

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION HOORN.

Onderzoekingen over de oprooming volgens het Friesche systeem;

DOOR

Dr. W. VAN DAM en Dr. H. A. SIRKS.

(Ingezonden 25 Jan. 1922.)

HOOFDSTUK I.

Inleiding.

Niettegenstaande de velerlei veronderstellingen, die men heeft gemaakt ter verklaring van de oprooming volgens het Swartzsche en Friesche stelsel, kan men niet zeggen, dat het inzicht, dat ons door deze verklaringen wordt geschonken in de wijze waarop deze oprooming tot stand komt, geheel bevredigend is te noemen.

Toch zou een eenigszins volledige kennis der factoren, die deze wijze van oprooming en ook in 't algemeen het spontane oproomingsproces beheerschen, niet alleen uit theoretisch wetenschappelijk oogpunt gewenscht, maar ook voor de praktijk der zuivelbereiding ongetwijfeld van belang zijn.

Zoo is het voor de bereiding van 20+ kaas, waarbij men uitgaat van de ondermelk, door spontane oprooming volgens het Friesche systeem verkregen, met het oog op een goed product wenschelijk, dat het vetgehalte der ondermelk zóó laag is, dat toevoeging van centrifugemelk achterwege kan blijven.

Juist door de onvolledige kennis, die men over het wezen van de oprooming bezit, is men niet altijd in staat die oprooming zóódanig te leiden, dat het gewenschte effect wordt bereikt en men ondervindt dan ook in tijden, waarin bij een snel wisselende samenstelling nog de moeilijkheid komt van een traag oproomende melk, zooals in het najaar nog al eens voorkomt, meermalen bezwaren bij de bereiding van 20+ kaas.

Ook voor de bereiding van 30+ kaas is het gewenscht, dat de te verkazen ondermelk zoo spoedig mogelijk en met het juiste vetgehalte wordt verkregen, zonder dat toevoeging van ondermelk met lager

vetgehalte, of van centrifugemelk (welke laatste toevoeging met het oog op het dan licht optredend gebrek „fijngaterigheid” ongaarne wordt toegepast), noodig wordt. Evenmin als bij de 20+ kaas, is men in staat om dit onder alle omstandigheden te verwezenlijken. Alleen reeds om zoo mogelijk in deze moeilijkheden, die de meer directe aanleiding tot dit onderzoek vormden, wat meer licht te brengen, kwam ons een nadere bestudeering der, de oprooming waarschijnlijk beheerschende factoren, gewenscht voor. Als zoodanig komen bijv. in aanmerking de viscositeit, de oproomingstemperatuur, de chemische samenstelling en de zuurheidsgraad der melk. verder ook de aggregaats-toestand en de grootte der vetbolletjes, evenzeer de invloed van den lactatietijd van het vee, waarvan de melk afkomstig is, ook de wijze van behandeling der melk vóór het oproomen enz. Het uitgangspunt voor het onderzoek was het volgende.

Reeds in 1915¹⁾ heeft één onzer de aandacht gevestigd op het paradoxale verschijnsel, dat de oprooming volgens het Swartzsche en Friesche systeem sneller verloopt bij lagere dan bij hogere temperatuur, terwijl men door de grootere viscositeit der melk en het kleinere verschil in soortelijk gewicht van melkvet en -plasma bij lage temperatuur juist eerder het omgekeerde zou mogen verwachten.

Daarbij werd er toen op gewezen, dat de veronderstelde groote bewegelijkheid der vetbolletjes in het begin der oprooming en het ontbreken der verticale stroomingen in de melk, zooals FLEISCHMANN ter verklaring aanvoert, althans bij het Friesche stelsel, waar de melk van den aanvang af bij lage temperatuur oproomt, niet de oorzaak van het verschijnsel zou kunnen zijn, dat de oprooming bij dit stelsel zooveel beter gaat dan bij andere methoden.

Tevens werd toen de veronderstelling gemaakt, dat de kristallisatie-warmte, die na de plotselinge diepe afkoeling der melk over de koelers, in de oproombakken vrij komt, en die ook duidelijk waarneembaar is in de roomzuringsbakken, een rol speelt bij de bevordering van de opstijging van het vet, in dien zin, dat de wrijvingweerstand der vetbolletjes in het plasma wordt verminderd en de onmiddellijke omgeving der bolletjes minder visceus wordt door de verwarming bij de snelle kristallisatie van het vet.

Alleen het relatief groote oppervlak der vetbolletjes, waardoor de ontwikkelde warmte betrekkelijk snel zal afvloeien, is voor het ondersteld effect voor de oprooming natuurlijk niet bevorderlijk. In hoeverre de veronderstelling van FLEISCHMANN ²⁾, dat bij de oprooming bij lagere temperaturen de vetbolletjes door optredende stuwning in

1) Versl. van Landbk. onderz. der Rijkslandbouwproefst. XVI blz. 23.

2) FLEISCHMANN, Lehrbuch der Milchwirtschaft 1920, blz. 223.

zwermen zouden opstijgen, waarheid bevat, is ook in verband met de bedoelde warmteafvloeiing, zeer zeker de moeite waard om aan een nader onderzoek te onderwerpen

Zooals men zal zien, is aan deze kwestie dan ook de noodige aandacht geschonken.

De talrijke proeven over de oprooming onder zeer uiteenlopende omstandigheden, werden steeds op quantitative wijze en bij nauwkeurig bekende temperaturen uitgevoerd, omdat o.i. juist daaraan belofte bestond voor het verkrijgen van de noodige gegevens, daar de in de literatuur vermelde waarnemingen op dit gebied meestal op kwalitatieve wijze of althans niet onder scherp gedefinieerde en goed reproduceerbare omstandigheden zijn genomen en voor de kennis van het oproomproces dus slechts eene betrekkelijke waarde bezitten.

HOOFDSTUK II.

Invloed van de viscositeitsverandering der melk op den oproomgraad.

Werkwijze:

Om den oproomgraad, het getal dat aangeeft hoeveel gram vet per 100 gram aanvankelijk in de melk aanwezig vet in de roomlaag terecht komt, te kunnen bepalen, werd gebruik gemaakt van glazen oproomcylinders van ± 30 c.M lang en 4 c.M. wijd, die van onderen van een buisje met kraan waren voorzien en door eene opgeëtste verdeeling in 130 deelen waren verdeeld.

Voor elken cylinder werd door uitwegen met water bepaald met hoeveel c.c.'s de volumina tusschen de verschillende strepen overeenkwamen, en tevens totaal-inhoud en cylindergewicht vastgesteld. De aldus geijkte cylinders werden door middel van een metalen spiraalvormige slang, die zich in water van bepaalde temperatuur, waarbij ook zou worden opgeroomd, bevond, gevuld met melk van den gewenschten warmtegraad en na vulling direct in een thermostaat gebracht, die, wanneer zooals gewoonlijk bij een temperatuur beneden kamertemperatuur werd opgeroomd, voorzien was van een koudwater-thermoregulateur van Foote ¹⁾, waarmee de temperatuur op $0,1^\circ$ na constant kan worden gehouden. Op deze wijze werd een geheel bij constante temperatuur verlopende oprooming verkregen, wat bij de talloze in de literatuur te vinden oproomproeven slechts zelden het geval is en toch van veel belang moet geacht worden met het oog op het uitsluiten van storende warmtestroomingen, die het vergelijken van verschillende oproomproeven vrijwel onmogelijk maken.

De graad van nauwkeurigheid der beschreven methode werd bepaald door van dezelfde soort melk in verschillende cylinders

¹⁾ Versl. Landbk. Onderz. der Rijkslandbouwproefst. XVI pag. 28.

gelijktijdig den oproomgraad te bepalen. De werkwijze bij deze en de talrijke hierna te vermelden proeven was nu aldus:

De op de beschreven wijze gevulde en in den thermostaat geplaatste cylinders werden gedurende een tijd, die ongeveer de helft bedroeg van de in de praktijk gebruikelijke oproomtijden volgens het Friesche systeem, met rust gelaten. De melklaag toch, in de oproombakken der zuivelfabrieken gebruikt, bedraagt ongeveer het dubbele van de laag melk in onze oproomcylinders.

Na de oprooming werden de cylinders uit het bad genomen en de noodige gegevens voor de bepaling van den oproomgraad bepaald. Als minimum moet bepaald worden het gewicht en vetpercentage van de roomlaag en het s.g. en vetpercentage van de melk, waaruit het vetgehalte (aantal grammen vet) van de melk en van de roomlaag berekend kan worden en dus ook de oproomgraad.

Ter contrôle werd ook nog telkens de dikte van de roomlaag afgelezen en het volumen berekend, dat in getalwaarde slechts weinig van het roomgewicht mag verschillen.

Bovendien werd van de zoo goed mogelijk van de roomlaag gescheiden ondermelk het vetpercentage bepaald. Hiermee, en met het reeds bekende vetpercentage van de melk en de bekende melk- en roomgewichten, werd telkens de oproomgraad opnieuw berekend, waarbij dus het vetgehalte van den room geen rol speelt en dit vroeger bepaalde cijfer gecontroleerd wordt.

Als voorbeeld volgen hier eenige parallelbepalingen van den oproomgraad van gemengde melk, die na vóórwarmen op 40° en snel afkoelen op 9° gedurende 5 uur bij 9° werd te roomen gezet.

TABEL 1.

	Cyl. I.	Cyl. II.	Cyl. III.	Cyl. IV.
Melk S.G. bij 9°	1,0312	1,0312	1,0312	1,0312
„ volumen	330,1 c.c.	320,7 c.c.	300,4 c.c.	330,0 c.c.
„ gewicht (M)	340,4 gr.	330,8 gr.	309,7 gr.	340,2 gr.
„ vetpercentage (Vm)	3,27 pct.	3,27 pct.	3,27 pct.	3,27 pct.
„ vetgehalte	11,18 gr.	10,82 gr.	10,13 gr.	11,12 gr.
Roomlaag hoogte	20,5 str. ¹⁾	19,6 str.	19,2 str.	20,1 str.
„ vol.	49,1 c.c.	44,5 c.c.	43,0 c.c.	48,4 c.c.
„ gewicht (R)	47,9 gr.	45,5 gr.	42,1 gr.	46,8 gr.
„ vetpercentage (Vr)	16,7 pct.	16,3 pct.	16,5 pct.	16,3 pct.
„ vetgehalte	8,00 gr.	7,42 gr.	6,95 gr.	7,63 gr.
Oproomgraad = $100 \frac{R \text{ Vr.}}{M \cdot V_m}$	71,9	68,6	68,6	68,6
Ondermelk vetpercent. (Vo)	1,08 pct.	1,15 pct.	1,14 pct.	1,18 pct.
Oproomgraad hieruit: $100 - \frac{100 (M-R) Vo}{M \cdot V_m}$	71,6	69,7	69,9	68,9

¹⁾ 1 „streep“, eigenlijk de afstand van 2 strepen, bedraagt 2 m.M.

De afleiding van de eerste formule van den oproomgraad volgt uit de definities; de tweede formule kan aldus worden afgeleid:

M gr. melk bevat $\frac{M \cdot V_m}{100}$ gr. vet, de bijbehorende M—R gr. ondermelk bevat $\frac{(M-R)Vo}{100}$ gr., en de R gr. room dus $\frac{M \cdot V_m - (M-R)Vo}{100}$ gr. vet.

Daar de oproomgraad gevonden wordt door het quotient van het vetgehalte van den room en het vetgehalte van de melk met 100 te vermenigvuldigen, hebben we dus voor den oproomgraad:

$$100 \times \frac{M \cdot V_m - (M-R)Vo}{M \cdot V_m}.$$

$$\text{Dus oproomgraad} = 100 - \frac{100(M-R)Vo}{M \cdot V_m}.$$

De eerste bepaling in Cyl. I gaf een wat hooger oproomgraad dan de andere 3, die zeer mooi overeenstemmen. De contrôlebepalingen met behulp van het vetgehalte van de ondermelk geven over 't algemeen iets grootere waarden; de overeenstemming is echter zeer voldoende.

Een volgend drietal parallel-bepalingen van den oproomgraad, op gelijksoortige wijze met andere melk gedaan, gaf als uitkomst de getallen: 79,2, 78,1 en 77,9, terwijl de contrôlebepalingen met de ondermelk de getallen 78,9, 78,4 en 78,2 opleverden. Hier was de melk gedurende 5 uur bij 7° te roomen gezet. De oproomgraad kan dus op deze wijze zeker op een paar procent na nauwkeurig worden bepaald.

Om te laten zien, hoe zeer de oproomgraad bij de melk van afzonderlijke koeien, ook wanneer deze in dezelfde omstandigheden verkeeren, kan uiteenloopen, volgen hier de uitkomsten, verkregen bij 7 koeien behorende tot één groep, welke voor een voederproef werd gebruikt, en waarvan alle koeien op dezelfde wijze met hooi en lijnkoek werden gevoederd. De oprooming duurde 5 uur bij 9°; de melk was vóórgewarmd.

TABEL 2.

Koe.	S. G. melk 15°.	Vet. percentage melk.	Vet. percentage room.	Vet. percentage ondermelk.	Room- laag in m.M.	Oproom- graad $\frac{R \cdot V_r}{M \cdot V_m}$ 100	Oproomgraad $100 - \frac{100(M-R)Vo}{M \cdot V_m}$
1	1,0302	2,97	21,1	0,60	34	83	82
2	1,0304	3,34	21,9	1,10	31	72	71
3	1,0306	2,99	18,6	1,38	27	59	58
4	1,0308	3,04	21,8	2,00	16	33	38
5	1,0383	3,49	16,3	0,91	48	79	73
6	1,0303	3,58	21,3	0,90	36	77	78
7	1,0292	2,78	—	—	—	Geen roomlaag.	

Niet alleen loopen de cijfers voor den oproomgraad zeer uiteen, maar ook de aard van de roomlaag kan zeer verschillen; zoo zien we bij No. 5 en 6, die ongeveer denzelfden oproomgraad hebben, dat de vetpercentages der roomlagen daarbij vrij wat uiteenloopen; in de roomlaag van No. 6 zijn de vetbolletjes blijkbaar dichter opeen gelegen dan bij No. 5.

Daar het van belang kon zijn om gedurende eenige dagen oproomproeven te verrichten met gedeelten van ééNZelfde hoeveelheid melk, was het gewenscht te weten, in hoeverre de oproomgraad door de toevoeging van conserveeringsmiddelen zou worden beïnvloed.

Proeven daarvoor werden genomen met thymol, $K_2Cr_2O_7$ en H_2O_2 . Thymol, in eene hoeveelheid van 0,25 gr. per L. melk toegevoegd, gaf een nauwlijks merkbare verlaging van den oproomgraad, wanneer de melk met en zonder thymol op denzelfden dag werd vergeleken; daar de conserveerende kracht echter niet voldoende bleek om de melk bij gewone temperatuur voor zuurworden te behoeden, werden geen verdere proeven met thymol genomen.

Met $K_2Cr_2O_7$, in eene hoeveelheid van 350 mgr. per L. toegevoegd aan de melk, bleef deze in drie dagen onveranderd van uiterlijk; dit middel was echter onbruikbaar omdat de oproomgraad er sterk door verlaagd werd. Op denzelfden dag onderzocht, gaf de zuivere melk in 5 uur bij 5° een oproomgraad van 81, terwijl de bichromaat-melk slechts 65 opleverde, en na 3 dagen onder dezelfde omstandigheden onderzocht, zelfs slechts 62 als oproomgraad aanwees.

Met H_2O_2 werden betere uitkomsten verkregen. Als 20 c.c. van eene 3 pct. H_2O_2 -oplossing bij 1 L. melk werd gevoegd, was de zuurgraad van het bij kamertemperatuur bewaarde mengsel zelfs na 3 weken nog niet belangrijk veranderd. De oproomgraad van H_2O_2 -melk werd na 3 dagen bewaren echter iets kleiner gevonden dan van de verse melk, waarbij 20 c.c. water per L. was gevoegd, daar van de laatste de oproomgraad, op 2 wijzen bepaald, telkens 82 opleverde, terwijl dit cijfer bij de H_2O_2 -melk 80 bedroeg.

Geheel zonder bezwaar voor de bepaling van den oproomgraad zijn de onderzochte conserveeringsmiddelen dus niet; het beste is nog het waterstofsuperoxyd, hoewel bij het gebruik hiervan de omstandigheid, dat er water bij de melk wordt gevoegd, reeds op zich zelf eene wijziging brengt in den oproomgraad, wat ook minder wenschelijk is.

Bij de later te beschrijven proeven is dan ook geen gebruik gemaakt van conserveeringsmiddelen, doch steeds verse melk gebruikt. De vergelijkende proeven werden zooveel mogelijk te gelijk aangezet; een enkele maal werd ook wel de melk 24 uur in ijs bewaard.

Viscositeitsverandering.

Als een geschikte stof om in kleine hoeveelheid toegevoegd een aanzienlijke viscositeitsverhooging van de melk tot stand te brengen,

zonder dat het S. G. daardoor op noemenswaardige wijze verandert, wat ongewenscht zou zijn, werd tragacanth gekozen.

De viscositeiten van de melk met en zonder tragacanth werden vergeleken met behulp van een viscosimeter volgens OSTWALD ¹⁾; bij practisch gelijke soortelijke gewichten kan de verhouding der viscositeiten gelijk gesteld worden aan die der uitvloeitijden.

Bij een monster gemengde melk, in den oproomcylinder gebracht, werd 5 pct. van haar volume aan tragacanthoplossing gevoegd; deze oplossing was verkregen door 1 gr. tragacanth in 100 c.c. water op te lossen en warm door dubbel neteldoek te filtereren. Hiermee werd vergeleken een cylinder met dezelfde melk waaraan 5 pct. water was toegevoegd. Het S. G. van deze 2 melken was praktisch gelijk, daar de toevoeging van tragacanth slechts $\pm 0,5$ gr. per L. melk bedroeg. Wijziging van den oproomgraad door S. G.-verandering was dus uitgesloten. De oprooming had plaats bij 5°, gedurende 5 uur. Het resultaat was geheel anders dan verwacht werd. Niettegenstaande de viscositeiten van de tragacanthmelk en van de melk zich verhielden bij 5° als 142 : 100, had de oprooming in de visceuse tragacanthmelk een vlugger verloop, daar de oproomgraad 82 bedroeg tegen 74 van de melk zonder tragacanth. De verdere gegevens volgen hier; voor alle zekerheid waren de bepalingen in duplo verricht.

TABEL 3.

Oprooming 5 uur bij 5° na voorwarmen op 40°.	Melk met tragacanth- oplossing.		Melk met evenveel water.	
	Cyl. I.	Cyl. II.	Cyl. III.	Cyl. IV.
Melk + vloeistof S.G. 5°	1,0309	1,0309	1,0307	1,0307
" gewicht (M)	333,7 gr.	236,0 gr.	309,5 gr.	333,7 gr.
" vetpercentage (Vm)	2,75 pct.	2,75 pct.	2,75 pct.	2,75 pct.
" vetgehalte	9,18 gr.	9,24 gr.	8,51 gr.	9,31 gr.
Roomlaag hoogte	22,4 str.	22,2 str.	17,0 str.	16,9 str.
" volumen	52,9 c.c.	53,4 c.c.	38,2 c.c.	40,6 c.c.
" gewicht (R)	53,7 gr.	54,0 gr.	55,5 gr.	39,3 gr.
" vetpercentage (Vr)	13,9 pct.	14,1 pct.	17,7 pct.	17,6 pct.
" vetgehalte	7,46 gr.	7,60 gr.	8,27 gr.	6,92 gr.
Oproomgraad = $100 \frac{R \cdot Vr}{M \cdot Vm}$	81,3	82,3	73,7	74,3
Ondermelk vetpercentage (Vo)	0,59 pct.	0,57 pct.	0,80 pct.	0,82 pct.
Oproomgt. = $100 - \frac{100 (M-R) Vo}{M \cdot Vm}$	82	82,6	74,3	73,6
Uitvloeitijd bij 5°	258"		182"	

De overeenstemmingen van de bepalingen in duplo en ook tusschen de twee wijzen van bepaling van den oproomgraad is zeer bevredigend, zoodat aan de uitkomst, hoe onverwacht ook, niet getwijfeld behoeft te worden.

¹⁾ OSTWALD-LUTHER, Hand- und Hilfsbuch 1910 pag. 232.

Bovendien werd deze uitkomst bij de verdere onderzoekingen nog menigmaal bevestigd; een paar typische gevallen volgen hier nog, met weglating van de minder belangrijke cijfers.

De toegevoegde hoeveelheid tragacanth was dezelfde als bij de vorige proef.

TABEL 4.

Oprooming 5 uur bij 90 na vóórwarmen op 40°.	Melk van koe N°. 16.		Melk van koe N°. 28.	
	I met tragac. oplossing.	II met even- veel water.	III met tragac. oplossing.	IV met even- veel water.
Melk + toevoeging S.G. 90 . . .	1,0310	1,0310 ¹⁾	1,0296	1,0296
„ vetpercentage	2,78 pct.	2,78 pct.	3,20 pct.	3,20 pct.
„ vetgehalte	9,28 gr.	9,34 gr.	10,82 gr.	10,48 gr.
Roomlaaghoogte	17,7 str.	13,0 str.	14,9 str.	6,2 str.
„ vetpercentage	18,7 pct.	19,1 pct.	20,4 pct.	22,4 pct.
„ vetgehalte	7,33 gr.	5,85 gr.	7,14 gr.	3,29 gr.
Ondermelk vetpercentage . . .	0,49 pct.	1,12 pct.	1,18 pct.	2,30 pct.
Oproomgraad 100 $\frac{R. Vr}{M. Vm}$. . .	84,4	62,6	66,9	31,4
Oproomgr. 100 $\frac{100 (M-R) Vo}{M. Vm}$. . .	84,6	63,4	66,9	31,3
Uitvloeitijd der melk uit den viscosimeter bij 90	232"	177"	242"	187"

Het verschijnsel is dus zeer duidelijk; bij n°. 28 is de zeer lage oproomgraad van deze melk door de tragacanthtoevoeging, die niet meer dan 0,5 gr. per L. melk bedroeg, zelfs meer dan verdubbeld in waarde. Als een regelmatig verschijnsel heeft de tragacanthroom een lager vetgehalte dan de melk- en waterroom. De roomlaag is echter veel dikker.

Dit verschil in vetgehalte van de roomlaag kan soms zeer aanzienlijk worden, zooals gevonden werd bij een oproomproef met en zonder tragacanth (melk met $7\frac{1}{2}$ pct. van eene 1 pct. tragacanth-oplossing). De melk was afkomstig van een aantal nieuwmelksche koeien in de weide. De oprooming had plaats bij 90° en duurde 5 uur. De oproomgraad was bij de melk met $7\frac{1}{2}$ pct. water 72,9; er was een roomlaag gevormd van 28 m.M. met een vetgehalte van 20,0 pct. De tragacanthmelk had een oproomgraad van 87,7; de roomlaag was niet minder dan 52 m.M. dik, het vetgehalte bedroeg slechts 12,7 pct. Blijkbaar werden de vetbolletjes onder invloed van de tragacanth verhinderd zich zoo dicht aaneen te leggen als bij gewone melk.

¹⁾ Een verschil is bij de gevolgde lactodensimetriscche methode niet gevonden.

Het was gewenscht om na te gaan of de oproomgraad-verhoogende werking van tragacanth ook toekwam aan andere stoffen, wier viscositeits-verhoogende werking van dezelfde orde was, zoodat, evenals dit bij de tragacanthmelk het geval was, het s. g. der melk practisch niet doch de viscositeit aanzienlijk kon worden verhoogd door toevoeging van kleine hoeveelheden dier stoffen.

Na een uitvoerig viscosimetrisch onderzoek bleek, dat stoffen als gelatine, stijfsel, arabische gom en agar-agar voor dit doel minder geschikt waren, daar de met het oog op het S. G. toelaatbare hoeveelheden dier stoffen eene te geringe viscositeitsverhooging aan de melk bleken te geven. Beter in dit opzicht waren saleb, een lijnzaad-afkooksel en Iersch mos. Deze gaven in de hoeveelheden als waarin vroeger tragacanth werd toegevoegd, aan de melk een flinke viscositeitsverhooging. Later bleek dat het Iersch mos niet bruikbaar was, daar de melk er door ging schiften voordat er van oprooming sprake was.

Eerst werden eenige proeven genomen, waarbij naast elkaar de oprooming werd nagegaan van melk met 5 pct. tragacanthoplossing, melk met 5 pct. saleboplossing en melk met 5 pct. water. De saleboplossing van ± 1 pct. werd eerst door watertoevoeging op ongeveer dezelfde viscositeitsverhoogende kracht gebracht als de tragacanthoplossing. Het was interessant om te onderzoeken, of dan bij toevoeging van gelijke hoeveelheden dier oplossingen aan de melk, de oproomgraad evenveel verhoogd zou worden. Hier volgen 2 proeven met 2 verschillende soorten gemengde melk genomen.

TABEL 5.

Oprooming 5 uur bij 50 na vóórwarmen op 40°.	Gemengde oude en nieuwe melk. 1)			Gemengde oude melk.		
	Melk + tragac.	Melk + saleb.	Melk + water.	Melk + tragac.	Melk + saleb.	Melk + water.
Melk + toevoeg S.G. 5° . . .	1,0307	1,0308	1,0307	1,0307	1,0307	1,0306
„ vetpercentage	2,99 pct.	2,99 pct.	2,99 pct.	2,89 pct.	2,89 pct.	2,89 pct.
„ vetgehalte	9,98 gr.	10,05 gr.	9,83 gr.	9,64 gr.	9,71 gr.	9,75 gr.
Roomlaag hoogte	25,1 str.	23,0 str.	20,0 str.	22,8 str.	23,0 str.	18,1 str.
„ vetpercentage	14,5 pct.	15,8 pct.	17,6 pct.	14,6 pct.	14,3 pct.	16,4 pct.
„ vetgehalte	8,60 gr.	8,62 gr.	8,12 gr.	7,83 gr.	7,87 gr.	7,13 gr.
Ondermelk vetpercentage . . .	0,41 pct.	0,42 pct.	0,56 pct.	0,68 pct.	0,68 pct.	0,90 pct.
Oproomgraad = 100 $\frac{R.Vr}{M.Vm}$. . .	80,2	85,7	82,5	81,2	81,1	78,1
Oproomgr. 100 — $\frac{100 (M-R)}{M.Vm}$ Vo . . .	88,7	88,2	88,9	80,3	80,3	72,7
Uitvloeitijd melk bij 50° . . .	259"	253"	205"	247"	250"	201"

1) Door „oude” en „nieuwe” melk verstaat men melk van oud- en nieuwmelksch vee. Daar „oude” melk tot verwarring aanleiding kan geven, spreekt men wel van „oudmelksche melk” en in tegenstelling hierna van „nieuwmelksche melk”. Gemakshalve zullen we deze minder juiste, aan het spraakgebruik ontleende, uitdrukkingen ook nu en dan gebruiken.

Saleb blijkt dus, evenals tragacanth, eene toename van den oproomgraad te bewerken, en wel zóó, dat wanneer saleb en tragacanth eenzelfde viscositeitsverhooging der melk teweeg brengen, ook de verhooging van den oproomgraad gelijk is. Met een lijnzaadafkooksel als viscositeitsverhoogende stof werd dit nader onderzocht, de uitkomst is in de volgende tabel samengevat; ter vergelijking werden zoowel tragacanth- als salebmelk gebezigd.

De melk werd dus in elk van 3 cylinders voorzien met 5 pct. van het melkvolume eener oplossing van zóó weinig tragacanth, saleb of lijnzaadafkooksel, dat het S.G. praktisch gelijk bieef, doch de viscositeit bij allen evenveel verhoogd werd.

De verhooging van den oproomgraad door deze toevoegingen werd weer bepaald door vergelijking met een cylinder met melk, waaraan 5 pct. water was toegevoegd.

TABEL 6.

Oproomgraad 5 uur bij 50 na vóórwarmen.	Melk + tragacanth.	Melk + saleb.	Melk + lijnzaadafk.	Melk + water.
Melk + toevoeging S.G. bij 50 .	1,0307	1,0307	1,0307	1,0307
" " " vetpercentage .	3,05 pct.	3,05 pct.	3,05 pct.	3,05 pct.
" " " vetgehalte .	10,18 gr.	10,25 gr.	10,32 gr.	10,00 gr.
Roomlaag hoogte	22,6 str.	23,1 str.	30,0 str.	19,5 str.
" " " vetpercentage	15,8 pct.	15,2 pct.	11,8 pct.	16,7 pct.
" " " vetgehalte	8,47 gr.	8,59 gr.	8,55 gr.	7,52 gr.
Ondermelk vetpercentage . . .	0,60 pct.	0,58 pct.	0,70 pct.	0,85 pct.
Oproomgraad = Or ¹⁾	83,3	83,8	82,8	75,2
" " " = Oo ¹⁾	83,5	84,2	82,0	76,0
Uitvloeitijd melk bij 50	255"	254"	258"	201"
Idem van de ondermelk na de proef	234"	230 "	331"	190"

Dus ook lijnzaadafkooksel verhoogt den oproomgraad. Daar ook hier de verhooging bij alle 3 stoffen gelijk is, bij gelijke viscositeitsverhooging der melk, schijnt er bij deze slijmstoffen dus een zekere evenredigheid te bestaan tusschen de viscositeits- en de oproomgraadverhoogende werking, die zij op de melk uitoefenen.

Daar, niettegenstaande den grooten weerstand, die de vetbolletjes in de meer visceus gemaakte melk ondervinden, toch de oprooming zooveel sneller tot stand komt, moeten de gebezigde slijmstoffen wel een eigenschap gemeen hebben, die een belangrijke wijziging brengt in het oproomings-mechanisme en waarvan de aard tot nogtoe niet bekend is. Hierop zal bij het verdere onderzoek, dat in deze kwestie

¹⁾ Or = $100 \frac{B. Vr}{M. Vm}$ en Oo = $100 - \frac{100 (M. R) Vo}{M. Vm}$.

wel eenig licht heeft gebracht, nog uitvoerig worden teruggekomen.

Bij beschouwing van de laatste tabel is nog opvallend, de buitengewoon dikke roomlaag, welke zich in de lijnzaadmilk heeft gevormd en het zeer lage vetgehalte daarvan. Hier komt dus sterk uit, wat bij tragacanth- en salebmilk ook reeds was opgevallen, dat de roomlaag onder invloed van de slijmstoffen een lossere bouw krijgt dan in de milk zonder die stoffen het geval is. Het ligt dus voor de hand, in aanmerking genomen de zeer kleine hoeveelheid slijmstof in de milk aanwezig, om te denken aan de adsorptie dezer stoffen door de vetbolletjes, die daardoor in de roomlaag elkaar minder dicht zouden kunnen naderen.

Zooals vermeld, is de viscositeitsverhoogende werking van kleefstoffen als arabische gom, stijfsel en gelatine niet zoo aanzienlijk gebleken, dat minimale hoeveelheden, zooals bij de 3 gebruikte slijmstoffen, eene voldoende werking vertoonden. Toch was het wel wenschelijk om te weten, of aan deze stoffen, zij het dan ook in grootere concentratie, eveneens de eigenschap toekwam om de oprooming te bevorderen, of dat dit alleen eene eigenaardigheid was van de slijmstoffen. Inderdaad leerde een enkele proef, dat ook eene 5 pct. oplossing van arabische gom, stijfsel of gelatine in water, wanneer hiervan 5 pct. aan de milk werd toegevoegd, eene merkbare verhooging van den oproomgraad teweeg bracht.

Waar uit het voorgaande was gebleken, welk een belangrijke invloed door viscositeitswijzigingen van de milk op den oproomgraad kan worden uitgeoefend, was het niet van belang ontbloot, de uitwerking van eene viscositeitswijziging zonder toevoeging van aan de milk vreemde bestanddeelen eens na te gaan. Op de volgende wijze werd hiertoe een poging gedaan, waarbij gebruik werd gemaakt van het dikwijls aanzienlijke viscositeitsverschil dat er tusschen het melkplasma (vetvrije milk) afkomstig van nieuw- en dat van oudmelksch vee bestaat.

Uitgegaan werd van 2 gelijke hoeveelheden centrifugemilk, de eene afkomstig van nieuwmelksch, de andere van oudmelksch vee. De uitvloeitijden met den viscosimeter verkregen, waren bij 5° resp. 178" en 212", dus flink uiteenlopend.

Gelijke hoeveelheden der ondermelken werden elk met evenveel van denzelfden room met ± 60 pct. vet, verkregen uit andere gemengde milk, goed vermengd onder verwarming op 40°, zoodanig dat weer 2 soorten milk werden gevormd met evenveel (3,0 pct.) van hetzelfde vet, maar met verschillend melkplasma, met sterk uiteenlopende viscositeit.

Deze 2 soorten milk werden nu 5 uur bij 5° te roomen gezet om den oproomgraad te bepalen. Een klein bezwaar bij deze proef was, dat de soortelijke gewichten niet geheel gelijk waren, namelijk van de milk met „nieuwe" ondermilk 1,029 en van de andere 1,031 bij

15°; het was echter niet waarschijnlijk dat de invloed daarvan groote verschillen zou kunnen teweeg brengen,

Het resultaat was het volgende:

TABEL 7.

Oprooming 5 uur bij 50 na verwarmen.	Melk met „nieuwe” ondermelk.	Melk met „oude” ondermelk.
Melk S. G. bij 50	1,0307	1,0326
„ vetpercentage	3,05 pct.	3,00 pct.
„ vetgehalte	10,18 gr.	9,80 gr.
Roomlaag hoogte	10,5 str.	27,8 str.
„ vetpercentage	18,6 pct.	10,9 pct.
„ vetgehalte	4,61 gr.	6,74 gr.
Ondermelk vetpercentage	1,78 pct.	1,00 pct.
Oproomgraad = Or	45,3	72,5
„ = Oo	46,0	73,8
Uitvloeitijd der gebruikte ondermelk . .	173"	212"

Het resultaat was dus, dat de meest visceuse melk den hoogsten oproomgraad had. De roomlaag daarvan was, evenals bij de melk, waaraan lijnzaad-afkooksel was toegevoegd, buitengewoon dik, terwijl het vetgehalte van den room zeer laag was. De indruk wordt gewekt alsof in deze melk met „oude” ondermelk van nature een stof voorkomt, die in sommige eigenschappen groote overeenstemming vertoont met plantaardige slijmstoffen als tragacanth en dergelijke, en die voor den oproomgraad van groote beteekenis is. Verdere onderzoekingen zijn hierover nog niet ingesteld, doch wij stellen ons voor, met het oog op het belang, dat er voor de praktijk in gelegen kan zijn, de proefnemingen in deze richting op eenigszins grootere schaal voort te zetten, zoodra daar gelegenheid voor bestaat.

Ten slotte werden nog proeven gedaan, over den invloed der viscositeitsverhoogen van enkele andere stoffen, die niet tot de categorie der slijm- of gomstoffen behooren, op den oproomgraad.

In de eerste plaats werd daarvoor melksuiker gekozen. Uitgegaan werd van de opgedane ervaring, dat de gebruikte viscositeitsverhogende stoffen den oproomgraad evenveel verhoogden, wanneer zij in zulk eene hoeveelheid werden toegevoegd, dat de met melk gevormde mengsels een gelijke viscositeit verkregen. Daarvoor werden vergeleken eene hoeveelheid melk waarin 5 pct. melksuiker was opgelost en een hoeveelheid melk met zooveel tragacanth-oplossing, dat de viscositeit van het mengsel gelijk werd aan die van de melk met melksuiker. Om de onvermijdelijke invloed der watertoevoeging in beide gevallen gelijk te maken werd ook bij de melksuikermelk evenveel water toegevoegd. Naast deze twee hoeveelheden werd een hoeveelheid melk genomen, waaraan alleen evenveel water als bij de andere 2 werd

toegevoegd. Van deze 3 melkmengsels werd de oproomgraad bepaald en ook de uitvloeitijd bij oproomingstemperatuur in den viscosimeter. De verkregen cijfers waren de volgende:

TABEL 8.

Oprooming 5 uur bij 50 na vóórwarmen.	Gemengde melk, waarin:		
	5 pct melk- suiker. 2½ pct. water	2½ pct. trag. oplossing van 1 pct.	2½ pct. water.
Melk + toevoeging S. G. bij 50 . . .	1,0485	1,0305	1,0305
" " " vetpercentage . .	3,15 pct.	3,20 pct.	3,20 pct.
" " " vetgehalte. . . .	10,70 gr.	10,75 gr.	10,83 gr.
Roomlaag hoogte	18,1 str.	21,5 str.	19,6 str.
" vetpercentage	17,9 pct.	16,9 pct.	18,3 pct.
" vetgehalte	7,56 gr.	8,64 gr.	8,34 gr.
Ondermelk vetpercentage	0,98 pct.	0,69 pct.	0,85 pct.
Oproomgraad = Or.	70,7	80,4	77,0
" = Oo.	72,8	81,7	77,0
Uitvloeitijd bij 50.	233"	237"	208"

Ofschoon de uitvloeitijden niet geheel gelijk zijn bij de melksuikermelk en de tragacantmelk, zijn de viscositeiten dit practisch wel, daar het s. g. der 2 melken verschillend is en dus $\eta_M = \frac{1,0485}{1,0305} \times \frac{t_M}{t_T} \times \eta_T$, wanneer η_M en η_T resp. de viscositeiten en t_M en t_T resp. de uitvloeitijden der melksuiker- en der tragacantmelk voorstellen, zoodat $\eta_M = \frac{1,0485}{1,0305} \times \frac{233}{237} \times \eta_T = 1,0003 \times \eta_T$.

Niettegenstaande het feit, dat de viscositeiten der 2 melken gelijk zijn, en het s. g. der melksuikermelk hooger is dan dat der tragacanthmelk, waardoor de oprooming van de eerste tenopzichte van die der tweede in het voordeel is, blijkt toch de oproomgraad van de melksuikermelk aanzienlijk kleiner te zijn dan die van de tragacanthmelk.

We kunnen dus wel aannemen, dat melksuiker niet behoort tot de viscositeitsverhoogende stoffen, welke tevens de eigenschap hebben de oprooming te verhoogen, zooals tragacanth en arabische gom; ook de eigenschap van deze stoffen om een roomlaag van zeer laag vetgehalte te doen ontstaan, blijkt aan melksuiker niet toe te komen, hoewel de hoeveelheid aan de melk toegevoegd ongeveer het 10-voudige bedraagt van de vroegere hoeveelheden gebezigd tragacanth.

Ten opzichte van de gelijktijdig opgeroomde melk met 2½ pct.

water kan slechts opgemerkt worden, dat de grootere viscositeit van de melksuikermelk, waarbij nu, bij het ontbreken van een specifiek oprooming-bevorderenden invloed, de belemmerende werking op de beweging der vetbolletjes tot uiting schijnt te komen, sterker blijkt te zijn dan de invloed, welke toch altijd in zekere mate moet toekomen aan het grootere S.G. dat we bij de melksuikermelk in vergelijking met de melk met water aantreffen, en dat een snellere opstijging van het vet bij de eerste moet in de hand werken.

In de tweede plaats werd de invloed nagegaan, welchen de toevoeging van natriumcitraat aan melk op de oprooming uitoefent, in verband met de vrij aanzienlijke viscositeitsverhooging, welke daarmee gepaard gaat en waarschijnlijk moet worden toegeschreven aan den bekenden dispergeerenden invloed, dien natriumcitraat op de eiwitverbindingen der melk uitoefent, waarbij calciumcaseïnaat in natriumcaseïnaat wordt omgezet.

Daar de uitwerking op den oproomgraad nog onbekend was, werden 3 hoeveelheden van elk 960 c.c. melk met opklimmende hoeveelheden natriumcitraat, in 40 c.c. water opgelost, voorzien en hiermee 3 cylindervormen gevuld. Tegelijk daarmee werd een cylinder met melk, met 40 c.c. water per L., te rooien gezet. Het resultaat was als volgt:

TABEL 9.

Oprooming 5 uur bij 90 na vóórwarmen op 400.	0,75 gr. citraat + 960 c.c. melk + 40 c.c. water.	1 gr. citraat + 960 c.c. melk + 40 c.c. water.	1,25 gr. citraat + 960 c.c. melk + 40 c.c. water.	Geen citraat 960 c.c. melk 40 c.c. water.
Melk + toevoeging S.G. 90 . .	1,0307	1,0307	1,0310	1,0302
" " " vetpercentage . . .	2,10 pct.	2,15 pct.	2,16 pct.	2,12 pct.
" " " vetgehalte . . .	7,08 gr.	6,95 gr.	7,08 gr.	7,07 gr.
Roomlaag hoogte	12,5 str.	12,2 str.	12,0 str.	14,2 str.
" vetpercentage	16,1 pct.	15,9 pct.	15,7 pct.	16,5 pct.
" vetgehalte	4,84 gr.	4,45 gr.	4,29 gr.	5,45 gr.
Ondermelk vetpercentage . . .	0,78 pct.	0,87 pct.	0,91 pct.	0,58 pct.
Oproomgraad = Or	68,5	64,0	60,6	77,1
" = Oo	66,2	63,1	61,4	75,4
Uitvloeitijd viscosimeter bij 90 .	185"	189"	195"	177"

Evenals bij melksuiker geeft ook de citraattoevoeging geen verhooging, doch eene verlaging van den oproomgraad. De verschillen in S.G. die tusschen de citraatmelken en de watermelk bestaan, zijn zeer onbelangrijk, zoodat we den invloed daarvan wel zullen kunnen verwaarloozen, te meer waar de vorige proef met melksuiker niet

den indruk achter liet, dat het S.G. voor den oproomgraad van overwegenden invloed zou zijn.

De kleine verschillen in S.G. maken ook, dat we voor de vergelijking der viscositeiten direct de uitvloeitijden kunnen gebruiken, waaruit we zien dat geringe hoeveelheden citraat de viscositeit vrij aanzienlijk verhoogden.

Evenmin als bij melksuiker, kunnen we dus bij natriumcitraat de eigenschap terugvinden, welke we bij de slijm- en gomstoffen hebben aangetroffen; het ontbreken daarvan laat blijkbaar ook weer toe, dat de belemmerende invloed op de beweging der vetbolletjes door de verhoogde viscositeit hier in de oproomcijfers tot uitdrukking komt.

Op deze wijze wordt het duidelijk, dat de paradox, welke ten opzichte van viscositeit en oproomgraad werd aangetroffen, geen algemeene eigenschap is, doch slechts in bijzondere gevallen ¹⁾ geldt, waar aan de toegevoegde stoffen een specifieke, in haar mechanisme nog onverklaarde, werking moet worden toegeschreven, welke eene verhooging van den oproomgraad ten gevolge heeft.

In een later hoofdstuk zal blijken, dat het ons gelukt is, de gevonden eigenschap onder een algemeen gezichtspunt terug te brengen, waardoor het verschijnsel, hoewel de diepere oorzaak ervan tenslotte nog niet werd gevonden, in elk geval minder raadselachtig werd gemaakt.

HOOFDSTUK III.

Invloed van de grootte der vetbolletjes op de oprooming.

Daar de grootte der vetbolletjes in normale koemelk zeer uiteenloopt, (FLEISCHMANN geeft op, dat 0,1 μ en 22 μ voor de middellijn als de uiterste grenzen worden beschouwd), ligt het voor de hand daaraan zekeren invloed toe te kennen, die in den oproomgraad tot uiting zal kunnen komen. Ook is het bekend, dat melk van nieuwmelksch vee over 't algemeen meer groote vetbolletjes bevat dan de melk van oudmelksche koeien en men schrijft dan ook de over 't algemeen betere oprooming der eerstgenoemde melk althans voor een deel toe aan dat meerdere gehalte aan groote vetbolletjes. Het is echter de vraag, of het genoemde verschil inderdaad groot genoeg is om een eenigszins belangrijken invloed op de oprooming aannemelijk te maken. Wanneer de invloed van het veelvuldig voorkomen der grootere bolletjes inderdaad als belangrijk kan worden beschouwd, dan moet men ook omgekeerd kunnen verwachten, dat bij het onderzoek van een aantal soorten melk van nieuw- en oudmelksch vee en van melk met zeer uiteenlopenden oproomgraad, over het algemeen de groote vetbolletjes het meest zullen gevonden worden bij de nieuwe melk en de melksoorten met de hoogste

¹⁾ Hiertoe behoort waarschijnlijk ook het in de praktijk der zuivelbereiding in Noord-Holland bekende verschijnsel, dat de zoogenoemde „lange wei” sneller oproomt dan de gewone wei.

oproomgraden, hoewel er natuurlijk uitzonderingen door andere invloeden zullen voorkomen. Daar ons hierover een eenigszins uitvoerig onderzoek niet bekend was, en de aan het Rijkslandbouwproefstation verbonden Proefzuivelboerderij ons een voldoende hoeveelheid monsters melk van uiteenlopenden oproomgraad kon verschaffen, hebben we over deze kwestie een onderzoek ingesteld. We hebben daarbij op twee wijzen getracht ons doel te bereiken, 1e. door bepaling van het gemiddelde volume der vetbolletjes door telling van hun aantal in een nauwkeurig bekend volume melk en 2e door bepaling der frequentie der vetbolletjes van bepaalde grootte, waarbij de vetbolletjes naar hun diameter in een tiental groepen werden ingedeeld.

1°. Bepaling van het gemiddelde volumen der vetbolletjes.

Hierbij werd gebruik gemaakt van een microscoop en het telapparaat voor bloedlichaampjes volgens THOMA. Een gedeelte van den bodem van het telkamertje is in 16×16 vierkantjes verdeeld, wier zijden $\frac{1}{20}$ m.M. lang zijn. De afstand van den bodem tot het bovenvlak van het kamertje, dat door het dekglas wordt gevormd, is 0,1 m.M., zoodat boven ieder vakje zich een ruimte van $\frac{1}{4000}$ m.M³. bevindt. De te onderzoeken melk werd 100 à 200 maal met water verdund. Geteld werden de vetbolletjes in 64 vakjes, regelmatig over het geheele bodemoppervlak verdeeld.

Daar de vetbolletjes, in tegenstelling met de bloedlichaampjes, waarvoor het apparaat eigenlijk bestemd is, spoedig naar boven stijgen en zich tegen het dekglas afzetten, was het eenigszins moeilijk, vooral bij wat sterkere vergrotingen, om de verdeling van den bodem tegelijk met de vetbolletjes voldoende scherp te kunnen waarnemen; daarom werd het bij het apparaat behorende dekglas vervangen door een ander, waarop een zelfde vierkantverdeling was aangebracht, als op den bodem van het telapparaat.

Het microscoop werd nu op die verdeling scherp ingesteld en wanneer eenigen tijd na het maken van een praeparaat de vetbolletjes voldoende waren opgestegen, kon de telling zeer gemakkelijk plaats hebben. Van de onderste verdeling werd daarbij geen last ondervonden, wanneer een vrij sterke vergroting, bijv. Obj D, Ocul. 4 (Zeiss) werd gebruikt.

Om zekerheid te hebben, dat het oplossend vermogen van het microscoop toereikend was voor de waarneming van alle, ook de allerkleinste vetbolletjes, werden 2 vergelijkende tellingen van dezelfde vakjes bij hetzelfde praeparaat verricht, in het eene geval met gebruikmaking van een paraboloïd-condensor, in het andere met gewone verlichting. De telling met paraboloïd-condensor leverde geen hoger resultaat op, zoodat voor niet waarnemen van vetbolletjes geen vrees behoefde te bestaan.

De uitvoering der bepalingen moge door het volgende voorbeeld worden geïllustreerd.

Gemengde weidemelk van een groep van 8 oudmelksche koeien werd 100 maal met water verdund en, na zorgvuldige menging een druppel daarvan in de telkamer gebracht. In 64 verspreid liggende vakjes werden 581 vetbolletjes geteld. Bij een tweede portie van de melk, ook 100 maal verdund, werd gevonden 545 bolletjes in 64 vakjes en in een derde praeparaat 580 vetbolletjes, dus gemiddeld 569 of per vakje 8.89. Per m.M³. bevat de melk dus $4 \times 10^5 \times 8.89 = 3.56 \times 10^6$ bolletjes; 1 m.M³. van de melk bevat bij een geconstateerd vetgehalte van 2.76 pct. dus:

$$\frac{1,03 \times 2,76}{100} = 284 \times 10^{-4} \text{ mgr. vet,}$$

zoodat één vetbolletje weegt: $\frac{284 \times 10^{-4}}{3,56 \times 10^{-6}} = 79,8 \times 10^{-10}$ mgr. en bij een S.G. van 0,92 is de inhoud van een vetbolletje dus 87×10^{-13} cc. of $8,7 \mu^3$, wat beantwoordt aan een gemiddelden diameter van $2,56 \mu$.

Op deze wijze werd ook de melk van eenige koeien afzonderlijk onderzocht, waarvan tevens de oproomgraad werd bepaald. Het resultaat is in het volgende staatje vereenigd:

TABEL 10.

Aard van de melk.	Oproomgraad (5 uur bij 90°).	Gemiddeld volumen per vetbolletje in μ^3 .
Melk van 7 nieuwmelksche koeien. . .	± 70	9,5
Idem (een week later) . . .	"	8,4
Melk van 8 oudmelksche koeien. . .	—	7,4
Idem (een week later) . . .	—	8,7
Melk van koe No. 6 (nieuwmelksch) .	86	7,6
" " " " 28 (oudmelksch) . .	44	8,8
" " " " 6 (10 dagen later) .	69	8,8
" " " " 28 (10 " ") .	42	8,6
" " " " 4 (oudmelksch) . .	81	6,0
" " " " 33 (" ") . .	32	6,2

Het resultaat is, dat uit de cijfers nog geenerlei aanwijzing kan afgeleid worden, dat melk met een hoogen oproomgraad of nieuwmelksche melk over 't algemeen de grootste vetbolletjes zou hebben. De verschillen zijn inderdaad van weinig beteekenis en kleiner dan verwacht kon worden. Het gemiddelde der gevonden waarden is $8,0 \mu^3$ en stemt vrij goed overeen met het cijfer $9,0 \mu^3$, dat

FLEISCHMANN ¹⁾ als de door E. GUTZEIT ²⁾ gevonden gemiddelde grootte der vetbolletjes van melk, afkomstig van Nederlandsch vee, opgeeft.

Om eenig idee te krijgen van de verdeeling der grootere en kleinere vetbolletjes in den room en in de ondermelk werd de volgende proef genomen.

Gemengde melk van 8 oudmelksche koeien werd na verwarming op 40° gedurende 16 uur in ijs te roomen gezet. Er werden toen daaruit 2 melken samengesteld.

A. De scheproom werd zoodanig met de centrifugemelk, uit de ondermelk verkregen, gemengd, dat melk met ± 3 pct. vet werd verkregen.

B. De centrifugeroom, uit de ondermelk verkregen, werd zoodanig met de centrifugemelk daarvan gemengd, dat eveneens melk met ± 3 pct. vet werd gevormd.

Het is duidelijk, dat melk A veel meer groote vetbolletjes moet bevatten, dan B en het is nu wel interessant om te weten hoe het cijfer voor het gemiddelde volumen der vetbolletjes er bij beiden uit zou zien.

De telling in de Thoma'sche kamer gaf voor dit cijfer voor A 9,0 μ^3 en voor B 4,2 μ^3 .

Ook hier is dus, (de wijze, waarop de 2 melken samengesteld zijn, in aanmerking genomen) het verschil in gemiddelde grootte kleiner dan men zou vermoeden. Het doet de vraag rijzen, of wel het aantal vetbolletjes, van eenigszins belangrijk grootere dan gemiddelde afmeting, zoodanig is, dat dit voor de oprooming van veel belang kan zijn. Om hierin meer inzicht te verkrijgen diende het volgende onderzoek naar de frequentie der vetbolletjes, waardoor bij allerlei soorten melk een volledig overzicht werd verkregen over de verhouding, waarin de verschillende groepen der vetbolletjes, naar de grootte gerangschikt, in die melksoorten voorkomen.

2°. Bepaling der frequentie der vetbolletjes in melk naar hun diameter.

Er bestaat een indirecte methode voor de bepaling der frequentie der grootte van kleine deeltjes in emulsies, die door SVEDBERG en ESTRUP ³⁾ is uitgewerkt, waarbij de bewegingsnelheid der deeltjes onder invloed van de zwaartekracht wordt gemeten en verder de

formule $R = \sqrt{\frac{9 \eta}{2 \Delta \cdot g}} \cdot V$, afgeleid uit de wet van STOKES,

¹⁾ FLEISCHMANN, Lehrbuch 6e Aufl. S. 75.

²⁾ GUTZEIT, Landw. Jahrb. 24 S. 539.

³⁾ Kolloid-Zeitschrift Bd. IX 1911 S. 259.

wordt toegepast, waarin R de straal der bolvormige deeltjes, η de viscositeit der vloeistof, Δ het verschil in S.G. der disperse en der continue phase, g de versnelling der zwaartekracht en V de snelheid der deeltjes voorstelt. Daar $\sqrt{\frac{9}{2} \frac{\eta}{\Delta \cdot g}}$ voor één

bepaalde emulsie een constante is, kunnen we de formule eenvoudig voorstellen door $R = K \sqrt{v}$ en heeft men, om de frequentie der bij de verschillende gemeten snelheden V passende stralen der bolletjes te vinden, geen andere grootheden te bepalen.

Deze methode werd nu door ons toegepast op melk, die in een dergelijk kamertje als van het apparaat van THOMA in de horizontaal opgestelde microscoop werd onderzocht.

De stijgsnelheid werd, na verdunning van de melk met het 250—500 voudige vol. water, van een groot aantal (bijv. 100) vetbolletjes gemeten met behulp van een oculairmicrometer; het aantal sec. noodig om 25 schaaldeelen van den micrometer (waarvan de waarde in μ 's bekend was) te doorloopen werd telkens gemeten en daaruit de factor $10^4 \cdot \sqrt{v}$ bepaald, waaraan de diameter der bolletjes voor één bepaalde melk evenredig is.

Voor een melkmonster werd aldus gevonden, dat van 100 gemeten vetbolletjes er 3 waren met een waarde voor $10^4 \cdot \sqrt{v}$ kleiner dan 30; 4 met een waarde $10^4 \cdot \sqrt{v}$ tusschen 30—40 enz. hetgeen in een tabel hieronder nader is aangetoond, waarvan de 4de kolom eerst buiten beschouwing kan blijven.

TABEL 11.

Aantal gemeten vetbolletjes.	$10^4 \sqrt{v}$ in cm/sec.	Frequentie.	Diam. = $2R =$ $2 \sqrt{\frac{9}{2} \frac{\eta}{\Delta \cdot g} v}$ gemiddeld in μ 's.
8	< 30	0,03	
4	30—40	0,04	1,3
14	40—50	0,14	2,3
14	50—60	0,14	2,9
27	60—70	0,27	3,4
22	70—80	0,22	3,9
7	80—90	0,07	4,4
5	90—100	0,05	4,9
3	100—110	0,03	5,4
1	110—120	0,01	6,0

Vergelijken we deze cijfers met die welke door SVEDBERG en ESTRUP voor 2 melken gevonden zijn, dan valt het op, dat hun waarden

voor $10^4 \sqrt{v}$ ongeveer 10 maal zoo groot zijn als de onze. Daarom werden uit de verkregen cijfers voor $10^4 \sqrt{v}$ met behulp van de formule $2R = 2 \sqrt[3]{\frac{\eta}{\Delta \cdot g} v}$ voor de meest frequent voorkomende

bolletjes, in onze melk dus met een factor $10^4 \sqrt{v}$ van 60 à 70, de diameter berekend; voor de η werd 0,011 voor Δ 0,075 aangenomen; de diameter wordt dan $2R = 51,8 \times 10^3 \sqrt{v} = 3,11$ à $3,63 \mu$, of gemiddeld $3,4 \mu$ voor de meest voorkomende bolletjes, dus van dezelfde orde als de getallen $2,6 \mu$ of 3μ , zooals door GUTZIT¹⁾ en FLEISCHMANN¹⁾ voor de gemiddelde grootte van een vetbolletje worden aangegeven.

Berekenen we voor de vetbolletjes met de grootste frequentie, van een dezer melken door SVEDBURG en ESTRUP onderzocht, den diameter, dus b.v. voor bolletjes met een door hen gevonden waarde van 900 voor $10^4 \sqrt{v}$, dan vinden we, met dezelfde formule en dezelfde waarden voor η en Δ , voor den diameter 47μ , een zeer onwaarschijnlijke waarde. Er zal dus wel een vergissing in hun cijfers moeten voorkomen.

Voor de volledigheid is in de laatstgenoemde tabel de diameter, voor de verschillende groepen van bolletjes uit de formule bepaald, in de 4de kolom aangegeven; men kan dan tevens zien, dat in de door ons onderzochte mengmelk bolletjes met een berekenden diameter grooter dan 6μ haast niet voorkomen.

Op deze wijze zou men nu van een aantal melkmonsters met zeer uiteenlopenden oproomgraad de frequentie der vetbolletjes naar hun grootte kunnen bepalen.

Toch werd van een uitgebreid onderzoek op deze wijze afgezien en wel om de volgende reden:

Bij het meten van de snelheid, waarmede de vetbolletjes zich in de microscoop over de verdeling van den oculairmicrometer naar beneden bewogen, was het tevens mogelijk den diameter van een groot aantal vetbolletjes vrij nauwkeurig vast te stellen, door na de snelheidsmeting het bolletje met behulp van een verplaatsbare objecttafel weer boven in het gezichtsveld terug te brengen, waarna door draaiing van het oculair over 90° , de micrometerschaal horizontaal werd geplaatst en nu gezorgd werd, dat het bolletje zich zóó langs en evenwijdig aan de verticale strepen van den micrometer bewoog, dat zijn middellijn kon worden bepaald. Deze metingen konden als controle dienen van de snelheidsbepalingen in dien zin, dat de bolletjes met $\pm$ denzelfden (direct gemeten) diameter ook vrij wel dezelfde stijgsnelheid moesten hebben. Dit is nu gebleken lang niet het geval te zijn, de waarden voor de snelheden van even groote

¹⁾ FLEISCHMANN, Lehrbuch 6e Aufl. S. 75 en 74.

bolletjes liepen zeer uiteen, soms, bij 2 vrij kort na elkaar gemeten bolletjes, in het ééne geval het dubbele van het andere. De oorzaak daarvan moet waarschijnlijk aan warmtestroomingen in de melk worden toegeschreven, daar bij eene opzettelijke zeer zwakke verwarming van den achterkant van het praeparaat, de onregelmatigheid sterk toenam. Allerlei middelen, zooals een waterscherp voor de lichtbron of een objecttafeltje met doorstroomend water van constante temperatuur, bleken niet in staat de geconstateerde verschillen voldoende op te heffen. In elk geval zou het aantal waarnemingen zeer sterk moeten worden uitgebreid om tot een betrouwbaar resultaat te kunnen komen, wat een zeer tijdroovende bezigheid worden zou. Van de enkele monsters melk, die op deze wijze werden onderzocht, weerspiegelde zich de genoemde onregelmatigheid ook in de frequentiekrommen, die nog wel ongeveer zijn te construeeren, doch waarmee dan verschillende waarnemingspunten niet voldoende blijken samen te vallen.¹⁾

Het kwam ons daarom beter voor een anderen, korteren weg in te slaan, die vrij zeker tot het doel zou leiden, namelijk door directe meting onder het verticaal geplaatste microscoop.

Voor de directe meting der vetbolletjes werd een sterke vergrooting gebruikt, namelijk als objectief: de waterimmersie 10 (LEITZ) en als oculair No. 3, met micrometer. Vastgesteld werd, dat de afstand tusschen 2 streepjes hiervan overeenkwam met $1,52 \mu$; tiende gedeelten van dien afstand werden zoo noodig geschat. De te onderzoeken melk werd 100 maal verdund met een warme $1\frac{1}{2}$ pct.-ige gelatine-oplossing,²⁾ waaraan 1 pct. phenol was toegevoegd en in een glaskamertje gebracht van $\pm 0,2$ m.M. dikte; de afsluiting geschiedde met vaseline. Wanneer de praeparaten eenigen tijd in een stoof op 30° à 40° werden verwarmd, waren de bolletjes spoedig voldoende naar het dekglas opgestegen. Op het dekglas was geen verdeling aangebracht. Door langzame verschuiving van de in twee onderling loodrechte richtingen met micrometerschroeven verplaatsbare objecttafel werden een groot aantal bolletjes gemeten, die achtereenvolgens in het gezichtsveld verschenen, waarbij, om alle onwillekeurige bevoorrechtiging van kleine of groote bolletjes uit te sluiten, stelselmatig alleen al de bolletjes werden gemeten, welke met de schaalverdeling in aanraking kwamen. De bolletjes werden naar hun grootte verdeeld in groepen, elke groep had $0,5$ streep of $0,76 \mu$ grooter diameter dan de voorgaande, meestal werden een tiental groepen gevormd. Dan werd bepaald hoeveel bolletjes tot elke groep behoorden en als frequentie berekend het honderdste deel van het getal, dat aangaf hoeveel per 100 gemeten bolletjes in zoo'n groep waren gerangschikt.

¹⁾ Later gelukte het nog de methode aanzienlijk te verbeteren (zie Hoofdstuk VII).

²⁾ Om de voor de metingen hinderlijke Brown'sche beweging der vetbolletjes op te heffen.

Om uit te maken wat het maximum aantal bolletjes was, dat gemeten moest worden om een betrouwbare uitkomst te verkrijgen, werden van een gemengde melk eerst 200 bolletjes gemeten, de frequenties bepaald en hiermee een frequentiekromme geconstrueerd; dit werd eveneens gedaan voor 600 en voor 800 bolletjes. Hoe grooter het aantal bolletjes werd genomen, des te beter de frequentiekromme zich bij al de punten, voor elke groep bepaald door diameter en frequentie, aansloten. Het bleek, dat een meting van 600 bolletjes voor elke kromme een voldoende aansluiting gaf. Om een voorbeeld te geven worden hier de resultaten medegedeeld van een frequentiebepaling van de grootte der bolletjes van gemengde weidemelk van het vee der proefzuivelboerderij. De melk werd 100 maal verdund met phenolhoudende gelatine-oplossing, en verder op de boven beschreven wijze onderzocht.

In het geheel werden hier 800 vetbolletjes gemeten. In de tabel wordt met „streepje” bedoeld de afstand tusschen tweeschaaldeelen van den oculairmicrometer, elk „streepje” overeenkomend met $1,52 \mu$.

TABEL 12.

Diameter der vetbolletjes in „streepjes”.	Gemiddelde diameter in „streepjes”.	Gemiddelde diameter in μ 's.	Aantal in elke groep.	Frequentie van elke groep.
0,0—0,5	0,25	0,38	51	0,064
0,5—1,0	0,75	1,14	170	0,213
1,0—1,5	1,25	1,90	267	0,334
1,5—2,0	1,75	2,66	142	0,177
2,0—2,5	2,25	3,42	103	0,129
2,5—3,0	2,75	4,18	40	0,050
3,0—3,5	3,25	4,94	18	0,022
3,5—4,0	3,75	5,70	5	0,006
4,0—4,5	4,25	6,46	4	0,005

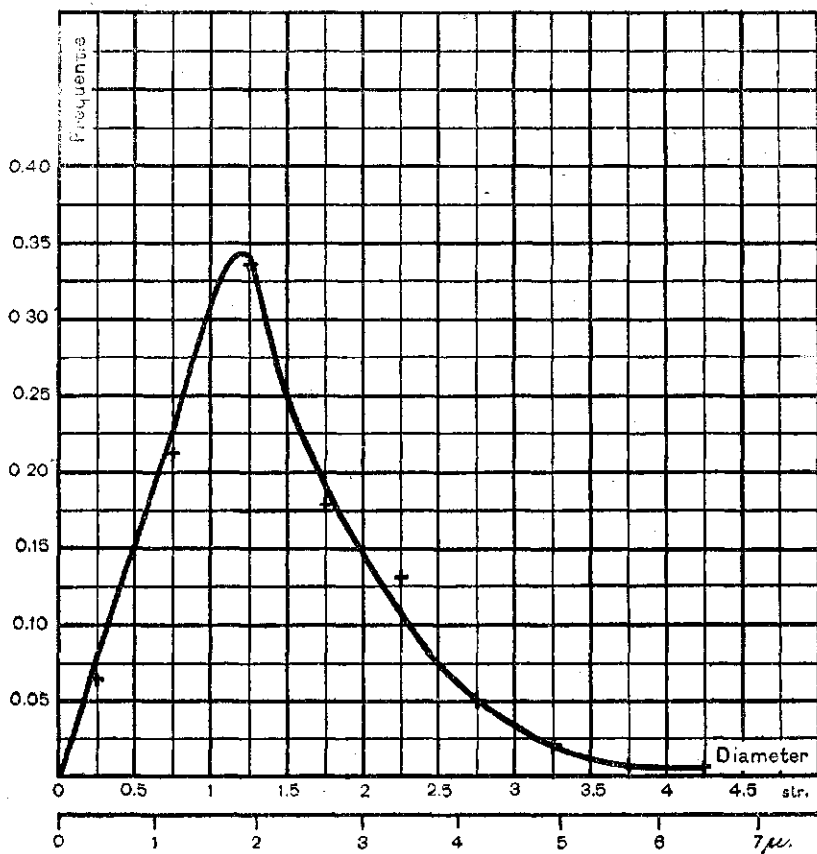


FIG. 1. — Gemengde melk.

De getallen van de 2e en de 5e kolom werden voor de constructie van bijgaande frequentiekromme No. 1 gebruikt. Men ziet, dat het mogelijk is een vloeiende kromme te construeeren, die dicht langs alle punten gaat. De kromme is niet geheel symmetrisch, een gevolg van de omstandigheid, dat bij de kleinere vetbolletjes de frequenties zeer snel stijgen met toenemenden diameter, doch dat bij de grootere en allergrootste vetbolletjes de frequenties niet zoo snel afnemen als ze bij de kleine stegen.

De grootste frequentie hebben die bolletjes, wier diameter kleiner is dan het gemiddelde van alle voorkomende diameters; bolletjes van ongeveer $2\ \mu$ komen bij deze mengmelk het meest voor, die van $6\ \mu$ en hooger zijn reeds vrij schaarsch.

Deze methode werd nu toegepast op een groot aantal melken van afzonderlijke koeien, tegelijk werd ook de oproomgraad bepaald. Vergelijken we nu met behulp van deze gegevens eens de uitkomsten voor frequentie en oproomgraad bij eenige nieuwmelksche met die

welke bij eenige oudmelksche koeien werden verkregen, dan krijgen we het volgende overzicht.

De melken zijn opzettelijk met uiteenlopenden oproomgraad gekozen.

TABEL 13.

Aantal der gemeten vetbolletjes = 600,		Nieuwmelksche melk.			Oudmelksche melk.		
		Koe No. 8. Oproom- graad 22.	Koe No. 3. Oproom- graad 62.	Koe No. 14. Oproom- graad 68.	Koe 8. Oproom- graad 35.	No. 10. Oproom- graad 51.	No. 19. Oproom- graad 75.
Diameter in „strepën”.	Gemiddelde diameter in μ 's.	Frequentiecijfer $\times 10^3$.			Frequentiecijfer $\times 10^3$.		
0,0—0,5	0,4	53	50	40	74	50	66
0,5—1,0	1,1	189	247	206	259	122	198
1,0—1,5	1,9	287	253	265	338	395	333
1,5—2,0	2,7	185	132	202	159	224	179
2,0—2,5	3,4	143	125	145	110	158	115
2,5—3,0	4,2	77	82	98	39	35	62
3,0—3,5	4,9	48	52	42	19	18	28
3,5—4,0	5,7	15	33	7	2	3	11
4,0—4,5	6,5	8	18	5	0	0	8
4,5—5,0	7,2	0	5	0	0	0	0
5,0—5,5	8,0	0	3	0	0	0	0
2,5—5,5	4,2—8	143	193	152	60	51	109

De frequentiecijfers zijn bij de nieuwmelksche melk doorgaans hooger dan bij de oudmelksche voor zoover het de grootere vetbolletjes boven 4μ betreft; dit geldt voor alle groepen met grootere bolletjes uitgezonderd alleen voor N^o. 14, waar de groepen met gemiddeld 5,7 en $6,5\mu$ iets kleiner frequentie hebben, dan de overeenkomstige van N^o. 19. De allerkleinste bolletjes komen juist bij de „nieuwe” melk het minst voor, terwijl daar de groepen van gemiddelde grootte, waartoe b.v. de bollen met een diameter van van 2 tot 4μ behooren, nu eens kleiner dan weer grooter frequentie hebben, dan bij de overeenkomstige groep van de „oude” melk. Bij alle 6 monsters hebben de bolletjes van $\pm 2\mu$ de grootste frequentie.

Nog overzichtelijker wordt dit, wanneer we de gemiddelde frequenties berekenen, door van de eerste groep de 3 cijfers der 3 monsters op te tellen en door 3 te deelen. Doen we dit ook voor de oudmelksche melk, dan krijgen we 2 frequentie-rijen voor een gemengde nieuwmelksche- en een gemengde oudmelksche melk, die meer onafhankelijk zijn van toevallige afwijkingen, zooals bij N^o. 14 b.v. voorkwamen.

Wanneer we met deze cijfers de frequentiekrommen construeeren, dan kunnen we duidelijk het verschillend karakter der 2 melksoorten, wat betreft de frequentie der vetbolletjes, onderscheiden, zooals uit de bijgaande graphische voorstellingen 2 en 3 blijkt.

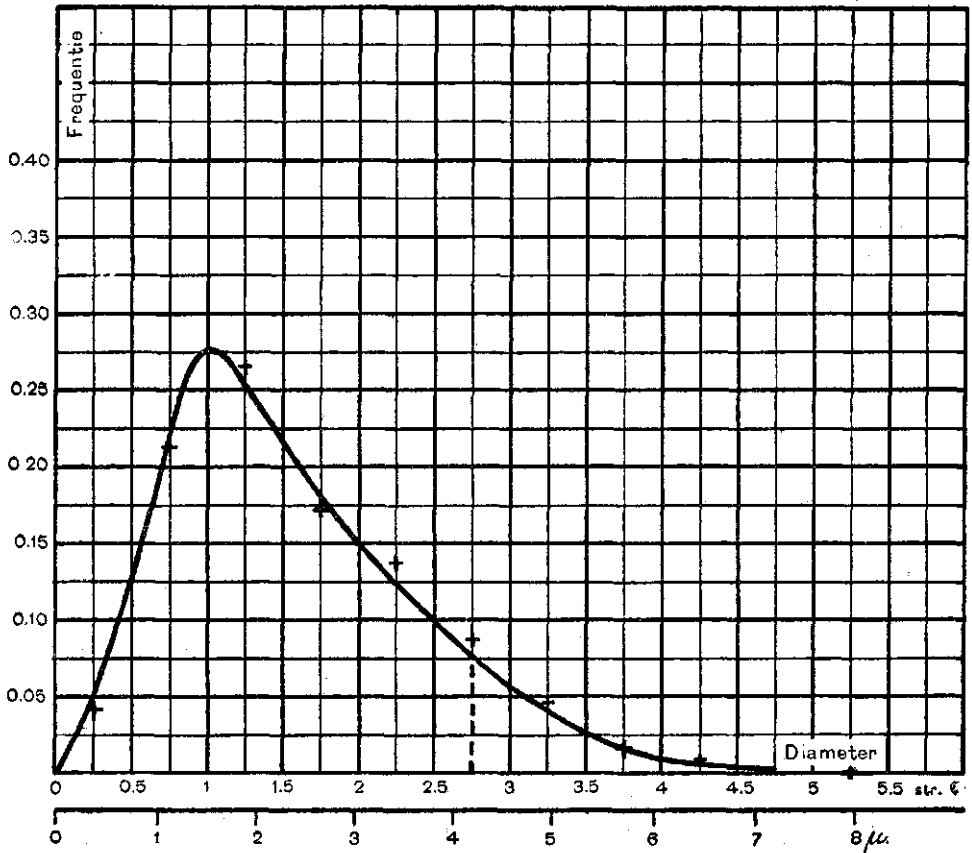


FIG. 2. — Nieuwmelksche melk.

Het verschil tusschen de frequenties bij de nieuwe en oude melk bestaat voornamelijk hierin, dat de nieuwe melk meer groote vetbolletjes bevat dan de oude, hetgeen duidelijk uitkomt als men door optelling de frequentie bepaalt der vetbolletjes met een diameter van $4,2 \mu$ en hooger, we vinden bij de nieuwe melk dan 0,163 bij de oudmelksche 0,078 voor die frequentie.

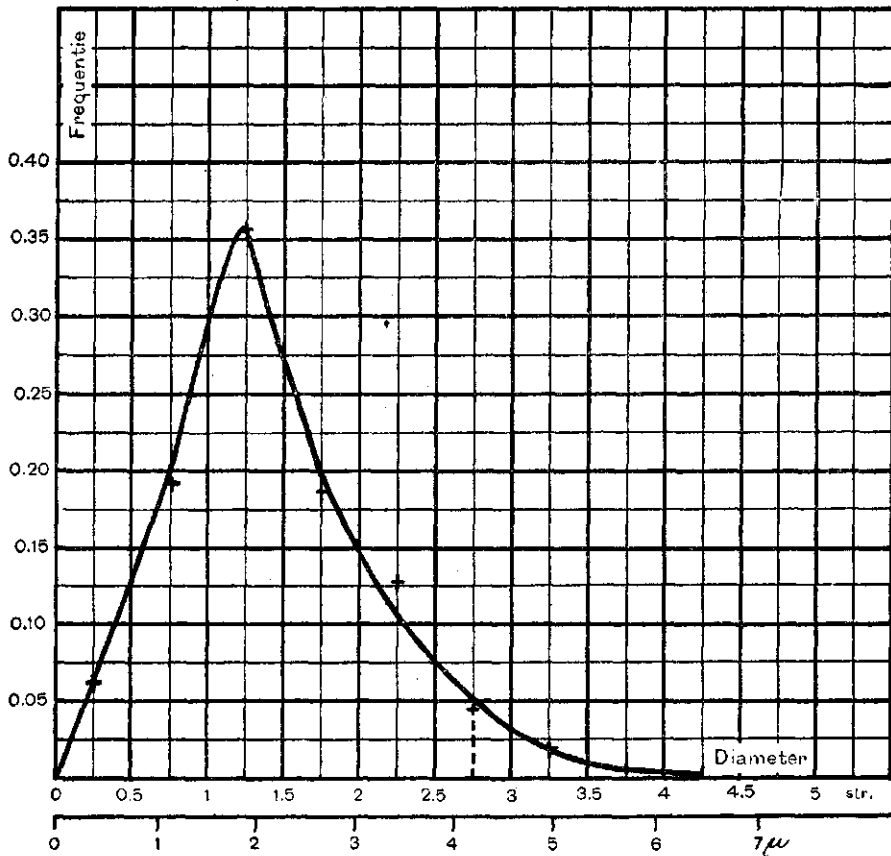


FIG. 3. — Oudmelksche melk.

De gecombineerde frequentiecijfers zijn de volgende:

TABEL 14.

Diameter in strepen.	Gemiddelde diameter in μ 's.	Nieuwmelksch	Oudmelksch
		frequentiecijfer $\times 1000$.	
0,0 - 0,5	0,4	48	63
0,5 - 1,0	1,1	214	193
1,0 - 1,5	1,9	265	356
1,5 - 2,0	2,7	173	187
2,0 - 2,5	3,4	187	128
2,5 - 3,0	4,2	86	45
3,0 - 3,5	4,9	47	20
3,5 - 4,0	5,7	18	5
4,0 - 4,5	6,5	9	3
4,5 - 5,0	7,2	2	0
5,0 - 5,5	8,0	1	0
2,5 - 5,5	4,2 - 8,0	163	73

In de 2 frequentiekrommen is dit gemakkelijk te zien, wanneer men de ordinaat midden tusschen streep 2,5 en 3 trekt; door deze lijn, de abscis en de kromme wordt dan een grootere oppervlakte gevormd bij de nieuwe dan bij de oude melk. Een vrij belangrijk verschil is er gelegen in de frequentie der vetbolletjes van $\pm 2\mu$, di bij de oude melk veel groter is, dan bij de nieuwe; het karakter van de frequentiekromme der oude melk wordt dáádoor en door het in minder aantal voorkomen der grootste vetbolletjes meer gedrongen en steiler dan bij de kromme der nieuwe melk.

Wat nu betreft een eventueel verband tusschen de frequentie der vetbolletjes en den oproomgraad der melk, uit de voorlaatste tabel 13 met de 3 nieuwe en 3 oude melken, waarbij opzettelijk melken met uiteenlopende oproomgraden waren gekozen, is in dit opzicht met zekerheid niet veel te zeggen. Bij de nieuwmelksche melk zijn wel de frequenties der grootste bollen ($4,2 - 8\mu$) het hoogst bij die melken, welke 62 en 68 tot oproomgraad hebben, namelijk 0,193 en 0,152, maar het cijfer 0,143 voor N°. 8 met den oproomgraad 22, is toch niet belangrijk lager dan dat van N°. 14.

Bij de oude melken heeft wel de best oproomende melk de grootste frequentie voor de grootste bollen, maar niet de slechtst oproomende melk heeft de kleinste frequentie, doch N°. 10, die den oproomgraad 51 heeft, en waarbij de frequentie der grootste vetbollen 0,051 bedraagt.

Om hierover nog iets nader te worden ingelicht werden meer monsters op hun oproomgraad onderzocht en tegelijk daarbij de frequentie der vetbolletjes van $4,2 - 8\mu$ bepaald. In de volgende tabellen zijn deze resultaten vereenigd, waarbij eene scheiding gemaakt werd tusschen nieuw- en oudmelksche melksoorten. De verschillende melken werden naar hun toenemenden oproomgraad gerangschikt. Wanneer de oproomgraad zoo gering was, dat na 5 uur staan bij 9° de melk geen duidelijke grens room — melk vertoonde, of dat er hoogstens een roomvlies of een roomlaagje van enkele m.M.'s te zien was, dan werd de oproomgraad met 0 aangeduid.

TABEL 15.

Oudmelksche melk.			Nieuwmelksche melk.		
Melk van koe	Oproomgraad	$1000 \times \text{freq. der bolletjes van } 4,2 \cdot 8 \mu$	Melk van koe	Oproomgraad	$1000 \times \text{freq. der vetbolletjes van } 4,2 \cdot 8 \mu$
8	6	23	33	0	120
35	0	77	8	22	143
18	0	87	8 ¹⁾	33	426
10	25	12	9 ¹⁾	63	277
6	43	60	14	68	152
5	47	102	15	79	165
12	51	52	23	80	63
24	59	88	7	85	132
21	61	94	14 ¹⁾	88	274
13	71	93	8 ¹⁾	91	295
8	75	213	—	—	—
14	75	70	—	—	—
27	80	135	—	—	—

Vergelijken we de oproomgraden met de frequenties bij de oudmelksche melken, dan kunnen we in het algemeen wel zeggen, dat bij de hoogste oproomgraden de meeste hooge frequentiecijfers voorkomen; bij de oproomgraden boven de 50 behoort een gemiddelde frequentie van 106×10^{-3} , terwijl het gemiddelde van de frequenties, behorend bij oproomgraden beneden 50, slechts 60×10^{-3} bedraagt.

Eenige invloed schijnt dus wel door de grootte der vetbolletjes op den oproomgraad van oudmelksche melk te worden uitgeoefend.

Dat er echter andere factoren kunnen zijn, die een belangrijke rol spelen, blijkt reeds uit de beschouwing der melken No. 5 en 14. De hooge oproomgraad van No. 14 zal zeker ergens anders aan te danken zijn dan aan de frequentie der vetbolletjes.

Bij de nieuwmelksche koeien, zien we zooals bij 3, 8 en 14 dat de melk kort na het afkalven een zeer groote frequentie der groote vetbolletjes bezit, wat nog niet altijd met een hoogen oproomgraad gepaard behoeft te gaan, zooals blijkt uit de cijfers welke bij No. 8 werden gevonden 3 weken na het afkalven. Deze overmaat van groote vetbolletjes schijnt een tijdelijk verschijnsel te zijn, want No. 8 gaf 5 weken later melk met een frequentie der groote bolletjes van 143×10^{-3} ; met het afnemen van de frequentie is ook de oproomgraad nog verminderd; dit is dus

¹⁾ Deze koeien waren pas 3 weken afgekalfd.

wel een sterke aanwijzing, dat de frequentie er een rol bij speelt. Bij de melken 14 ¹⁾ en 14 hebben we hetzelfde hoewel iets minder sterk. Afgezien van de zeer nieuwmelksche melk, is er bij de andere melken geen duidelijke invloed van de frequentie op den oproomgraad te constateeren. Het overblijvende getal monsters is echter ook wel wat klein om een zekere conclusie mogelijk te maken. Hoogstens kunnen we zeggen dat de frequentie der grootere bolletjes bij de „nieuwe” melk over het algemeen grooter is dan bij de „oude” melk, en dat ook de oproomgraden over het algemeen wat hooger zijn, al komen ook bij „nieuwe” melk van afzonderlijke koeien lage oproomgraden voor.

In aansluiting met den in het vorige hoofdstuk behandelde invloed van tragacanth op de oprooming, werd nog de frequentie bepaald der kleinere vetbolletjes (tot $1,5 \mu$), zoowel bij den room verkregen onder toevoeging van tragacanth, als bij den room uit dezelfde melk onder toevoeging van evenveel water verkregen. De bedoeling was om uit te maken of de oprooming-bevorderende werking van tragacanth misschien ook moest worden toegeschreven aan een meeslepen van die kleine vetbolletjes, die zonder tragacanth achter zouden blijven.

Bij de eerste melk, die met het oog hierop werd onderzocht, was de oproomgraad met tragacanth 78, en zonder 55; de frequentie der kleine bolletjes in den room bedroeg met tragacanth 0,50 en zonder 0,41.

Bij een tweede monster waren de cijfers voor den oproomgraad resp. 82 en 68, voor de frequenties 0,54 en 0,50.

Het resultaat was dus, dat de tragacanthroom iets grooter frequentie vertoonde voor de bolletjes kleiner dan $1,5 \mu$, doch dat het verschil te gering was om het aanzienlijk verschil in oproomgraad te verklaren.

Een eigenaardig verschijnsel, dat zich bij de bepaling der frequenties der vetbolletjes naar hun diameter voordeed, moge hier niet onvermeld blijven.

Bij de onderzochte melken bevonden zich ook eenige van koeien, die nog slechts enkele weken te voren gekalfd hadden. De frequentiekrommen, die daarop betrekking hadden, vertoonden 2 maxima, waren z.g. tweetoppig, welke eigenaardige vorm langzamerhand bleek te verdwijnen, naarmate de lactatietijd voortschreed; na hoogstens 12 weken was in de onderzochte gevallen de frequentiekromme weer ééntoppig geworden, zooals gewoonlijk.

Als voorbeeld gaan hierbij de krommen 4, 5 en 6 en bijbehorende cijfers, die allen betrekking hebben op de melk van koe No. 8, en wel op de melk, die resp. 3, 8 en 12 weken na het afkalven verkregen was.

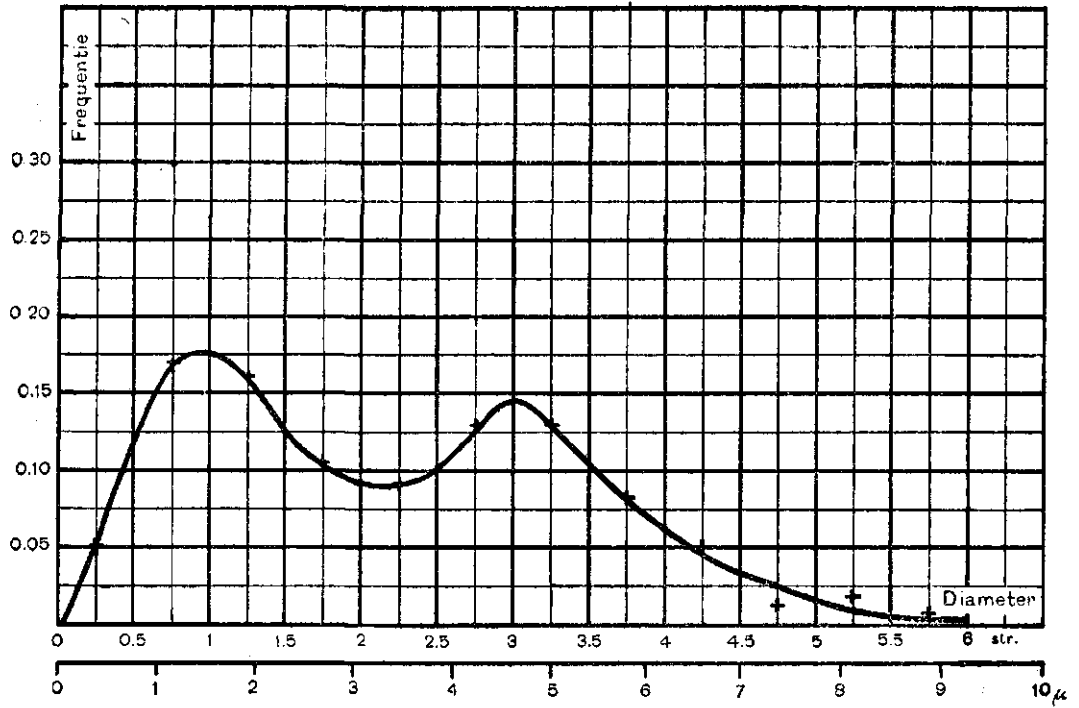


FIG. 4. — Koe No. 8, 3 weken nieuwmelksch.

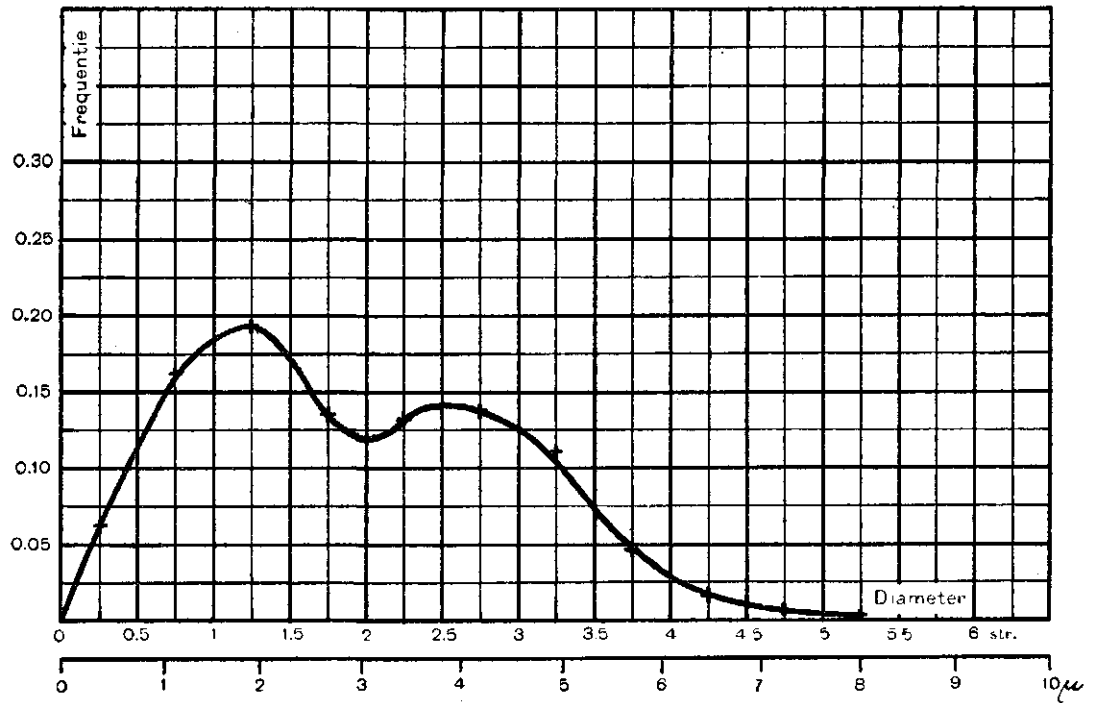


FIG. 5. — Koe No. 8, 8 weken nieuwmelksch.

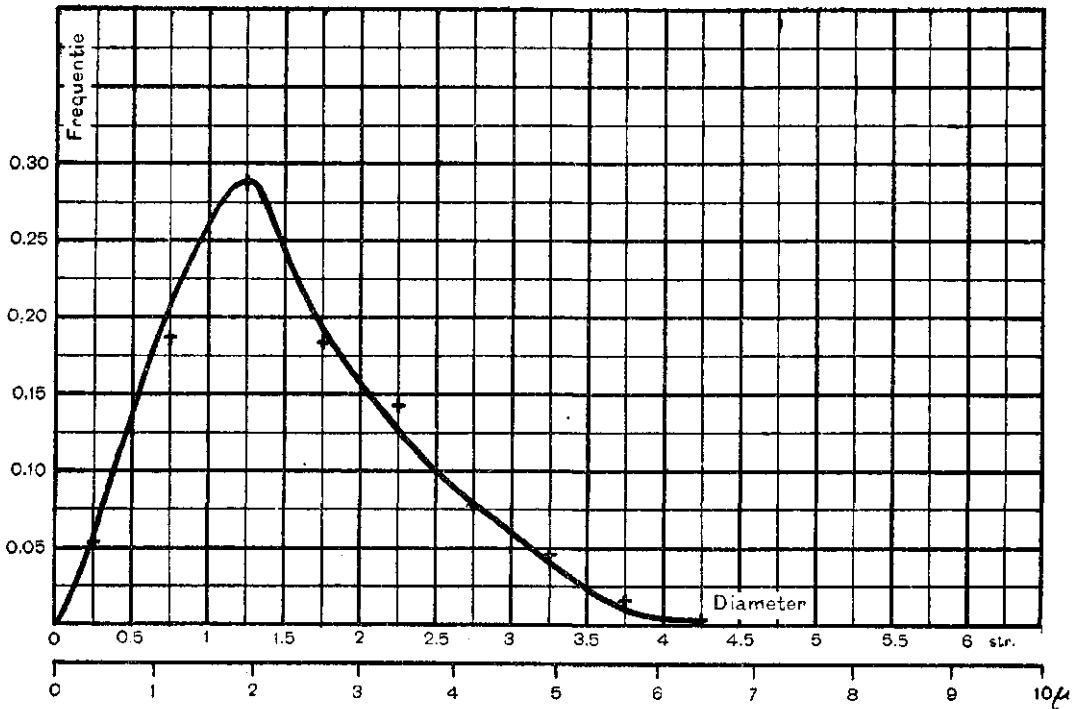


FIG. 6. — Koe No. 8, 12 weken nieuwmelksch.

TABEL 16.

Melk van koe No 8.	Na 3 weken.		Na 8 weken.		Na 12 weken.	
Diameter der vetbolletjes 1 str. = 1,52 μ .	Aantal.	Freq.	Aantal.	Freq.	Aantal.	Freq.
0,0—0,5	31	0,051	39	0,065	32	0,053
0,5—1,0	102	0,170	98	0,163	113	0,180
1,0—1,5	95	0,158	115	0,091	172	0,287
1,5—2,0	63	0,105	81	0,135	111	0,185
2,0—2,5	54	0,090	79	0,132	86	0,143
2,5—3,0	78	0,130	82	0,137	46	0,077
3,0—3,5	78	0,130	66	0,110	29	0,048
3,5—4,0	49	0,082	23	0,047	9	0,015
4,0—4,5	30	0,050	3	0,013	2	0,003
4,5—5,0	7	0,012	3	0,005	0	—
5,0—5,5	10	0,017	1	0,002	0	—
> 5,5	3	0,005	0	—	0	—
	600	1,000	600	1,000	600	1,000

De oorzaken der scheefheid van al de in dit hoofdstuk besproken frequentiekrommen en der tweetoppigheid der laatste zijn onbekend en kunnen, zonder in veronderstellingen te vervallen, die elken experimenteelen grond missen, niet worden verklaard.

Daarvoor zou noodig zijn een nauwkeurig inzicht in het wezen en verloop van het melkafscheidingsproces, wat nog lang niet bereikt is, daar, zooals bijv. PFAUNDLER ¹⁾ zegt, men zich bij de poginger tot verklaring der op morphologisch gebied opgedane bevindingen, op hypothetisch gebied moet begeven. We moeten volstaan met te zeggen, dat de tweetoppigheid van zulk een kromme aan verschillende oorzaken kan worden toegeschreven, en dat bijv. niet voldoende zou zijn eene aanname, dat de tweetoppigheid moet worden verklaard door het voorkomen van 2 geheel verschillende soorten der onderzochte objecten, zooals bij biologische problemen dikwijls, maar niet altijd met voldoende grond, schijnt te geschieden ²⁾.

HOOFDSTUK IV.

Verschillende chemische en physische eigenschappen der melk in verband met den oproomgraad.

Evenals reeds voor de frequentie der vetbolletjes was geschied, werden nog van een groot aantal melkmonsters met zeer uiteenloopenden oproomgraad verschillende andere eigenschappen bepaald, ten einde die factoren op het spoor te komen, welke voor den oproomgraad van overwegenden invloed zouden kunnen zijn.

Ook nu werden de melken van oudmelksche en nieuwmelksche koeien in 2 groepen gesplitst. Bepaald werden bij de melk van een 12-tal oudmelksche en 8 nieuwmelksche koeien achtereenvolgens het S. G., vetgehalte, totaal eiwitgehalte, kalk- en phosphorzuurgehalte en ook de zuurgraad en de viscositeit der melk. De melken zijn in tabel 17 gerangschikt naar den toenemenden oproomgraad. Wanneer we voor de oudmelksche melk de cijfers van de tweede en derde kolom nagaan, dan zien we, dat de eerste 3 zeer slecht oproomende melken ongeveer even lange uitvloeitijden hebben en langer dan al de andere monsters, waar overigens bij toenemenden oproomgraad geen regelmatige daling van dat cijfer is te constateeren.

Daar het verschil in S. G. der verschillende melken op het cijfer der viscositeit slechts een onbeteekenenden invloed heeft, kunnen we de verhouding der uitvloeitijden wel gelijk stellen aan die der viscositeiten en zien we dus dat zeer hoge viscositeiten hier gepaard gaan met zeer lage oproomcijfers, een resultaat

¹⁾ SOMMERFELD, Handb. der Milchkunde, S. 59.

²⁾ J. C. KAPTEYN. Skew freq. curves in biology en statistics, Gron. 1903, blz. 33.

Idem Recueil des travaux botan. Néerl. Vol. XIII, blz. 137.

dat ook wel te verwachten was. Uit de onregelmatigheid der cijfers voor de uitvloeitijden bij de overige melken kan slechts worden afgeleid, dat de viscositeit niet de alles overheerschende factor is, op de oprooming van invloed.

Wat de overige cijfers bij de oudmelksche melk betreft, bij de monsters S en 12, die zeer slecht oproomen, treffen we hooge cijfers aan voor CaO , P_2O_5 en eiwit; wellicht dat deze grootheden met de hooge viscositeit in verband staan, dus ook weer in zekeren zin met den oproomgraad. Dat een lager CaO en P_2O_5 -gehalte echter ook gepaard kan gaan met een zeer lagen oproomgraad zien we bij No. 18. Geen der eigenschappen van No. 18, behalve de viscositeit, vertoont zoo zeer iets afwijkends, dat we er de slechte oprooming mee in verband zouden willen brengen: ook de frequentie der grootere vetbolletjes gaf een gemiddeld cijfer, namelijk 0,087 (zie tabel 15).

TABEL 17.

Melk van de oudmelksche koe.	Oproomgraad na 5 u. bij 90.	Uitvl. t. uit viscosim. bij 90.	Ca O per 100 c.c.	P ₂ O ₅ per 100 c.c.	Totaal eiwit in pet.	Zuurgraad c.c.'s 0.1 n. loog p. 100 c.c.	S. G. bij 150.	vetgehalte in pc.
S	0	282"	218	273	4,32	18,2	1,0342	4,55
12	0	258"	201	241	4,06	17,6	1,0325	5,50
18	0	256"	158	214	3,86	18,0	1,0284	6,85
10	25	217" ¹⁾	181	216	3,37	17,6 ₁₎	1,0324	3,95
6	43	203" ¹⁾	156	196	3,17	16,0 ₁₎	1,0324	3,60
5	47	—	160	223	3,44	17,0	1,0322	2,80
24	59	—	157	196	3,42	13,6	1,0318	2,55
21	61	266"	221	185	3,80	10,8	1,0320	4,28
27	70	211"	197	224	3,14	16,8	1,0310	4,40
8	75	—	165	—	3,24	—	1,0325	3,70
14	75	—	157	—	3,11	—	1,0302	3,00
Melk van de nieuwmelksche koe.								
33	0	178"	152	164	2,54	12,8	1,0281	3,07
W	22	181"	147	190	2,85	17,4	1,0314	2,67
9	62	188"	143	179	2,64	16,4	1,0284	3,70
Z	68	198"	165	201	3,05	15,6	1,0308	3,62
15	79	192"	157	215	2,86	20,2	1,0324	3,28
23	80	176"	145	186	2,50	16,6	1,0298	2,57
7	85	184"	152	193	2,74	15,0	1,0313	2,90
3	91	182"	165	203	2,93	14,0	1,0310	3,10

¹⁾ Deze cijfers hebben betrekking op de 4 dagen later verkregen melk van de in de 1e kolom genoemde koeien.

Over het algemeen liggen de lage eiwitcijfers wel wat meer naar den kant der hoogere oproomgraden en hebben de allerslechtste oproomers een hoog eiwitgehalte, maar voor de middelmatig hooge waarden is er in het geheel geen regelmaat merkbaar.

In nog meerdere mate geldt dit voor de cijfers voor CaO en P_2O_5 , terwijl voor de cijfers der laatste drie kolommen alle regelmaat ontbreekt, die op een verband met den oproomgraad zou kunnen wijzen. Bij de 8 nieuwmelksche melken zien we, dat de cijfers van de 3e kolom, welke evenredig kunnen gesteld worden met de viscositeit, alle vrij wat lager zijn dan bij de oudmelksche melksoorten; dat dit een algemeene eigenschap is voor melk van nieuwmelksch vee staat dus wel vast en is in overeenstemming met het feit, dat onder de vele door ons onderzochte „nieuwe” melken zoo weinig slechte oproomers werden aangetroffen. Deze waarnemingen bevestigen dus hetgeen ten opzichte van de viscositeit in de praktijk werd aangenomen, ofschoon er tevens uit blijkt, hoe voorzichtig men wezen moet wanneer men over de melk van slechts enkele koeien voorspellingen wil doen over de viscositeit of den oproomgraad, wanneer men alleen weet of de melk nieuw- of oudmelksch is.

De uitvloeitijden loopen bij de „nieuwe” melk weinig uiteen, er is in dit opzicht geen regelmaat bij de melken met toenemenden oproomgraad te herkennen; dat de betrekkelijk kleine viscositeitsverschillen een belangrijke rol zouden spelen bij de verschillen in oprooming der nieuwe melken, is niet waarschijnlijk, daar de viscositeit bij de slechte oproomers 33 en W volstrekt niet grooter is dan bij de zeer goed oproomende melken No. 23, 7 en 3.

Daar dit voor de andere eigenschappen in de tabel evenzeer geldt, en we vroeger zagen, dat de frequentie der vetbolletjes geen belangrijke rol bij deze soort melk vervult, moeten er nog wel één of meer onbekende eigenschappen der melk bestaan, welke beslissend zijn voor de al of niet goede oprooming, en welke niettegenstaande een lage viscositeit der melk, in sommige gevallen toch een zeer lagen oproomgraad tengevolge hebben. Hoewel misschien in mindere mate, zal ook bij de oprooming van oudmelksche melk wel zulk een onbekende factor een rol kunnen spelen.

Als een der factoren, welke misschien met den oproomgraad in verband zou kunnen staan, komt nog in aanmerking de eigenschap der vetbolletjes om een zekere hoeveelheid eiwitstoffen uit de melk op hun oppervlak te adsorberen, waardoor ze omgeven zijn door een laagje, waarin zich eiwitstoffen in aanzienlijk geconcentreerden toestand bevinden dan in het plasma.

Wanneer nu de hoeveelheden, waarin dit eiwit door het vet wordt geadsorbeerd, bij verschillende soorten melk sterk mochten uiteenloopen, dan zou misschien ook daardoor de oprooming een merkbaar wisselenden invloed kunnen ondervinden, hetzij tengevolge van de verschillende belasting der afzonderlijke vetbol-

letjes, hetzij dat een dikkere of meer eiwithoudende laag om de vetbolletjes bevorderlijk zou zijn voor een eventueel zich vasthechten der bolletjes tot kleine of grootere complexen, waarover later nog uitvoerig gesproken zal worden.

De hoeveelheid eiwit door al de bolletjes te samen geadsorbeerd kunnen we in getalwaarde uitdrukken als een percentage van het vetgewicht.

Het „adsorptiegetal” zullen we hier dus noemen: het aantal grammen eiwit, dat door 100 gram vet geadsorbeerd moet worden geacht. Het laat zich als volgt berekenen:

Wanneer we melk laten oproomen en na zoo volledig mogelijke verwijdering van den room, hierin het eiwitpercentage bepalen en ook in de ondermelk, dan loopen de eiwitgehalten door twee oorzaken uiteen. De eerste, die het belangrijkste verschil veroorzaakt, is een gevolg van het groote verschil in vetgehalte van den room en de ondermelk, waardoor in het eerste geval het eiwithoudend gedeelte per 100 gram materiaal veel kleiner is dan in het tweede, zoodat het eiwitgehalte per gewichtseenheid van de stof sterk gedrukt wordt.

Wanneer we de oorzaak hiervan elimineeren door ons al het vet aan den room en de ondermelk onttrokken te denken, dan blijkt er toch nog een klein verschil in eiwitgehalte bij dien vetvrijen room en vetvrije ondermelk te bestaan ten gevolge van het feit, dat bij de oprooming van het vet al het daaraan geadsorbeerd eiwit met de vetbolletjes in den room terecht komt, waardoor het eiwit van de melk zich evenals het vet in zekere mate in de roomlaag concentreert.

Hoe meer eiwit de vetbolletjes nu aan hun oppervlak geadsorbeerd hebben, des te hooger het eiwitpercentage van de vetvrij gedachte room wordt en des te grooter het verschil daarvan met het eiwitpercentage van de vetvrije ondermelk. Een voorbeeld moge dit nader illustreeren en tevens doen zien op welke wijze het „adsorptiegetal” voor een bepaalde melk berekend kan worden.

Van eene hoeveelheid melk werd door spontane oprooming room verkregen met 19,15 pct. vet en 2,52 pct. eiwit, terwijl de ondermelk 1,58 pct. vet en 3,00 pct. eiwit bleek te bezitten. De berekening van het „adsorptiegetal” kan nu aldus geschieden:

100 gram room bevat 19,15 gram vet en dus 80,85 gram „vetvrije room”, waarin 2,52 gram eiwit of 3,12 pct.

100 gram ondermelk bevat 1,58 gram vet en 98,42 gram „vetvrije ondermelk, waarin 3,00 gram eiwit of 3,05 pct.

Dus 100 gram vetvrije room bevat 0,07 gram eiwit meer dan 100 gram vetvrije ondermelk.

Het is duidelijk, dat dit meerdere eiwit geadsorbeerd was aan de hoeveelheid vet, die de (bij 100 gram vetvrije room behorende) room meer bevat dan de ondermelk (welke bij de 100 gram vetvrije ondermelk behoort). We moeten dus nog slechts die hoeveelheden room en ondermelk berekenen.

Zooals we reeds zagen, zijn 80,85 gram vetvrije room afkomstig van 100 gram room en 100 gram vetvrije room dus van 123,7 gram room; evenzoo vinden we, dat 100 gram vetvrije ondermelk behoort bij 101,6 gram ondermelk. De bedoelde room bevat 23,7 gram vet en de ondermelk 1,6 gram.

We zien dus, dat 0,07 gram eiwit geadsorbeerd was aan de 22,1 gram vet, welke die bepaalde hoeveelheid room meer bevat dan de ondermelk. Het adsorptiegetal voor deze melk is dus 0,32 (0,32 gram eiwit per 100 gram vet).

Wanneer het eiwitgehalte van deze vetvrije room en vetvrije ondermelk, zooals hier, slechts 0,07 pct. verschilt, wordt, ook wanneer men de eiwitbepalingen zoo zorgvuldig mogelijk uitvoert, de fout, die aan elke bepaling eigen is, percentsgewijze van betrekkelijk grooten invloed op de uitkomst. Het is dus gewenscht, dat het genoemde verschil zoo groot mogelijk is, wat in de hand gewerkt kan worden door de oprooming zoo volledig mogelijk te doen plaats hebben, want hoe minder vet in de ondermelk overblijft, des te meer geadsorbeerd eiwit wordt met de vetbolletjes in de roomlaag gebracht.

Voor het onderzoek, waarom het hier te doen was, namelijk een vergelijking van het adsorptiegetal en den oproomgraad bij een aantal melken, was het dus gewenscht, om in die gevallen, waar bij de oprooming ter bepaling van den oproomgraad geen ondermelk met een voldoende laag gehalte werd verkregen, niet deze ondermelk en bijbehorende room voor de berekening van het adsorptiegetal te gebruiken, maar een tweede hoeveelheid van dezelfde melk gedurende veel langeren tijd bij lage temperatuur te doen oproomen, waardoor in den regel ondermelk met voldoende laag vetgehalte b.v. onder 1 pct. werd verkregen.

Nog een andere reden was er, om ondermelken met betrekkelijk hoog vetgehalte uit te sluiten. Zooals te verwachten is, en hiervóór door de proef over het gemiddeld volume der vetbolletjes in room en in ondermelk was bevestigd, blijven in de ondermelk vooral de kleine vetbolletjes achter; het gemiddeld volume der vetbolletjes zal in de ondermelk des te kleiner zijn, naarmate de oprooming vollediger geweest is, en in den room zullen des te meer kleine vetbolletjes terecht komen.

Nu is het oppervlak van een zekere gewichtshoeveelheid vet, in kleine bolletjes verdeeld, veel grooter dan wanneer die zelfde hoeveelheid vet uit groote bolletjes bestaat, zoodat ook de geadsorbeerde hoeveelheid eiwit per gewichtseenheid vet bij de kleine bolletjes het grootst zal zijn. Het staat dus vast, dat het meer of minder voorkomen van kleine bolletjes in den room eenigen invloed heeft op het adsorptiegetal.

Voor een geheel exacte vergelijking zou het feitelijk gewenscht zijn, dat de frequentie der roombolletjes van verschillende afmetingen bij alle monsters, die vergeleken moeten worden, dezelfde was, doch dit is natuurlijk niet te verwezenlijken. Door die melken uit te sluiten, waar de ondermelk b.v. meer dan

1 pct. vet bevat, komt men althans eenigszins aan dit bezwaar tegemoet.

Hier volgt nu een vergelijkend overzicht van de cijfers over de eiwit-adsorptie en de oprooming, gerangschikt naar den toenemenden oproomgraad.

TABEL 18.

Oudmelksche koe.	Vetpercentage		Eiwit „vetryrije room” minus eiwit „vetryrije ondermelk” in pct.	Adsorptie- getal.	Oproom- graad na 5 uur bij 90.
	melk.	ondermelk.			
8	3,10	0,40	0,075	0,20	27
4	3,80	0,89	0,120	0,48	50
15	3,20	0,50	0,245	0,60	69
7	2,95	0,60	0,220	0,74	73
9	3,60	0,80	0,065	0,23	80
Nieuwmelksche koe.					
17	3,55	0,68	0,215	0,61	56
20	3,80	0,50	0,195	0,47	62
33	2,60	0,75	0,150	0,49	72
10	2,65	0,12	0,220	0,82	72
34	3,15	0,18	0,120	0,29	73
18	2,10	0,30	0,125	0,51	78
V	3,10	0,66	0,080	0,29	80
19	3,90	0,60	0,095	0,33	86
21	3,05	0,47	0,165	0,61	88
6	2,70	0,30	0,105	0,38	89

Evenals vroeger zijn de onderzochte melken gesplitst in 2 groepen, teneinde de resultaten bij oud- en nieuwmelksche melk afzonderlijk te kunnen beoordeelen.

Evenals bij de vergelijking van de frequentie der vetbolletjes en de viscositeit met den oproomgraad, is er hier voor het adsorptiegetal, vergeleken met den oproomgraad, een duidelijk verschil tusschen de groep der nieuwe en der oude melken te constateeren. De 4 eerste melken, van oudmelksch vee afkomstig, vertoonen namelijk zulk een merkwaardige evenredigheid tusschen de adsorptiegetallen en de oproomgraden, dat het haast niet is aan te nemen, dat hier uitsluitend het toeval in het spel zou zijn. Het 5e monster daarentegen heeft bij een hoogen oproomgraad juist een zeer laag adsorptiegetal.

Het is jammer, dat het niet mogelijk was, meer zeer slecht oproomende oude melk in deze richting te onderzoeken; de methode

voor de bepaling van het adsorptiegetal, waar een voldoende hoeveelheid room en ondermelk met laag vetgehalte voor noodig was, liet dat niet toe, zoodat het aantal monsters van deze groep wat klein is gebleven. Het zou echter wel de moeite waard zijn, om door voortgezet onderzoek uit te maken of inderdaad moet worden aangenomen, dat de eiwitadsorptie der vetbolletjes een rol speelt bij de oprooming van oudmelksche melk, waarvoor hier bij deze melken wel eene sterke aanwijzing schijnt te bestaan.

Bij de 10 melken van nieuwmelksch vee laat zich evenals vroeger bij de andere onderzochte eigenschappen, in de cijfers geenerlei regelmatigheid bespeuren. Indien ook al het adsorptiegetal eenigszins een rol mocht spelen bij de oprooming van nieuwe melk, dan verdwijnt het effect toch onder andere nog onbekende invloeden.

Bij dit onderzoek rees nog de vraag, of we voor de bepaling van het adsorptiegetal ons den noodigen room en ondermelk niet door centrifugeeren van de melk konden verschaffen, waardoor we ook beter in staat zouden zijn, dit getal voor meer slecht oproomende melken te bepalen.

Bij vergelijking der 2 methoden bleek het resultaat echter niet hetzelfde. Bij een oudmelksche gemengde melk werd b.v. door spontane oprooming room met 25 pct. vet en ondermelk met 0,4 pct. vet verkregen, waaruit en uit het eiwitgehalte, als adsorptiegetal 0,47 kon worden afgeleid. Door centrifugeeren van dezelfde melk ontstond room met 29 pct. en ondermelk met 0,1 pct. vet, waarmee als adsorptiecijfer 0,22 werd gevonden.

Bij gemengde nieuw-melksche melk werd op deze wijze door spontane oprooming 0,61, door centrifugeeren 0,48 als adsorptiegetal verkregen.

Het schijnt dus, dat door het centrifugeeren een deel van het geadsorbeerde eiwit aan de vetbolletjes wordt onttrokken, zoodat de toepassing van de centrifugeermethode voor de bepaling van het adsorptiegetal geen zuiver beeld geeft van den werkelijken toestand.

In de tabel 17, in het begin van dit hoofdstuk ingevoegd, vinden we ook voor de verschillende melken het vetgehalte opgegeven. Het was wel te verwachten, dat het vetgehalte der melk niet zulk een belangrijken invloed op den oproomgraad zou hebben, dat dit in de cijfers direct tot uiting zou komen. Toch behoeft het niet uitgesloten te zijn, dat het vetgehalte voor de mate van oprooming van belang is, en daar we in staat zijn het vetgehalte van een bepaalde melksoort naar willekeur te wijzigen, was het mogelijk dit punt door een apart onderzoekje uit te maken. Daarvoor werd het volgende gedaan.

Gemengde nieuwmelksche melk werd scherp gecentrifugeerd en de room van 40° in zoodanige hoeveelheden met de ondermelk van 40° vermengd, dat 5 porties van 1 L. melk met verschillend vetgehalte, telkens ongeveer 1 pct. vet meer bevattend, werden

gevormd. Met deze melken, die dus alleen in vetgehalte verschillend waren, werden 5 van de steeds voor de oproomproeven gebruikte cylinders gevuld, waarbij de melk bij het vullen snel op 9°, de oproomtemperatuur, werd afgekoeld, door middel van een koelslang. Na 5 uur oproomen bij 9° werd van elken cylinderinhoud de oproomgraad bepaald met het volgende resultaat:

Vetgehalte der melk	1,85 pct.	2,80 pct.	3,80 pct.	4,75 pct.	5,65 pct.
Oproomgraad . . .	63	51	48	43	39

Met andere nieuwmelksche gemengde melk werd gevonden:

Vetgehalte der melk	0,45 pct.	0,70 pct.	0,95 pct.	1,45 pct.	1,85 pct.
Oproomgraad . . .	91	79	76	76	72

Met oudmelksche melk, die slecht oproomde werd gevonden:

Vetgehalte der melk	4,00 pct.	5,05 pct.	6,00 pct.
Oproomgraad	21	18	13

Volgens deze cijfers heeft dus de melk met het kleinste vetgehalte den hoogsten oproomgraad. De oorzaak daarvan is niet geheel duidelijk. Men zou kunnen denken aan eene belemmering der opstijging van de bolletjes in de melk door andere vetbolletjes of conglomeraten ervan, vooral wanneer, zooals bij lage temperatuur geschiedt, vóór de vorming van de roomlaag het vet zich in de bovenste helft van den oproomcylinder aanmerkelijk concentreert. FLEISCHMANN spreekt dan ook van optredende „Stauungen” in de melk, daarbij blijkbaar een vergelijking makende met een zich bij den uitgang van een zaal verdringende menigte. Inderdaad zou zulk een verschijnsel door een hoog vetgehalte der melk in de hand gewerkt worden. Maar van den anderen kant wordt ook de complexvorming bij de bolletjes, welke, zooals we in een volgend hoofdstuk zullen zien, zulk een belangrijke rol bij de oprooming vervult, bij hooger vetgehalte der melk in de hand gewerkt, waardoor de oprooming juist zou worden bevorderd.

De oorzaak van den geconstateerden invloed van het vetgehalte op den oproomgraad wacht dus nog op een nadere verklaring.

Er is nog een physische constante, die voor de melk met het oog op den oproomgraad van beteekenis zou kunnen zijn, namelijk de oppervlaktespanning melkvet-melkplasma.

Daar het ons te ver voeren zou, hierover een uitgebreid onderzoek in te stellen, hebben we ons bepaald tot de meting dezer oppervlaktespanning in een aantal gevallen, waarvan we wisten, dat de oproomgraad der voor de bepalingen gebruikte melk belangrijk uiteen zou loopen.

Zoo werd de oppervlaktespanning bepaald voor de combinatie centrifugemelk-botervet met en zonder toevoeging van tragacanth aan de centrifugemelk, dat, zooals we zagen, de oprooming sterk

bevordert. Ook de invloed van het oud- en nieuwmelksch zijn der koeien, die bij gemengde melk doorgaans in den oproomgraad merkbaar is, werd in verband met de oppervlaktespanning nagegaan.

Het zelfde werd gedaan met betrekking tot het verschijnsel van zeer slechte oprooming van een bepaalde melk, waarbij de oppervlaktespanning vet-ondermelk werd vergeleken met die, welke voor goed oproomende melk gevonden was.

Daar melkzuur, in bepaalde hoeveelheid aan de melk toegevoegd, zooals ons is gebleken ¹⁾, een sterk deprimeerenden invloed op den oproomgraad uitoefent, werd ook daarvan de uitwerking in verband met de oppervlaktespanning vet-ondermelk nagegaan.

De methode voor de meting der oppervlaktespanning gebezigd, was die volgens het principe van MORGAN & STEVENSON ²⁾, waarbij het volumen van den in het botervet vallenden druppel werd bepaald en daaruit en uit het verschil in S. G. der 2 vloeistoffen, het druppelgewicht werd berekend. De uitvoering geschiedde op de wijze, zooals door REINDERS ³⁾ voor de meting der oppervlaktespanning olie-water, en door MEYERINGH ⁴⁾ voor botervet-water werd toegepast, en waarbij het druppelgewicht evenredig aan de oppervlaktespanning mag worden gesteld. Voor vergelijkende proeven zooals hier, waar de absolute grootte der oppervlaktespanning niet gekend behoeft te worden, is het voldoende het druppelgewicht te bepalen.

Daarvoor werd een uitgemeten capillaire buis, over het horizontale deel voorzien van een millimeterschaal, gedeeltelijk gevuld met centrifugemelk, en het rechthoekig naar beneden omgebogen einde met de uitvloeioopening gedompeld in een cylinderglas met gesmolten botervet, afkomstig van dezelfde melk als waarvan de centrifugemelk was verkregen, terwijl het botervet was geplaatst in een thermostaat, waarvan het water op 35° werd gehouden. Door gedeeltelijk openen van een klemkraan, die een aan het horizontale einde van de buis bevestigd slangetje afsloot, kon men de ondermelk uiterst langzaam in het botervet laten druppelen en door aflezing van de 2 plaatsen waar de meniscus van de ondermelk in de capillair zich achtereenvolgens bij het loslaten van de druppels bevond, het volumen van den druppel berekenen. Daar deze meting bij kamertemperatuur geschiedde en de druppelvorming bij 35°, moest voor dit temperatuurverschil telkens een volume-correctie worden aangebracht. Uit dit gecorrigeerde volume werd, door vermenigvuldiging met het S.G.-verschil der 2 vloeistoffen bij 35°, het aan de oppervlaktespanning evenredige druppelgewicht gevonden. Daar het druppelgewicht eenigszins afneemt met den uitvloeitijd, vooral wanneer die kort is genomen, werden de uitvloeitijden zoo veel mogelijk gelijk

¹⁾ Zie het volgende hoofdstuk.

²⁾ Z. f. physik. Ch. 63, blz. 151.

³⁾ Gedenkboek van BEMMELN 1910, blz. 335.

⁴⁾ Proefschrift Delft 1911, blz. 70.

gekozen en vrij lang; de verplaatsing van den meniscus in de capillair bedroeg bij onze metingen ongeveer 15 m.M. per minuut, voor de meting van elken druppel werd dan ongeveer 4 min. vereischt. Het volgende voorbeeld geeft de werkwijze en berekening nader aan.

Gemengde boerderijmelk werd gecentrifugeerd en de room gekarnd. Het gefiltreerde botervet en de centrifugemelk werden voor de bepaling der oppervlaktetension, of liever van het druppelgewicht, gebruikt. De snelheid van de in het vloeibaar botervet uitstroomende centrifugemelk was zóó, dat 6 druppels, overeenkomend met eene verplaatsing van den meniscus over 349 m.M., in 21 min. 4 sec. in het botervet vielen. De verplaatsing van den meniscus was dus ongeveer 16 m.M. per min., dus langzaam genoeg voor het op temperatuur komen van de centrifugemelk in het verticale deel van de capillair, die over een lengte van ongeveer 10 c.M. in het botervet hing.

Het volume van een druppel bij kamertemperatuur, die toen 18° bedroeg was dus evengroot als overeenkwam met het volumen van 58,2 m.M. van de capillair, volgens uitmeten met kwik dus $58,2 \times 0,001948 \text{ c.c.} = 0,11337 \text{ c.c.}$; bij 35° is dit volume zóóveel maal grooter als de verhouding bedraagt der soortgelijke gewichten van de centrifugemelk bij 18° en 35° hier dus $\frac{1,0345}{1,0295} \times 0,11337 = 0,11391 \text{ c.c.}$

Het druppelgewicht in het botervet wordt gevonden door dit volume te vermenigvuldigen met het verschil der S. G. van centrifugemelk en botervet bij 35°, dat volgens pyknometrische metingen 0,12145 bedroeg. Het druppelgewicht bedraagt hier dus $0,11391 \times 0,12145 = 13,83 \text{ mgr.}$ Op deze wijze werd, voor andere nieuwmelksche gemengde melk, gevonden een druppelgewicht centrifugemelk-botervet van 14,17 mgr., voor oudmelksche 14,49 mgr. en voor slecht oproomende melk van 1 koe 14,23 mgr.

Als 7½ pct. tragacanthoplossing van 1 pct. aan centrifugemelk werd toegevoegd, was het druppelgewicht 13,18 mgr. met 7½ pct. water in plaats van tragacanthoplossing 13,20 mgr., bij een tweede proef met andere melk en 10 pct. tragacanthoplossing werd gevonden 12,67 mgr. met 10 pct. water 12,90 mgr.

De invloed van tragacanth op de oppervlaktetension van botervet-melkplasma is dus wel zeer gering, niettegenstaande het emulgeerende karakter van tragacanth, waarbij een sterke verlaging der oppervlaktetension te verwachten was.

MEXERINGH ¹⁾ vond vroeger een dergelijken geringen invloed op de oppervlaktetension bij zijne bepalingen van het druppelgewicht botervet-water, wanneer hij kleine hoeveelheden tragacanth aan het water toevoegde.

De invloed van melkzuur bleek uit het volgende:

Centrifugemelk van nieuwmelksche melk, waaraan 5 pct. water was toegevoegd, gaf in botervet een druppelgewicht van 14,27

¹⁾ 1 c. blz. 85.

mgr.: werd 5 pct. 0,2 norm. melkzuur toegevoegd inplaats van water, dan was het druppelgewicht, onder overigens gelijke omstandigheden, 13,18 mgr. Met andere oudmelksche melk was de invloed van een gelijke hoeveelheid nog kleiner, daar werd met water toevallig ook 14,27 mgr. doch met melkzuur 14,13 mgr. gevonden.

Ook bij de andere hier door ons vermelde bepalingen zijn de verschillen, in het druppelgewicht geconstateerd, zoo gering, dat het niet waarschijnlijk is, dat de oppervlaktespanning van de vetbolletjes in de melk in nauw verband zal staan met den oproomgraad, daar invloeden, die groote verschillen in den oproomgraad veroorzaken, de oppervlaktespanning botervet-ondermelk slechts onbeduidend veranderen.

Dat de oppervlaktespanning van het botervet bij verandering der tweede vloeistof groote wijzigingen kan ondergaan, bleek, toen in plaats van ondermelk water werd genomen en voor het druppelgewicht 28,83 mgr. werd gevonden. Dit is in overeenstemming met hetgeen MEYERINCH¹⁾ vond voor den sterk deprimeerenden invloed door eiwittoevoeging aan het water op de oppervlaktespanning van botervet-water uitgeoefend.

Er is nog één physische eigenschap van de melk, die in dit hoofdstuk niet onbesproken moge blijven, namelijk de kristallisatieneiging van het vet, die volgens de aan dit proefstation verrichte waarnemingen voor verschillende soorten melk en in verschillende tijden van het jaar binnen wijde grenzen uiteen kan lopen.

Daar deze kristallisatieneiging, zooals in de inleiding is besproken, waarschijnlijk een rol speelt bij de oprooming van vóórgewarmde melk bij lage temperatuur, zal ook de *mate*, waarin deze kristallisatieneiging aanwezig is, zekeren invloed moeten uitoefening op de oprooming, vooral als die bij lage temperatuur plaats heeft.

Om dit uit te maken, zou men, evenals dit vroeger voor andere eigenschappen geschiedde, van een groot aantal monsters melk van verschillende koeien naast den oproomgraad, de „uitzetting” kunnen bepalen, waaronder we verstaan, de dilatometrische uitzetting per 10 000 volumeneenheden van 45-percentige room tusschen 13° en 28°, nadat deze room was verwarmd op 40° en daarna 21 uur lang op 12° was gehouden. Wegens de groote hoeveelheid andere bepalingen, die in éénzelfde melk moesten geschieden, is dit vroeger slechts voor enkele melken van tabel 17 van dit hoofdstuk uitgevoerd en wel met die van de nieuwmelksche koeien 33, W, 7 en 3, waarvoor resp. als „uitzetting” werd gevonden 160, 133, 137 en 153. De twee zeer slechte oproomers 33 en W hebben gemiddeld 147, de andere twee zeer goed oproomende melken gemiddeld 145 tot uitzetting, dus vrijwel hetzelfde. Bovendien, als we voor W en 7 de cijfers in de

¹⁾ l. c. blz. 83.

overige kolommen der tabel vermeld, vergelijken, dan zien we dat de viscositeit (uitvloeitijd), CaO -, P_2O_5 - en totaal-eiwitgehalte, enz. nagenoeg gelijk zijn, terwijl ook de frequentie der groote vetbolletjes, vroeger op resp. 0,134 en 0,132 bepaald, weinig uiteenloopt.

Toch is er een groot verschil in de oproomgraden, die 22 en 85 bedragen. Hier zouden dus de omstandigheden zeer gunstig zijn om den invloed van een nieuwe, niet in de tabel voorkomende eigenschap op het spoor te komen. Nu de uitzettingen van de 2 melken nagenoeg dezelfde blijken te zijn, kan dus althans dit verschil in oproomgraad niet door verschil in uitzetting worden verklaard.

De besproken cijfers van deze 4 melken, geven dus nog geen aanleiding om aan de uitzetting een belangrijken invloed op den oproomgraad toe te kennen, waarmee niet gezegd is, dat deze niet bestaat. De uitzettingscijfers wijzen alleen uit, dat de groote verschillen in oproomgraad bij de melken 33 en W tegenover 7 en 3 niet aan het verschil in uitzetting kunnen worden toegeschreven, en bevestigen opnieuw het vermoeden, dat er nog een of meer onbekende eigenschappen der melk voor zulke belangrijke verschillen in den oproomgraad verantwoordelijk moeten zijn.

Met het oog hierop zou het niet geheel onbelangrijk zijn te weten, of in het algemeen dergelijke eigenschappen, die den oproomgraad zoo sterk beïnvloeden, aan het vet of aan het plasma moeten worden toegeschreven.

Wanneer we van 2 soorten melk, met zeer uiteenlopenden oproomgraad de melkplasma's konden verwisselen, dan zouden ook de cijfers van den oproomgraad verwisseld worden, wanneer hoofdzakelijk in het plasma de, dezen factor bepalende, eigenschappen gelegen zijn.

Door de volgende proef kon dit gedeeltelijk verwezenlijkt worden. Er werden 2 melken uitgekozen met zeer uiteenlopenden oproomgraad (na 5 uur oproomen bij 7°):

No. I met den oproomgraad 26 en No. II met 83.

Beide melken werden afzonderlijk gecentrifugeerd, zoodat room met ongeveer 60 pct. vetgehalte ontstond. De room van I werd met centrifugemelk van II gemengd en nog eens gecentrifugeerd; de room werd op deze wijze als het ware uitgewasschen en bevrijd van niet-vet-bestanddeelen van I. Deze gewasschen room van I, weer van ongeveer 60 pct., werd nu met centrifugemelk van II gemengd in zoodanige verhouding, dat het vetgehalte ongeveer hetzelfde was als dat van melk I. Van deze melk, die we III zullen noemen, werd nu de oproomgraad bepaald; deze bleek 79 te zijn, dus vrijwel dezelfde als vroeger voor II was gevonden. Daar het vet van III hetzelfde was als van I, het plasma voor verreweg het grootste deel van II afkomstig was, moet dus de oorzaak van de goede oprooming hoofdzakelijk in het plasma van melk II worden gezocht.

Verder werd nu ook „gewasschen” room van II, (de goede op-

roomer), met centrifugemelk van I, (de slechte oproomer), gemengd in de goede verhouding, en van deze melk IV ook de oproomgraad bepaald. Ligt de invloed van de slechte oprooming van I aan het melkplasma, dan is nu te verwachten dat melk IV slecht zal oproomen. Inderdaad werd na 5 uur slechts een roomlaagje van enkele millimeters gevormd. Bij deze melken I en II zullen we dus waarschijnlijk de eigenschappen, die den oproomgraad beheerschen, hoofdzakelijk in het melkplasma hebben te zoeken.

HOOFDSTUK V.

Invloed van de zuurgraadsverandering der melk op de oprooming.

Bij de betrekkelijk kleine verschillen, welke de zuurgraad van verschillende melksoorten aanwijst, was het niet te verwachten, dat we bij de beschouwing van tabel No. 17 getroffen zouden worden door een zeker verband tusschen den zuurgraad en den oproomgraad.

Toch was het niet onwaarschijnlijk, dat een belangrijke wijziging van den zuurgraad, welke ingrijpende handeling in de melk steeds met eene aanzienlijke verschuiving der evenwichten bij melkbestanddeelen als eiwitverbindingen en phosphaten en met dispersiteitsverandering, gepaard zal gaan, ook een merkbare verandering van den oproomgraad ten gevolge zou hebben.

Om dit na te gaan werden een aantal oproomproeven verricht, waarbij door toenemende hoeveelheden melkzuur de zuurgraad van de melk werd verhoogd en bij een tweede reeks proefnemingen de zuurgraad door stijgende hoeveelheden natronloog werd verminderd.

Bij iedere reeks proeven werd er voor gezorgd, dat de totale hoeveelheid aan de melk toegevoegde vloeistof overal gelijk was; moest bijv. bij een reeks van 4 proeven achtereenvolgens 0, 6, 8 en 10 c.c. norm. melkzuur bij 4 porties melk van 1 L. worden gevoegd, dan werd bovendien resp. 40, 34, 32 en 30 c.c. water tegelijk met het melkzuur bij de melk gemengd. De toevoeging van loog geschiedde op dergelijke wijze.

In de tabellen 19 en 20 wordt dit niet telkens weer vermeld, maar alleen de toegevoegde hoeveelheid melkzuur of loog per L. melk aangeven. Niet vermeld is de hoeveelheid water, welke werd toegevoegd en waarmee de totale hoeveelheid vloeistof, welke telkens met de melk werd gemengd, voor ieder geval gelijk werd gemaakt.

Hetgeen direct in deze tabel opvalt, is de sterk verlagende invloed, die de toevoeging van melkzuur op den oproomgraad tengevolge heeft bij een matige verhooging van den zuurgraad. Dat de oorzaak hiervan niet aan eene viscositeitsvergroting is toe te schrijven is wel zeker, want we hebben ons door viscositeitsmetingen bij alle proeven daarvan overtuigd; de viscositeit steeg over het algemeen iets, doch zóó weinig, — hoogstens

4 sec. op een bedrag van ± 180 sec. voor den uitvloeitijd, — dat aan eene verklaring der geconstateerde groote oproomgraadsverlagingen door viscositeitstoename niet gedacht kon worden.

TABEL 19.

Herkomst van de melk.	Toevoeging aan de melk.	Zuurgraad per 100 c.c. melk. c.c.'s N/4 loog.	Totaal eiwitgehalte in pct.	Vet in de melk in pct.	Vet in de room in pct.	Vet in de onder melk in pct.	Oproomgraad na 5 uur bij 50°.
Nieuwmelksche koe No. 28. weidemelk.	geen melkzuur	6,1	—	3,30	20,4	1,70	54
	3 c.c. n. "	7,4	—	—	21,1	2,60	25
	5 " " "	8,2	—	—	—	3,15	5
Oudmelksche koe No. 4. weidemelk.	geen melkzuur	6,4	3,08	2,45	18,6	0,50	80
	4 c.c. n. "	7,8	—	—	18,5	0,60	79
Oudmelksche koe No. 4. weidemelk.	geen melkzuur	5,8	3,05	2,40	19,2	0,40	84
	6 c.c. n. "	8,2	—	"	18,8	0,75	74
	8 " " "	9,0	—	"	18,6	1,70	82
	10 " " "	9,8	—	"	—	—	± 5 1)
Oudmelksche koe No. 4. weidemelk.	geen melkzuur	6,2	2,92	2,35	18,8	0,55	82
	4 c.c. n. "	7,9	—	"	18,7	0,58	80
	6 " " "	8,8	—	"	16,5	1,12	59
	8 " " "	9,6	—	"	—	2,07	15
Nieuwm. koe No. 6. weidemelk.	geen melkzuur	6,6	—	3,30	21,0	0,70	80
	4 c.c. n. "	8,2	—	"	19,4	1,20	67
Nieuwmelksche koe No. 6. weidemelk.	geen melkzuur	7,3	2,82	2,30	19,9	0,45	83
	6 c.c. n. "	8,6	—	"	—	1,90	19
	8 " " "	9,8	—	"	—	—	± 10 1)
	10 " " "	10,3	—	"	—	—	± 5 1)
Nieuwmelksche koe No. 25. weidemelk.	geen melkzuur	5,4	2,66	3,00	19,6	0,70	77
	4 c.c. n. "	7,2	—	"	17,6	1,50	55
	6 " " "	8,2	—	"	16,9	2,40	22
	8 " " "	8,9	—	"	—	2,62	14
Gemengde melk van 14 koeien, nieuwmelksch, stalmelk.	geen melkzuur	7,3	2,60	2,85	20,8	0,75	77
	5 c.c. n. "	8,3	—	"	20,0	1,75	42
	10 " " "	10,9	—	"	20,7	2,05	30
	15 " " "	12,2	—	"	20,4	2,45	17

1) Deze cijfers zijn geschat wegens de geringe hoeveelheid analysemateriaal.

De werkelijke oorzaak, hoewel, zooals later zal blijken, waarschijnlijk tot een algemeen verschijnsel terug te brengen, is onbekend; ook het S. G. speelt geen rol, daar de veranderingen er van door melkzuurtoevoeging zich tot hoogstens 5 eenheden in de 4e decimaal beperken en meestal tot minder.

Wat de oproomgraadsverlaging bij „nieuwe”- en bij „oude” melk betreft, bij beiden is deze belangrijk, vooral bij toevoeging van 8 of meer c.c. norm. melkzuur per L. melk. Toch schijnt het, voor zoover het geringe aantal gevallen eene conclusie toelaat, alsof de oproomgraad van oudmelksche melk minder gevoelig is voor *kleine* melkzuurtoevoegingen dan die van nieuwmelksche melk. De verlaging van den oproomgraad is door toevoeging van 4 of 6 c.c. melkzuur bij de eerste soort melk kleiner dan door overeenkomstige toevoeging bij de laatste. Mogelijk staat dit eenigszins in verband met het eiwitgehalte der melken, dat, zooals bekend is en ook duidelijk blijkt uit tabel No. 17, voor oudmelksche melk meestal hoger is dan voor nieuwmelksche.

In de tabel No. 19 zijn met het oog hierop de eiwitgehalten der melk, waaraan slechts eenig water (doorgaans 4 pct.) was toegevoegd, aangegeven. Bij enkele monsters is deze bepaling toevalligerwijze verzuimd.

Over het algemeen schijnt, in overeenstemming met hetgeen reeds over oud- en nieuwmelksche melk en den oproomgraad is gezegd, een hoog eiwitgehalte gepaard te gaan met een minder sterk verlagenden invloed van *kleine* hoeveelheden melkzuur op den oproomgraad.

Uit de volgende tabel No. 20 blijkt de invloed van natronloog op de oprooming.

In tegenstelling met de vorige proef, waarbij gebleken was, dat de toevoeging van melkzuur de viscositeit practisch niet veranderde, neemt bij de toevoeging van loog de viscositeit der melk sterk toe. We dienen bij de beoordeeling der cijfers van tabel 20 dus wel degelijk hiermee rekening te houden; daarom zijn de uitloei tijden bij 9°, die wegens de uiterst kleine veranderingen van het S. G. der melk door de loogtoevoeging, als met de viscositeiten evenredig beschouwd mogen worden, in de tabel opgenomen.

Wanneer de verlaging van den zuurgraad der melk door loogtoevoeging geen ander effect had dan een flinke viscositeitsverhoging, dan zouden we daardoor bij alle melken een belangrijke afname van den oproomgraad kunnen verwachten, en min of meer evenredig aan die verhoging der viscositeit.

TABEL 20.

Herkomst van de melk.	Toevoeging aan de melk.	Zuurgraad per 100 c.c. melk. c.c.'s N/4 loog.	Totaal eiwit-gehalte in pct.	Uit-vloei-tijd bij 90 in sec.	Vet in de melk in pct.	Vet in de room in pct.	Vet in de onder-melk in pct.	Oproom-grad na 5 uur bij 90.
Oudmelksche koe No. 33, weidemelk.	geen loog	5,5	2,82	186	2,90	17,5	1,90	37
	6 c.c. n. „	3,1	—	201	„	16,1	1,70	48
	8 „ „ „	2,4	—	206	„	15,5	1,55	52
	10 „ „ „	1,7	—	220	„	14,6	1,50	55
Oudmelksche koe No. 28, weidemelk.	geen loog	5,2	2,69	185	3,20	17,9	1,15	68
	6 c.c. n. „	2,8	—	201	„	16,4	1,25	66
	10 „ „ „	1,4	—	228	„	15,5	1,10	71
	14 „ „ „	0,2	—	271	„	13,7	1,20	69
Nieuwmelksche koe No. 9, stalmelk.	geen loog	5,4	2,45	178	3,15	22,7	0,50	86
	5 c.c. n. „	3,7	—	186	„	21,8	0,90	74
	10 „ „ „	2,1	—	200	„	20,9	1,80	48
	15 „ „ „	0,3	—	231	„	19,8	1,95	43
Nieuwmelksche koe No. 7, stalmelk.	geen loog	4,4	2,43	178	2,80	18,6	0,60	81
	5 c.c. n. „	2,5	—	188	„	15,8	0,35	88
	10 „ „ „	1,0	—	203	„	14,0	0,80	75
	15 „ „ „	— 0,3	—	245	„	15,2	1,35	56
Nieuwmelksche koe No. 14, stalmelk.	geen loog	5,5	3,09	196	3,40	17,1	0,75	80
	5 c.c. n. „	3,9	—	211	„	15,2	1,05	74
	10 „ „ „	2,1	—	237	„	13,8	1,10	71
	15 „ „ „	0,6	—	300	„	13,2	1,15	73
Gemengde melk van 14 koeien, nieuwmelksch, stalmelk.	geen loog	6,2	2,61	176	2,85	20,8	0,75	76
	5 c.c. n. „	4,6	—	183	—	20,7	0,90	71
	10 „ „ „	2,7	—	195	—	19,3	1,40	56
	15 „ „ „	1,0	—	220	—	18,5	1,40	54

Zooals we uit de cijfers van de laatste kolom van tabel 20 kunnen zien is dit niet overal het geval. Bij de nieuwmelksche melken is, althans bij toevoeging van minstens 10 c.c. norm. loog, wel steeds een verlaging van den oproomgraad te constateeren, doch deze verandering is allermint evenredig aan de verhooging der viscositeit. Bij de melk van koe 14 bijv. is de verlenging van den uitvloctijd door 15 c.c. loogtoevoeging 104 sec., bij de melk van koe 9 slechts 53 sec.; toch is de verlaging van den oproomgraad bij de eerste 7 en bij de tweede 43. De zuurgraadsverlaging is bij beide monsters ongeveer evengroot. We moeten dus wel aannemen, dat de toevoeging van gelijke hoeveelheden loog bij deze monsters een of andere eigenschap der melk, welke aan beide monsters in verschillende mate toekomt, en die in verband staat met den oproomgraad, zoodanig wijzigt, dat daardoor de oproomgraad in verschillende mate verandert. Of deze eigenschap een der ons bekende is, of nog moet gevonden worden, blijkt natuurlijk uit dit beperkte onderzoek, waarop tabel 19 betrekking heeft, niet. Het vrij belangrijke verschil in eiwitgehalte der monsters 14 en 9 zou kunnen doen vermoeden, dat het eiwitgehalte bij het ongelijke effect der loogtoevoeging op den oproomgraad een rol speelt; zekerheid hierover zou slechts door een omvangrijk onderzoek kunnen worden verkregen.

Veel grooter nog wordt het verschil in uitwerking door de loogtoevoeging, wanneer we de veranderingen van den oproomgraad bij een der 2 monsters oudmelksche melk uit de tabel vergelijken met die van een der nieuwmelksche melken.

Bij de melk van koe 33 is de loogtoevoeging zelfs oorzaak geweest van een niet onbelangrijke toename van den oproomgraad. Ook bij de melk van de oudmelksche koe 28 is geen geregelde teruggang van den oproomgraad bij toenemende loogtoevoeging te constateeren; de oproomgraad verandert hier zoo goed als niet, niettegenstaande een zeer belangrijke viscositeitstoename. Bij deze 2 melken schijnt het wel of de verandering van den zuurgraad door toevoeging van 10 c.c. loog behalve eene viscositeitsverhooging nog een verandering van een of meer eigenschappen der melk teweeg brengt, die zonder die viscositeitsverhooging een sterke verhooging van den oproomgraad ten gevolge zou hebben gehad en waarvan het effect op de melk van No. 33 blijkbaar sterker is dan op de melk van 28, met als gevolg een merkbare verbetering van de oprooming bij No. 33.

Het ligt in de bedoeling om deze resultaten, waarvan vooral het laatste nog slechts als eene aanwijzing mag worden beschouwd, als uitgangspunt voor een nader onderzoek te gebruiken, omdat het misschien de mogelijkheid zou openen, om op eenvoudige wijze de oprooming te vertragen of te bevorderen in gevallen, waar dat gewenscht zou zijn.

HOOFDSTUK VI.

Aggregaatstoestand van het melkvet en oproomings-temperatuur in verband met den oproomgraad.

Het scheen gewenscht om het bekende paradoxale verschijnsel, dat de oprooming bij lagere temperatuur meestal beter verloopt dan bij hoogere — wanneer althans, zooals bij de oprooming volgens het Friesche systeem, de melk na voorwarmen snel wordt afgekoeld en te roomen gezet — nader te leeren kennen door een uitgebreid quantitatief onderzoek, dat zich over melk van afzonderlijke koeien, zoowel als over gemengde oud- en nieuwmelksche melk zou uitstrekken. Tevens was dan na te gaan, wat de rol is, die de aggregaatstoestand van het melkvet bij het op verschillende wijze geleide oproomingsproces vervult, waarbij het noodig zou zijn, ook van melk met melkvet, dat opzettelijk in den vasten toestand was gebracht, den oproomgraad te bepalen.

Van een negental melken werd alleen dit laatste punt onderzocht; bij de overige 15 monsters werd, behalve de oprooming van de melk met vast vet, ook de oproomgraad van de vóórgewarmde en snel gekoelde melk bij 2 of 3 temperaturen bepaald, waardoor in een aantal gevallen de invloed van temperatuur en van aggregaatstoestand afzonderlijk kon worden beoordeeld.

Het onderzoek van melk met vast vet geschiedde, door de melk 24 uur van te voren in ijs te plaatsen, waarbij aangenomen kan worden, dat de bolletjes binnen dat tijdsverloop allen in den vasten toestand over zijn gegaan, zooals één onzer vroeger heeft aangetoond ¹⁾

De parallelbepalingen met één soort melk bij 5°, 12° en 20° geschieden op den zelfden dag in 2 verschillende vertrekken; de oproomingen bij 5° en 12° geschieden in een warm vertrek in thermostaten onder toevloeiing van koud water met behulp van den Foote'schen reguleur; de oproomingen bij 20° werden in een koud vertrek in een verwarmden thermostaat met toluolkwik-reguleur verricht.

Behalve de oproomgraad is, overal waar dat mogelijk was, in tabel No. 21 het vetgehalte van den room aangegeven, omdat zich daarbij ook opmerkelijke verschillen voordoen. Er zij hier nadrukkelijk op gewezen, dat *alle* cijfers van éénzelfden regel van tabel 21 betrekking hebben op éénzelfde melk, op één dag gemolken, en dus alle onderling direct vergelijkbaar zijn.

¹⁾ Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations No. XVI, blz. 7.

TABEL 21.

		Melk met aanvankelijk vloeibaar vet.								Dezelfde melk met vast vet.							
I.	II.	III.				IV.				V.				VI.			
N ^o .	Melksoort.	Oproomgraad				Vetpercentage room				Oproomgraad				Vetpercentage room			
		50	70	120	200	50	70	120	200	50	70	120	200	50	70	120	200
1	Nieuwmelkch.	89	—	67	—	16,1	—	19,7	—	57	—	52	—	10,2	—	13,8	—
2	"	80	—	62	—	16,5	—	18,8	—	0	—	57	—	—	—	12,5	—
3	"	85	—	38	—	21,2	—	22,4	—	53	—	41	—	15,4	—	18,6	—
4	"	83	—	—	± 8	22,2	—	—	—	49	—	—	21	16,3	—	—	22,9
5	"	—	—	—	—	—	—	—	—	54	—	44	—	12,2	—	16,0	—
6	"	—	—	—	—	—	—	—	—	45	—	31	—	13,7	—	16,2	—
7	"	—	—	—	—	—	—	—	—	52	—	41	—	12,7	—	16,0	—
8	"	—	—	—	—	—	—	—	—	63	—	64	—	16,7	—	22,1	—
9	"	—	—	—	—	—	—	—	—	48	—	36	—	14,1	—	19,5	—
10	"	—	—	—	—	—	—	—	—	54	—	51	—	11,8	—	16,2	—
11	"	—	—	—	—	—	—	—	—	56	—	47	—	12,6	—	15,4	—
12	"	—	—	—	—	—	—	—	—	56	—	30	—	14,4	—	16,2	—
13	"	—	79	—	± 5	—	23,9	—	—	—	41	—	± 8	—	15,4	—	—
14	"	—	87	—	± 8	—	21,8	—	—	—	46	—	21	—	13,1	—	22,6
15	"	—	62	—	± 9	—	22,1	—	—	—	48	—	11	—	17,0	—	24,1
16	Nieuw- en oudmelkch (gem.)	77	—	43	18	19,5	—	19,5	22,0	51	—	48	41	13,4	—	17,1	21,5
17	"	57	—	30	19	16,5	—	16,6	21,3	0	—	34	39	—	—	12,1	19,6
18	"	—	80	—	18	—	21,2	—	20,7	—	47	—	35	—	12,7	—	22,0
19	"	—	82	—	22	—	20,4	—	26,2	—	50	—	45	—	11,9	—	22,2
20	"	—	84	—	33	—	21,3	—	24,9	—	60	—	—	—	14,2	—	—
21	Oudmelkch.	—	—	—	—	—	—	—	—	54	—	49	—	14,3	—	17,8	—
22	"	69	—	47	33	13,8	—	14,1	20,3	0	—	48	43	—	—	10,4	18,3
23	"	—	78	—	30	—	18,2	—	21,4	—	47	—	42	—	10,1	—	19,6
24	"	—	73	—	38	—	10,7	—	17,0	—	56	—	54	—	9,7	—	19,4

De melken 1, 2, 5, 6, 7, 8, 11, 12 en 21 zijn afkomstig van afzonderlijke koeien, de andere van 4 of meer tegelijk.

Al de oproomingen werden in de reeds vroeger (Hoofdstuk II) beschreven oproomcylinders met een melklaag van ± 26 c.M. uitgevoerd en duurden steeds 5 uur. Een uitzondering hierop maakten de proeven met de melken 15, 20 en 24, die in cylinders van bijna de dubbele lengte werden uitgevoerd en 10 uren voor den oproomtijd in beslag namen; deze proeven werden genomen om ook eens enkele cijfers te verkrijgen volgens een methode, welke, wat dikte der melklaag en oproomtijd aangaat,

meer met de werkwijze der zuivelfabrieken, welke het Friesche systeem volgen, overeenkomt.

Bepalen we ons, bij de beoordeeling der cijfers van tabel 21, aanvankelijk tot de vóórgewarmde melk, dus tot die gevallen, waar het melkvet bij het begin van de oprooming nog bijna geheel in den vloeibaren toestand verkeert, dan zien we, dat het in de praktijk bekende verschijnsel van betere oprooming bij lagere dan bij hoogere temperatuur, door deze quantitatieve proeven zeer duidelijk tot uitdrukking komt (zie kolom III van de tabel).

Zoowel bij nieuwmelksche en oudmelksche melk als bij een mengsel van deze twee, is zonder uitzondering de oproomgraad bij 5° of 7° aanzienlijk hooger dan bij 12° en de oproomgraad bij 12° weer hooger dan bij 20°. (Toch schijnt er in dit opzicht nog wel eenig verschil te bestaan tusschen de melk van nieuw- en oudmelksche koeien, daar bij 20° de oproomgraad van nieuwmelksche melk opvallend laag is, lager dan bij oudmelksche of gemengde melk).

Deze feiten zijn in overeenstemming met de veronderstelling, in de inleiding besproken, dat de kristallisatiewarmte van het vet bij de oprooming een rol zou spelen, daar bij de laagste temperatuur de vastwording natuurlijk het krachtigst verloopt en in een bepaalden tijd de meeste warmte wordt ontwikkeld.

Bij 20° zal in den regel, zooals vroeger ¹⁾ is aangetoond, de kristallisatie van het melkvet niet of zoo langzaam plaats hebben, dat deze op de oprooming, die bij de proeven doorgaans 5 uur duurde, geen invloed kan uitoefenen.

We zien dus uit deze proeven bij 20°, dat de oprooming van melk met vloeibaar vet, niettegenstaande de viscositeit bij die temperatuur betrekkelijk laag is, niet gunstig verloopt, vooral bij melk van nieuwmelksche koeien.

Gaan we nu over tot de beschouwing der cijfers van de 5e kolom van tabel 21, waar we te doen hebben met de oprooming van melk met vast vet, dat ook tijdens de oprooming in diem toestand blijft, dan zijn we in staat uit die cijfers nadere conclusies te trekken ten opzichte van de vraag, die zich voordoet of de zoo juist besproken betere oprooming van de melk met aanvankelijk vloeibaar vet bij lagere dan bij hoogere temperatuur geheel aan de kristallisatiewarmte zal moeten worden toegeschreven, of dat er nog andere factoren in het spel zijn, die mogelijk toch nog de hoofdrol zouden spelen.

In de eerste plaats blijkt, dat de aggregaatstoestand als zodanig eenigen invloed heeft op den oproomgraad, want bij 20° zien we, dat zonder uitzondering de melk beter oproomt, wanneer het vet vast is, dan wanneer het in vloeibaren toestand verkeert, en dat dit zoowel voor nieuw- als oudmelksche melk doorgaat; zeer duidelijk is dit b.v. voor melk No. 4, 14, 16, 19 en 24. Dus

¹⁾ 1 c., blz. 9 en 11.

ook het feit, dat gedurende de oprooming met *voórgewarmde* melk bij 5° gemiddeld meer vetbolletjes met vast vet zullen voorkomen dan bij 12°, zal als zoodanig een geringe bevordering van de oprooming bij 5° in vergelijking met die bij 12° tengevolge kunnen hebben.

Uit kolom V blijkt verder, dat in den regel ook bij melk met *vast* vet de oprooming bij lagere temperatuur beter gaat dan bij hogere, een verschijnsel, dat, hoewel in mindere mate optredend dan bij de *voórgewarmde* melk, en ook enkele uitzonderingen vertoonend, toch als een algemeen verschijnsel mag worden opgevat en evenmin als het vorige *à priori* te verwachten was, daar het verschil in viscositeit der melk juist het tegengestelde effect zou doen verwachten.

Als dus aan temperatuurverschillen, met uitsluiting van daarmee dikwijls samenhangende wijziging van den aggregaatstoestand en optredende kristallisatiewarmte, nog een onverklaarde invloed op den oproomgraad moet worden toegeschreven, in dien zin, dat bij lagere temperatuur, niettegenstaande de grootere viscositeit, de oprooming beter verloopt dan bij hogere, dan zal hierdoor *ook* bij de *voórgewarmde* melk een deel van het verschijnsel der betere oprooming bij lagere temperatuur kunnen worden veroorzaakt.

Uit eene vergelijking echter van de oproomgraden bij 5° of 7° verkregen voor melk met aanvankelijk vloeibaar, met die voor melk met vast vet gevonden (dus door vergelijking van de cijfers in de eerste verticale reeks van kolom III en V of van die in de tweede verticale reeks der kolommen), blijkt, dat *hier* verschillen in temperatuur en in aggregaatstoestand niet de verklaring kunnen geven van de gunstige oprooming bij 5° of 7° van de voorgewarmde melk in vergelijking met de oprooming van de melk met vast vet. Want bij die cijfers is elke temperatuursinvloed uitgesloten, daar we gelijke temperaturen vergelijken. Daar verder volgens het voorgaande de aggregaatstoestand van zulk een invloed is, dat melk met vloeibaar vet slechter oproomt dan melk met vast vet, was te verwachten, dat de oproomgraad bij 5° van de voorgewarmde melk lager zou zijn dan van de melk met vast vet. Juist het tegengestelde blijkt het geval te zijn, zoodat er nog een krachtige invloed moet bestaan, die in tegengestelden zin als de invloed van den aggregaatstoestand, en sterker dan deze, tot uitwerking komt.

De betere oprooming bij 5° van voorgewarmde melk ten opzichte van die met vast vet, is dus waarschijnlijk op rekening te stellen van de kristallisatiewarmte, of andere oorzaken, die met de kristallisatie van het melkvet in verband staan ¹⁾.

Evenzoo zal, door aan te nemen, dat het een dergelijke factor is, die bij de voorgewarmde melk zulk een belangrijke rol speelt, dat daardoor te zamen met den invloed door temperatuurverschil

¹⁾ Zie hierover ook hoofdstuk VIII.

en door verschil in aggregaats-toestand, de in tegengestelden zin werkende invloed der grootere viscositeit wordt overwonnen, bij de voorgewarmde melk de zooveel betere oprooming bij *lagere* dan bij *hoogere* temperatuur moeten worden verklaard.

Dat er bij de oprooming van melk met vast vet zich bij 5° gevallen voordoen, waarbij het niet tot de vorming van een roomlaag komt, zooals bij de melken No. 2, 17 en 22 het geval is, kan aannemelijk gemaakt worden door de overweging, dat bij 5° de viscositeit bij sommige melken zóó hoog kan worden, dat daardoor en door het ontbreken van een bevorderenden invloed van de kristallisatiewarmte, geen room van zóó hoog vetgehalte zich kan vormen, dat het tot afscheiding van een roomlaag komt. Bij melk 17 met vast vet werd voor de bovenste melklaag ter dikte van 2 c.M. na 5 uur oprooming bij 5° een vetgehalte geconstateerd van 7,4 pct., blijkbaar te laag om een roomlaag te kunnen vormen, want het laagste geconstateerde vetgehalte van een geïsoleerde roomlaag, dat we bij dit onderzoek ooit aantreffen, was 10,1 pct. Dit verschijnsel van het soms niet tot stand komen van een roomlaag en vooral het voorkomen van steeds veel lagere oproomgraden bij 5° of 7°, bij melk met vast vet dan bij melk, die vóórgewarmd is, kan als een quantitatieve bevestiging van reeds in de praktijk bekende verschijnselen worden beschouwd. De groote verschillen in oproomgraad, bij dit onderzoek aan het licht gekomen, wijzen er op, hoe belangrijk de oprooming van melk, waarvan in den winter het vet vast is geworden, moet ten achterstaan bij de oprooming van dezelfde melk, wanneer die kort voor de oprooming op 40° wordt verwarmd en snel wordt afgekoeld tot de oproomingstemperatuur. Ook blijkt uit het onderzoek, dat men goed zal doen, vooral in tijden van het voorkomen van traag oproomende melk, de oproom-temperatuur niet te hoog te kiezen. De melk bij 12° latende oproomen zou men (volgens de gevonden cijfers in de 3e verticale reeksen van kolom III en V) geen voordeel behalen door de melk, waarvan het vet in hoofdzak vast was, eerst op 40° te verwarmen. De oproomcijfers bij melk met vast vet zijn bij 12° zelfs wel eens hooger gevonden dan bij vóórgewarmde melk.

Een oproomtemperatuur van, in den beginne althans, 5° of 7° is in elk geval, waarbij men zooveel mogelijk room wil nemen, aan te raden; ook als men niet in de mogelijkheid mocht verkeerren om de melk waarvan het vet vast was geworden, eerst vóór te warmen, geeft eene oprooming bij 5° doorgaans betere resultaten dan bij 12°, hetgeen men allicht niet zou verwachten.

Dat men in de praktijk de diep afgekoelde melk in de oproombakken langzamerhand iets op laat loopen in temperatuur is geen bezwaar, daar ook volgens onze waarnemingen in de oproomcylinders de roomlaag onder deze omstandigheden reeds hoofdzakelijk in de eerste uren wordt gevormd.

Ook bij de cijfers voor de vetpercentages van de room in kolom IV en VI van tabel 21 zijn bij de verschillende wijzen van

oprooming eenige karakteristieke verschillen waar te nemen. Zoo-wel bij de melken met vast als met vloeibaar vet wordt bij lagere temperatuur bijna steeds minder vette room verkregen dan bij hooge; de roomlaag is losser van bouw bij lage temperatuur, de vetbolletjes of aggregaten kunnen elkaar blijkbaar dan niet zoo goed dicht naderen; misschien dat de grootere viscositeit van het melkplasma, dat zich in de zich vormende room tusschen de vetbestanddeelen bevindt, een verder aaneensluiten daarvan tegenwerkt.

Dat het roomvetpercentage bij elke melk zooveel hooger wordt gevonden wanneer de melk vóórgewarmd is, dan wanneer het vet in vasten toestand verkeert, vooral wanneer de oprooming bij 5° of 7° plaats heeft, zou, wanneer de vorige veronderstelling juist was, ook verklaarbaar worden, daar bij de eerste methode van oproomen de kristallisatiewarmte, die vooral de onmiddellijke omgeving der vetbolletjes of aggregaten in temperatuur doet stijgen, allicht eenige vermindering der viscositeit van het daar tusschen gelegen melkplasma zal bewerkstelligen. Vooral wanneer bij snelle roomvorming in de voorgewarmde melk, dus bij lage temperatuur, de ontwikkeling der kristallisatiewarmte bij het begin van de afscheiding der roomlaag nog niet is beëindigd, zal daardoor tengevolge van viscositeitsvermindering eene contractie der roomlaag in de hand worden gewerkt en een hooger vetpercentage het gevolg zijn dan wanneer dezelfde melk bij dezelfde temperatuur oproomt, maar het vet zich van te voren reeds in vasten toestand bevond. Het spreekt vanzelf, dat met de veronderstelling van den viscositeitsinvloed geen aanspraak wordt gemaakt op eene afdoende verklaring der feiten, daar zij niet steunt op quantitative waarnemingen en het er juist op aan komt, hoeveel de viscositeit wordt gewijzigd door de temperatuurverschillen en de kristallisatiewarmte, en of deze wijziging voldoende is om een contractie van de roomlaag merkbaar te bevorderen.

Teelichting bij de photographische opnamen I t/m VI.

Om de roomlaag goed zichtbaar en reproduceerbaar te maken werd aan de melk 1 pct. van een geconcentreerde alcoholische Sudan-oplossing toegevoegd. Deze roode kleurstof heeft de eigenschap zeer gemakkelijk in het melkvet op te lossen en zeer moeilijk in de andere melkbestanddeelen. De intensiteit van de kleur is daarom min of meer evenredig aan het vetgehalte van den room of de ondermelk; men kan bij directe beschouwing, en ook wel eenigszins op de photo's, dus tegelijk een indruk krijgen van de dikte der roomlagen en het vetgehalte daarvan, (vooral wanneer men de verschillende cylinders met elkaar vergelijkt), en zich zoo een vrij volledig oordeel vormen over den oproomgraad.

De photo's I, II en III geven den toestand van oprooming weer 1½ uur na het begin van de oprooming van resp. I: gemengde

oud- en nieuwmelksche melk; II: nieuwmelksche en III: zeer oudmelksche melk. De 2 eerste cylinders van elke proef hebben $1\frac{1}{2}$ uur in een ruimte gestaan, die zoo goed mogelijk op 7° was gehouden, de 3e en 4e cylinder bevatten dezelfde melk die $1\frac{1}{2}$ uur bij $\pm 20^{\circ}$ heeft staan te roomen.

De melk van cylinder 1 en 3 was vóórgewarmd op 40° , die van 2 en 4 had 24 uur in ijs gestaan en was daarna op resp. 7° en 20° gebracht, het melkvet is daar dus in vasten toestand aanwezig. Op alle drie photo's is reeds na $1\frac{1}{2}$ uur duidelijk het verschil te zien tusschen de oprooming bij 7° en die bij 20° bij de vóórgewarmde melk (cylinders 1 en 3). Overal is bij 7° een flinke roomlaag gevormd; bij 20° heeft alleen de oudmelksche melk (III) een roomlaag van eenige beteekenis, de cylinders 3 van I een II vertoonen slechts een zeer dun, doch scherp afgescheiden en donker getint roomlaagje van hoog vetgehalte.

Vergelijken we verder de cylinders 1 en 2 met elkaar, dan zien we op alle drie photo's, dat de oprooming bij 7° van de melk met vloeibaar vet vrij wat beter gaat dan de melk met vast vet; de roomlaag is niet alleen dikker maar ook hooger in vetgehalte, hetgeen uit de scherpere afscheiding en uit de donkerder tint is af te leiden. Dit alles is in overeenstemming met hetgeen voor de oprooming na 5 uur was gevonden (zie tabel No. 21). Dat de roomlaag met vast vet bij de oudmelksche melk (III, 2) bij 7° zoo onbeduidend is na $1\frac{1}{2}$ uur oproomen en veel dunner dan bij 20° (III, 4) kan komen doordat de viscositeit in deze zeer oudmelksche melk zeer groot is, we hebben dan het verschijnsel, dat we na 5 uur oproomen voor No. 22 van tabel No. 21 bij 5° zagen gebeuren in nog sterkere mate, waarvan een oproomgraad 0 het gevolg was.

De vroeger besproken invloed van den aggregaatstoestand op de oprooming blijkt ook hier reeds zichtbaar te zijn, de bij 20° gevormde roomlaag van de cylinders 3 en 4 is bij alle 3 melksoorten het grootst voor de melk met vast vet (cylinder 4), zooals vroeger ook werd gevonden.

De invloed van temperatuursverschillen op de oprooming (met uitsluiting van de er dikwijls mee samenhangende kristallisatie-warmte en wijziging van aggregaatstoestand) is bij de oprooming van de nieuwmelksche melk (II) en van de gemengde melk (I) waarneembaar door vergelijking van de cylinders 2 en 4, de oprooming voorstellende van melk met vast vet bij 7° en 20° , waar de roomlaag in cylinder 2 veel dikker is dan in 4. Dat de room van I, 4, bij 20° gevormd, zooveel vetter is dan van I, 2, die bij 7° was ontstaan, blijkt de veel scherpere afscheiding en donkerder tint, is in overeenstemming met hetgeen volgens tabel 21 vroeger gevonden was bij gemengde oud- en nieuwmelksche melk met vast vet. Na 5 uur was de bij 20° gevormde room soms bijna tweemaal zoo hoog in vetgehalte als de room, die bij 7° was ontstaan.

De photo's IV, V en VI kunnen een indruk geven van het

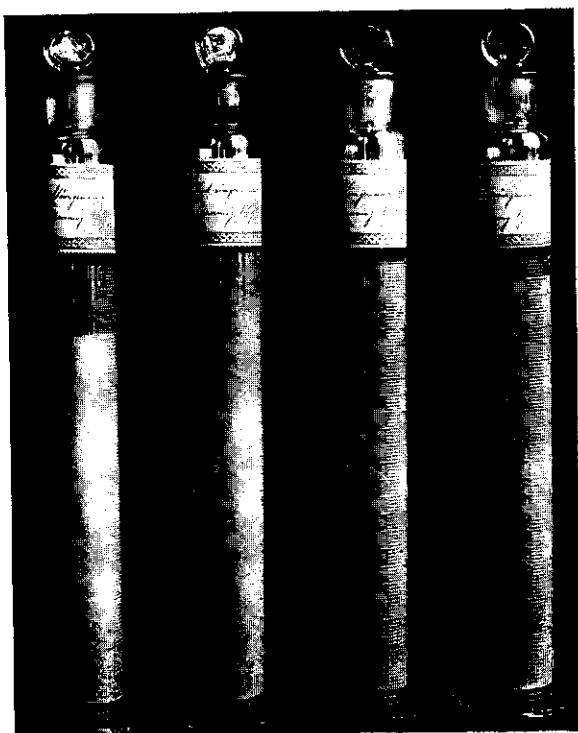


Fig. I.

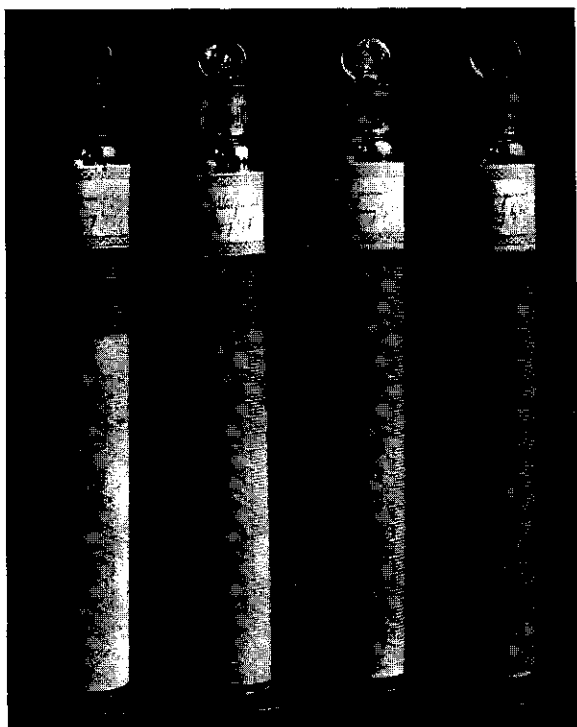


Fig. II.

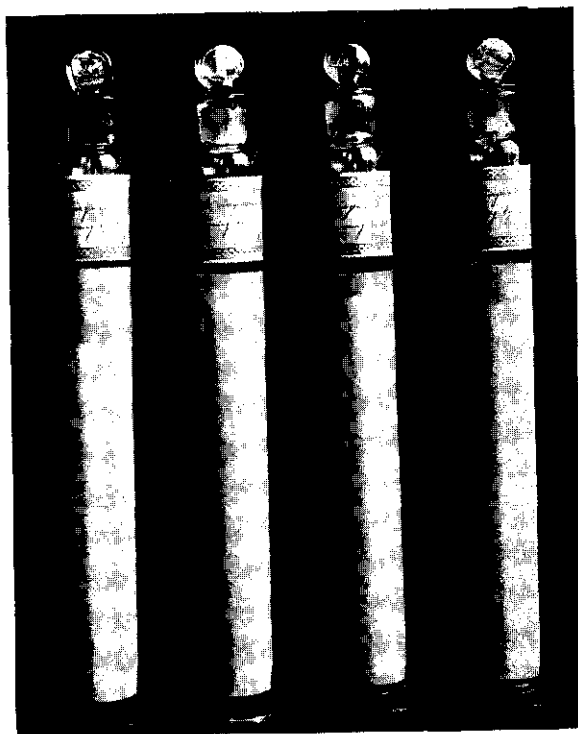


Fig. III.

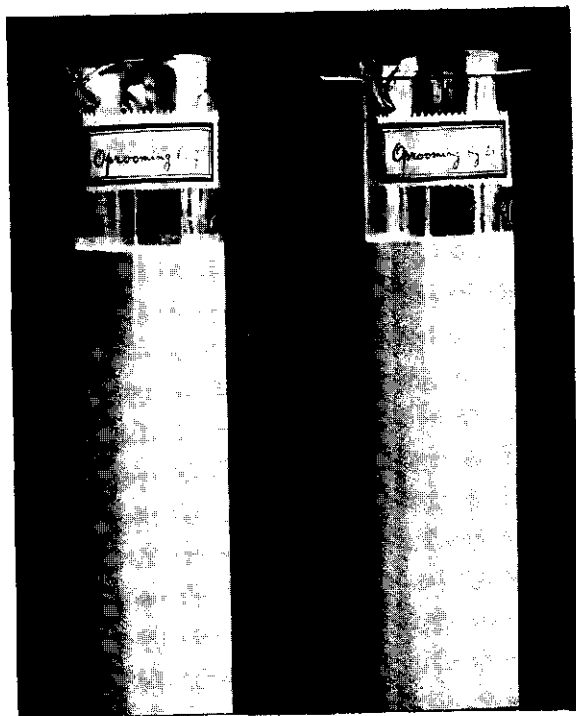


Fig. IV.

grootte verschil in karakter van oprooming, in de wijze, waarop de roomlaag gevormd wordt in de vóórgewarmde melk bij 7° en bij 20°, waarop reeds FLEISCHMANN¹⁾ de aandacht heeft gevestigd.

De proef is genomen met gemengde oudmelksche melk, waarbij ± 1 pct. Sudan-oplossing was gevoegd en die voor de oprooming op 40° werd verwarmd. Een deel werd snel afgekoeld tot 7° een ander deel tot 20° en elk in een der 2 cylinders 1 en 2 gegoten. De cylinders werden in ruimten van overeenkomstige temperatuur te roomen gezet en na een bepaalden tijd snel gefotografeerd en weer in de ruimten van 7° en 20° geplaatst ter verdere oprooming. Zoo werden de 3 photo's IV, V en VI verkregen, die de oprooming na 50 min., 1 uur 20 min. en 2 uur 20 min. weergeven. Men ziet nu het volgende: Na 50 min. (Fig. IV) is er bij 7° (cylinder 1) nog geen scherp afgescheiden roomlaag gevormd, men ziet hoogstens een schaduwwachtig verschijnsel boven in den cylinder, dat wijst op een toename van het vetgehalte zonder roomafscheiding. Bij de melk in cylinder 2 is reeds een zeer dun doch scherp afgescheiden roomlaagje te zien. Na 1 uur 20 min. (Fig. V) heeft zich in cylinder 1 bij 7° een dikke roomlaag eenigszins onscherp afgescheiden; het vetgehalte is blijkbaar niet hoog, veel lager dan bij 20° in cylinder 2, waar het roomlaagje nu wat dikker is geworden.

Na 2 uur 20 min. (Fig. VI) is de vorming van de roomlaag bij 7° geheel tot stand gekomen (cylinder 1); het vetgehalte is nu blijkbaar veel hooger dan 1 uur te voren, doch de dikte van de roomlaag, na de afscheiding nog sterk in vetgehalte toenemend, dikker geworden zonder blijkbaar veel in concentratie veranderd te zijn.

Het verschil in karakter van de oprooming bij 7° en 20° komt dus vooral uit in de plotselinge vorming bij 7° van een dikke roomlaag, na de afscheiding nog sterk in vetgehalte toenemend, tegenover de terstond beginnende roomlaagvorming bij 20°, waar dus het aanvankelijk uiterst dunne laagje geleidelijk in dikte toeneemt, maar zonder zooveel in vetgehalte toe te nemen als de room, bij 7° gevormd.

De oproomgraad, die in de eerste uren bij 20° die bij 7° kan overtreffen, valt ten slotte voor de oprooming bij 20° aanzienlijk kleiner uit, zooals uit Fig. VI duidelijk is te zien.

HOOFDSTUK VII.

De stijgsnelheid der afzonderlijke vetbolletjes in verband met den oproomgraad.

Algemeen wordt aangenomen, dat de grootte der vetbolletjes in verband staat met den oproomgraad, zoodat dan ook b.v. het dikwijls slecht oproomen van melk van oudmelksche koeien, be-

¹⁾ FLEISCHMANN, Lehrbuch 8e Aufl., S. 222.

halve aan de groote viscositeit der melk, ook aan het hooge gehalte aan kleine vetbolletjes wordt toegeschreven ¹⁾).

Aan deze meening ligt blijkbaar de gedachte ten grondslag, dat de bolletjes, althans grootendeels, *afzonderlijk* opstijgen, en dat de snelheid, waarmee ze dat doen, in hooge mate afhankelijk is van hun diameter, daar de wrijving, welke zij in het melkplasma ondervinden, evenredig is aan hun oppervlak, en de massa der bolletjes, waaraan de opwaarts gerichte kracht evenredig is, bij de kleine bolletjes in veel ongunstiger verhouding staat tot hun oppervlak dan bij de groote. De wrijving per massa-eenheid is bij de kleine bolletjes veel aanzienlijker dan bij de groote.

Maar bij de beoordeeling van de grootte van den invloed, die de afmetingen der bolletjes kunnen hebben, doen zich nog twee vragen voor. 1°: is het verschil tusschen de frequenties der vetbolletjes bij oud- en nieuwmelksche melk wel zóó groot, dat daardoor de oproomgraad belangrijk kan worden beïnvloed? Wanneer we de frequentiekrommen 2 en 3 van Hoofdstuk III der oud- en nieuwmelksche mengmelken nog eens beschouwen, dan krijgen we dien indruk niet. Wel is de frequentie der bolletjes met een diameter kleiner dan 3μ wat grooter bij de oudmelksche melk, maar men ziet toch direct uit den loop der frequentiecurven, dat het bedrag waarmee het aantal van die kleine bolletjes bij de „oude” melk dat van de „nieuwe” melk overtreft, vergeleken met het totaal aantal bolletjes niet van veel beteekenis is.

Het is dus, althans bij de oud- en nieuwmelksche melk, waarop de graphische voorstellingen betrekking hebben, niet waarschijnlijk, dat het verschil in het aantal der kleine bolletjes van veel invloed zal zijn op den oproomgraad, al zou ook van het geheele aantal kleinere bolletjes, bij de oude melk méér aanwezig, het grootste deel niet in de roomlaag terecht komen. Voor de frequentie der grootste vetbolletjes geldt iets dergelijks; ook daar kan de invloed niet zeer groot zijn.

In de tweede plaats doet zich de vraag voor: Hoe staat het met de stijgsnelheid der afzonderlijke vetbolletjes? Is deze van zoodanigen aard, dat daarmee een niet verschijnen der kleinere vetbolletjes in de roomlaag onder de gebruikelijke omstandigheden en een gedeeltelijk wél bereiken van die laag door de grootere vetbolletjes in overeenstemming zou zijn?

Om die vraag te beantwoorden, zou men kunnen gebruik maken van de formule van STOKES: $r^2 = \frac{\eta}{\Delta \cdot g} v$, die verband legt tusschen den straal r en de snelheid v van een zich in een vloeistof met de viscositeit η bewegend bol, als Δ het verschil in densiteit voorstelt van den bol en de vloeistof, waarin de eerste zich beweegt, en g de versnelling der zwaartekracht. Men moet dan echter aan-

¹⁾ FLEISCHMANN, Lehrbuch 6e Aufl. S. 76.

V. D. BURG en HEPRMA, De boterbereiding aan de fabriek, 4e dr., blz. 14.

nemen, dat deze wet doorgaat voor melk, wat nog niet zoo zeker is, daar een vetbolletje geen homogene massa vormt, maar op zijn oppervlak een laag van melkplasma-bestanddeelen in verdichten toestand heeft geadsorbeerd, wat tot eigenaardige wrijvingsweerstand kan aanleiding geven, die misschien niet alléén van de in de wet van STOKES voorkomende grootheden afhankelijk zouden kunnen zijn. In elk geval lijkt een directe meting van de stijgsnelheid der vetbolletjes in het melkplasma met den microscoop wel de beste weg.

Nu hadden onze vroegere metingen van de relatieve stijgsnelheden volgens de methode van SVEDBERG & ESTRUP, (in een vorig hoofdstuk meegedeeld) geleerd, dat het niet gemakkelijk is, de proefnemingen zoo in te richten, dat door temperatuursinvloeden geen storingen worden veroorzaakt in de stijgsnelheden, die aan elk der vetbolletjes naar hun grootte eigen moeten zijn.

Het was nu wel te verwachten, dat de invloed van kleine temperatuursverschillen zich minder sterk zou doen gevoelen, wanneer niet, zooals vroeger, met vetbolletjes in water, maar in de meer visceuse centrifugemelk, zou worden gewerkt, maar toch was het gewenscht om het praeparaat, waarmee de metingen zouden geschieden, zoo goed mogelijk tegen alle temperatuurswisselingen te beschermen. Daarvoor werden de waarnemingen verricht in een groot lokaal, waar geen enkele warmtebron (behalve de waarnemer) aanwezig was, en werd verder de microscoop in horizontalen stand zoo goed als geheel geïsoleerd door hem te plaatsen in een cartonnen doos met een kleine opening in den voorwand voor het oculair en een iets grootere opening in den achterwand voor het doorlaten van een cartonnen koker, aan beide zijden met een glasplaat afgesloten, die moest dienen om het daglicht, door een spiegel gereflecteerd, tot den condensor van den microscoop toe te laten. De microscoop stond niet direct op den bodem van de doos, maar op een plankje, dat door een laag watten van den bodem was geïsoleerd; wanneer eenmaal het praeparaat aan de objecttafel was bevestigd en de microscoop er op was ingesteld, werden door middel van een aantal in papier gepakte watten kussens de ruimten tusschen den microscoop, de wanden en het deksel van de doos zoo goed mogelijk aangevuld. De doos zelf was nog eens door een dikke laag molton omgeven. Voor de beweging van de tube-micrometerschroef van den microscoop en om de schroeven van de beweegbare objecttafel te kunnen bedienen, waren kleine openingen in de zijwanden van de doos gemaakt, die houten staafjes doorlieten, welke met die schroeven waren verbonden; door draaiing van de staafjes kon de noodige beweging der schroeven worden verkregen. Om verwarming van het oculair en de verdere deelen van den microscoop door het oog te beletten, werd vóór het oculair nog een scherm geplaatst, waarin een kleine opening, die door een glasplaatje was afgesloten.

De praeparaten werden gemaakt door 0,2—0,4 c.c. melk te mengen met 100 c.c. centrifugemelk; met een weinig van dit mengsel werd een glazen kamertje gevuld van ongeveer 0,2 m.M. hoogte, gemaakt van een object- en een dekglas, en aan twee zijden met piceine-lak afgesloten, waarna het verder met vaseline werd dichtgemaakt.

Het praeparaat werd op de verticaal geplaatste objecttafel bevestigd en op de beschreven wijze tegen temperatuursinvloeden geïsoleerd en de doos gesloten.

In het oculair K 12 bevond zich een micrometer, waarvan bekend was dat, bij het gebruikte objectief (Fluoriet-apochromaat met 3 m.M. brandpuntsafstand) en de gebezigde tubuslengte, één schaaldeel overeenkwam met $1,65 \mu$. De 50 schaaldeelen van den micrometer kwamen dus met een afstand van $82,5 \mu$ overeen.

Voor de meting der stijgsnelheid van een vetbolletje werd het beeld daarvan recht boven de verticale micrometerschaal geplaatst en gewacht tot het in het gezichtsveld van den microscoop dalende bolletje de eerste streep aanraakte; dit oogenblik werd genoteerd op een stophorloge en ook het tijdstip, dat de aanraking met de 26e streep plaats had; door verplaatsing van de objecttafel met behulp van de houten staven werd deze meting een aantal malen herhaald. Hoe beter de overeenstemming tusschen de waarnemingen was, met des te meer recht kon worden vermoed, dat het noodige temperatuur-evenwicht tot stand was gekomen.

Zoo werden op één dag op verschillende tijden eenige reeksen waarnemingen verricht met verschillende vetbolletjes van zoo nauwkeurig mogelijk uitgekozen diameter van 2 streep of $3,3 \mu$. Al spoedig bleek, dat voor het bereiken van een temperatuur-evenwicht geruimen tijd noodig was; een reeks waarnemingen, $\frac{1}{2}$ uur na het sluiten van de doos verricht, gaf heel andere cijfers dan b.v. 3 uur later. Daarom werd eerst altijd eenige uren gewacht, vóórdat met de definitieve metingen werd aangevangen.

Niettegenstaande al deze voorzorgen bleken de cijfers, welke voor de stijgtijden van een bol van $3,3 \mu$ werden gevonden, nog altijd vrij belangrijke verschillen te vertoonen. Voor 2 reeksen waarnemingen, op 2 verschillende uren of dagen verricht, zou men nog een deel der afwijkingen op rekening kunnen stellen van de fout, die gemaakt wordt bij het uitkiezen der bolletjes met de gewenschte middellijn en die allicht 5 pct. kan bedragen, en op rekening van een altijd mogelijk blijvend onderscheid tusschen 2 bolletjes van dezelfde afmeting, van zoodanigen aard, dat hun stijgsnelheid niet gelijk zou kunnen zijn, en waarvan het bedrag onbekend is ¹⁾. Voor

1) Het is een feit, dat bij behandeling der melk met Sudankleurstof enkele vetbolletjes een veel intensiever kleur aannemen dan de overigen, wat op verschil in samenstelling wijst.

de waarnemingen van éénzelfde reeks, dus met hetzelfde vetbolletje, zou men echter een goede overeenstemming verwachten na de genomen voorzorgen. Toch bleven steeds de cijfers van een enkele reeks nog vrij belangrijke afwijkingen vertoonen, zoodat het voor een eenigszins betrouwbaar resultaat noodig was het aantal waarnemingen van elke reeks vrij groot te nemen en een aantal reeksen over verschillende dagen te verdeelen.

Om een indruk te geven van de afwijkingen zij hier een voorbeeld gegeven van 3 reeksen waarnemingen op 1 dag verricht, resp. $3\frac{1}{2}$ uur, $4\frac{1}{2}$ uur en 5 uur nadat het microscoop met het præparaat geheel in de doos was geïsoleerd en zonder dat deze werd geopend. De cijfers van elke reeks hebben betrekking op éénzelfden bol.

25 schaaldeelen = $41,25 \mu$ werd afgelegd bij reeks:

I in	67, 93, 88, 74, 76, 68, 71, 73, 75, 88, 93	sec.	gemiddeld	in	79	sec.
II in	92, 95, 102, 102, 95, 78, 82, 86, 87, 91	"	"	"	91	"
III in	75, 77, 72, 90, 77, 72, 78, 76	"	"	"	77	"

In het geheel werden op deze wijze met 6 verschillende melken op 6 verschillende dagen de stijgsnelheid der vetbolletjes met een diameter van $3,3 \mu$ bepaald. Achtereenvolgens werd als gemiddelde van een reeks van 5 à 10 waarnemingen gevonden: met melk A (3 reeksen) 79, 91, 77, gemiddeld 82 sec., met melk B 96 sec., melk C 74,5 sec., melk D 84 sec., melk E (2 reeksen) 87 en 82 sec., gemiddeld 84,5 sec., melk F (3 reeksen) 70, 77,5 en 71,5 sec., gemiddeld 73 sec.

Voor de 6 verschillende melken was natuurlijk te verwachten, dat door de verschillende viscositeit verschillende stijgsnelheden zouden worden gevonden. Ook de temperaturen op de verschillende dagen waren niet steeds dezelfde, maar varieerden van 15° — 20° . Als gemiddelde van alle waarden der verschillende melken vinden we voor een bolletje met een diameter van $3,3 \mu$ en een gemiddelde temperatuur van $17,5^{\circ}$ een stijgsnelheid van 25 streep of $41,25 \mu$ in 82,5 sec., dus juist $0,5 \mu$ per sec. of $1,8 \text{ m.M. per uur}$.

Om den invloed van de viscositeit op de stijgsnelheid eenigszins te kunnen beoordeelen, werden ook eenige metingen verricht, nadat aan de melk een weinig tragacanth was toegevoegd. Terwijl voor de stijgsnelheid van een bolletje van $3,3 \mu$ bij melk B, bestaande uit een mengsel van 0,35 c.c. melk en 100 c.c. centrifugemelk, was gevonden een stijgsnelheid van 25 schaaldeelen in 96 sec., werd, na toevoeging van $7\frac{1}{2}$ pct. van een 1 procentige tragacanthoplossing aan dezelfde melk, een stijgsnelheid van 149 sec. gevonden, wat overeenkomt met een snelheid van 1 m.M. per uur. Het is dus duidelijk, dat de viscositeitsverhoogende werking van tragacanth de stijgsnelheid der afzonderlijke vetbolletjes belangrijk vermindert.

Vergelijken we nu eens de voor een bol met $3,3 \mu$ diameter ge-

vonden stijgsnelheid van 1,8 m.M. per uur met de waarde, die we uit de formule van STOKES kunnen berekenen, en die we daarvoor den vorm geven: $v = \frac{2}{9} \frac{\Delta \times g}{\eta} r^2$.

Δ is hier het verschil in S. G. van melkvet en melkplasma. Volgens een aantal bepalingen van het S. G. van botervet, van de proefzuivelboerderij afkomstig, werd daarvoor bij 17,5° als gemiddelde gevonden: $d \frac{17.5}{15} = 0,920$; voor het S. G. van een scherp afgecentrifugeerde gemengde melk 1,034, en voor de viscositeit daarvan 0,0175, alles bij 17,5°, zoodat $\Delta = 0,114$; $\eta = 0,0175$; $g = 981$, $r = 1,65 \times 10^{-4}$.

Vullen we deze waarden in, dan vinden we voor de stijgsnelheid

$$v = 0,387 \times 10^{-4} \text{ c.M. per sec.} = 1,4 \text{ m.M. per uur.}$$

De overeenstemming van deze theoretische waarde met de door directe meting gevondene 1,8 m.M. per uur is dus niet onbevredigend. Voor de zooeven genoemde volle melk werd bij 17,5° een viscositeit gevonden van 0,0198; berekenen we hiermee de theoretische stijgsnelheid van een bolletje van $3,3 \mu$ diameter in volle melk, dan vinden we $v = 0,342 \times 10^{-4}$ c.M. per sec. Voor een bol van 5μ inplaats van $1,65 \mu$ straal, vinden we, daar voor eenzelfde melk $v = Kr^2$ (waarbij K een constante is) en daar $\frac{v_1}{v} = \frac{r_1^2}{r^2}$, voor de stijgsnelheid v_1 :

$$v_1 = \frac{25}{2,723} \times 0,342 \times 10^{-4} = 3,14 \times 10^{-4} \text{ c.M./sec.}$$

Deze waarde 0,00031 c.M. per sec. stemt goed overeen met het cijfer 0,00029 c.M. per sec., dat VAN DEN BURG ¹⁾ berekende voor de theoretische stijgsnelheid van een bol met 5μ tot straal.

Wat de gemeten stijgsnelheid van een vetbolletje van 1,8 m.M. per uur betreft, deze zal eer iets te groot dan te klein zijn, want hoe zorgvuldig men het praeparaat in den microscoop ook tegen temperatuursinvloed beschermde, steeds kon men nog een zeer langzaam bewegen van de allerkleinste vetbolletjes waarnemen.

Nemen we eens aan, dat die vetbolletjes $\pm 0,33 \mu$ in diameter zijn, dan zal de stijgsnelheid daarvan volgens de STOKES'sche wet 100 maal kleiner moeten zijn dan van een bolletje met $3,3 \mu$ als diameter, dus 25 schaaldeelen van den oculairmicrometer in 8250 sec. of 1 schaaldeel in ruim 5 min. moeten afgelegd worden, wat niet met de werkelijkheid strookt. De kleinste bolletjes van het praeparaat bewegen zeker sneller in een hoofdrichting. Het is alsof onder invloed

¹⁾ Algemeen Zuivelblad van 7 Jan. 1921, blz. 4.

van de beweging der groote bolletjes de kleinste eenigszins worden meegesleept, of dat de geheele vloeistof-massa, waarop ingesteld is, nog eenigszins beweegt in de richting van de beweging der bolletjes, waardoor de waargenomen snelheid nog iets grooter wordt dan ze eigenlijk wezen moest. Ook de uitkomst volgens de STOKES'sche wet zou daarop wijzen.

Hoe dit ook zij, er is in het geheel geen reden om aan te nemen, dat de waargenomen stijgsnelheid van 1,8 m.M. per uur, voor een bol van $3,3 \mu$ diameter te *klein* zou zijn, te meer daar er steeds zorgvuldig op gelet is, dat slechts bollen werden gemeten op een behoorlijken afstand van de glaswanden van het praeparatkamertje.

Wanneer de grootte der afzonderlijke vetbolletjes een rol zou spelen van eenige beteekenis bij de oprooming in dien zin, dat de stijgsnelheid der kleinere te gering, die der grootere voldoende zou zijn om in den gebruikelijken tijd de roomlaag te bereiken, dan zou dus bij behoorlijk oproomende melk verwacht mogen worden, dat bolletjes van $3,3 \mu$, die reeds tot de grootere behooren, bij de oproomproeven in 5 uur de roomlaag kunnen bereiken, dus een afstand van ± 20 c.M. kunnen afleggen of in de praktijk der zuivelbereiding een afstand van ± 40 c.M. in 10 uur.

Volgens de directe waarneming legt zoo'n bolletje slechts een afstand af van 0,9 c.M. in 5 uur en 1,8 c.M. in 10 uur, dus nog geen twintigste deel van den noodzakelijken afstand.

Zelfs de bolletjes van 10μ diameter, die wel tot de allergrootste behooren, die in nieuwe melk wel eens voorkomen, zouden met hun volgens de STOKES'sche wet berekende snelheid van $\pm 3 \mu$ per sec., slechts een weg van ± 11 c.M. in 10 uur kunnen afleggen inplaats van 40 c.M.

Nu is het wel waar, dat de waargenomen stijgsnelheden betrekking hebben op een oproomtemperatuur van $17,5^\circ$, waarbij dus de toestand voor de oprooming minder gunstig is, doch onder dergelijke omstandigheden zijn toch ook in 5 uur reeds oproomgraden van 33 en 38 (Nos. 22 en 24 van tabel 21) geconstateerd, terwijl zelfs bollen van 10μ diameter, afzonderlijk opstijgend, in 5 uur de roomlaag niet zouden kunnen bereiken.

Ook is blijkens de cijfers van tabel 21 de bevorderende invloed van de temperatuur niet zoodanig, dat daardoor de snelheid der bolletjes van $3,3 \mu$, namelijk 0,9 c.M. per 5 uur, tot meer dan het 20-voudige zou verhoogd kunnen worden.

Resumeerende is het noch met de waargenomen frequenties der vetbolletjes bij de oud- en nieuwmelksche melk, noch met de gemeten stijgsnelheden in overeenstemming te brengen, dat de grootte der vetbolletjes van veel beteekenis zou zijn voor de oprooming. Ook al nemen we aan, dat een grootere frequentie van de grootste vetbolletjes inderdaad gepaard gaat met een dikwijls grooteren

oproomgraad, dan is het volgens de snelheidsmetingen niet in te zien, dat deze grootere oproomgraad een direct gevolg zou zijn van de grootere stijgsnelheid der *afzonderlijke* vetbolletjes en daardoor ligt nu de vraag voor de hand: als de afzonderlijke vetbolletjes, ook de grootere, bij lange na niet in staat zijn in den gewonen tijd de roomlaag te bereiken, moeten we dan niet aannemen, dat niet de afzonderlijk blijvende vetbolletjes de oprooming tot stand brengen, maar grootendeels die, welke zich mogelijk in belangrijke mate tot aggregaten vereenigen?

Of er inderdaad zulk een agglutinatie van vetbolletjes plaats heeft bij de oprooming, was het onderwerp van een onderzoek, dat in het volgende hoofdstuk nader zal worden meegedeeld.

HOOFDSTUK VIII.

De agglutinatie der vetbolletjes tijdens de oprooming.

Reeds bij de waarnemingen over de stijgsnelheid der vetbolletjes in centrifugemelk met behulp van den geïsoleerden microscoop, was het één onzer opgevallen, dat bij deze proeven, waarbij eenzelfde praeparaat dikwijls uren lang onder den microscoop bevestigd bleef, het verschijnsel zich voordeed van het zich vereenigen van twee of meer vetbolletjes tot een complex van oppervlakkig aan elkaar gehechte bolletjes. Dit verschijnsel trad niet altijd even sterk op, bovendien was het in de eerste uren minder dikwijls waar te nemen dan na langeren tijd; het kon dan soms zelfs lastig worden voor de waarnemingen, daar men bij het uitzoeken der bolletjes van een bepaalde middellijn dan herhaaldelijk stuitte op samenhangende bolletjes, die voor de snelheidsmetingen natuurlijk onbruikbaar waren.

Ook viel het op, dat vooral groote bollen neiging schenen te hebben om gemakkelijk kleine bolletjes aan zich vast te hechten.

Toen nu tevens uit de snelheidsbepalingen was gebleken, dat de snelheden der bolletjes veel te klein zijn, dan dat zij, afzonderlijk opstijgende, in behoorlijken tijd de roomlaag zouden kunnen bereiken, werd de waarschijnlijkheid groot, dat in de melk, waar de vetbolletjes zooveel dichter opeen liggen dan in de voor de snelheidsbepalingen gebruikte mengsels van melk en centrifugemelk, de reeds in sommige gevallen geconstateerde samenballing der vetbolletjes een veel voorkomend verschijnsel zou zijn en in zulk een mate, dat daardoor het bereiken der roomlaag in korten tijd verklaarbaar zou worden. Wanneer deze agglutinatie inderdaad een belangrijke rol speelt bij de oprooming, dan zou ook het in hoofdstuk III geconstateerde feit, dat in den *room* van melk met een matige oproomgraad toch slechts een weinig kleinere frequentie voor de kleinere vetbolletjes wordt aangetroffen dan in de *melk* — wat bij een afzonderlijk opstijgen der bolletjes onverklaarbaar zou zijn — minder ongewoon schijnen. Deze ver-

onderstelling over de mogelijk groote beteekenis van de agglutinatatie voor de oprooming is, zooals uit het volgende blijken zal, door ons onderzoek geheel en al bevestigd.

Men heeft reeds lang een vermoeden gehad, dat de vetbolletjes, vooral nadat de melk eenigen tijd gestaan had, in het bovenste gedeelte zich zoodanig zouden concentreeren, dat er, zooals FLEISCHMANN ¹⁾ zich uitdrukt, „dichter wordende zwermen der opstijgende vetbolletjes”, ontstaan. De beteekenis hiervan voor de oprooming heeft men echter nooit nauwkeurig nagegaan en ingezien, want FLEISCHMANN ¹⁾ zegt nog in zijn leerboek van 1920: „Van de mate der versnelling, die de zwaartekracht aan de afzonderlijke vetbolletjes meedeelt, hangt het vóór alles af, hoeveel er van al het in de melk voorkomende vet in den room terecht komt.”

Ook in zijn mededeeling over „de vorming van de roomlaag” ²⁾ zegt hij bij de bespreking van de oprooming boven 10°: — „dat de vetbolletjes in het algemeen afzonderlijk aan de opstuwende kracht, welke met hun grootte overeenstemt, gevolg geven, zoodat de grootere vroeg, de kleinere vetbolletjes eerst later in de roomlaag terecht komen” —, en over de oprooming onder 10° ³⁾: „zoolang de vetbolletjes bij de oprooming elkaar nog niet nader gekomen zijn, zullen zij ook nu nog wel afzonderlijk, overeenkomstig de op hun werkende opstuwende kracht, hun weg naar boven ongestoord sneller of langzamer vervolgen. Na korten tijd zullen de grootere vetbolletjes de kleinere niet meer ongehinderd kunnen voorbijstreven”. Waardoor dan de bovenbedoelde stuwingen optreden.

Men ziet dus, van een agglutinatatie is eigenlijk in het door FLEISCHMANN meegedeelde geen sprake, hoogstens een samenballen door gebrek aan ruimte, wat heel iets anders is.

Toch is, toen dit onderzoek nagenoeg was voltooid, er door ons in de literatuur nog eene mededeeling van 1893 aangetroffen over een eigenlijke agglutinatatie van vetbolletjes in de melk, namelijk van BABCOCK; hij schrijft aan fibrine, dat volgens hem in de melk zou voorkomen, de eigenschap toe bij zijn coagulatie de vetbolletjes in groepen samen te doen hangen ⁴⁾. De met fibrine bezwaarde vetbolletjes zouden daardoor minder goed oproomen want, zegt hij, alle invloeden, zooals lage temperatuur, die de coagulatie van fibrine tegengaan, bevorderen de oprooming. Deze redeneering bewijst niet veel, daar bij het geringe gehalte van eventueel aanwezig fibrine (gesteld al dat het werkelijk is aangetoond), dat in de melk zou voorkomen, het niet waarschijnlijk is, dat grootere complexen van vetbolletjes, die een relatief zeer groote stijgkracht bezitten, door de sporen fibrine zóó zouden bezwaard worden, dat ze niet zouden kunnen opstijgen. Juist is te verwachten,

¹⁾ FLEISCHMANN, Lehrbuch 6e Aufl., S. 220.

²⁾ „ „ „ „ S. 222.

³⁾ „ „ „ „ S. 223.

⁴⁾ WILLIAM A. STOCKING (Corn. Univ.), Manual of Milkproducts, New-York 1919, p. 226.

dat de complexvorming der bolletjes de oprooming door hun veel grootere stijgsnelheid zal bevorderen.

Maar in elk geval is het verschijnsel der agglutinatie, dat BABCOCK als „een eigenaardige groepeerings der vetbolletjes kort nadat de melk van de koe is verkregen” beschrijft, reeds omstreeks 1893 door hem waargenomen en zelfs gefotografeerd, al moge dan zijne interpretatie van de beteekenis daarvan voor de oprooming niet zeer aannemelijk schijnen.

De eerste microscopische waarnemingen over de agglutinatie der vetbolletjes werden door ons verricht met een mengsel van meestal 15 pct. melk en 85 pct. centrifugemelk, van dezelfde melk afkomstig, daar het niet mogelijk was wegens de te groote ondoorzichtigheid der melk, deze in onverdunden toestand te bezigen. Daarvan werden een paar druppels gebracht in een dergelijk glazen kamertje, als ook voor de meting der diameters van vetbolletjes werd gebruikt. Het kamertje werd gemaakt door op een objectglas 2 zeer dunne staafjes piceïne-lak te leggen, evenwijdig aan- en op iets kleineren afstand van elkaar dan de breedte van een dekglasje bedraagt, en daarop een dekglasje te leggen, nadat daaronder een langer strookje glas van $\pm 0,2$ m.M. dikte was gelegd. Door zachte verwarming van het objectglas, gevolgd door voorzichtig aandrukken van het dekglasje met een kurk, werd dit op het objectglas bevestigd: na afkoeling werd het strookje glas er onder uit gehaald. Men heeft dan een kamertje van $\pm 0,2$ m.M. dikte, dat aan twee zijden nog open is en met een klein pipetje gemakkelijk met melk gevuld kan worden. De afsluiting geschiedt dan met vaseline of met een paar druppels van een gesmolten mengsel van was en vaseline.

Dit praeparaat werd, met zoo zuiver mogelijk verticaal geplaatst objectglas, in den horizontalen microscoop, met een er achter geplaatste gloeilamp van 50 kaars als lichtbron, bekeken met een matige vergrooting b.v. Objectief C of D, en oculair III of IV (Zeiss).

Wanneer de met ondermelk verdunde melk, nadat die goed dooreen gemengd was en in het kamertje gebracht, werd bekeken, zag men aanvankelijk een groot aantal afzonderlijke groote en kleine vetbollen, die zich in den microscoop van boven naar beneden bewogen met grootere en geringere snelheden; de kleinste bolletjes zag men eene levendige Brownsche beweging uitvoeren. Naast die afzonderlijke bolletjes waren soms zeer weinig, in andere gevallen weer vrij veel, tot 2- en 3-tallen vereenigde bollen aanwezig. Na eenigen tijd, b.v. een uur, dikwijls langer, was in vele gevallen (afhankelijk van allerlei omstandigheden) het microscopisch beeld reeds geheel gewijzigd. Nog waren er vele afzonderlijke bollen te zien, maar een aantal andere hadden zich nu tot aggregaten van kleineren en groteren omvang vereenigd, dikwijls in den vorm, die aan een druiventros deed denken, waarom aan deze agglutinatie wel den naam „trosvorming” werd gegeven,

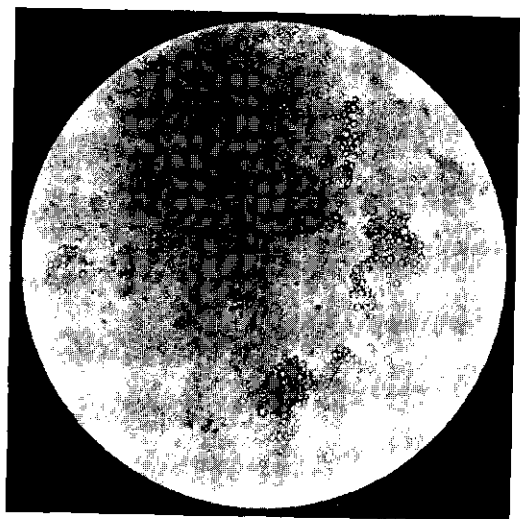


Fig. A.

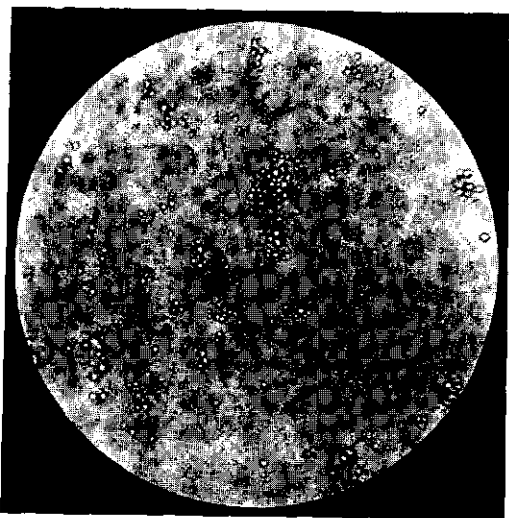


Fig. B.

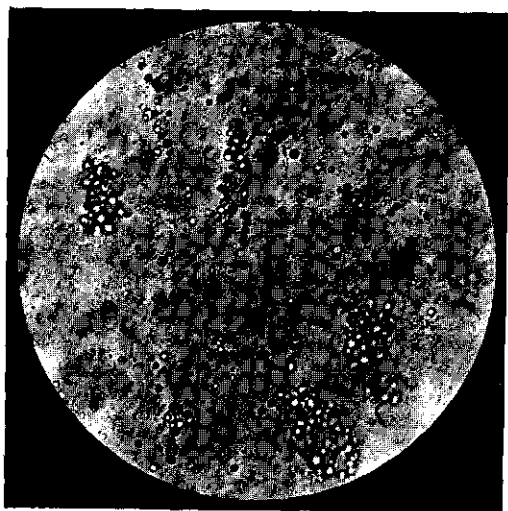


Fig. F.

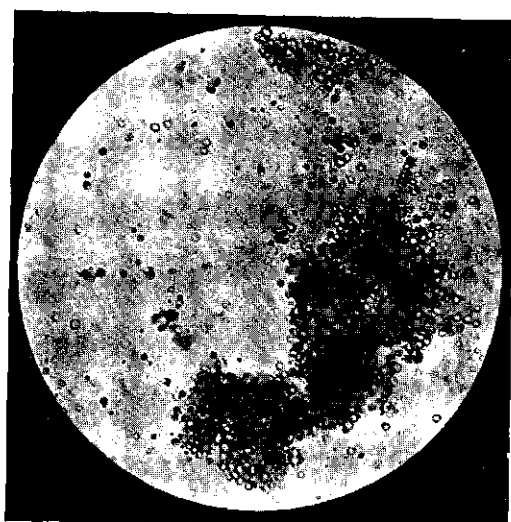


Fig. G.

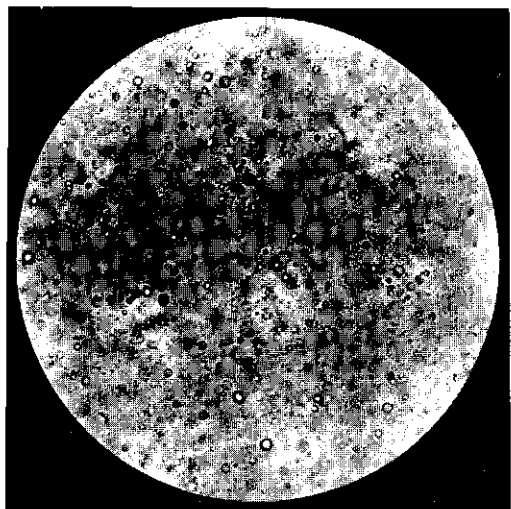


Fig. H.

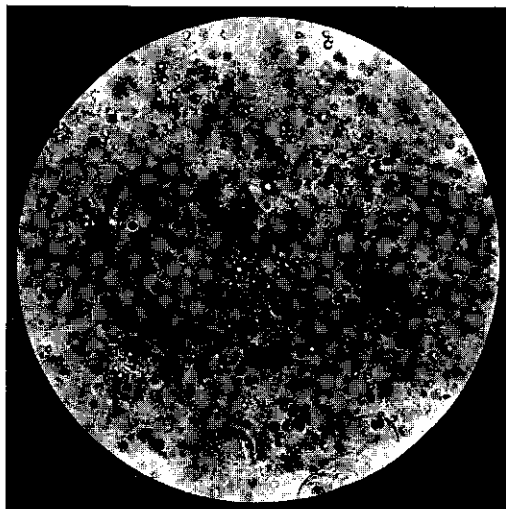


Fig. K.

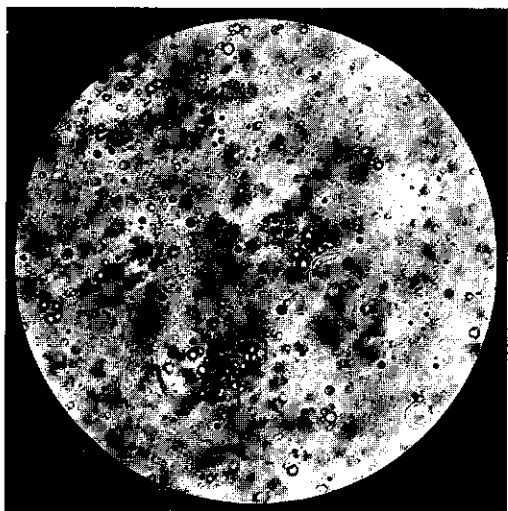


Fig. L.

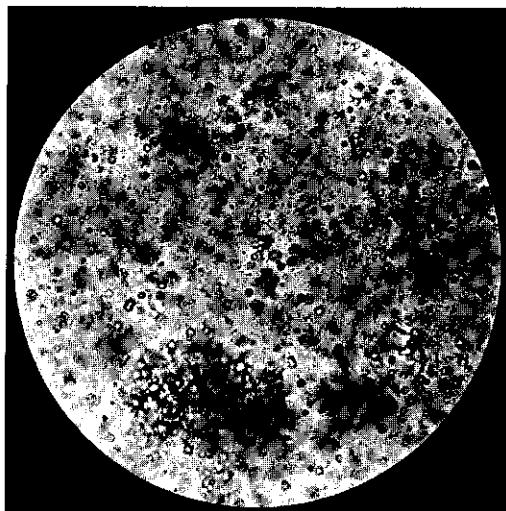


Fig. N.

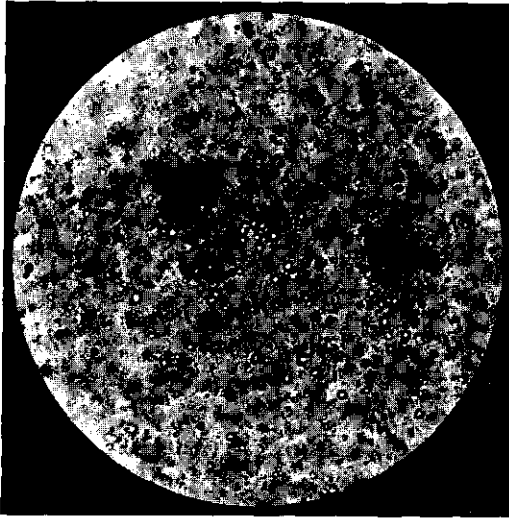


Fig. O.

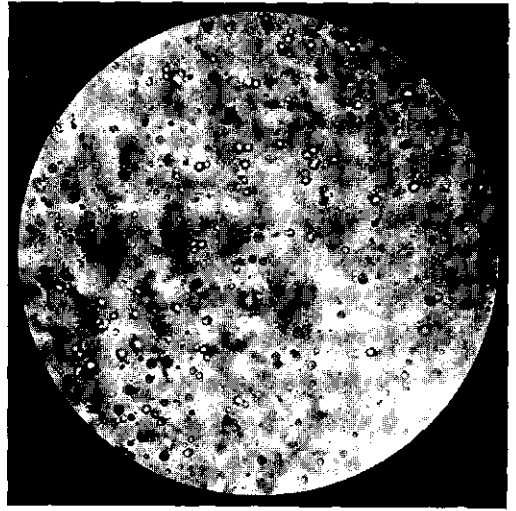


Fig. P.



Fig. Q.

welke vooral na langeren tijd steeds duidelijker werd, waarbij het praeparaat nu en dan in het verticale vlak op de draaibare objecttafel 180° werd omgedraaid om eenzijdige verzameling der bolletjes tegen te gaan. Wanneer de trossen een grooten omvang hadden verkregen en ze b.v. uit een 50- of 100-tal of meer bolletjes bestonden, was duidelijk hun groote opstijgsnelheid waarneembaar; tenslotte konden ze zelfs zulk een omvang verkrijgen, dat ze zich in enkele seconden over het geheele gezichtsveld van den microscoop bewogen en dan met een loupe of zelfs wel eens met bloot oog als opstijgende vlokjes konden waargenomen worden.

Van deze trosvorming kunnen de hierbij gevoegde microphotographische opnamen een vrij duidelijk beeld verschaffen, hoewel het frappante gezicht van een groote verscheidenheid zich bewegende aggregaten van vetbolletjes natuurlijk niet is weer te geven.

De photo's A, B en F en G zijn vervaardigd met het doel om de eigenaardige trosvorming bij een reeds gevorderde agglutinatatie goed te doen uitkomen. Deze opnamen zijn gemaakt van trossen, die zich aan het dekglas hadden vast gezet en daardoor scherp waren te fotografeeren. A en B hebben betrekking op hetzelfde praeparaat van 20 pct. melk en 80 pct. centrifugemelk, 5 uur nadat het praeparaat was gemaakt. De vergrooting bedraagt ± 200 . Bij de opnamen F en G is de vergrooting 320 maal; F heeft betrekking op de trosvorming na $1\frac{1}{2}$ uur, bij een andere melk. G geeft een paar zeer groote trossen weer, gevormd in een gevorderd stadium der trosvorming. Het melkvet was hier gekleurd met eene oplossing van Sudankleurstof.

De volgende 5 opnamen H, K, L, N en O geven een beeld van de agglutinatatie in éénzelfde melkpraeparaat op verschillende tijden na het plaatsen in den microscoop. Deze opnamen zijn momentopnamen ($\pm \frac{1}{25}$ sec.) van zich vrij bewegende bolletjes en complexen daarvan. Om dit mogelijk te maken was een sterke lichtbron (electrisch booglicht) noodzakelijk. De vergrooting bedroeg hier 320, zoodat een bolletje van ongeveer 3μ op de photo's een afmeting van 1 m.M. heeft. De opname H is korten tijd na het plaatsen van het praeparaat gemaakt. Men ziet dat nog slechts enkele vetbolletjes zich tot 2- of 3-tallen hebben vereenigd. K is twee uur later opgenomen en L 4 uur na H. Een beginnende trosvorming is hier reeds goed waarneembaar. De photo's N en O zijn kort na elkaar en ruim zes uur na H vervaardigd van verschillende plaatsen van het praeparaat, om te laten zien, dat er na 6 uur in de verdunde melk reeds flinke trosvorming plaats heeft gehad en er trossen van allerlei grootte in voorkomen. Men ziet welk een verbazende hoeveelheid vetbolletjes zich tot eene compacte massa heeft vereenigd en men kan zich voorstellen, dat, zooals in den microscoop ook te zien is, de stijgsnelheid van zulk een complex vetbolletjes wel het honderdvoudige van die van een enkel vetbolletje van gemiddelde grootte kan bedragen en dat door een dergelijke trosvorming de oprooming enorm wordt versneld.

Nadat bij verschillende melkmonsters deze trosvorming als een algemeen verschijnsel was geconstateerd, werd verder nagegaan, of er verschil kon worden aangetoond in de snelheid, waarmee die trosvorming plaats had in de melken van verschillende koeien afzonderlijk. Daarvoor werd eerst van een aantal koeien de melk onderzocht en de oproomgraad bepaald. Nu werden een tweetal monsters uitgekozen. No. 8 met een oproomgraad 17 na 5 uur oproomen bij 9° en No. 27 met een oproomgraad 70. Na verwarming op 40° der met de overeenkomstige centrifugemelk verdunde melk, werden de daarvan gemaakte praeparaten bij 8° na verschillende tijdsruimten in den microscoop bekeken. Daarbij werden de volgende verschillen waargenomen, zooals in tabel 22 is weergegeven.

TABEL 22.

Na verloop van een tijdsduur van	Melk van koe No. 8. Oproomgraad = 17.	Melk van koe No. 27. Oproomgraad = 70.
5 min.	Nagenoeg alle vetbolletjes los.	Nagenoeg alle vetbolletjes los.
35 „	Een aantal bollen gekoppeld tot 2-3- en 4tallen; geen trossen gevormd.	Verscheidene bollen gekoppeld tot 2-3- en 4tallen; ook veel kleine en enkele grootere trossen.
50 „	Ook enkele zeer kleine trossen.	Veel kleine en groote trossen.
95 „	Verscheidene kleine trossen, ook enkele grootere.	Veel kleine en groote trossen, ook zeer groote.
125 „	Weinig groote trossen, <i>beperkte trosvorming</i> .	Als boven; <i>zeer sterke trosvorming</i> .

In overeenstemming hiermee kon na afloop van de proef, bij beschouwing van de praeparaten met het bloote oog, duidelijk worden waargenomen, dat bij de goed oproomende melk de belangrijke trosvorming zich kenbaar maakte door een dishomogeen worden van het praeparaat, een soort schifting of vlokvorming, welke bij het andere praeparaat, waar de trosvorming beperkt was, in het geheel niet te zien was.

Het vermoeden, dat de vetbolletjes der slecht oproomende melk zich langzamer met elkaar tot groote complexen zouden vereenigen dan die van goed oproomende melk, werd dus ten volle bevestigd.

Daar we vroeger gezien hebben, dat een lage temperatuur algemeen de oprooming bevordert, lag het voor de hand om ook den temperatuurinvloed op de trosvorming na te gaan.

Bij de zooeven behandelde monsters 8 en 27 werd dit onderzocht door ook nog de trosvorming bij 20° inplaats van bij 8° waar te nemen. Nu bleek, dat in het praeparaat van No. 27 na 95 min. bij 20° wel veel kleinere en enkele grootere trossen waren gevormd. maar dat van een zeer sterke trosvorming, zooals na dit tijdsverloop bij 8° reeds was ingetreden, geen sprake was,

de grootere trossen (van b.v. 20 bollen en meer) waren bij 20° toen nog schaars te vinden.

Van het slecht oproomende monster No. 8 hebben we gezien, dat ook de trosvorming bij 8° beperkt was, eene herhaling van de proef, maar nu bij 20°, had tot resultaat, dat bij deze temperatuur de trosvorming in nog geringere mate plaats had, want terwijl bij 8° na 95 min. althans verscheiden kleine trossen en enkele grootere waren gevormd, konden bij 20° na denzelfden tijd nog maar enkele kleine trossen worden waargenomen en geen enkele groote. Dit resultaat werd nog door meerdere proeven met andere melk nader bevestigd, die, om niet al te uitvoerig te worden, hier niet nader worden beschreven. Een lage temperatuur blijkt dus, evenals op de roomvorming, een bevorderenden invloed te hebben op de trosvorming.

Alvorens verder wordt gegaan met de beschrijving der proeven over de agglutinatie der vetbolletjes, moet op een omstandigheid worden gewezen, welke ons aanleiding heeft gegeven, om de behandeling der praeparaten gedurende den duur der proef eenigszins te wijzigen. Opdat namelijk de oprooming in de verticaal geplaatste praeparaten geen rol zou gaan spelen, wanneer de in de bovenste laag van het praeparaat aangekomen, en nu tot complexen opéén gehoopte vetbolletjes, bij omdraaiing van het objectglas opnieuw in het gezichtsveld zouden komen, was het gewenscht, dat die omdraaiing over 180° zóó dikwijls geschiedde, dat in de eerste plaats de opeenhooping van vetbolletjes aan de beide einden van het praeparaat slechts gering kon worden en dat verder ook de, bij die opeenhooping gevormde aggregaten, na de omdraaiing slechts een korten weg konden afleggen en niet het midden van het praeparaat, waarop de microscoop als regel werd ingesteld, zouden kunnen bereiken.

Nu leerde het hiervóór beschreven onderzoek over de stijgsnelheid der vetbolletjes, dat deze voor een bolletje van $3,3 \mu$ ongeveer 0,03 m.M. per min. bedroeg (1,8 m.M. per uur), waarbij echter uitgebreide voorzorgen tegen temperatuursinvloeden waren genomen. Wanneer dit niet gebeurde, zooals bij deze proeven over de trosvorming, kon de snelheid door temperatuursinvloeden worden gewijzigd. Uit eenige metingen bleek b.v., dat een bol van ongeveer 5μ met een snelheid van 0,16 m.M. per min. in het melkplasma opsteeg, wat per kwartier reeds 2,4 m.M. zou zijn, een te groot bedrag voor een praeparaat, waar het centrum slechts 9 m.M. van den rand is verwijderd, daar eene verzameling van eenige van die bollen door opeenhooping boven in het praeparaat gevormd, dan allicht na omdraaiing daarvan in het gezichtsveld zouden geraken en op die wijze trosvorming zouden voorspiegelen. De omdraaitijd moet dus aanzienlijk korter genomen worden dan 15 min., wat bij de hiervoor beschreven proeven over de trosvorming niet altijd in acht genomen is, en waarbij dus wel eens enkele aggregaten uit de „roomlaag” van het praeparaat weer in het gezichtsveld kunnen zijn geraakt en aldus

een versnelde trosvorming hebben kunnen veroorzaakt. Niettemin blijven de vergelijkende waarnemingen toch hunne relatieve waarde behouden, zoolang we althans niet aannemen, dat al de trosvorming (ook van de kleine aggregaten) slechts een gevolg was van de herhaalde „oprooming”, wat niet waarschijnlijk is. In ieder geval was het toch gewenscht de proeven te herhalen met een veel korteren omdraaitijd en de resultaten te vergelijken met die welke met langere tijden werden verkregen.

Van eene goed oproomende melk werden 2 praeparaten gemaakt van 12 pct. melk en 88 pct. centrifugemelk. De praeparaten werden bij kamertemperatuur (ongeveer 15°) bekeken. Het praeparaat A werd elke 3 min. 180° omgedraaid, het andere B, elke 15 min. Wanneer ze niet in den microscoop geplaatst waren, werden A en B natuurlijk ook in denzelfden verticalen stand vastgezet.

Na 65 min. was er bij beiden trosvorming waar te nemen, doch B had nu grootere trossen dan A en na 95 min. had B ook enkele zeer groote trossen er bij gekregen, die in A nog ontbraken.

Het resultaat was dus, dat de trosvorming bij de korte tijden ook plaats heeft, doch in iets mindere mate; verder schijnt het, dat enkele der groote trossen, die in het weinig omgedraaide praeparaat te zien waren, uit de „roomlaag” afkomstig zijn. De concentratie van de melk in het mengsel melk-ondermelk kon daardoor ook nu wat hooger genomen worden, b.v. tot 30 pct. toe.

Bij een volgende proef, waarbij een goed oproomende en een slecht oproomende melk werden vergeleken en de trosvorming bij de elke 3 min. omgedraaide praeparaten werd nagegaan bij 15°, bleek evenals vroeger een duidelijk verschil in trosvorming te bestaan, welke bij de goed oproomende melk het snelst was.

Om bij de verdere proeven het lastige alle 3 min. omdraaien der praeparaten te ontgaan en den invloed van een mogelijke oprooming op de trosvorming geheel en al te voorkomen, werden de praeparaten voortaan op een nauwkeurig in een verticaal vlak roteerende houten schijf bevestigd, die één omwenteling in 50 à 60 sec. volbracht. Er konden tegelijk 4 objectglazen met microscopklemmen op worden bevestigd.

De proeven werden nu aldus uitgevoerd, dat de praeparaten slechts den korten tijd, noodig voor de waarneming, in den microscoop werden geplaatst, doch den overigen tijd op de roteerende schijf werden bevestigd. Het bleek nu, dat de trosvorming op deze wijze zeer weinig verschilde met die volgens de vorige methode, waarbij elke 3 min. werd omgedraaid. Hoogstens werden er bij 2 gelijke praeparaten iets minder groote trossen gevormd bij de schijf-methode, (zoodat bij de 3 min.-methode toch nog enkele der groote trossen althans ten deele hun ontstaan aan de oprooming te danken kunnen hebben), doch overigens had de trosvorming op de roteerende schijf op de zelfde wijze als vroeger plaats.

Hiermee is dus bewezen, dat de trosvorming ook buiten invloed van de zwaartekracht tot stand komt. De Brownsche eigenbewe-

ging der vetbolletjes schijnt voldoende te zijn om de bolletjes gelegenheid te geven, elkaar voor eene eventueele aaneenhechting dicht genoeg te naderen. De opstijgende beweging der vetbolletjes, door de zwaartekracht veroorzaakt, is geen vereischte en speelt ook blijkbaar geen belangrijke rol bij de trosvorming. Na het voorgaande zal ook reeds duidelijk zijn, dat de zwaartekracht slechts een secundaire rol met betrekking tot de meer of minder goede oprooming vervult, in zooverre zij slechts tot taak heeft, de kleine en groote complexen van bolletjes, welke buiten haar invloed snel of langzaam zijn gevormd, tot een roomlaag te vereenigen.

Het schijnt dus bij het zoeken naar de factoren, welke de oprooming beïnvloeden, in de eerste plaats noodig de aandacht te vestigen op de trosvorming, daar deze ongetwijfeld een groote rol bij de oprooming vervult.

Met de verbeterde methode der roteerende schijf werden nu nog een aantal proeven in die richting genomen. Zoo werd de trosvorming nog eens nagegaan bij een goed- en een slecht-oproomende melk op de volgende wijze, waarbij er bij deze en de latere proeven telkens voor gezorgd werd, dat een gelijke hoeveelheid vet in de verdunde melken terecht kwam, door zooveel c.c. van iedere melk te nemen op 100 c.c. mengsel, dat de verdunde melk steeds kon gedacht worden, gevormd te zijn door 30 c.c. melk met 3 pct. vet en 70 c.c. centrifugemelk.

Vergeleken werd de goed oproomende melk A (oproomgraad na 5 uur bij $7^{\circ} = 89$) en de vrij slecht oproomende melk 8 (oproomgraad = 44).

Na verwarmen op 40° werden 2 praeparaten gemaakt, van elke verdunde melk één, en deze direct op de verticaal roteerende schijf bevestigd. Een 3e en 4e p. p. werd gemaakt om den begintoestand na te gaan. Zoowel bij A als bij 8 bleek in het begin de overgrootte meerderheid der bollen los te zijn, toch waren er reeds verscheidene gekoppeld tot 2-, 3- en 4-tallen. De kamertemperatuur was 13° . Nadat de andere twee praeparaten gedurende 1 uur langzaam geroteerd hadden, werden ze bekeken, en bleek de trosvorming bij A reeds belangrijk te zijn; er kwamen veel kleine trossen van 10 à 20 bollen in voor, en ook verscheidene grootere. Bij No. 8 waren ook veel kleine trossen van ± 10 bollen gevormd, doch slechts enkele grootere. Werden de praeparaten daarna met de loupe bekeken, dan was duidelijk te zien, dat A grover structuur vertoonde dan No. 8, wat na $1\frac{1}{2}$ uur ook met bloot oog reeds zichtbaar was. Dus ook hier ging weer de betere oprooming gepaard aan een betere trosvorming.

Vervolgens werd een monster melk, van de nieuwmelksche koe D afkomstig, onderzocht, welke melk zóó slecht oproomde, dat na voorwarmen en oprooming gedurende 5 uur bij 7° nog in het geheel geen roomlaag te bespeuren was, hetgeen bij nieuwmelksche melk niet dikwijls voorkomt.

Het microscopisch onderzoek met toepassing van de roteerende

schijf had plaats bij $\pm 5^\circ$. De begintoestand van het, ± 30 pct. melk bevattende en vóórgewarmde mengsel van melk en centrifugemelk vertoonde slechts enkele bollen gekoppeld tot 2- en 3-tallen, overigens slechts losse vetbolletjes.

Na 1 uur was er nog geen eigenlijke trosvorming merkbaar, de grootste aggregaten bestonden uit niet meer dan 6 vetbolletjes; eerst na $1\frac{1}{2}$ uur waren er een aantal trosjes van ± 10 bolletjes te zien en zelfs na $2\frac{1}{2}$ uur ontbraken de groote trossen van 20 en meer bollen nog geheel. De slecht oproomende melk heeft dus ook een zeer slechte trosvorming. Om de trosvorming van dit praeparaat ook met die van de hiervoor besproken monsters A en 8, met de oproomgraden 89 en 44, te kunnen vergelijken, werd de proef met melk D, nu bij $\pm 13^\circ$, nog eens herhaald, ook hier was na 1 uur van eigenlijke trosvorming nog geen sprake, en deze was ook na $1\frac{1}{2}$ uur nóg slechter dan bij No. 8. Er bestaat bij de monsters D, 8 en A dus blijkbaar een zekere evenredigheid tusschen de mate van trosvorming en hun oproomgraad.

Het was nu verder de moeite waard om te zien, of een de oprooming-bevorderende stof als tragacanth, ook bevorderend zou werken op de trosvorming.

Er werden hiervoor twee microscopische praeparaten gemaakt, het eerste P, van een mengsel van 20 pct. gemengde melk, 70 pct. centrifugemelk en 10 pct. tragacanthoplossing (met 1 pct. tragacanth), het tweede Q, van een mengsel van 20 pct. van dezelfde gemengde melk, 70 pct. centrifugemelk en 10 pct. water. Geconstateerd werd eerst, dat aanvankelijk bij beiden slechts enkele bollen en eenige 2- en 3-tallen aanwezig waren. Na $1\frac{1}{2}$ uur bij kamertemperatuur ($\pm 15^\circ$) te hebben geroteerd, vertoonde P reeds een belangrijke trosvorming terwijl Q nog zoo goed als onveranderd was. Van elk dezer praeparaten werd toen een microphotografische momentopname gemaakt, die onder de letters P en Q bij de reproducties te vinden zijn. De vergrooting bedroeg 320; de belichtingstijd $\frac{1}{35}$ sec.

De oprooming-verbeterende invloed van tragacanth bestaat dus waarschijnlijk uit een bevordering der trosvorming, waarvan het effect op de oprooming gemakkelijk opweegt tegen den belemmerenden invloed, die door de viscositeitsverhooging op de oprooming wordt uitgeoefend.

Toen in plaats van met tragacanth, de proef met saleb werd herhaald, werd eveneens een versnelling der trosvorming geconstateerd.

We hebben vroeger gezien, dat melkzuur, aan goed oproomende melk toegevoegd, daarvan de oproomgraad belangrijk kan verlagen, zoodat het nu wenschelijk was te onderzoeken of dit verschijnsel misschien ook met een verminderde trosvorming gepaard ging.

Daarvoor werd van een goed oproomende melk 250 c.c. met de

overeenkomstige centrifugemelk tot 1 L. aangevuld, en hiervan 2 mengsels gemaakt.

1°. W, bestaande uit 94 c.c. verdunde melk en 6 c.c. water.

2°. M, " " 94 " " " " 1 " dubbel
norm. melkzuur en 5 c.c. water.

De mengsels waren eerst op 40° verwarmd; de praeparaten daarvan gemaakt, werden op de roteerende schijf bevestigd en na bepaalde tijden in den microscoop bekeken. De kamertemperatuur was $\pm 15^\circ$. Bij het begin van de proef bleken de mengsels slechts afzonderlijke vetbolletjes en enkele gekoppelde te bevatten.

Na een half uur bevatte W reeds verscheidene kleine trosjes van niet meer dan 10 bollen, bovendien enkele grootere, terwijl in M geen groepjes van meer dan 3 of 4 bollen waren te zien.

Na een uur waren de kleine trossen bij W in aantal en omvang toegenomen, tot complexen van 20 bollen toe, het praeparaat bevatte bovendien eenige grootere trossen; bij M waren veel minder kleine en zoo goed als geen grootere trossen te zien.

Na $1\frac{1}{2}$ uur bevatte W veel meer trossen van 5—20 bollen dan M, waar ook reeds trossen van meer dan 10 bollen uitzondering waren. Wanneer op de enkelvoudige bollen werd gelet, viel het op, dat deze, hoewel bij beide praeparaten nog veel voorkomend, toch bij M in veel grooter getale waren te zien.

Hieruit bleek dus, dat ook de invloed van melkzuur op de oprooming althans gedeeltelijk neer komt op eene wijziging in de snelheid van de trosvorming in de oorspronkelijke melk.

Bij de oprooming hebben we vroeger gezien, dat de temperatuur een der groote factoren is, die de oproomgraad bepalen en in dit hoofdstuk zagen we ook reeds een enkele proef vermeld, waarbij een lage temperatuur bevorderlijk bleek voor de trosvorming, evenals dat voor de oprooming vroeger was bewezen. Bij de oproomproeven, waar we over een vrij nauwkeurige quantitatieve methode konden beschikken, waren we zelfs in staat om den invloed van de temperatuur in cijfers uit te drukken voor allerlei gevallen, waarbij ook de verschillen in aggregaatstoestand van het melkvet in aanmerking konden worden genomen. Het zou nu het mooist geweest zijn, als we ook bij de proeven over de trosvorming hadden kunnen beschikken over een dergelijke quantitatieve methode en de daarmee verkregen cijfers hadden kunnen vergelijken met die der oprooming. We zouden dan in nog veel meer gevallen dan nu hebben kunnen uitmaken, in hoeverre de trosvorming met de oprooming parallel gaat. Een quantitatieve methode te vinden voor de trosvorming heeft echter veel bezwaren, waarvan hier b.v. genoemd kunnen worden: de moeilijkheid om door telling der trossen en der vetbolletjes op bepaalde tijden een maatstaf te vinden voor het voortschrijden der trosvor-

ming, waar we te doen hebben met zich in den microscop vrij snel bewegende objecten, en verder ook de onnauwkeurigheid die zou voortspruiten uit het zich in niet onbelangrijke mate vasthechten der trossen aan de glaswanden, wat herhaaldelijk is geconstateerd.

Bovendien zouden de waarnemingen moeten geschieden in verdunde melk, en hoewel nu te verwachten is, dat in kwalitatief opzicht de trosvorming in de volle melk een dergelijk beeld zal vertoonen als in de verdunde, kan deze omstandigheid in kwantitatief opzicht wel niet geheel te verwaarloozen zijn.

Er zijn door ons wel pogingen aangewend om, door schatting van het bedrag der trosvorming bij melk met vast vet en met vloeibaar vet bij een bepaalde temperatuur, regelmatige verschillen te ontdekken, doch de uitkomsten waren niet altijd voldoende overeenstemmend genoeg om hier veel waarde aan te kunnen hechten.

Bij de proeven over de trosvorming met voorgewarmde melk bij verschillende temperaturen genomen, onder gebruikmaking van de roteerende schijf, kan echter wel als algemeen, en met verschillende melksoorten dikwijls bevestigd resultaat worden aangenomen, dat er een groot, en dus gemakkelijk te constateeren verschil in de trosvorming bestaat voor het geval, dat deze bij lage temperatuur b.v. 7° plaats heeft, dan wel dat zij bij 20° geschiedt. Bij 7° was de trosvorming steeds beter dan bij 20° , in dien zin, dat bij 7° reeds een aantal kleine en groote trossen waren gevormd, terwijl dat bij 20° na den zelfden tijd nog niet, of in veel mindere mate het geval was. Sommige andere mogelijke verschillen, zooals tusschen de trosvorming bij 20° van melk met vast vet en melk met vloeibaar vet, bleken te klein om ze door een kwalitatief onderzoek aan te toonen. Maar wel kan toch met vrij groote zekerheid worden gezegd, dat bij 7° de trosvorming bij voorgewarmde melk, dus met aanvankelijk vloeibaar vet, over het algemeen sneller verliep dan bij dezelfde melk, waarvan het vet door lang en diep koelen eerst in den vasten toestand was gebracht. De half vaste toestand, waarin het vet gedurende een groot deel van de proef verkeert, schijnt bijzonder bevorderlijk te zijn voor een snelle agglutinatie, ook buiten invloed van de zwaartekracht.

Wat deze laatste betreft, bij de proeven met de roteerende schijf was zij opzettelijk uitgeschakeld om een zuiver beeld van de trosvorming te verkrijgen, niet vertroebeld door de gevolgen van een oprooming aan de randen van het praeparaat en herhaalde omdraaiing hiervan. Nu kan dit laatste ook nog door eene andere wijze van werken vermeden worden, die tevens toelaat de trosvorming te bestudeeren onder gelijksoortige omstandigheden als waarbij deze gewoonlijk in de melk plaats heeft, dus b.v. zooals bij de beschreven proeven met de glazen cylinders of zooals in de oproombakken der praktijk volgens het Friesche systeem.

De proeven werden daarbij zóó ingericht, dat ook een eventuele wijziging in het karakter der trosvorming onder invloed

van de beweging van het melkvet tengevolge van de zwaartekracht tot zijn recht kon komen, met vermindering der ongewenschte gevolgen, door de herhaalde omdraaiingen van het praeparaat na tusschenpoozen van rust, veroorzaakt. Daarvoor werden, met behulp van een dekglas van 6 bij 2 c.M. en 0,2 m.M. dik en een iets grooter objectglas, op de reeds in dit hoofdstuk beschreven wijze een kamertje gemaakt van aanzienlijk grooter afmetingen dan vroeger; dit werd nu gevuld met een mengsel van ± 25 c.c. melk en 75 c.c. centrifugemelk en terstond in verticalen stand bevestigd op de objecttafel van den horizontaal geplaatsten microscoop en gedurende het geheele onderzoek in dien stand gelaten.

We hebben op deze wijze nu als het ware een dunne verticale doorsnede van een kolom melk van 6 c.M. hoogte, waarin we met den microscoop de trosvorming, zooals die in groote volumina melk, zij het dan nu ook in viermaal verdunden toestand, plaats heeft kunnen bestudeeren. Bij deze wijze van werken hebben we tevens het voordeel, dat we in éézelfde praeparaat de oprooming en de macroscopische structuur op verschillende hoogten in de melklaag en op verschillende tijden kunnen vergelijken met de trosvorming.

Bij zulk een onderzoek van gemengde melk bleek, dat de trosvorming van de vóórgewarmde melk bij 7° wederom het belangrijkste was. Reeds na 20 min. vertoonde het midden van het praeparaat verscheidene kleine en enkele groote trossen (van 50 à 60 vetbolletjes), wat bij praeparaten van dezelfde vóórgewarmde melk bij 20°, of bij de melk met vast vet, niet het geval was. Na 1 uur staan was van het 1e praeparaat bij 7° de trosvorming nog zeer toegenomen en kon men de groote trossen met aanzienlijke snelheid zien opstijgen.

Het reeds zoo spoedig optreden van een groot aantal trossen van betrekkelijk aanzienlijke afmetingen zal wel voor een groot deel oorzaak zijn der bij de oprooming van vóórgewarmde melk bij lage temperatuur bereikte meestal hooge oproomgraden. Hierbij zal dan nog de kristallisatiewarmte in meer of mindere mate de opstijging der grootere trossen bevorderen, wat met het oog op de hooge viscositeitsgraad der melk bij lage temperatuur van veel voordeel kan worden voor de oprooming. De snelheid van de beweging der trossen is, behalve van de viscositeit der melk, het al niet optreden van kristallisatiewarmte en de afmetingen der trossen, ook nog afhankelijk van hun inwendige en uitwendige structuur. Het is gemakkelijk in te zien, dat een los samenhangend complex van vetbolletjes, in den vorm van een netwerk, zooals bij lage temperatuur in melk met vast vet meermalen door ons werd waargenomen, in verhouding tot zijn massa een veel grootere wrijving moet ondervinden dan de meer compacte trossen, die bij hoogere temperaturen bleken te worden gevormd.

Het komt ons dan ook voor, in verband met de laatstgenoemde microscopische waarnemingen en de vroegere oproomproeven, dat het verschillende karakter der oprooming van vóórgewarmde

melk bij lage en bij hoge temperatuur, zooals dat vroeger is besproken en door met behulp van Sudan-kleurstof gemaakte photographiën is toegelicht, voor een groot deel moet worden toegeschreven aan den bij 20° optredenden meer compacten vorm der trossen, die daardoor, hoewel niet terstond in grooten getale en niet met groote afmetingen optredend, een belangrijke stijgsnelheid verkrijgen in de bij 20° betrekkelijk weinig visceuse melk. Door het dicht aaneensluiten der kleine, compacte trossen in het bovenste deel van de melk, ontstaat eerst een roomvlies, daarna een langzaam in dikte toenemend roomlaagje van hoog vetgehalte.

Bij lage temperatuur daarentegen heeft in de vóórgewarmde melk blijkens de waarnemingen al spoedig een vorming plaats van een menigte trossen, die lossen van bouw zijn, en daardoor, niettegenstaande hunne vereeniging tot grootere complexen, slechts een matige stijgsnelheid kunnen verkrijgen. Zoo doende duurt het vrij lang, voordat het tot eene vorming van een roomlaag komt, want, tengevolge van den lossen bouw der trossen, kan, ook nadat vele complexen, geholpen door de kristallisatiewarmte, den weerstand der zeer visceuse melk hebben overwonnen, en zich in het bovenste van de melk hebben verzameld, het vetgehalte slechts langzamerhand hoog genoeg worden, om een zichtbare grenslaag te kunnen vormen. We zullen ons dus moeten voorstellen ¹⁾, dat bij deze wijze van oprooming het grootste deel der vetbolletjes zich reeds na betrekkelijk korten tijd in het bovenste gedeelte der melk bevindt in den vorm van eenigszins losgebouwde trossen van grooten omvang, die bij hun verdere opstijging en opeenhooping ten slotte een melklaag vormen met het voor de zichtbare afscheiding als roomlaag vereischte minimumvetgehalte van ± 12 pct., waarna dus het vrij plotseling optreden van een roomlaag van aanzienlijke dikte en aanvankelijk laag vetgehalte het gevolg is, die onder verdere opstijging van het vet zich tot een roomlaag van hooger vetgehalte concentreert.

Met deze opvatting van het mechanisme der oprooming van vóórgewarmde melk bij hoge en bij lage temperatuur, was de macroscopische waarneming en vergelijking der groote „doorsneepraeparaten” in overeenstemming, daar de praeparaten, bij 20° opgeroomd, na 1 uur b.v. een zéér fijnkorrelige structuur vertoonden, die met de loupe bekeken, uit eene menigte fijne vetvlokjes bleek te bestaan, welke zich in het praeparaat naar boven toe geleidelijk meer en meer concentreerden, en geheel boven in, een uiterst dun roomlaagje vormden. De praeparaten, die bij 7° gestaan hadden, vertoonden een met bloot oog waarneembaar, en na 1 uur nog vrijwel gelijkmatig over het praeparaat verdeelde grove structuur van grootere witte vlokjes, alléén bovenin iets geconcentreerd, blijkbaar gevormd door de grootere los gebouwde trossen, die spoedig een „roomlaag” zouden vormen.

¹⁾ Zie ook Fig. IV, V en VI en bijbehorenden tekst op blz. 161.

Op deze wijze kan nu ook onder medewerking der zwaarte-kracht bestudeerd worden de invloed van stoffen als tragacanth, melkzuur en dergelijke, hetgeen voor tragacanth nog werd uitgevoerd en waarbij, evenals voor den temperatuursinvloed, de vroegere resultaten werden bevestigd.

Uit een demonstratief oogpunt is het interessant om bij de oprooming der groote „doorsneëpraeparaten” den microscoop in te stellen op de grens van de zich vormende roomlaag en melk, men kan dan de roomlaag geleidelijk zien aangroeien door een stroom van steeds weer nieuwe in het gezichtsveld verschijnende groote en kleine trossen, die zich tegen de grenslaag van den reeds gevormden room aanleggen. Men heeft dan tevens het bewijs vóór zich, dat de roomlaag niet, (of althans in zeer onbeduidende mate), door de afzonderlijke vetbolletjes, doch door groote complexen daarvan wordt gevormd.

De grootte der afzonderlijke vetbolletjes zal dan ook niet een belangrijke rol kunnen spelen voor het tot stand komen van een goede of slechte oprooming, tengevolge van hun verschillende stijgsnelheid. Dat toch wel *eenige* invloed van de afmetingen der vetbolletjes schijnt uit te gaan, zooals ook uit het voorgaande is gebleken, (zie tabel 15), zal misschien aan secundaire oorzaken moeten toegeschreven worden, die een gevolg kunnen zijn van het verschil in afmetingen en waartoe misschien behoort de reeds vroeger geconstateerde eigenschap, dat groote vetbolletjes zoo gemakkelijk andere, kleine aan zich vast schijnen te hechten. Een hooge frequentie van groote vetbolletjes in een melk, zou daardoor dus een vermeerderde trosvorming in de hand kunnen werken, welke weer bevorderlijk zou zijn voor een goede oprooming.

Het meest waarschijnlijke echter is, dat de over het algemeen betere oprooming der melk van nieuwmelksche koeien in hoofdzaak is toe te schrijven, niet aan veel groote vetbolletjes, maar aan de samenstelling van het melkplasma, die zoodanig is, dat er een goede trosvorming door verzekerd is, evenals dat het geval is wanneer aan de melk slijm- of gomstoffen worden toegevoegd.

In elk geval is het na het voorgaande wel duidelijk, dat we bij het nagaan der factoren, welke de oprooming der melk beheerschen, niet in de eerste plaats hebben te letten op de omstandigheden, welke gunstig of ongunstig zijn voor een snelle opstijging der afzonderlijke vetbolletjes, zooals tot nu toe in de leerboeken pleegt te geschieden, maar we moeten nagaan welke factoren invloed uitoefenen op een goede *trosvorming*, dus op het tot stand komen in den kortst mogelijken tijd van zóoveel mogelijk compacte complexen van vetbolletjes. In de tweede plaats komt dan pas de vraag aan de orde, welke factoren de *opstijging* dier complexen nog kunnen bevorderen of tegengaan.

Het vraagstuk over de oprooming is dus grootendeels teruggebracht tot het beter gedefinieerde en uit een wetenschappelijk oogpunt meer algemeene verschijnsel der agglutinatie van vloeistofbolletjes in emulsies.

Men kan, als men zich over het wezen der agglutinatie der vetbolletjes eene voorstelling tracht te maken, daarbij denken aan een meer- of mindere kleeftkracht der vetbolletjes in verband met een variabele samenstelling van het melkplasma en van de daaruit om de vetbolletjes geadsorbeerde bestanddeelen. De vroeger in hoofdstuk IV geconstateerde geringe verschillen in oppervlaktespanning van het systeem botervet-melkplasma bij zeer uiteenlopende melksoorten, steunen deze opvatting niet, ofschoon het natuurlijk nog wel mogelijk is, dat de bedoelde verschillen in de natuurlijke melk grooter zijn. Ook volgens ZSIGMONDY en POWIS¹⁾ is de beteekenis van de oppervlaktespanning voor de agglutinatie van emulsies veel geringer gebleken dan men vroeger algemeen aannam.

Eene andere mogelijkheid is, dat er electriche verschijnselen in het spel zijn, daar zooals bekend is²⁾, de melkvetbolletjes in de melk een zwakke negatieve lading bezitten en de onderzoeken van ELLIS³⁾, POWIS⁴⁾ en anderen over olieëmulsijs, waarbij soms geringe hoeveelheden toegevoegde stoffen door hun wijziging van den contactpotentiaal der bolletjes de agglutinatie sterk bleken te beïnvloeden, de vraag doen rijzen, of zich in melk misschien niet iets dergelijks voordoet.

Deze veronderstelling vindt nog steun door de onderzoeken van SCHWYZER⁵⁾, LINZENMEIER⁶⁾, FAHRAEUS⁷⁾, DE HAAN⁸⁾ o. a., met een andere physiologische vloeistof, namelijk over de sedimenteer- ring der roode bloedlichaampjes in bloed, waarbij wordt aangenomen, dat de electriche lading der deeltjes een rol speelt. De overeenstemming tusschen de verschijnselen der sedimenteer- ing der bloedlichaampjes en die der oprooming der vetbolletjes is soms frappant, en leidt tot de conclusie, dat de complexvorming der deeltjes in beide gevallen er een belangrijke rol bij speelt. Zelfs de bevordering der agglutinatie door gelatine, arabische gom en dergelijke stoffen vinden we bij de bloedlichaampjes terug.

Nadat wij omstreeks Mei 1921 zoover met de proefnemingen waren gevorderd, als in de voorgaande bladzijden is medegedeeld, lag het nog in ons voornemen, alvorens tot de publicatie van dit in den aanvang van 1919 begonnen onderzoek over het oproomings- proces te besluiten, dit nog zoo mogelijk te completeeren door na te gaan, of het uitvoerbaar zou zijn, in de melk de grensvlakpotentiaal der vetbolletjes te bepalen en de wijzigingen daarvan onder verschillende omstandigheden te bestudeeren, ten einde de even-

1) ZSIGMONDY, Kolloidchemie, 2e Aufl., blz. 63.

2) FLEISCHMANN, Lehrbuch 6e Aufl., blz. 72.

3) Zeitschr. f. Phys. Ch. Bd. 78, blz. 321; Bd. 80, blz. 597; Bd. 89, blz. 145.

4) " " " " " 89, blz. 91 en 186.

5) Biochem. Zeitschr. 60, blz. 297.

6) Pfügers Archiv. 181, blz. 169.

7) Biochem. Zeitschrift 89, blz. 355.

8) " " 86, blz. 293.

tuele beteekenis dezer potentiaal voor de agglutinatie der vetbolletjes en dus voor de oprooming te kunnen vaststellen.

Maar nog voordat wij aan dit voornemen, hetwelk door inwendige veranderingen van ons instituut gedurende den zomer en het najaar, moest worden uitgesteld, gevolg hadden gegeven, bereikte ons eene, in het tijdschrift „Forschungen” 1921, Heft 5 t/m 7, gepubliceerde mededeeling van den heer OTTO RAHN uit Kiel, ons door den schrijver welwillend toegezonden, getiteld „Untersuchungen über die Rahmbildung”.

Dit onderzoek, hoewel voor een belangrijk deel betrekking hebbend op de oprooming van verhitte melk, bleek in andere onderdeelen toevalligerwijze dikwijls geheel parallel te loopen aan het onze, zooals bij de proefnemingen over de oprooming in verband met eene kunstmatig verhoogde viscositeit en bij zijne metingen over de opstijg snelheid der afzonderlijke vetbolletjes in onverdunde melk, die cijfers opleverden, welke met de door ons (in met centrifugemelk verdunde melk) gevonden snelheden vrij goed overeenstemmen, namelijk resp. 2 à 3 m.m. en 1,8 m.m. per uur voor een vetbolletje van $3,3 \mu$.

Verder gaven zijn microscopische waarnemingen over de samenballing der vetbolletjes, volgens een andere methode als de onze verricht, hem aanleiding om dezelfde conclusie te trekken als waartoe wij kwamen, namelijk, dat de samenballing der vetbolletjes een belangrijke factor is voor de oprooming, omdat zij een verklaring geeft, waarom de geconstateerde oprooming van het melkvet zooveel sneller geschiedt dan bij eene opstijging van afzonderlijke bolletjes mogelijk zou zijn, en omdat de verhoogde agglutinatie door sommige visceuse stoffen rekenschap geeft van de goede oprooming van melk, waaraan zulke stoffen zijn toegevoegd, terwijl die toevoeging juist eerder eene vertraagde oprooming zou doen verwachten.

Wegens deze gedeeltelijke overeenstemming tusschen de onderzoekingen van den heer RAHN en de onze, scheen het ons gewenscht, reeds nu tot publicatie van onze resultaten over te gaan, te meer, daar wij hiermee nu tot een min of meer afgerond geheel waren gekomen.

Dat deze twee onafhankelijke onderzoekingen over het oproomproces op eenige belangrijke punten tot zulke goed overeenstemmende resultaten hebben geleid, kan niet anders dan bevrediging wekken, en ons de overtuiging schenken, dat voor de benadering van het einddoel, namelijk om tot een zoo volledig mogelijk inzicht in het oproomingsproces te geraken, de goede weg schijnt te zijn ingeslagen.

Ueber die Aufrahmung nach dem friesischen System.

(Kurze Zusammenfassung obiger Ausführungen.)

1. Der Zweck der ausgeführten Untersuchungen war eine Erklärung zu geben der bei der Aufrahmung, namentlich bei tieferen Temperaturen, sich zeigenden Erscheinungen. Der paradoxe Befund, dass eine Milch bedeutend besser aufrahmt bei niedriger als bei höherer Temperatur hatte bis jetzt keine in jeder Hinsicht befriedigende Erklärung gefunden.

2. Es wurde der Einfluss der Viscosität untersucht durch Zusatz von indifferenten Schleimstoffen, welche das Sp. Gew. des Milchplasmas kaum änderten. Durch Saleb, Tragacanth u. A. trat eine starke Steigerung der Zahlen für den Aufrahmungsgrad ein. Auch Gummi-arabicum, Stärke und Gelatine wirkten befördernd, aber in weit geringerem Masse. Milchezucker wirkte dagegen hemmend. Als Ursache der befördernden Wirkung der Schleimstoffe wurde gefunden, dass die Fettkügelchen durch dieselbe leichter zu Conglomeraten zusammenballen, was eine schnelle aufwärtsche Bewegung bewirkt. Milchezucker zeigt diese Eigenschaft nicht und wirkt also wahrscheinlich nur Viscositätsteigerend und demzufolge hemmend auf die Aufrahmung.

3. Bei der Suche nach der Beziehung zwischen der Grösze der Milchkügelchen und der Aufrahmung, wurde gefunden, dass der Einfluss des Volums der aufsteigenden Tröpfchen jedenfalls geringer ist als man anzunehmen geneigt ist. Für den Unterschied in der Aufrahmungsgeschwindigkeit alter und neuer Milch kommt die Tatsache, dass erstere relativ mehr kleinere Kügelchen enthält, kaum in Betracht. Die Erklärung dafür, dass die Frequenzcurven der Milchkügelchen nach ihren Durchmessern schief ausfallen, und für die interessante Tatsache, dass sehr neue Milch eine zweigipfelige Curve liefert, kann bei dem heutigen Stande unserer Kenntnisse über den Prozess der Milchabscheidung, nicht gegeben werden.

4. Für den Einfluss einiger chemischen und physikalischen Eigenschaften der Milch fanden wir folgendes.

Nur bei alter Milch mit sehr hoher Viscosität infolge eines hohen Eiweissgehaltes fanden wir eine schlechte Aufrahmung als Folge dieser Umstände. Es wurde keine Beziehung gefunden zwischen Ausrahmungsgrad und Kalk-, bzw. Phosphorsäuregehalt. Die verschiedene Adsorption des Eiweisses an den Fettkügelchen hatte bei der neuen Milch keinen Einfluss, bei der alten Milch scheint die adsorbierte Substanzmenge wohl eine Wirkung auf die Aufrahmung auszuüben. Die Richtigkeit letzterer Vermutung wäre noch durch weitere Versuche zu erhärten.

Die Oberflächenspannung MilCHFett (flüssig)-Plasma wurde bei gut und schlecht ausrahmender Milch kaum verschieden gefunden. Es wurde weiter gezeigt, dass diejenige Eigenschaften der Milch,

welche für die Aufrahmung weitaus am wichtigsten sind, ihren Sitz haben im Milchplasma und nicht im Fette.

Zusatz von Säure und Lauge zur Milch bewirkten beide eine Erniedrigung der Ausräumungsgrade bei neuer Milch; bei alter Milch hatte Natronlauge nur wenig Einfluss, in einem Falle wurde selbst eine Steigerung der Zahl für den Ausräumungsgrad erhalten, obwohl dieser Zusatz eine bedeutende Vermehrung der Viscosität zur Folge hatte. Es ist nicht unmöglich, dass absichtlich bewirkte Aenderungen im Säuregrade praktische Anwendung finden können in besonderen Fällen.

5. Die Aufrahmung bei einer solchen Temperatur, dass vom Anfang an flüssige Fettröpfchen flüssig bleiben und feste Tröpfchen fest während der Aufrahmung, verläuft besser, wenn das MilCHFett vorher kristallisiert war als wenn es flüssig ist. Der feste Aggregatzustand wirkt etwas fördernd auf den Prozess.

Die aufrahmung von Milch mit vom Anfang an festem Fette verläuft besser, je niedriger die Temperatur ist.

Vergleicht man die Aufrahmung bei niedriger Temperatur für Milch mit flüssigem und mit festem Fette, so fällt sie für erstere bei Weitem vorteilhafter aus (wie schon vor vielen Jahren bei dem Swartzschen Verfahren sich zeigte). Die Ursache dieser Erscheinung muss vielleicht gesucht werden in dem besonderen Zustande des Milchfettes während der Aufrahmung; es befindet sich dann nämlich in mehr oder weniger schnelle Kristallisation. Die daran sich knüpfenden Aenderungen, z. B. das Auftreten der Kristallisationswärme oder die geänderte Oberflächenspannung spielen offenbar eine Rolle bei der Aufrahmung.

Die günstigen Resultate des Friesischen Systems der Ausräumung sind also hauptsächlich dem Umstande zu zuschreiben, dass sich das Fett während des Prozesses in Kristallisation befindet. Auch die Tatsache, dass eine niedrige Temperatur an sich auf die Ausräumung günstig wirkt, also mit Ausschluss der Kristallisation, ist mit im Spiel.

6. Durch microscopische Messungen der Aufsteigungsgeschwindigkeit der Fettkügelchen, die übrigens befriedigende Uebereinstimmung zeigten mit den aus dem Stokeschen Gesetze berechneten Zahlen, konnteargetan werden, dass die relativ schnelle Aufrahmung der Tröpfchen nur stattfinden kann als Folge von der Bildung grösserer Complexe, die einer relativ viel geringeren Reibung unterliegen. Durch directe Beobachtung im Microscope wurde dann tatsächlich festgestellt, dass während der Aufrahmung eine starke Agglutination der Milchkügelchen eintritt. Die Umstände, welche für diese mehr oder weniger starke Complexbildung massgebend sind, wurden studiert.

7. Gut ausrahmende Milchmuster zeigen ausgiebige, schlecht ausrahmende dagegen geringere Complexbildung. Die Schleimstoffe Tragacanth, Saleb, u.s.w., welche fördernd auf die Aufrahmung wirken, vermehren auch die Agglutination. Abkühlen der

Milch mit flüssigem Fette veranlaszte eine ausgesprochene Vermehrung der Complexbildung. Bei Beobachtung von Milch mit anfänglich flüssigem Fette, in Vergleich mit derselben mit festem Fette, fanden wir bei niedriger Temperatur (7°), in ersterem Falle die Complexbildung weit stärker als im letzteren, also in Uebereinstimmung mit dem Befunde bei der Aufrahmung. Der Verlauf der Aufrahmung stellt sich also zusammen aus zwei gesonderten Vorgängen:

1°. Die Complexbildung und 2°. Die Aufsteigung der Complexe. Der erste Prozess, das Agglutinieren der Tröpfchen, das von der Schwerkraft unabhängig ist, ist weitaus der wichtigste.

8. Die gute Aufrahmung nach dem heute allgemein üblichen System ist also der gleichzeitigen Wirkung einer Anzahl Factore zu zuschreiben, von denen die niedrige Temperatur und die Kristallisation des Fettes, welche die Bildung von Aggregate der Tröpfchen befördert, die wichtigsten sind. Vielleicht wirkt auch die Kristallisationswärme, welche sich in diesen Complexen entwickelt, dazu mit, die zweite Phase bei der Rahmbildung, die Aufsteigung, zu erleichtern. Durch die ausgeführten Untersuchungen ist die Frage nach der Erklärung der Erscheinungen, welche bei der Aufrahmung beobachtet werden, hauptsächlich zurück gebracht zur Frage, welche Substanzen der Milch die Träger sind der Eigenschaft, die Fettkügelchen zu vereinigen und warum diese Stoffe bisweilen in der Milch einzelner Tiere fast völlig zu fehlen scheinen. Die physiologische Seite der Problems der Aufrahmung wird sich vielleicht für die Praxis als die wichtigste zeigen.
