

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION HOORN.

Over den invloed van den aggregaatstoestand van het melkvet op de oprooming volgens het Friesche systeem

DOOR

H. A. SIRKS.

(Ingezonden 12 Januari 1927).

INLEIDING.

Bij een vorig onderzoek over de oprooming van melk volgens het Friesche systeem is de veronderstelling gemaakt, dat de zooveel betere oprooming bij lage temperatuur van voorgewarmde melk in vergelijking met de oprooming derzelfde, van te voren lang en diepgekoelde, doch niet voorgewarmde melk, o.a. hieraan is toe te schrijven, dat in het eerste geval het melkvet tijdens de oprooming bezig is vast te worden, terwijl in het laatste geval het vet reeds geheel in vasten toestand verkeert.

Daar dit vastworden van het melkvet met een niet onbelangrijke kristallisatiewarmte gepaard moet gaan ²⁾, die door de bekende trosvorming der vetbolletjes plaatselijk voor een gemakkelijk opstijgen daarvan van beteekenis kan worden, werd het niet onwaarschijnlijk geacht, dat de betere oprooming der voorgewarmde melk althans voor een deel aan de optredende kristallisatiewarmte zou moeten worden toegeschreven.

Dit vermoeden kan nu verder op de proef worden gesteld door verder na te gaan, hoe het staat met den invloed van het voorwarmen op de oprooming bij een vloeistof, die zich van melk slechts hierin onderscheidt, dat het melkvet vervangen is door een vet, dat bij de temperatuur der oprooming niet in den vasten toestand overgaat. Natuurlijk moet in zulk een kunstmatig bereide melk, zal zij met de gewone melk vergelijkbaar zijn, de verdeeling van het vet, wat grootte der vetbolletjes betreft, zooveel mogelijk dezelfde zijn. Het is toch gebleken, dat de afmetingen der vetbolletjes van invloed moeten zijn op het oproomresultaat, daar onder het microscoop geconstateerd ³⁾ is, dat

1) Versl. Landbk. Onderzoekingen der Rijkslandb.proefst. XXVI, blz. 179.

2) " " " " " " XVI, blz. 23.

3) " " " " " " XXVI, blz. 168.

Ingezet

grootte vetbolletjes de eigenschap hebben andere, en vooral kleinere, bijzonder gemakkelijk aan zich vast te hechten. Bovendien zouden, wanneer in de kunstmatig bereide melk zeer grootte vetbolletjes (bijv. van meer dan $10\ \mu$ in diameter) voorkwamen, deze, althans gedeeltelijk, door afzonderlijke opstijging reeds in de roomlaag kunnen geraken, wat met de in normale melk voorkomende vetbolletjes slechts in zeer beperkte mate het geval kan zijn. ⁴⁾

Voor het beoogde doel was het dus noodig, het emulgeeren der niet stollende vreemde vetten in ondermelk zóódanig te doen plaats hebben, dat de verdeeling van het vet hierin nagenoeg overeenkwam met die van het melkvet in de melk. Met het oog op de mogelijkheid, dat de aard van het geëmulgeerde vet van invloed zou kunnen zijn op de eigenschappen, met de oprooming in verband staande, was het gewenscht met meer dan één vloeibaar vet zulk eene, op melk gelijkende, emulsie te bereiden en daarmee oproomproeven te doen.

Verder zou dan de deugdelijkheid van de gevolgde emulgeeringsmethode nog op de proef gesteld kunnen worden, door op dezelfde wijze zuiver botervet in centrifugemelk te emulgeeren, waarbij dan eene emulsie zou moeten ontstaan, die in allerlei opzichten, dus ook wat de gevoeligheid der oprooming betreft ten opzichte van al of niet voorwarmen, met natuurlijke melk zou moeten overeenstemmen.

Tenslotte zou het wel interessant zijn om na te gaan, wat het gedrag zou zijn van in ondermelk geëmulgeerde vetten, die ongeveer in hetzelfde temperatuurgebied in den vasten toestand overgaan als botervet. Wanneer de veronderstelling juist is, dat de verandering van aggregaatstoestand van het melkvet tijdens de oprooming op het resultaat daarvan van grooten invloed is, dan zal ook bij de oprooming van op de juiste wijze bereide emulsies van vetten, welke bij ongeveer dezelfde temperatuur stollen als botervet, iets dergelijks verwacht kunnen worden. Echter zal de invloed der aggregaatstoestandsverandering op de oprooming bij verschillende vetten wel zeer uiteenlopend kunnen zijn, daar bijv. het effect der kristallisatiewarmte zeer sterk afhankelijk moet zijn van de snelheid waarmee de vetbolletjes der emulsie in den vasten toestand overgaan. Onderkoelingsverschijnselen zullen bij de oprooming van zulke emulsies een belangrijke rol kunnen spelen.

I. *Emulsies van bij de oproomingstemperatuur vloeibaar blijvende vetten.*

Getracht werd diverse olieën op zoodanige wijze in centrifugemelk te emulgeeren, dat een vloeistof ontstond, welke niet alleen in vetgehalte, maar ook naar het uiterlijk, vooral onder het microscoop, zoo veel mogelijk op volle melk geleek.

⁴⁾ Ibidem, blz. 167.

Zoo werden vergelijkende proeven genomen met soyaolie, sesamololie, z.g. „boterolie” (d.i. olie uit Brassica-zaden, voornamelijk raapzaad) en lijnolie, welke op verschillende wijze door mechanisch ingrijpen (schudden, roeren, karnen) met centrifugemelk werden geëmulgeerd.

Het gelukte niet om door gelijdelijk inbrengen van betrekkelijk groote hoeveelheden olie in weinig centrifugemelk, onder aanhoudend snel roeren in een klein Holsteinsch karntje, een goede homogeen blijvende emulsie te verkrijgen met een hoog vetpercentage, wat dan door verdunnen met centrifugemelk tot het vetgehalte van melk zou kunnen worden teruggebracht. Ook door geruimen tijd schudden van ondermelk en olie in kolven bleef er, na afscheiding van het niet of slecht geëmulgeerde vet, eene emulsie over, die hoogstens slechts één procent vet bevatte en dikwijls nog veel minder. Wanneer dan getracht werd door voortgezette mechanische bewerking het vetgehalte te doen toenemen, bleek dit tot op zekere hoogte wel te gaan, doch de verkregen emulsie bevatte dan naar verhouding veel meer zeer kleine vetbolletjes dan in melk voorkomen en was dus voor het doel niet geschikt.

Er werd daarna overgegaan tot het emulgeeren van betrekkelijk weinig vet in groote hoeveelheden centrifugemelk, teneinde te trachten vele Liters emulsie te verkrijgen, wel met laag vetgehalte, doch althans met een goede verhouding der vetbolletjes naar hun grootte. Uit deze emulsie zou daarna door centrifugeeren in een separator een „room” met vrij hoog vetgehalte kunnen worden bereid, welke door verdunning op een vetgehalte van $\pm 3\%$ zou zijn te brengen.

Dit kon inderdaad soms geschieden door geruimen tijd schudden van centrifugemelk en olie in een aantal kolven tot een voldoende hoeveelheid olie was geëmulgeerd, doch, afgezien van het tijdroovende dezer bewerking, was het moeilijk een goed reproduceerbaar product te verkrijgen van de juiste samenstelling, zoodat de hieruit bereide emulsies met 3% vet, dikwijls toch nog niet voldoende met melk overeenstemden, wat betreft de verdeling van het vet.

Beter en sneller werd het doel bereikt met behulp van een der tuimelkarns van de boterfabriek der Proefzuivelboerderij. Na eenig probeeren om de beste emulgeeringstijd te vinden, werd o.a. de volgende werkwijze met succes toegepast.

In een tuimelkarn van ± 100 L. inhoud werd ruim een halve liter der te emulgeeren olie met 60 L. versche centrifugemelk van $\pm 12^\circ$ C. gedurende 10 à 15 minuten gekarnd. Dan werd de karn minstens 1 uur stilgezet, waarna de verkregen emulsie met $0,5$ à 1% vet onder uit de karn tot op ± 12 L. na langzaam werd afgetapt en na verwarming op 35° à 40° in een α -Lavalseparator werd gecentrifugeerd met eene zoodanige snelheid, dat $1\frac{1}{2}$ à 2 L. „room” met minstens 10% vet werd verkregen.

Deze emulsie werd, door even laten koken bij 40° onder sterk verminderden druk, van lucht bevrijd en eenigen tijd, gewoonlijk \pm één uur, in een scheidrechtter met rust gelaten, teneinde nog een weinig minder goed geëmulgeerd of door 't centrifugeeren weer samen-

geloopen vet af te scheiden van de rest, welke grootendeels werd afgetapt en met centrifugemelk tot op $\pm 3\%$ vetgehalte werd verdund en in ijs gezet tot den volgende morgen.

Een kleine hoeveelheid er van was voor microscopisch onderzoek afgezonderd, waarvoor eenige druppels van de $40\times$ met water verdunde emulsie in een kuipglaasje werden gedaan, teneinde de verdeling der vetbolletjes naar hun grootte te kunnen vergelijken met die van op dezelfde wijze verdunde, volle gemengde melk.

Zoo werd bijv. van het microscopisch beeld van een verdunde soyaolieemulsie en van verdunde melk de volgende indruk verkregen.

(Obj. D, Ocul. K 18 met micrometer; Oogbuis microscoop op 18;
1 schaaldeel micrometer = 2μ).

Voorkomen der vetbolletjes naar hun diameter in één gezichtsveld.		
Diameter der vetbolletjes.	Gemengde melk.	Soyaolie-emulsie.
$> 6\mu$	zeer enkele	zeer enkele
$4-6\mu$	verscheidene	enkele (meest $5-6\mu$)
$2-4\mu$	vele	vele
$1-2\mu$	vrij veel (matig)	vele
$< 1\mu$	eenige (niet veel)	vrij veel

Op deze wijze gelukte het met soyaolie emulsies te verkrijgen, waarvan het microscopisch beeld inderdaad veel op dat van melk geleek, al was dan ook niet te verwachten, dat de verdeling van het vet in alle opzichten zou overeenstemmen. Zoo was nooit te bereiken, dat vetbolletjes groter dan 10μ geheel ontbraken, zooals practisch bij normale gemengde melk 't geval is. Ook is het aantal zeer kleine bolletjes der emulsies meestal wat groter dan in melk. Hierdoor maakt het microscopisch beeld der emulsie doorgaans een iets minder gelijkmatigen indruk dan dat van melk.

Wat de andere vetten betreft, met lijnolie werden eveneens goede resultaten verkregen, doch sesamolie en boterolie bleken zóó moeilijk met centrifugemelk te emulgeeren, dat na geruimen tijd karnen de centrifugemelk slechts zeer weinig olie opgenomen bleek te hebben. Ook parafineolie emulgeert (blijkens een lang voortgezette schudproef) uiterst slecht. Deze olieën zijn dus voor het beoogde doel minder geschikt.

Dat de verkregen emulsies van soyaolie en lijnolie, wat de verdeling betreft, inderdaad veel op melk gelijken, kan blijken uit de microphoto's der $40\times$ verdunde emulsies van soyaolie en lijnolie en van de evenzoo verdunde gemengde melk (vergrooting ± 500 maal). Zie Fig. A, B, C en D.

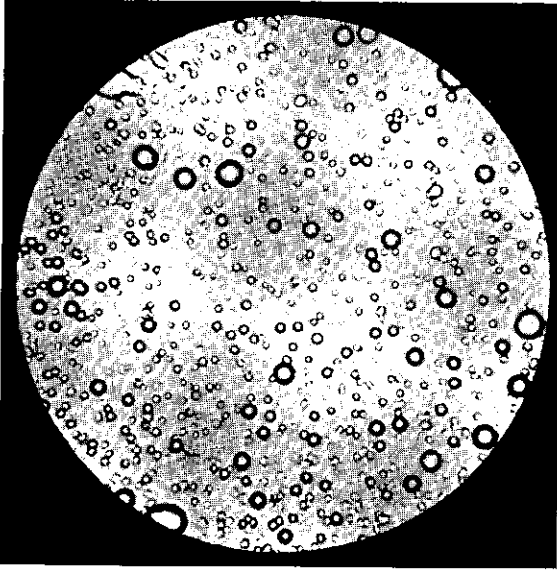


Fig. A. Soyaolecithinulsiö.

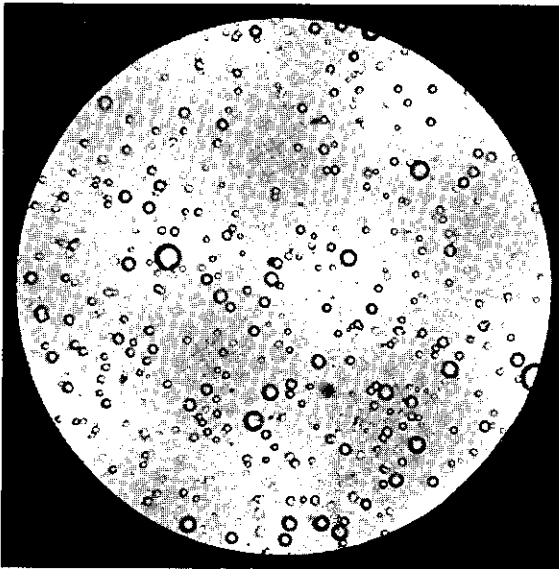


Fig. B. Lijnoliecithinulsiö.

Van deze emulsies zijn de Nos. 9, 10 en 11 door schudden met de hand, gevolgd door centrifugeeren, bereid, de overigen met behulp van de fabriekskarn.

Uit de cijfers van de 5de en 6de kolom van tabel I blijkt, dat de invloed van het vóórwarmen der langdurig en diepgekoelde emulsie in verreweg de meeste gevallen practisch nihil is, slechts in enkele gevallen, zooals bij N^o. 7 en N^o. 8 is het verschil van eenige beteekenis; het voorwarmen heeft daar in geringe mate gunstig op de oprooming gewerkt. Deze verschillen zijn echter onbelangrijk in vergelijking met die, welke worden gevonden, wanneer men de oproomingsresultaten bij lage temperatuur van verwarmde en niet verwarmde volle melk vergelijkt, welke een nacht in ijs heeft gestaan; een verschil in oproomgraad van 20 en meer werd hierbij vroeger meermalen geconstateerd.¹⁾

Het ligt voor de hand om aan te nemen, dat de bedoelde invloed van het voorwarmen zich bij soyaolie- en lijnolieemulsies niet voordoet, omdat de aggregaatstoestand van het vet tijdens de oprooming niet verandert, waarvan een gevolg is, dat hier bijv. geen kristallisatie-warmte optreedt, welke bevorderend op de oprooming zou kunnen werken.

Bij vergelijking van de cijfers van kolom 3 en 4 zien we, dat niet-tegenstaande de oproomingstemperatuur dezelfde is, het vetgehalte van den „room” bij de niet verwarmde emulsies steeds niet onbelangrijk lager is dan bij de voorgewarmde emulsies. Dit verschijnsel, dat zich ook bij volle melk in sterke mate voordoet, moet dus bij deze olieëemulsies een andere oorzaak hebben dan een verschil in aggregaatstoestand der vetbolletjes bij den aanvang van het oproomingsproces, waaraan men bij melk allicht het verschijnsel zou willen toeschrijven.

II. *Emulsies van zuiver botervet in centrifugemelk.*

Wanneer de beschreven emulgeeringsmethode inderdaad geschikt is, om op melk gelijkende emulsies te bereiden, dan moet het ook mogelijk zijn op deze wijze gesmolten botervet in centrifugemelk te emulgeeren, waarbij dan een product zou moeten verkregen worden, dat zeer veel op melk gelijk. Ook is dan te verwachten, dat de voorwarming der langen tijd gekoelde botervet-emulsie grooten invloed zou hebben op de oprooming.

Bij de bereiding der botervet-emulsies werd geheel dezelfde weg gevolgd als bij die der olie-emulsies, alleen werd in de karn geëmulgeerd bij een temperatuur van 40° C. in plaats van 12° C., teneinde het vet in vloeibaren toestand te houden. De verkregen emulsies geleken uiterlijk, en ook onder het microscop, zeer veel op melk; het eenige verschil in dit laatste opzicht was, dat er iets meer vet-

¹⁾ Verslagen Landb. Onderz. der Rijkslandb.proefst. XXVI, blz. 155, tabel 21, kolom III en V.

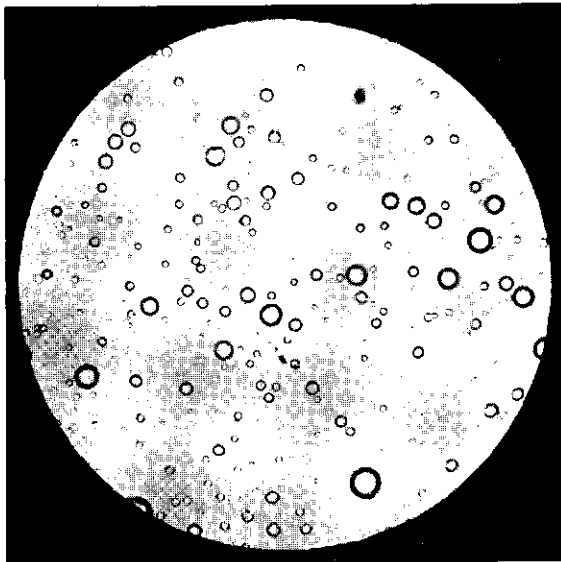


Fig. E. Botryvetemulsie.

bolletjes met een diameter van 6 μ en hooger in voorkwamen dan in volle melk. Zie fig. E. (Botervetemulsie 40 \times verdund, vergr. \pm 500 \times .)

De oproomproeven met de botervetemulsies gaven het volgende resultaat:

TABEL II.

Nummer der botervetemulsie.	Vetgehalte der emulsie in %.	Vetgehalte van den „room” in %		Oproomgraad na 5 u bij 8° C	
		bij de niet-verwarmde emulsie.	bij de vóórgewarmde emulsie.	van de niet-verwarmde emulsie.	van de vóórgewarmde emulsie.
15	3.19	15.3	20.8	72.5	83.0
16	4.45	—	18.1	nog geen room	75.9
17	3.20	15.3	19.3	31.5	77.7
18	3.37	14.1	18.3	58.9	74.7

Uit de cijfers van kolom 5 en 6 van tabel II blijkt, dat bij de botervetemulsies, evenals dat bij melk het geval is, de voorwarming een grooten invloed heeft op het resultaat der oprooming.

Bij emulsie N°. 15 was de oproomgraad der niet voorgewarmde emulsie reeds hoog; toch is het voorwarmen nog duidelijk van invloed geweest.

Bij emulsie N°. 16 kwam het zonder voorwarming in 5 uur nog niet tot eene zichtbare afscheiding van een roomlaag (na 22 uur was dit wel het geval), een verschijnsel, dat zich ook een enkele maal bij gemengde melk voordoet. ¹⁾

Na voorwarmen van emulsie N°. 16 werd binnen 5 uur wel een flinke oprooming geconstateerd. Ook bij de twee volgende botervetemulsies is de invloed der voorwarming zeer duidelijk merkbaar.

Het resultaat van deze proeven is dus in overeenstemming geweest met hetgeen te verwachten was, wanneer de gevolgde emulgeeringsmethode inderdaad geschikt geacht kon worden, om een in alle opzichten zeer veel op melk gelijkende emulsie te bereiden, zoodat deze methode ook voor het emulgeeren van andere vetten dan botervet vertrouwen verdient.

Bij vergelijking van kolom 3 en 4 van tabel II met die van tabel I valt nog op, dat het vetgehalte van den room der botervetemulsies onder gelijke omstandigheden steeds aanzienlijk lager is dan dat der olie-emulsies, het eerst bedoelde vetgehalte komt vrijwel overeen met

1) Versl. Landbk. Onderz. der Rijkslandb.proefst. XXVI, blz. 155, tabel 21, kolom V.

hetgeen voor den room van volle melk onder dezelfde omstandigheden gevonden wordt.

Het hoogere vetgehalte van den „room” der olie-emulsies kan dus niet worden toegeschreven aan het voorkomen van meer groote vetbolletjes dan in melk, want dit laatste is ook bij de botervet-emulsies geconstateerd, die toch een veel minder vetten room afscheiden dan de olie-emulsies. De vloeibare toestand van het vet der olie-emulsies gedurende den *gehcelen* oproomingstijd schijnt voor een dicht aaneensluiten der vetbolletjes bij de oprooming bevorderlijk te zijn. Zooals gezegd, is hiermee niet te verklaren het hoogere vetgehalte van den „room” der voorgewarmde olie-emulsies in vergelijking met dat der niet voorgewarmde olie-emulsies; wellicht, dat eigenschappen van het plasma hierbij een rol spelen.

III. *Emulsies van bij de oproomtemperatuur vast wordende vetten.*

Wanneer de stollingswarme bij het vast worden der melkvetbolletjes van voorgewarmde melk werkelijk de oprooming bevordert, dan is in 't algemeen hetzelfde te verwachten bij de oprooming van emulsies van vetten in ondermelk, die ongeveer hetzelfde stolpunt hebben als botervet, tenminste wanneer het vast worden der geëmulgeerde vetbolletjes en der complexen daarvan ongeveer in denzelfden tijd verloopt als bij die van de melk.

Het scheen daarom gewenscht eenige proeven met zulke emulsies te doen. Nu is het niet gemakkelijk om onder de meest bekende plantaardige vetten er eenige te vinden, die ongeveer hetzelfde stolpunt hebben als botervet. De meeste zijn vloeibaar bij gewone temperatuur; vast zijn bijv. cocosvet en cacaooter.

Het eerste vet smelt tusschen 23° en 30°, terwijl de stolling zeer langzaam plaats heeft en over een vrij groot temperatuursgebied; zij treedt gewoonlijk bij $\pm 25^\circ$ in, maar bij 15° blijft het vet nog zeer lang week, terwijl het eerst tusschen 5° en 10° volledig hard wordt. Het stollingsgebied ligt dus vrij wat lager dan bij botervet, dat doorgaans bij 20° reeds goed vast wordt.

Cacaooter komt in dit opzicht beter overeen met botervet, het smeltpunt ¹⁾ ligt bij omstreeks 30°, terwijl de stolling om en bij 25° vrij snel intreedt. Hiermee werden dan ook enkele emulgeeringsproeven gedaan met het doel, om, evenals vroeger, den invloed van den aggregaatoestand van het geëmulgeerde vet op de oprooming daarvan na te gaan. Het gelukte vrij goed om op de gewone wijze met behulp der fabriekskarn eene emulsie van gesmolten en gefiltreerd cacaootervet in op 40° verwarmde centrifugemelk te bereiden. Bij het centrifugeeren dezer emulsie, die toen 0,7 % vet bevatte, werd echter een niet onbelangrijk deel weer ontmengd, zoodat op den verkregen room

1) Hoewel bij dergelijke mengsels als vetten natuurlijk geen sprake kan zijn van een eigenlijk „smeltpunt”, wordt deze uitdrukking hier korthedshalve aangewend voor de temperatuur, waarbij ongeveer de smelting in hoofdzaak plaats vindt.

veel ongeëmulgeerd vet dreef. Wanneer hiervan, na eenigen tijd staan, werd afgetapt, werd wel een vrij goede emulsie verkregen, doch ook deze bleek zeer instabiel te zijn, daar bij afkoeling veel vast- en niet of slecht geëmulgeerd vet, op boter gelijkend, kwam bovendrijven, dat zich niet weer met de vloeistof liet mengen.

De waarschijnlijke oorzaak van dit snelle ontmengen en „uitboteren” van het geëmulgeerde vet kwam aan het licht, toen een kleine hoeveelheid der afgekoelde emulsie onder het microscoop werd bekeken. Men zag dan, dat de vetbolletjes grootendeels vast waren en daarbij op hun oppervlak tal van stekelvormige uitwassen vertoonden, waarmee zij zich gemakkelijk en stevig aan elkaar konden vasthechten. Bij voorzichtige verwarming van het praeparaat tot $\pm 40^\circ$ vloeiden zulke stevig aaneengehechte vetbolletjes spoedig samen tot een groteren druppel, die bij afkoeling weer met uitstekende kristalnaaldjes aan het oppervlak werd voorzien.

Het is duidelijk, dat eene emulsie van vet met zulke eigenschappen zeer instabiel moet zijn, wanneer zij aan afwisselende verwarming en afkoeling wordt onderworpen, en dat bij het laten staan der afgekoelde emulsie de oprooming zóó intensief zal verlopen, dat zij meer op „uitboteren” gaat gelijken.

Daarom is een cacaoboteremulsie dus niet geschikt om voor oproomproeven naast melk te worden aangewend, wat wel jammer is, daar de eerst verkregen emulsie vóór de afkoeling aanvankelijk een veel op melk gelijkend beeld vertoonde.

Vervolgens werden proeven genomen met eenige vetten, welke door smelten en filtreren van een viertal (botervrije) margarinesoorten waren verkregen. Uit den aard der zaak liggen de stolpunten van deze vetten in de buurt van die van botervet. Om over het verloop der stolling en de daarbij zich ontwikkelende warmte althans een indruk te krijgen werden de stollingslijnen bepaald, d.w.z. het verband tusschen de temperatuur van het vet en den tijd, gedurende welke de stolling plaats vindt. Tevens werd dan aangeteekend, wanneer de eerste troebeling in het vet zichtbaar werd en het z.g. „stolpunt” volgens POLENSKE.¹⁾ Het toestel, dat door dezen voor de stolpuntbepaling is aangegeven, bestaat uit een met thermometer en roerder voorziene reageerbuis, waarin het gesmolten vet wordt gedaan en die omgeven is door een wijdere buis, waardoor een luchtmantel voor langzame afkoeling gevormd wordt; dit alles wordt in een groot bekerglas met water geplaatst, dat constant op 16° moet worden gehouden. Onder voortdurend roeren werd nu elke minuut de temperatuur van het vet afgelezen en, behalve het tijdstip van eerste troebeling, vastgesteld wanneer en bij welke temperatuur 2 aan de achterzijde der reageerbuis dicht bij elkaar aangebrachte streepjes niet meer afzonderlijk waren te onderscheiden, wat dan wel het „stolpunt” wordt genoemd. De waarnemingen werden dan nog voortgezet om te zien, hoe

1) Zeitschr. f. Unters. der Nahr. u. Genussmittel, Bd. 14, blz. 758.

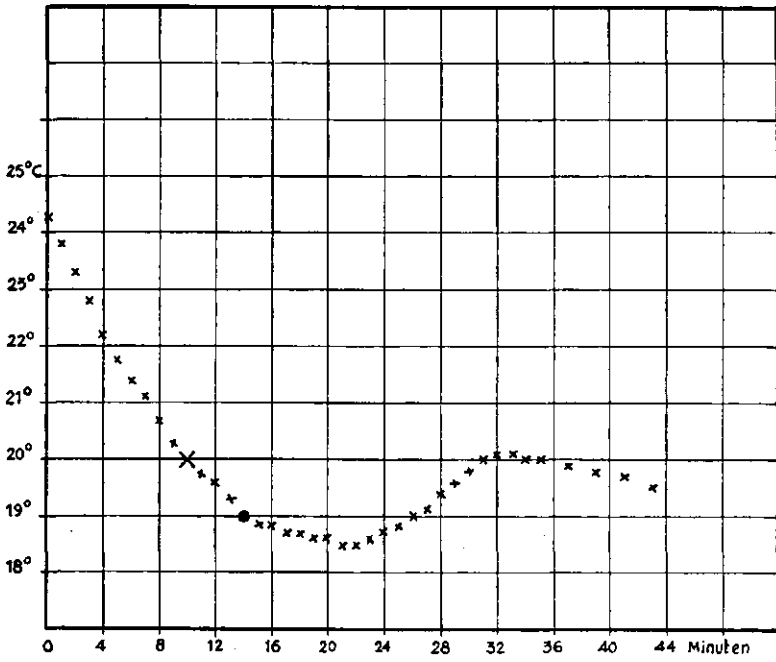


Fig. 1. Stollingslijn van M I.

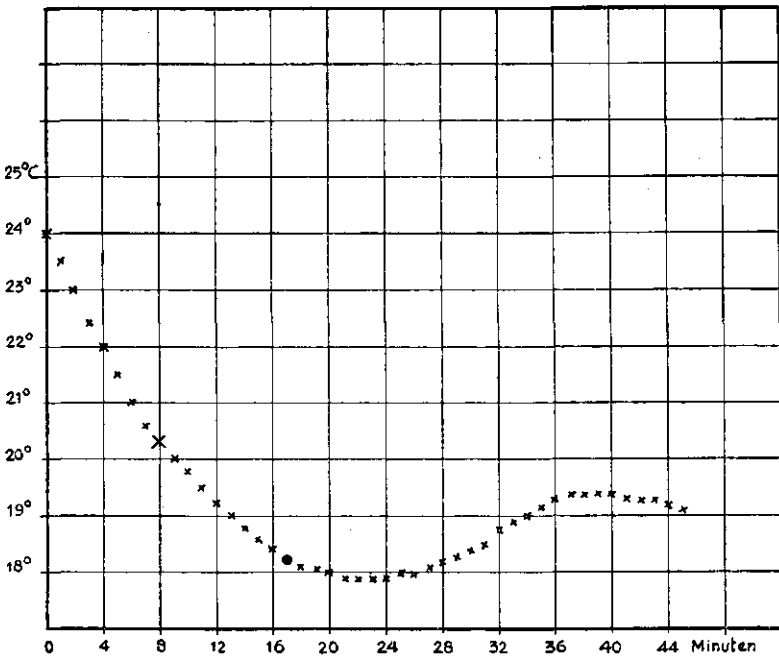


Fig. 2. Stollingslijn van M II.

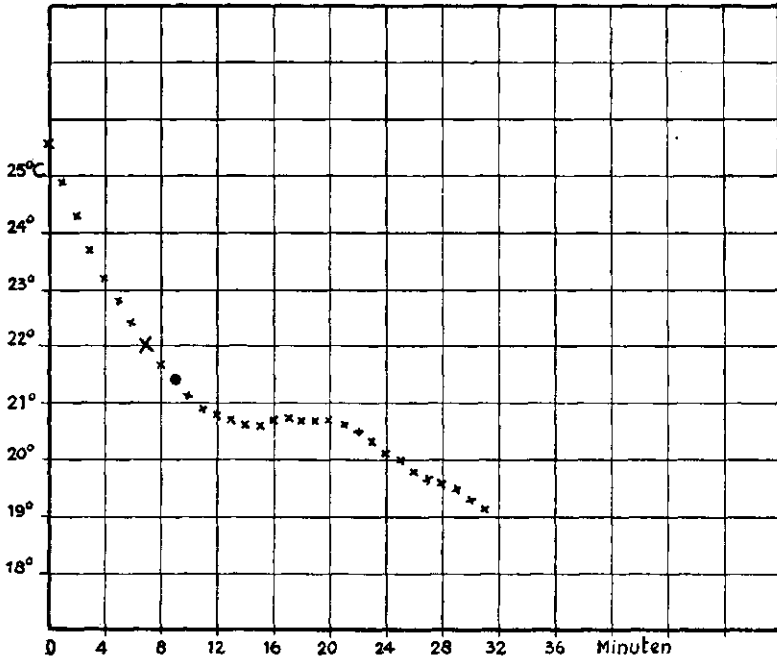


Fig. 3. Stollingslijn van M III.

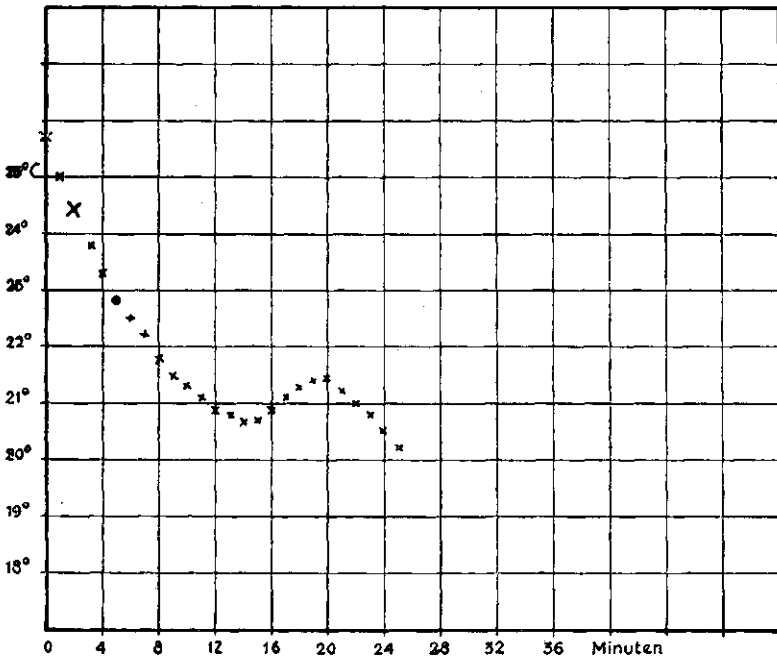


Fig. 4. Stollingslijn van M IV.

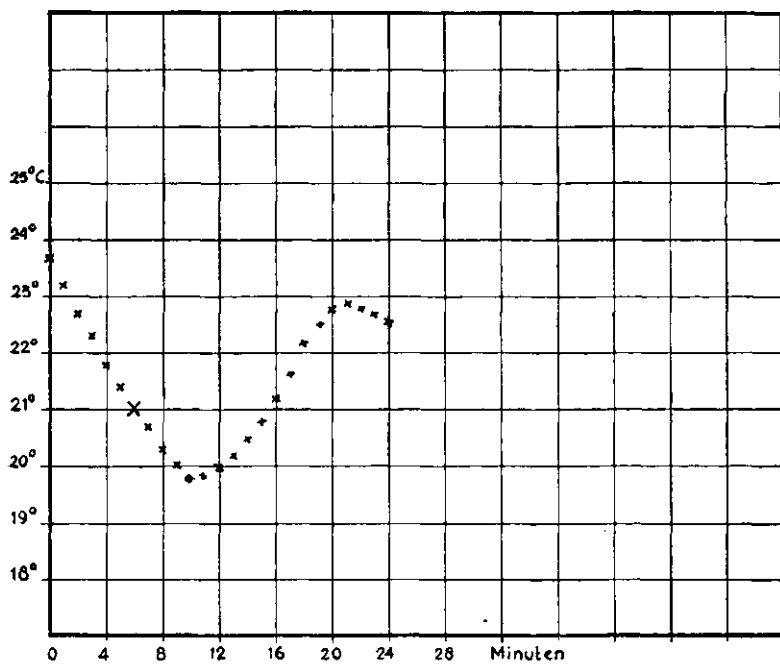


Fig. 5. Stollingslijn van P.

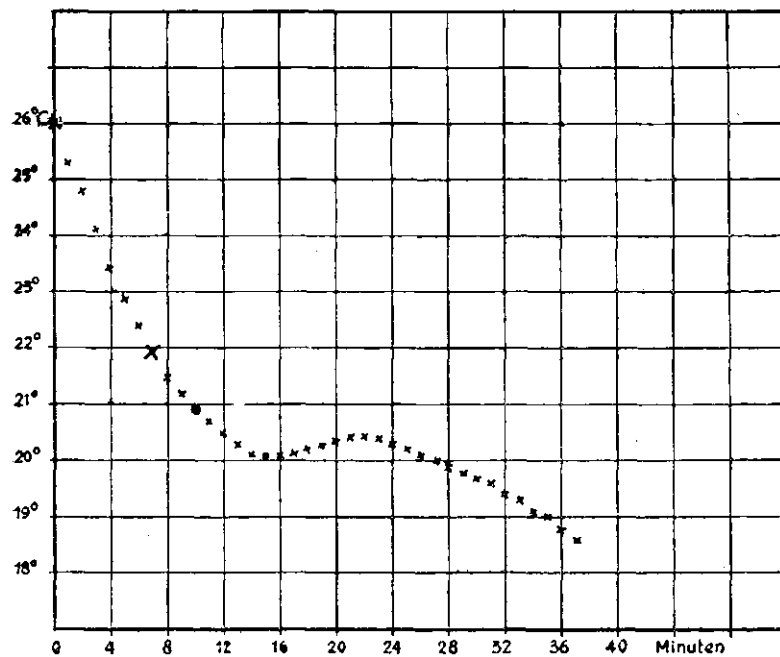


Fig. 6. Stollingslijn van botervet.

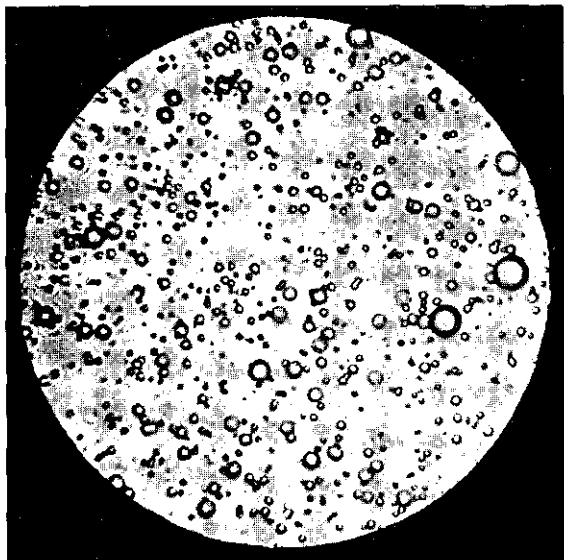


Fig. F. Emulsie van margarinevet M I.

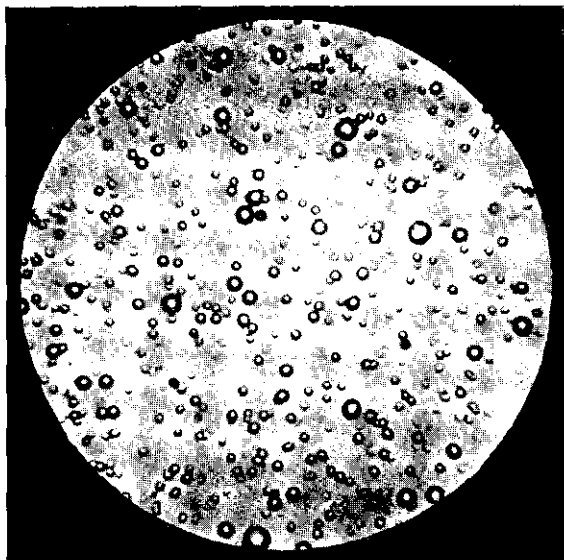


Fig. G. Emulsie van margarinevet M II.

bij het vastworden de warmteontwikkeling in den vorm der stollings-curve tot uiting kwam; gewoonlijk trad bij stolling wel eenige temperatuurstijging op; de waarnemingen werden gestaakt wanneer weer eene definitieve regelmatige daling was ingetreden.

In de bijgaande graphieken (fig. 1 t/m 5) zijn de stollingslijnen aangegeven van 4 verschillende margarinevetten M I, M II, enz. en van een zuiver watervrij „plantenvet” P, dat na smelting niet gefiltreerd behoefde te worden. Ieder kruisje in de graphieken geeft eene aflezing weer van de temperatuur (op de verticale as gemeten) welke het vet na een zeker aantal minuten van af het begin der waarnemingen (aangegeven op de horizontale as) bezat. Aldus wordt een stollingskromme gevormd, waarin met een groot kruisje de eerste in het vet optredende troebeling en met een groote stip het „stolpunt” is aangegeven.

Ter vergelijking is ook een stollingslijn voor zuiver botervet weergegeven (zie fig. 6), afkomstig van stalmelk van een 50 tal koeien der Proefzuivelboerderij. Het „stolpunt” was hier 20,9°; bij een dergelijk monster stalmelk van eenige maanden vroeger bedroeg het 21,8°.

Bij de overige vetten ligt het „stolpunt” bij sommige iets lager, bij andere weer iets hooger dan dat van botervet, het wisselt tusschen 18,2° en 22,8°.

Overal zien we, enkele minuten nadat de troebeling van het vet is begonnen, een knik in de stollingslijn optreden; de temperatuur blijft dan gewoonlijk eenige minuten vrijwel constant om daarna iets te stijgen voordat de definitieve daling weder intreedt; hoe grooter in een bepaalden tijd de ontwikkelde kristallisatiewarmte is, des te grooter zal daarin de temperatuursverhooging zijn. Bij de vetten M IV en P bijv. is de stijging in enkele minuten vrij groot; bij M III is er slechts uiterst weinig stijging van temperatuur; bij M I en M II is er een niet onbelangrijke stijging doch over langer tijd verdeeld.

Met elk der 5 vetten, waarvan de stollings-curve is weergegeven, werd nu, op dezelfde wijze als vroeger bij de emulgeering van botervet is geschied, getracht om eene goede op melk gelijkende emulsie te verkrijgen, door het vet in gesmolten toestand met centrifugemelk eenigen tijd (gewoonlijk 10 minuten) te emulgeeren in een tuimelkarn der boterfabriek van de Proefzuivelboerderij. De afgetapte emulsie werd evenals vroeger door centrifugeeren in vetgehalte geconcentreerd en later op $\pm 3\%$ vetgehalte gebracht door verdunnen met centrifugemelk. Het resultaat dezer emulgeeringsproeven was geheel analoog aan de vroegere; de verkregen emulsies kwamen wat uiterlijk en verdeling der vetballetjes betreft vrij goed met melk overeen; de microphoto's van de emulsies M I en M II (fig. F en G) geven hiervan een indruk.

De oproomproeven hadden ook geheel als vroeger plaats nadat de emulsies 24 uur in ijs gestaan hadden. Vergeleken werd het oproomresultaat na 5 u. staan bij 8° C. der al of niet op 40° voorgewarmde en snel op 8° afgekoelde emulsies.

Het resultaat van deze oproomproeven wordt in de volgende tabel III weergegeven.

TABEL III.

Emulsie van margarine- of planten- vet.	Vetgehalte der emulsie in %.	Vetgehalte van den „room” in %		Oproomgraad na 5 u. bij 8° C.	
		bij de niet-verwarmde emulsie.	bij de vóór-gewarmde emulsie.	van de niet-verwarmde emulsie.	van de vóór-gewarmde emulsie.
M Ia	3.48	14.4	16.6	60.2	62.5
M Ib	3.48	12.5	11.8	44.6	55.3
M IIa	3.35	17.6	18.7	39.7	57.4
M IIb	3.43	15.3	16.2	42.8	55.6
M IIc	3.34	12.8	13.7	48.1	62.9
M IIIa	3.45	16.8	18.8	40.2	42.7
M IIIb	3.39	11.1	14.6	51.8	54.2
M IIIc	3.19	15.2	18.1	56.6	53.0
M III d	3.29	—	13.0	nog geen room	54.9
M III e	3.37	14.0	18.3	42.2	44.5
M IV	3.22	—	11.7	nog geen room	54.6
P	3.36	—	19.4	± 3	67.2

M Ia, M IIa, enz. zijn emulsies van verschillende soorten margarinevet, terwijl M Ia, M Ib emulsies van dezelfde soort margarinevet, op verschillende dagen met verschillende centrifugemelk bereid, voorstellen.

Bij de emulsie M Ia was, zooals uit de 5de en 6de kolom blijkt, de verbetering der oprooming door voorwarmen zeer gering; bij M Ib daarentegen zeer duidelijk, bij de emulsies M IIa, M IIb en M IIc is eveneens de invloed van het voorwarmen zeer goed merkbaar; evenals bij melk het geval is, roomt de emulsie met aanvankelijk vloeibaar vet, dat tijdens de oprooming stolt, veel beter op dan de emulsie waarvan het vet reeds vast was, toen de oprooming begon.

Van het margarinevet M III werden 5 emulsies bereid, alle van dezelfde soort margarine, doch niet alle van hetzelfde monster afkomstig; zoo waren de emulsies M IIIa, M IIIb en M IIIc uit eenzelfde aangeschafte hoeveelheid margarine bereid, M III d en M III e uit een nieuwen voorraad der zelfde soort margarine. Slechts in één dezer 5 gevallen gelukte het om een duidelijk verschil in oproomgraad tusschen voorgewarmde en niet voorgewarmde emulsie aan te toonen, namelijk bij emulsie M III d waar de niet voorgewarmde emulsie na 5 u. nog geen roomafscheiding vertoonde, terwijl bij de voorgewarmde emulsie zich toen reeds een flinke roomlaag had afgescheiden.

Bij de emulsie M IV, van een vierde soort margarine afkomstig, en ook bij de emulsie P van een watervrij plantenvet, kwam de bevorderende invloed van het voorwarmen weer zeer duidelijk aan het licht.

Uitgezonderd de emulsies bereid uit M III, gedragen zich de margarinevet-emulsies dus over 't algemeen bij de oprooming zóódanig als te verwachten was, wanneer inderdaad het vast worden van het vet tijdens de oprooming als een hiervoor gunstige factor is te beschouwen. De vraag doet zich nu voor, waarom de M III-emulsies bijna alle daarop een uitzondering maken.

Wanneer we de stollingslijnen der verschillende vetten nog eens vergelijken, dan valt daarbij op, dat juist bij die van M III (fig. 3) een temperatuurverhoging bij de stolling zoo goed als niet optreedt, terwijl bij de andere stollings-curven deze $\pm 1^\circ$ of meer bedraagt.

Nu is het inderdaad mogelijk, dat deze omstandigheid van invloed is geweest op het resultaat der oprooming der M III-emulsies in dien zin, dat het uitblijven eener temperatuurverhoging slechts een gevolg is van eene geringe warmteontwikkeling (kristallisatiewarmte) in het stollende vet, zoodat ook de kans, dat de opstijging der vetbolletjes-complexen bevorderd wordt door de aggregaatstoestandsverandering, hier kleiner is dan gewoonlijk.

Niettemin wijst het feit, dat ook bij botervet, volgens de stollings-curve daarvan, de temperatuurstijging bij stolling zeer klein is en de omstandigheid, dat een der 5 emulsies van M III wel gevoelig is gebleken voor voorwarmen, er op, dat hier ook nog andere factoren in het spel zijn.

Afgezien van de mogelijkheid, dat ook de aard van het melkplasma, waarin geëmulgeerd is, van invloed is op de wijziging van het oproomingsresultaat door vóórwarmen, mag niet uit het oog worden verloren, dat de stolling der vetbolletjes in de emulsie wel geheel anders kan verlopen dan gevonden is bij de proeven, waarbij de stollings-curven van betrekkelijk groote hoeveelheden vet werden vastgesteld. Zelfs schijnt het niet onmogelijk, dat reeds een iets grovere emulgeering der vetbolletjes van invloed is op de hoeveelheid vet, welke in een bepaalden tijd stolt en dus ook op de daarbij vrijkomende kristallisatiewarmte. Onderkoelingsverschijnselen, afhankelijk van den aard en de verdeelingswijze van het geëmulgeerde vet, kunnen hierbij een belangrijke rol spelen. Zal toch het effect der voorwarming der emulsies op de oprooming gelijk zijn aan dat, zooals het gewoonlijk bij melk wordt waargenomen, dan zal het noodig zijn, niet alleen, dat het vastworden der vetbolletjes met ongeveer dezelfde snelheid plaats heeft als bij melk, maar ook dat dit geschiedt op een tijdstip, waarop de vetbolletjes reeds meerendeels tot aggregaten zijn vereenigd, maar nog niet in de roomlaag zijn opgestegen.

Juist bij melk schijnt te moeten worden aangenomen, dat dit laatste geschiedt, want dan is het ook verklaarbaar, dat het verwarmen vóór de oprooming zulk een gunstigen invloed heeft.

Ook nog uit een ander oogpunt schijnt het van veel belang, dat het vastworden der vetbolletjes niet snel, doch ook niet te langzaam geschiedt. Het ligt voor de hand om aan te nemen — en directe microscopische waarnemingen schijnen dit te bevestigen —, dat de aaneenhechting der afzonderlijke vetbolletjes gemakkelijker zal

plaats hebben, wanneer het vet nog vloeibaar of half vloeibaar is, dan wanneer het reeds geheel vast is; het aanrakingsoppervlak bij samen-treffen van 2 vetbolletjes, omgeven met een laagje geadsorbeerd eiwit, zal in het eerste geval veel grooter zijn, terwijl voor het daarna al of niet aaneengehecht blijven der bolletjes een half-vaste toestand van het vet gunstig lijkt.

Geheel vloeibaar vet geeft wel een goede aanraking der vetbolletjes, doch door de Brownsche beweging en de daardoor gemakkelijk plaats grijpende vormverandering der vloeibare vetbolletjes, zal de verbinding dan ook weer vrij dikwijls verbroken worden; geheel vast vet maakt, dat de aaneenhechting niet over een groot oppervlak kan geschieden en dus ook weer gemakkelijk opgeheven kan worden. Een halfvaste toestand van het vet, niet te lang na het begin van den oproomingtijd intredende, en niet te kort gehandhaafd blijvende, schijnt dus wel het voordeeligst voor een goede trosvorming, zooals die in de melk onder gunstige omstandigheden tot stand komt.

Waar zoovele factoren zich kunnen doen gelden bij de vraag of de vóórverwarming van eene emulsie een gunstigen invloed op de oprooming zal uitoefenen, was het dus niet te verwonderen, dat niet bij alie margarinevet-emulsies hetzelfde verschijnsel als bij melk, n.m. een verbetering der oprooming door voorwarmen, kon worden geconsta-teerd.

Dat in verreweg de meeste gevallen het verwachte verschijnsel zich duidelijk vertoonde, pleit voor de aanname, dat de stolling van het vet tijdens de oprooming, op het goede tijdstip plaats hebbende, de hoofdoorzaak is van de zooveel betere oprooming van voorge-warmde melk dan van melk, waarin het vet reeds grootendeels of geheel in vasten toestand verkeert.

Bij de behandeling van het voorgaande is stilzwijgend de aanname gemaakt, dat de oprooming der gebezigde emulsies van soya- en lijnolie en van de margarinevetten op dezelfde wijze tot stand komt als vroeger bij de melk is aangetoond, namelijk door de vereeniging der vetbolletjes tot steeds grooter wordende complexen, waarvan de stijgkracht in het plasma ten slotte zoo groot wordt, dat zij snel kunnen opstijgen en een roomlaag vormen. ¹⁾

Hoewel nu van te voren wel zeer waarschijnlijk was, dat bij de emulsies de „roomvorming” eveneens door voorafgaande trosvorming tot stand komt, zoo was het toch gewenscht, dit langs directen weg, dus onder het microscoop, te verifiëren.

Evenals vroeger werd de vijfmaal met centrifugemelk verdunde emulsie in een glazen kamertje gebracht met een grondvlak van 2 c.M. in het vierkant en een hoogte van 0,2 m.M., waarna de vloeistof met parafine van de buitenlucht werd afgesloten. Het objectglas, waarop het kamertje was aangebracht, werd op een langzaam roteerende verticale schijf bevestigd, teneinde vereeniging van vetbolletjes onder den invloed der zwaartekracht te beletten en werd

1) Versl. Landbk. Onderz. der Rijkslandbouwproefstations XXVI, blz. 168 e.v.

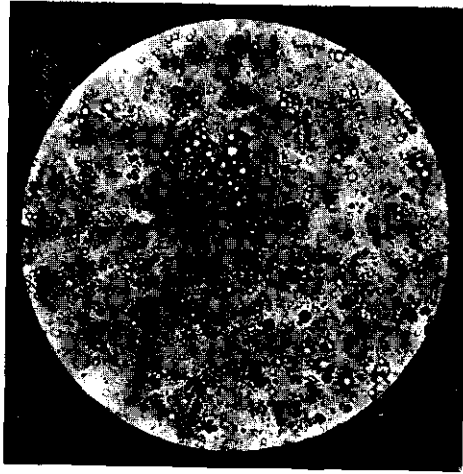


Fig. II. Trosvorming bij een soyaolieemulsie.

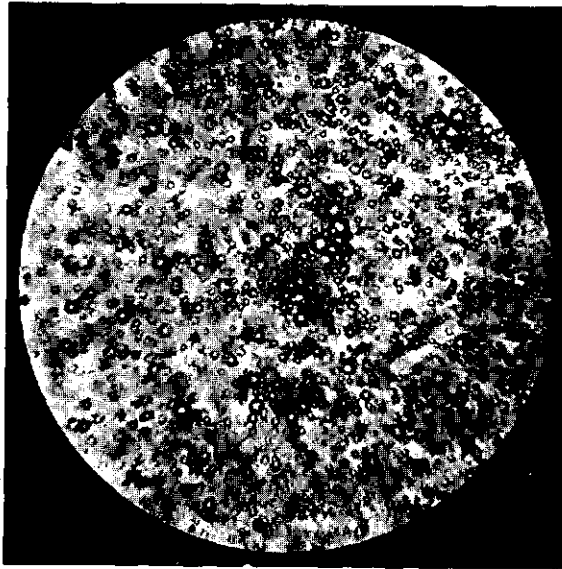


Fig. I. Trosvorming bij eene margarineemulsie.

na eenigen tijd bij tusschenpoozen onder een microscoop gebracht, waarvan de objecttafel verticaal was geplaatst. Na bepaalden tijd bleek duidelijk, dat ook bij de emulsies trosvorming optrad, zooals op de bijgevoegde microphoto's is waar te nemen (Fig. H en I; vergroo-
ting 320 \times).

Ook wat dit punt betreft gelijken de kunstmatige vetemulsies dus veel op de natuurlijke melk.

Zusammenfassung.

Zur Deutung der schon lange in der Molkereipraxis bekannten Tatsache, dass die Milch besonders gut aufrahmt, wenn sofort nach ihrer Vorwärmung, Kühlung und Hinstellung in Behältern, das Milchfett anfängt von dem flüssigen in den festen Zustand überzugehen, ist in einer früheren Arbeit schon von VAN DAM die Annahme gemacht worden, dass die Selbsterwärmung infolge Kristallisation des Fettes für das Zustandekommen der genannten Erscheinung vielleicht ein wichtiger Faktor sein könnte. Diese Vermutung bekam später eine Stütze, durch die Arbeiten OTTO RAHN's und des hiesigen Instituts in welchen der Beweis erbracht wurde, dass die Aufrahmung nicht durch Aufsteigung der einzelnen Fettkügelchen, sondern hauptsächlich durch die Bildung von grossen Aggregaten der Fetttröpfchen, welche weit schneller auf zu steigen vermögen, bedingt wird. Denn es ist einleuchtend, dass die sich in diesen Complexen entwickelnde Kristallisationswärme eine leichte Aufsteigung des Fettes viel intensiver fördern wird, als es bei den einzelnen kleinen Kügelchen, welche bald ihre Wärme verlieren, der Fall sein kann.

Diese Voraussetzung des Einflusses der Kristallisationswärme wurde nun auf die Probe gestellt durch die Untersuchung der Aufrahmung von Emulsionen verschiedener Fette in Magermilch (mit $\pm 0,1$ % Fett), welche so bereitet waren, dass Gehalt und Verteilungsart des Fettes in der Emulsion möglichst gut mit denen in der Milch übereinstimmten. Versuche wurden gemacht mit Emulsionen von:

- 1°. Ölen, die flüssig bleiben bei der Aufrahmungstemperatur;
- 2°. Butterfett;
- 3°. Fetten, ungefähr bei derselben Temperatur erstarrend wie Butterfett.

Wenn nun die Erstarrung des Fettes und die sich dabei entwickelnde Kristallisationswärme eine grosse Rolle spielt beim Aufrahmungsprozess, so soll es im Falle der Ölemulsionen ganz gleichgültig sein, ob sie gleich vor dem Anfange des Aufrahmens auf 40° vorgewärmt und wieder gekühlt werden, oder dass die Erwärmung unterlassen und die tiefgekühlte Emulsion nur auf die Aufrahmungstemperatur gebracht wird.

Bei den unter 2° en 3° genannten Emulsionen ist dagegen zu erwarten, dass die Vorwärmung das Resultat der Aufrahmung begünstigen soll, da in diesem Falle die eintretende Kristallisation die Aufsteigung der Fettkügelchen-complexen, deren Bildung auch in den Emulsionen beobachtet wurde, fördern musz.

Die Versuche zeigten nun wirklich, dass die Aufrahmung der Emulsionen so geschah, wie erwartet wurde. Eine Ausnahme machte nur die Emulsion einer bestimmten Art von Margarinefett, das sich aber auch hierin von den anderen festen Fetten unterschied, dass die bei der Erstarrung des geschmolzenen Fettes auftretende Kristallisationswärme gering war, wie es sich aus der Bestimmung der Erstarrungscurven deutlich zeigte.

Aber es ist auch möglich, dass abnorme Unterkühlungserscheinungen der in der Emulsion sehr fein zerteilten Fettes bei Emulsionen von bestimmten Fetten verantwortlich gestellt werden müssen, da es selbstverständlich für eine richtige, die Aufrahmung befördernde Wirkung, von groszem Interesse ist, dass die Erstarrung des Fettes im richtigen Moment stattfindet, d.h. hauptsächlich dann, wenn die Aggregate der Fetttropfen sich bilden und anfangen auf zu steigen.

Die Resultate der Aufrahmungsversuche mit den genannten Emulsionen entsprechen also im allgemeinen der Erwartung und haben, aufs neue gezeigt, welch einen wichtigen Einfluss der Aggregatzustand des Fettes während der Aufrahmung aus zu üben vermag.

Übrigens braucht die Kristallisationswärme nicht der einzige Faktor zu sein, welche bei der Beschleunigung der Aufrahmung nach Vorwärmen der Milch eine Rolle spielt. So machen einige Beobachtungen unterm Microscop es wahrscheinlich, dass der halbfeste Zustand des Milchfettes förderlich ist für eine schnelle und dauerhafte Vereinigung der Fettkügelchen und also für eine intensive Aufrahmung

Ausserdem ist es nicht ausgeschlossen, dass eine Zustandsänderung des Milchplasmas, welche beim Vorwärmen der lange- und tiefgekühlten Milch eintreten kann, die Aufrahmung unter Umständen etwas vermag zu beeinflussen.