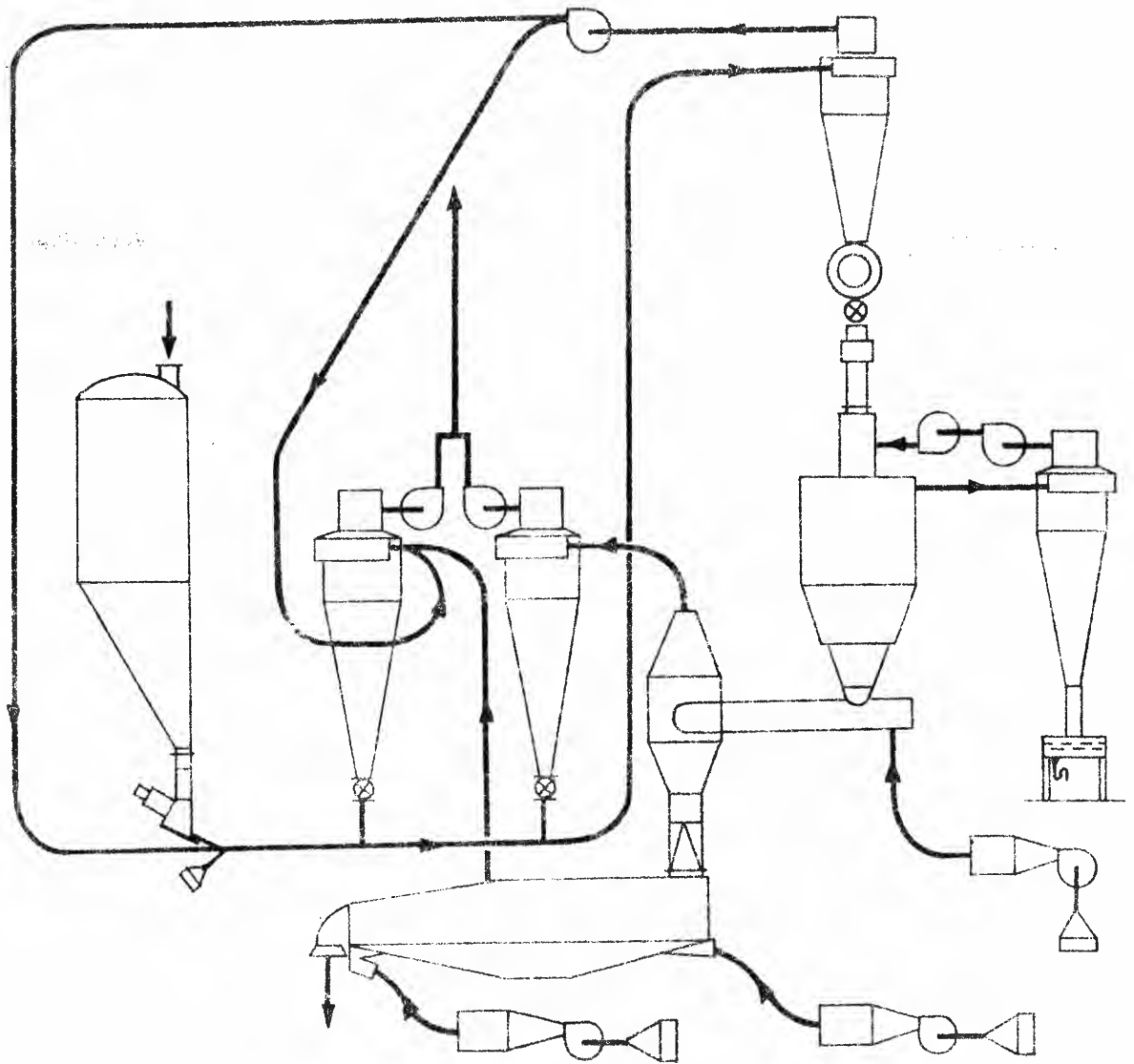
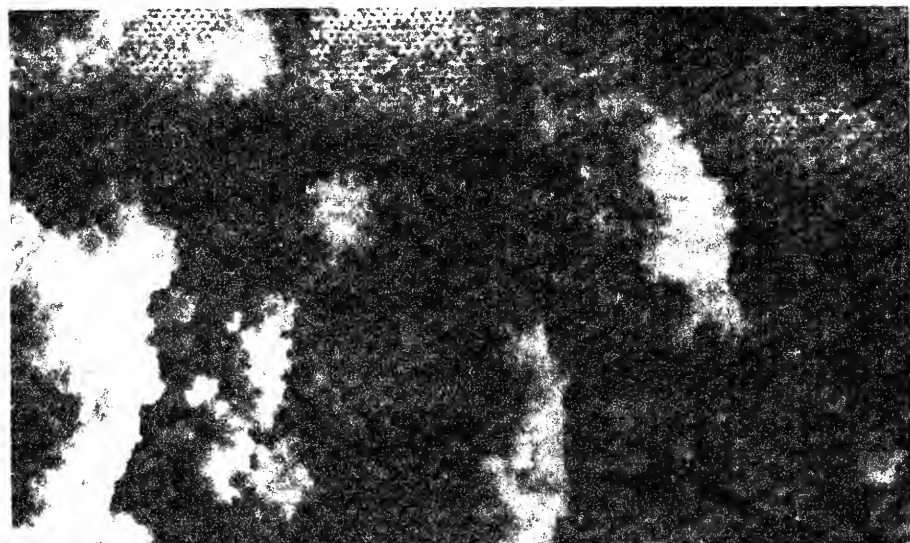


Fig. 4.2.2.10. Instantiseringsprosessen og instantisert tørrmelk.



1mm

grunn av den sterkere varmpåvirkningen. Videre kan også den biologiske verdien av melkeproteinene bli noe dårligere ved en dobbelt oppvarming.

b. Spraytørring av helmelk.

Dette følger stort sett det produksjonsskjemaet som er omtalt for skummet melk. Vanligvis homogeniseres melka eller konsentratet før tørring.

c. Spray-tørring av myse.

Tørret myse har ofte en lei tendens til å legge seg på tørrekammerets vegger og transportsystemet. Ved å foreta en forkrySTALLISERING av melkesukker, vil pulverets hygroskopiske evne bli sterkt redusert. Fig. 4.2.2.11. viser flow diagram for fremstilling av mysepulver.

d. Spraytørring av morsmelkserstatninger o.l. produkter.

Morsmelkserstatninger har i de seinere år fått et stort marked og er blitt meget viktige produkter for næringsmiddelindustrien. Ved riktig valg av fett, ved spesialbehandling av melkeprodukter (elektrodialysert myse o.l.), og etter tilsetning av mineraler og vitaminer kan en få fram produkter som i sin sammensetning er meget lik morsmelk.

Flow diagrammene kan være forskjellig etter om en vil tørre flere ingredienser sammen eller vil blande tørre ingredienser. Fig. 4.2.2.12. viser hvordan en viktig morsmelkserstatning her i landet blir fremstilt.

Helmelkserstatninger for dyr kan lages på samme måten. I tabell 4.2.2.1. vises den deklarererte sammensetningen av noen norske helmelkserstatninger.

Tabell 4.2.2.1. DEKLARASJON FOR NORSKE HELMELKSERSTATNINGER AV FULLSTENDIG TYPE,  
BEREGNET PÅ KALV.

	KALVEGODT	KIP	KOSSEKALV	LIVKALV	R.F. KALVEDRIKK
Fett m/emulgator	% 19,70	21,65	17,40	17,40	19,00
Sk. melkepulver	% 40,00	78,00	76,46	29,79	76,65
Mysepulver	% 39,00	-	-	12,38	-
Sukker	% -	-	7,20	7,20	3,00
Dist. dry sel.	% -	-	-	5,00	-
Soyamel	% -	-	-	27,29	-
Tilskuddsstoffer m.v.	% 1,30	0,35	0,94	0,94	1,35
SUM	100	100	100	100	100

Tilsatt pr. kg  
erstatningspulver.

Vitamin A, i.e.	30000	20000	20000	30000	20000
" D, "	6000	6000	6000	10000	20000
" E, mg	30	20	9	30	30
Antibiotika, mg	50(0)	40	50	50	50

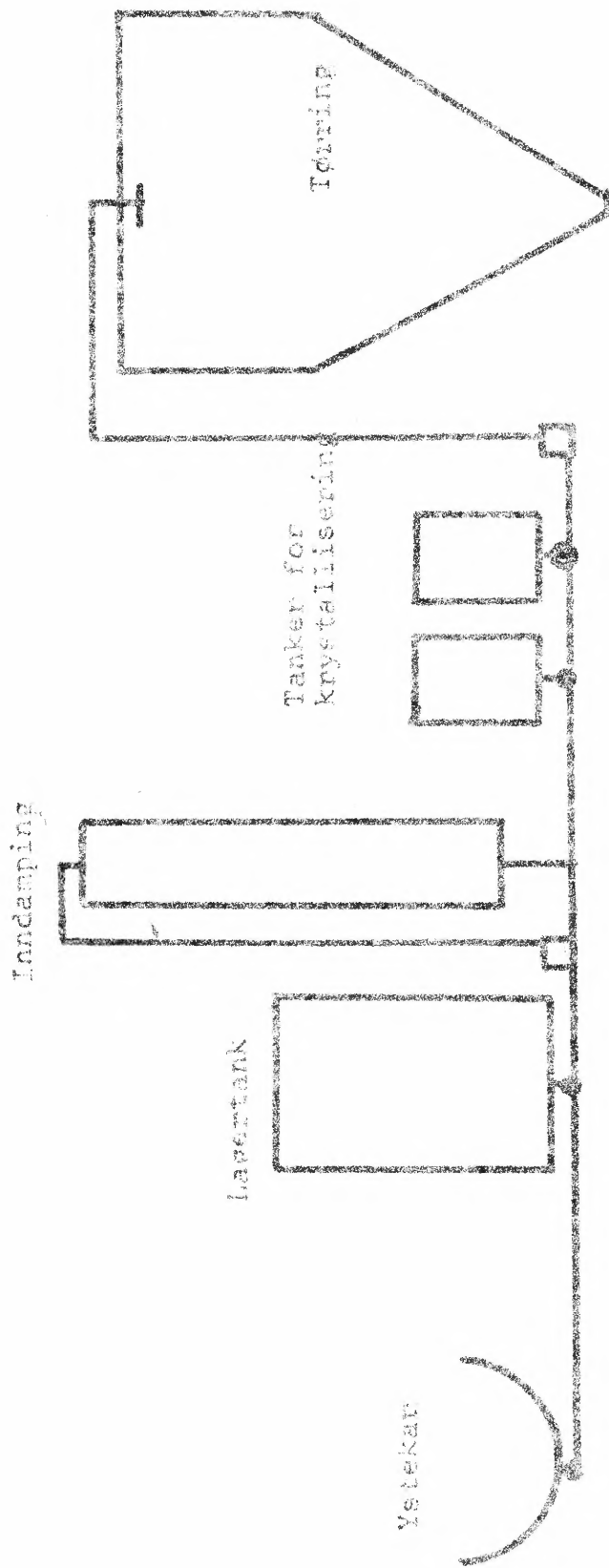


Fig. 4.2.2.11. Produksjonsdiagram for tørring av myse.

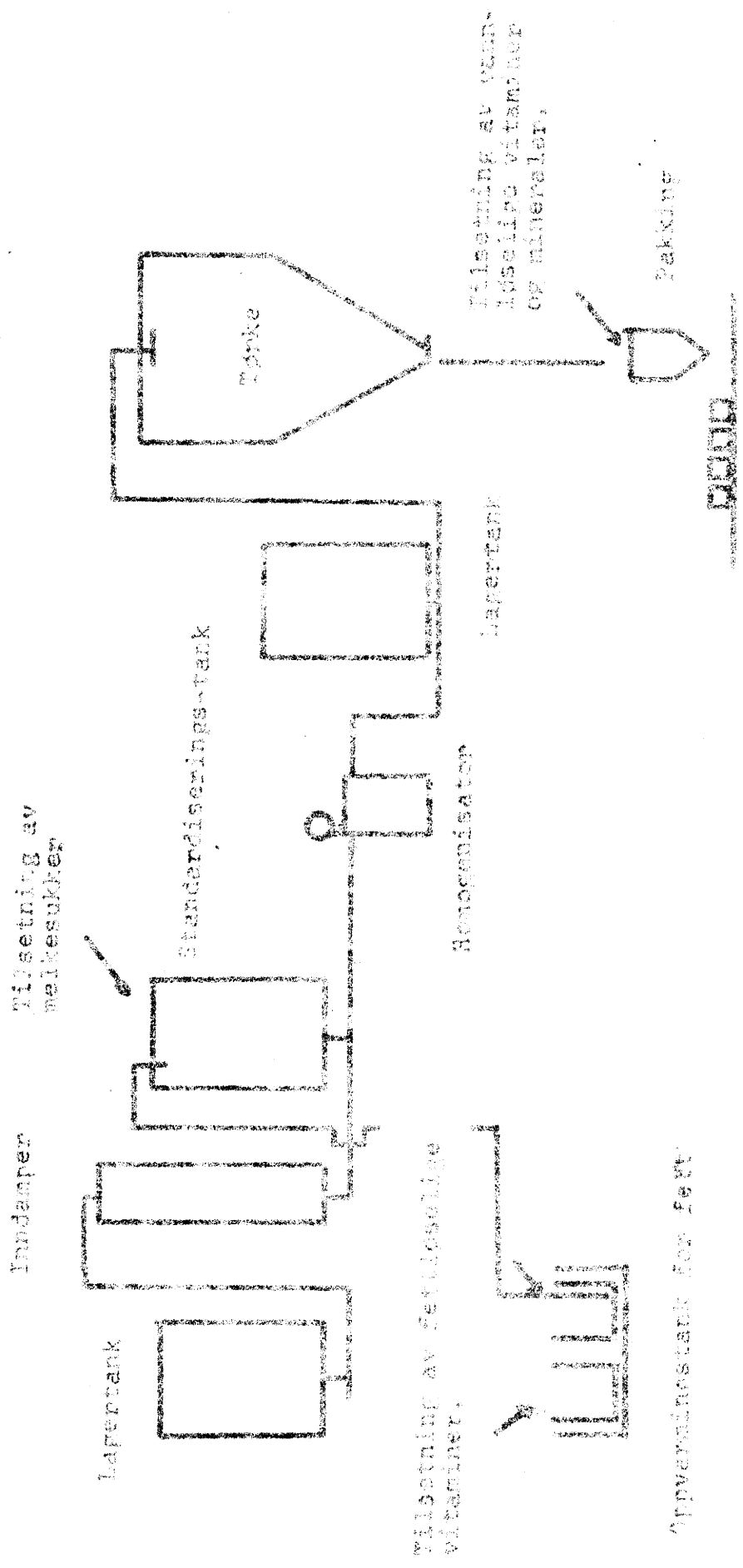


Fig. 4.2.2.12. Produksjonsgangen ved fremstilling av morsmelkerstatning.



Tabell 6.1. STOFFINNHOLD I EN DEL TØRRE PPRODUKTER PÅ DET NORSKE MARKEDET.

		OMTRENTLIG SAMMENSETNING (± 3%) MINERALER (± 10%) pr. 100 g.										
	Cal.	Vann g	Fett g	Aske g	Kull- hydr.	Protein	Ca mg	P mg	Fe mg	Na mg	K mg	
1	Kondensert melk	138	73,7	7,9	1,5	9,9	7,0	243	195	0,2	100	270
2	Tørret sk. melk, alle slag	362	3,5	1,0	7,9	52,0	35,6	1300	1030	0,6	528	1130
3	Sukr. kond. melk, mager	335	27,0	0,3	2,7	60,0	11,7	410	323	0,3	173	500
4	Sukr. kond. melk, 7,8 %	375	27,0	7,9	2,0	55,5	8,6	303	239	0,2	128	369
5	Tørret helmelk, 40% fett	584	4,0	40,1	5,0	31,7	21,8	765	603	0,4	323	622
6	28% fett	524	4,0	28,1	6,0	38,5	26,4	929	732	0,4	393	755
7	24% fett	504	4,0	24,1	6,4	40,8	28,0	984	776	0,5	416	800
8	20% fett	485	4,0	20,1	6,8	43,0	29,5	1038	819	0,5	439	844
9	Mysepulver	344	3,2	1,2	7,7	72,4	12,5	679	576	ikke analyser	Magnesium, Zink, Kopper	600
10	Kalvegødt	1,5 f.e.	5,0	19,0	6,0	42,0	20,0	1000	800	0,3	500	600
11	Spray special	366	3,0	1,5	7,8	51,8	35,1	1270	1015	0,6	520	1100
12	Vaffelmix	458	8,0	18,2	2,7	63,5	8,6	188	294	1,2	76	249
13	Pannekakemix	460	8,0	18,2	2,3	64,0	8,6	188	294	1,2	76	249
14	Instant sjokollademelk (ISM)	400	4,0	7,0	4,9	64,9	18,0	615	514	0,6	24	186

VITAMININNHOLD ( $\pm$  30%) pr. 100 g.

Vare nr.	A i.E.	B <sub>1</sub> mg	B <sub>2</sub> mg	Nicotinsyre amid mg	C mg
1	400	0,05	0,36	0,2	1
2	40	0,35	1,96	1,1	7
3	10	0,12	0,54	0,3	2
4	400	0,08	0,50	0,3	2
5	1600	0,28	1,1	0,8	5
6	1040	0,30	1,4	0,9	5
7	960	0,32	1,5	0,9	5
8	900	0,33	1,6	0,9	6
9	50	0,49	2,5	0,8	ikke analys er
10	3000	0,20	2,0	0,6	600 I.E.D <sub>3</sub> 3 I.E.E.
11	38	0,32	1,8	1,0	7
12 og 13	10	0,10	0,4	2,0	2
14	160	0,04	0,19	0,2	1

Disse kan produseres ved å tørrblande melkeingredienser og dyse inn fett i spesielle blandemaskiner.

- e. Tørring av saft er ofte meget vanskelig på grunn av et meget høyt sukkerinnhold. Det finnes imidlertid spray-tørrede produkter på markedet og produksjonsdiagrammet (fig. 4.2.2.13) over fremstilling av tomatpulver kan være representativt for den slags produkter.

For å lette tørringen satte Coulter og Breene (1) konsentrat av skummet melk til fruktkonsentrat før tørring. Tørrstoffet fra melk var hele 60 % for frukt-safter som i tørret tilstand var mest hygroskopiske.

Windhorst (3) beskriver tilsetning av druesukker som et effektivt middel til å få et lite hygroskopisk frukt-pulver. Årsaken til at det er ønskelig med en bærer i disse produktene, tilskrives det høye innholdet av frukt-sukker. Denne sukkerarten krystalliseres ikke ut; men binder i amorf tilstand vann, som er meget vanskelig å få bort under tørkeprosessen.

- f. Tørring av ekstrakter.

I farmacien og den kjemiske industri er dette ofte en egnet metode til fremstilling av en rekke produkter. Det finnes anlegg hvor ekstraksjonsmiddelet blir samlet opp slik at en kan tørre ekstrakter i f.eks. etanol, eter o.a. organiske løsningsmidler uten for store omkostninger. Fremstilling av kaffepulver er kanskje den beste representanten for en prosess i stor kommersiell skala (fig. 4.2.2.14).

#### 4.2.3. Skumtørring.

Dette er en modifisert form for spray-tørring som har til oppgave å lage et lettoppløselig pulver. Konsentratet blir tilsatt emulgator, blandet med  $N_2$  (figur 4.2.3.1) og det skummet som dannes blir forstøvet inn i tørka. Metoden kan tillate et høyere innhold av tørrstoff i konsentratet, helt opptil 60° for skummet melk. Metoden har vist seg å være særlig effektiv for tørring av sur myse fra cottage cheese produksjonen.

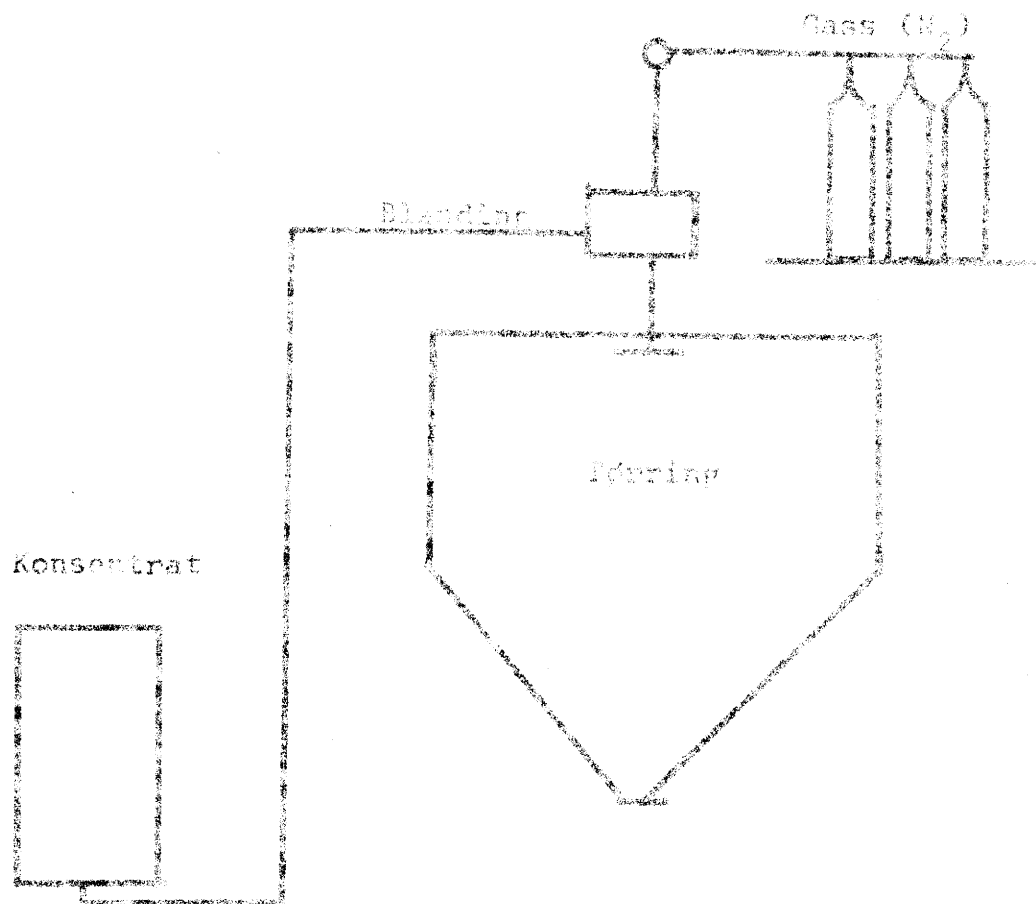


Fig. 4.2.3.1. Fremstilling av skumdøkket melkepulver.

**SPRAY DRIED TOMATO POWDER**

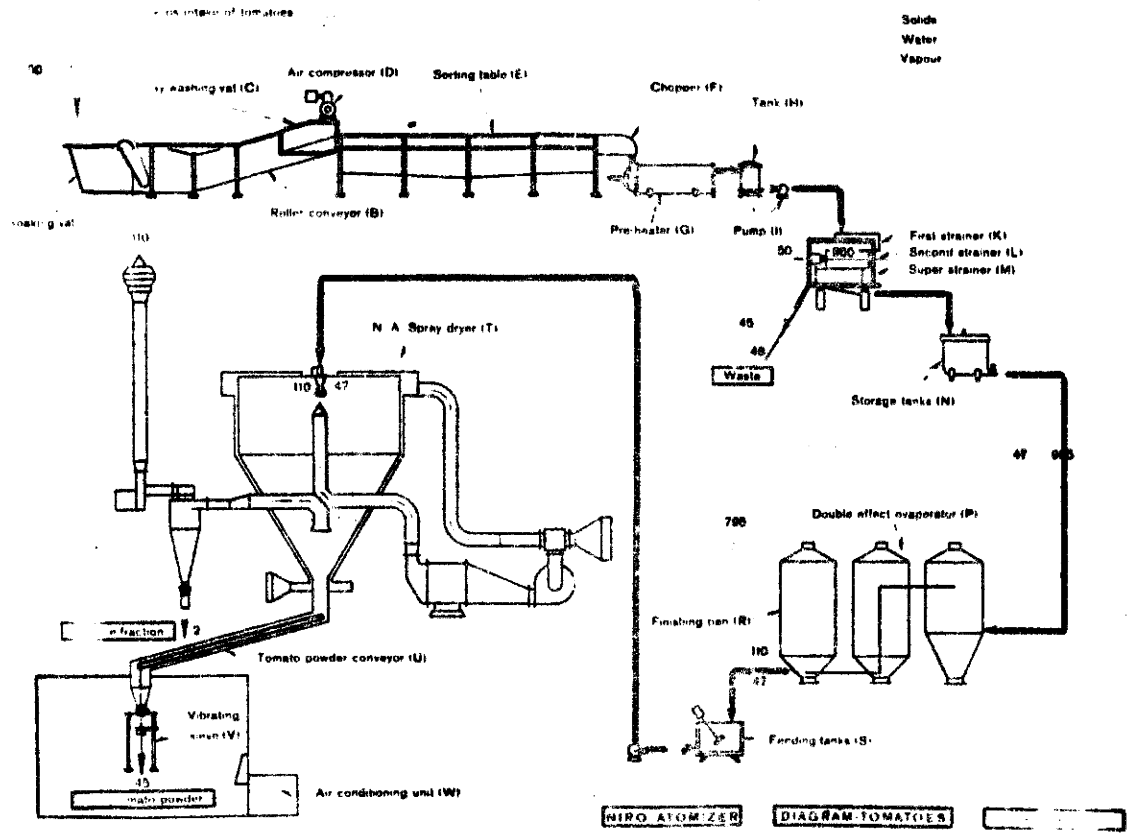


Fig. 4.2.2.13

**INSTANT COFFEE PROCESS**

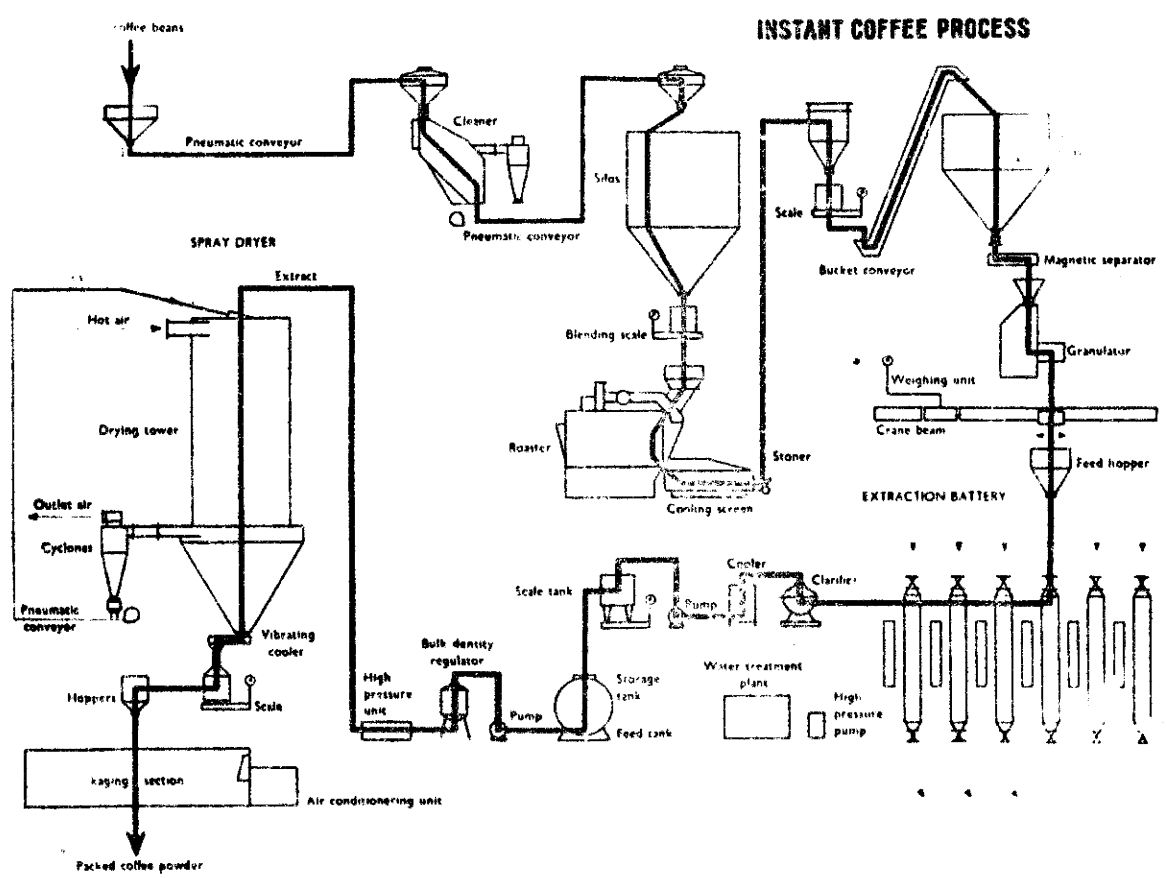


Fig. 4.2.2.14

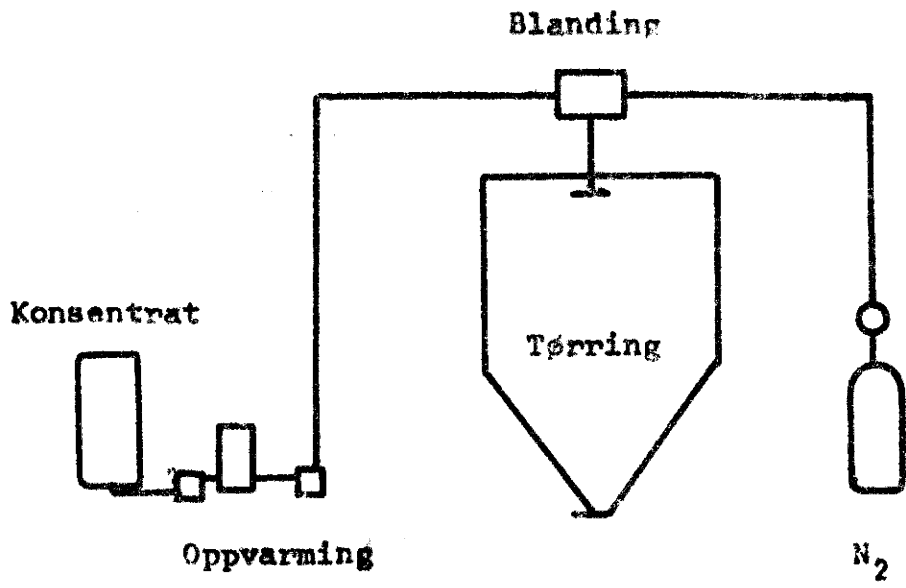


Fig.4.2.3.1. Skumtørring

### Litteratur.

- (1) Coulter, S.T. & Breene, W.M.: Spray Drying Fruits and Vegetables Using Skimmilk as a Carrier. J. of Dairy Sci., 49(7): 762-767, 1966.
- (2) Hall, C.W. & Hedrick, T.I.: Drying Milk and Milk Products. The AVI Publ. Co., Inc., Westport, Connecticut, 1966.
- (3) Windhorst, K.: Die Herstellung von Fruchtpulvern und Gevürzextrakten in Pulverform. Milchwissenschaft 24(9): 548-550, 1969.

### 5. Bakteriefloraen i tørrede melkeprodukter.

Ved valsetørring er den letale virkningen av prosessen så sterk at bare sporedannende organismer har mulighet til å overleve. Vanligvis er antallet av disse svært lav i melka, og umiddelbart etter tørring er derfor tallet på organismer i valsetørret pulver svært lavt. Transport, knusing og pakking av pulveret kan imidlertid øke tallet meget. Dette skyldes da dårlig renhold av transportsystemet frem til pakking hvor vekstvilkårene kan bli gode for de fleste typer organismer. Syredannere er imidlertid for storparten destrueret slik at den dominerende floraen kan være peptoniserende varme-resistente organismer og sterkt proteolytiske sporedannere (Macy ( 7 ), Supplee og Ashbaugh ( 11)).

Melke kvaliteten og en eventuell forvarming er de vesentligste faktorene som bestemmer bakteriefloraen i forstøvningspulver. På grunn av den store fordampningen vil temperaturen i melkepartiklene være så lav at selv patogene organismer kan overleve (Crossley og Johnsen ( 4 )).

Den dominerende floraen er derfor syredannere, mens høyere forvarmingstemperaturer fører til relativt høyere innhold av termoresistente arter.

Ved lagring av tørrmelk vil bakterietallet etter hvert reduseres og den prosentvise reduksjonen vil være ca. 90 % etter lagring i 12 måneder. Det er da forutsatt at lagringen foregår ved romtemperatur, men på en slik måte at det ikke adsorberes vann.

5.1. Totalantall bakterier.

American Dry Milk Institute ( 1 ) har utarbeidet forskrifter for bestemmelse av bakterietallet i tørrede melkeprodukter. Dyrkingsmedium er Trypton-glykose-ekstrakt-agar og inkubasjonstid 48 timer ved 35° C. Denne metode er også en standard metode for Association of Agricultural Chemist ( 2 ). For videre spesifisering av metodene vises til referanser. Nå har også International Dairy Federation ( 5 ) sin metode til bestemmelse av totalinnholdet av bakterier i tørrmelk. Denne avviker fra ADMI's metode vesentlig ved at ADMI lar rekonstitueringen av pulver skje ved romtemperatur mens IDF rekonstituerer med vann av 50° C. Dernest inkuberes etter IDF ved 30° C i 5 døgn. Wallgren (13) har sammenliknet de to metodene og resultatene er oppført i tabell (5.1.1.). En vil der se at totaltallet blir meget høyere ved IDF's metode enn ved metoden etter ADMI. Det er derfor meget vesentlig at metodene spesifiseres når det oppgis bakterietall.

Tabell 5.1.1. Bakterieinnholdet i tørrmelk bestemt etter ADMI og IDF. (Wallgren (13)).

Prøve nr.	ADMI		IDF	
	Lab.1	Lab.2	Lab.1	Lab.2
156	1200	11000	410000	250000
54	2300	6000	150000	110000
42	2700	3000	113000	85000
38	3400	3500	69000	56000
56	3700	3500	133000	81000
66	5500	1100	187000	83000
16	7900	11000	163000	180000
18	9900	14000	194500	94000
13	10650	16000	180500	160000



## 5.2. Coliforme bakterier.

AOAC's (2) metode består i at pulveret rekonstitueres i forholdet 1:10 med vann og podes på enten flytende medium så som brilliant-grønn-laktose-galle (2 %) eller på fast medium f.eks. VRGA. I første tilfellet observeres for gassproduksjon etter 48 timer ved 35° C og i andre tilfellet for mørkerøde kolonier etter 20-24 timer ved samme temperatur. Disse prøvene kan bare indikere at det er koliforme bakterier tilstede. En fullstendig prøve inkluderer en videre undersøkelse om forgjæringsrørene inneholder eller koloniene består av gram-negative ikke-sporedannende arter som produserer gass på laktose-buljong etter inkubasjon ved 35° C i 48 timer.

Her i landet har vi ikke spesielle krav til maksimum innhold av presumtivt coliforme bakterier. Industri, som nytter tørrmelk som en råvare, stiller ofte krav om tørrmelka ikke skal inneholde *Escherichia* og at tallet på presumtivt koliforme arter må være meget lavt. ADMI (1) er liberalt i sitt krav i det det kreves maksimum et presumtivt kolitall på 90.

## 5.3. Bacillus cereus.

Jayne-Williams og Franklin (6) har gitt en omfattende oversikt over *Bacillus* sporer i melk og utfra denne oversikten kan det konkluderes med at *Bac. cereus* er vanlig forekommende i pasteurisert melk og i tørrede produkter. Polyanskaya (8) isolerte 32 stammer fra pasteurisert melk og fant at alle var patogene overfor hvite mus, rotter og marsvin. Organismene spaltet lecithin, var hæmolytiske, "smeltet" gelatin, peptoniserte melk og reduserte sitrat. Susuki og Kawaniski (12) isolerte *Bacillus cereus* fra tørret skummet melk og fant at en intraperitoneal injeksjon av 0,2 ml av en buljong-kultur drepte marsvin i løpet av 2-6 timer. *Bacillus cereus* vil ha lett for å hope seg opp i enkelte melkeprodukter fordi disse ofte har vært gjenstand for flere varmebehandlinger og helsemyndighetene ser med bekymring på at antallet av *cereus* øker i f.eks. konsummelka. I Sverige f.eks. tillates ikke forekomst av *Bac. cereus* i iskrempulver og den største produsenten av tørre konsumprodukter i Sverige krever for sine spesialprodukt at råvarene inkl. tørrmelk ikke skal inneholde *Bac. cereus*.

#### 5.4. Salmonella.

I 1966 rapporterte Collin og medarbeidere ( 3 ) ved det 94. årlige møtet i American Public Health Association at en tyfusepedemi gjennom 17 stater i U.S.A. var forårsaket av Salmonella New-brunswick i instant skummet melk. Seinere har det funnet sted nye epedemier av denne bakterien i instantiserte produkter ( 9 ). Årsaken synes å være en dårlig forvarming og dårlig vask av utstyret. Prosessen ved fremstillingen ved "rewetting" er relativt komplisert og det er derfor meget viktig med en god hygienisk kontroll.

Sperber og Deibel ( 10 ) har utarbeidet en relativ rask metode for bestemmelse av salmonella i tørrede produkter. Denne omfatter en konsentrering av organismene i laktose-buljong i 18 timer ved 37° C i fortykning (prøve: buljong)= (1:10), selektiv konsentrering av 1 ml av denne i 9 ml selenit-cystin-buljong eller tetrathionat-buljong i 24 timer ved 37° C, inkubasjon av 1 dråpe fra selenit-kulturer i APT-buljong (Difco) med Tween 80 uten glukose, men med 0,2 % D-mannose i 6-8 timer ved 37° C. Salmonella bestemmes så serelogisk ved poly H agglutinerings.

#### Litteratur.

1. American Dry Milk Institute: Standards for Grades of dry Milks including methods of Analysis. Eget forlag. Chicago. Ill. 1965.
2. Association of Agricultural Chemist. Standard Methods for the examination of Dairy Products. Am. Publ. Health Ass., 1953.
3. Collins, R.N., Treger, M.D., Goldsby, J.B., Boring, J.R., Cochon, D.F. & Barr, R.N.: Interstate outbreak of Salmonella newbrunswick infection traced to powdered milk. J. Am. med. Ass. 203(10): 838-44, 1968.
4. Crossby & Johnsen, J. of Dairy Res., XIII, 5, 1942. Referert etter Hunziker, O.F.: Condensed Milk and Milk powder. Eget forlag. La Grange, Ill., 1949.

5. International Dairy Federation: Colony count of liquid milk and dried milk. FIL-IDF 3, 1958.
6. Jayne-Williams, D.J. & Tranklin, J.G.: Bacillus spores in Milk. Dairy Sci. Abstr., 22(5 & 6): 215-221 and 269-278, 1960.
7. Macy, H.: J. of Dairy Sci., XI, 516, 1928. Referert etter Hunziker, O.F.: Condensed Milk and Milk powder, Eget forlag. La Grange, Ill., 1949.
8. Polyanskaya, K.N.: Study of B. cereus isolated from pasteurized milk. Vop. Pitan, 26(3): 20-24, 1967.
9. Publ. Health, Wash.: Nonfat instant dry milk harbored Salmonella. Rep. 82(3): 246, 1967.
10. Sperber, W.H. & Deibel, R.H. ( ). Accelerated procedure for Salmonella detection in dried foods and feeds involving only broth cultures and serological reactions. Appl. Microbiol. 17(4): 533-539, 1969.
11. Supplee & Ashbaugh. J. of Dairy Sci., V, 216, 1922. Referert etter Hunziker, O.F.: Condensed Milk and Milk powder. Eget forlag. La Grange, Ill., 1949.
12. Susuki, A. & Kawanishi, T.: Studies on the aerobic spore forming bacteria from dried skimmilk. II. On the heat resistance and pathogenicity to experimental animals of Bacillus cereus from dried skim-milk. Bull. nat. Inst. hyg. Sci., Tokyo 79: 201-205, 1961.
13. Wallgren, K.: Synpunkter på analys av bakteriehalt i tørrmjølk. Svenska Mejeritidningen 56(52): 699, 1964.

## 6. Den kjemiske sammensetningen av tørrede produkter.

Tabell (6.1.) viser den omtrentlige stoffsammensetningen av en del produkter på det norske markedet. Helsedirektoratets forskrifter ( 4 ) krever maksimalt 4 % vann i tørrmelk. Tørret skummet melk må maksimalt inneholde 1,6 % fett og tørret helmelk minimum 26 % fett. Videre skal fabrikantens navn og fabrikkasjonsstedet være angitt på pakningen. Varens nettovekt skal være påført samt hvilket kvantum melk varen er fremstillet av. For helmelkserstatninger til dyr må oppskrifter i sin helhet være godkjent og denne skal også deklarerer.

### 6.1. Vanninnhold.

Vanninnholdet i tørrede melkeprodukter har stor innvirkning på holdbarheten av varen. Et høyt vanninnhold vil lett bli missfarget, uoppløselig og få smaksdefekter. Allerede ved 5 % vann vil etter Henry, Kon, Lea og White ( ) protein-sukker reaksjoner være langt mer fremtredende enn ved 3 %. Limsnak er en feil som ofte forekommer i tørrmelk og et høyt vanninnhold fremskynner denne (Radema ( 9 ). Kombinasjon av høy temperatur og fuktighet er særdeles uheldig, og derfor må tørre produkter lagres i tørre og kjølige lagerrom og i en mest mulig vandamtett emballasje.

#### 6.1.1. Metoder til bestemmelse av vanninnholdet.

ADMI ( 2 ) foreskriver Toluen destillasjons metoden hvor 50 g prøve tilsettes 75-100 ml toluen, varmes opp slik at vann og toluen destilleres av og kondenseres i en kjøler. Vannmengden måles i en gradert sylinder.

IDF ( 7 ) definerer vanninnholdet som vekttap når en prøve har blitt oppbevart ved  $102 \pm 2^{\circ}$  C til konstant vekt.

Hurtige metoder ved hjelp av infra-rød oppvarming brukes i forskjellige former til driftskontroll i industrien. Metoden er rask og tilstrekkelig god for formålet. Temperaturen er imidlertid vanskelig å standardisere.

Karl Fischer's metode som er standardisert for smør (IDF(6 )) er også anvendt for tørre produkter. Metoden går ut på at vannet reagerer med  $\text{SO}_2$  og  $\text{I}_2$  i metanol og pyridin til  $\text{H}_2\text{SO}_4$  og HI og derfor kan bestemmes ved titrering.

ADMI's ( 2 ) krav til tørret skummet melk.

	Ekstra grad	
	Spray	Valse
	mindre enn	mindre enn
Smørfett	1,25 %	1,25 %
Vann	4,00 %	4,00 %
Titrent surhet	0,15 %	0,15 %
Solubility Index	1,25 ml	15,00 ml
Totalt bakterietall	50,000 pr. g	50,000 pr. g
Brente partikler	Disc B(15,0 mg)	Disc C(22,5 mg)

ADMI's ( 2 ) krav til tørret skummet melk.

	Standard grad	
	Spray	Valse
	mindre enn	mindre enn
Smørfett	1,50 %	1,50 %
Vann	5,00 %	5,00 %
Titrent surhet	0,17 %	0,17 %
Solubility Index	2,00 ml	15,00 ml
Totalt bakterietall	100,000 pr. g	100,000 pr. g
Brente partikler	Disc. C(22,5 mg)	Disc D(32,5 mg)

ADMI's ( 2 ) krav til tørret helmelkspulver.

		Gass pakket , spray-tørret	
		Premium	Ekstra
		Smørfett	Ikke mindre enn
Vann	Ikke mer enn	2,25 %	2,50 %
Titrent surhet	"-	0,15 %	0,15 %
Totalt bakterietall	"-	30,000 pr.g	50,000 pr. g
Brente partikler	"-	Disc B(15,0 mg)	Disc C(22,5 mg)
Solubility Index	"-	0,50 ml	0,50 ml
Kobber	"-	1,5 ppm.	1,5 ppm.
Jern	"-	10,0 ppm.	10,0 ppm.
Oksygen	"-	2,0 %	3,0 %

ADMI's ( 2 ) krav til tørret helmelkspulver.

		Ikke gasspakket, spray-tørret	
		Ekstra	Standard
Smørfett	Ikke mindre enn	26,00 %	26,00 %
Vann	Ikke mer enn	2,50 %	3,00 %
Titrent surhet	"-	0,15 %	0,17 %
Totalt bakterietall	"-	50,000 pr.g	100,000 pr. g
Solubility Index	"-	0,50 ml	1,00 ml
Brente partikler	"-	Disc C(22,5 mg)	Disc D(32,5 mg)
Kobber	"-	1,5 ppm.	3,00 ppm.
Jern	"-	10,0 ppm.	15,0 ppm.

ADMI's ( 2 ) krav til tørret helmelkspulver.

		Ikke gasspakket, valsetørret	
		Ekstra	Standard
Smørfett	Ikke mindre enn	26,00 %	26,00 %
Vann	Ikke mer enn	3,00 %	4,00 %
Titrent surhet	"-	0,15 %	0,17 %
Totalt bakterietall	"-	50,000 pr. g	100,000 pr. g
Brente partikler	"-	Disc C(22,5 mg)	Disc. D(32,5 mg)
Solubility Index	"-	15,00 ml	15,00 ml
Kobber	"-	1,5 ppm.	3,0 ppm.

## 6.2. Fettinnholdet.

Fett i tørre produkter vil gi mindre lagringsdyktighet på grunn av oksydasjonsfeil som normalt oppstår. Det er derfor vesentlig at luftinnholdet er lavt i fettrike produkter hvor en kan vente lang lagringstid. Dette kan opprøs ved en kombinert vakuum-nitrogen behandling under pakkingen av pulveret. Pulveret blir da pakket i egnet emballasje og vakuumisert med eller uten  $N_2$  tilsetning. Etter en henstand på ca. 2 døgn blir pakningene punktert og vakuumisert på nytt for å få bort den lufta som har diffundert ut av partiklene. Pakningene blir så påfylt  $N_2$  og forseglet. For "premium grade" forlanger ADMI ( 2 ) mindre enn 2 %  $O_2$  i gasspakkede produkter.

I enkelte spesialprodukter tilsettes antioksydasjonsmiddel særlig hvis fettene er meget umettet. Slike tilsetninger er ikke tillatt i ordinære tørrmelksprodukter.

### 6.2.1. Bestemmelse av fettinnholdet.

6.2.1.1. ADMI's ( 2 ) standardiserte metodikk er en modifisert Røse-Gottlieb metode hvor en nøyaktig avveid mengde på ca. 1 g rekonstitueres med 9 ml varmt vann, avkjøles og tilsettes  $NH_4OH$ -oppløsning, etyl-alkohol, etyl-eter og petrol-eter hvoretter ekstraksjon og avdamping foregår på vanlig måte. Vanskeligheter ved metoden oppstår under rekonstitueringen. Dette kan være vanskelig med så små mengder, og en bør ofte bruke glassperler o.l. for å lette utrustningen.

6.2.1.2. Gerbers metode brukes som oftest i driftskontrollen. Rekonstituering er også her vesentlig da en ellers lett får "brente" prøver.

6.3. Når det gjelder analyse av melkesukker, nitrogen og mineraler vises til den generelle meierikjemi.

#### 6.4. Tilgjengelig lysin.

Aminosyreinnholdet i tørrmelk bestemmes etter en forutgående fullstendig hydrolyse. Da det i de fleste næringsmidler er underskudd av lysin sett i forhold til lysininnholdet i proteinene i menneskekroppen, er det ofte denne aminosyren som bestemmer hvor gunstig tørrmelka er som f.eks. tillegg til andre matvarer.

I de seinere år har det imidlertid blitt stor interesse for å bestemme tilgjengelig lysinmengde. Det er nemlig slett ikke sikkert at alt lysinet som finnes i hydrolysatet, i produktet vil foreligge i en slik form at det kan utnyttes biologisk.

Lysin vil lettere bli gjort biologisk utilgjengelig enn andre aminosyrer. Årsaken er at dens  $\epsilon$ -amino gruppe lett reagerer med andre substanser på en slik måte at fordøyelses-systemet ikke klarer å frigjøre lysinet ved hydrolyse. Disse andre substansene kan være organiske syrer, kullhydrater o.l. stoff med kjemiske grupper som lett reagerer med aminogruppen.

Det er utviklet mikrobielle metoder til å bestemme tilgjengelig lysin hvor enkelte mikroorganismer blir dyrket på lysinfri medier tilsatt det næringsmiddelet som skal testes. Leuc. mesenteroides og Str. Zymogenes er ofte brukte testorganismer.

Kjemiske metoder er basert på det kjente prinsipp for bestemmelse av fri aminogrupe i proteiner ved tilsetning av fluoridnitrobenzen slik at det dannes dinitrofenyl-protein (DNP)-protein). Bunnet lysin (som blir antatt å være utilgjengelig) kan ikke reagere med fluorodinitrobenzen slik at bare tilgjengelig lysin danner  $\epsilon$ -DNP derivat. Etter hydrolysering bestemmes så mengde av  $\epsilon$ -DNP-lysin. Det kan vises til Matheson ( 8 ) for en videre diskusjon av metodikken ved analysens utførelse.

En rekke undersøkelser har vist at lysinet blir lettere gjort biologisk uvirksomt i valsetørret enn i spray-tørret pulver. F.eks. fant Erberdobler og Zucher ( 3 ) at i råmateriale med et lysininnhold på 6,7-9,8 % av proteinmengden var innholdet i tilgjengelig lysin 5,4-7,2 % i spray-tørret, mens



det var 4,2-6,9 % i valsetørret pulver. Lagring forårsaket en videre nedgang på 0,5 %.

Når tørrmelk brukes i produkter som skal varmes sterkt, vil det også gå ut over den biologiske verdien til melkeproteinene. Adrian ( 1 ) fant at tilgjengelig lysin var henholdsvis 9,75 %, 2,3 % og 1,4 % av proteinmengden henholdsvis i uvarmet tørret skummet melk og i pulver som ble varmet i 25 og 50 minutter ved 145° C.

#### Litteratur:

1. Adrian, J.: The Maillard reaction. IV. The behaviour of some amino acids during heating of protein foods. *Annals. Nutr. Aliment* 21(3): 129-47, 1967.
2. American Dry Milk Institute: Standards for Grades of dry Milks including methods of Analysis. Eget forlag. Chicago. Ill., 1965.
3. Erberdobler, H. & Zuchner, H.: Untersuchungen zum Gehalt an Lysin und verfügbarem Lysin in Trochenmagermilch. *Milchwissenschaft*, 21(9): 565-568, 1966.
4. Helsedirektoratet, Sosialdepartementet: Nye forskrifter om melk og fløte m.v., 1953.
5. Henry, K.M., Kok, C.H., Lea, C.H. & White, J.C.D.: The gas-packing and storage of milk powder. *J. Dairy Res.*, 13: 162-215, 1943.
6. International Dairy Federation: Determination of the water content and butter oil by the Karl Fisher methods. *FIL-IDF* 23, 1964.
7. \_\_\_\_\_ Determination of the water of dried milk. *FIL-IDF* 26, 1964.
8. Matheson, N.A.: Available Lysine. II. Determination of available lysine in feedingstuffs by dinitrophenylation. *J. of the Sci. Fd. Agric.* 19(9): 496-502, 1968.
9. Radema, L.: De invloed van temperaturen en vochtgehalte ob de duurzaamheid van verstuivingspoeder uit volle melk. *Neth. melk-en Zuiveltijdschr.* 8(3): 125-135, 1954.