

NA 2569

MINISTERIE VAN LANDBOUW, VISSCHERIJ EN
VOEDSELVOORZIENING

DIRECTIE VAN DEN LANDBOUW

VERSLAGEN VAN LANDBOUWKUNDIGE
ONDERZOEKINGEN. — N^o. 52 (1) G *epc*

**ONDERZOEK
NAAR DE MOGELIJKHEID VAN
VERBETERING DER CONSISTENTIE
VAN WINTERBOTER**

DOOR

Dr. W. ADRIANI EN

Dr. A. F. TAM SMA

LABORATORIUM DER COOP. FABRIEK VAN
MELKPRODUCTEN TE BEDUM



RIJKSUITGEVERIJ
DIENST VAN DE
NEDERLANDSCHE
STAATSCOURANT

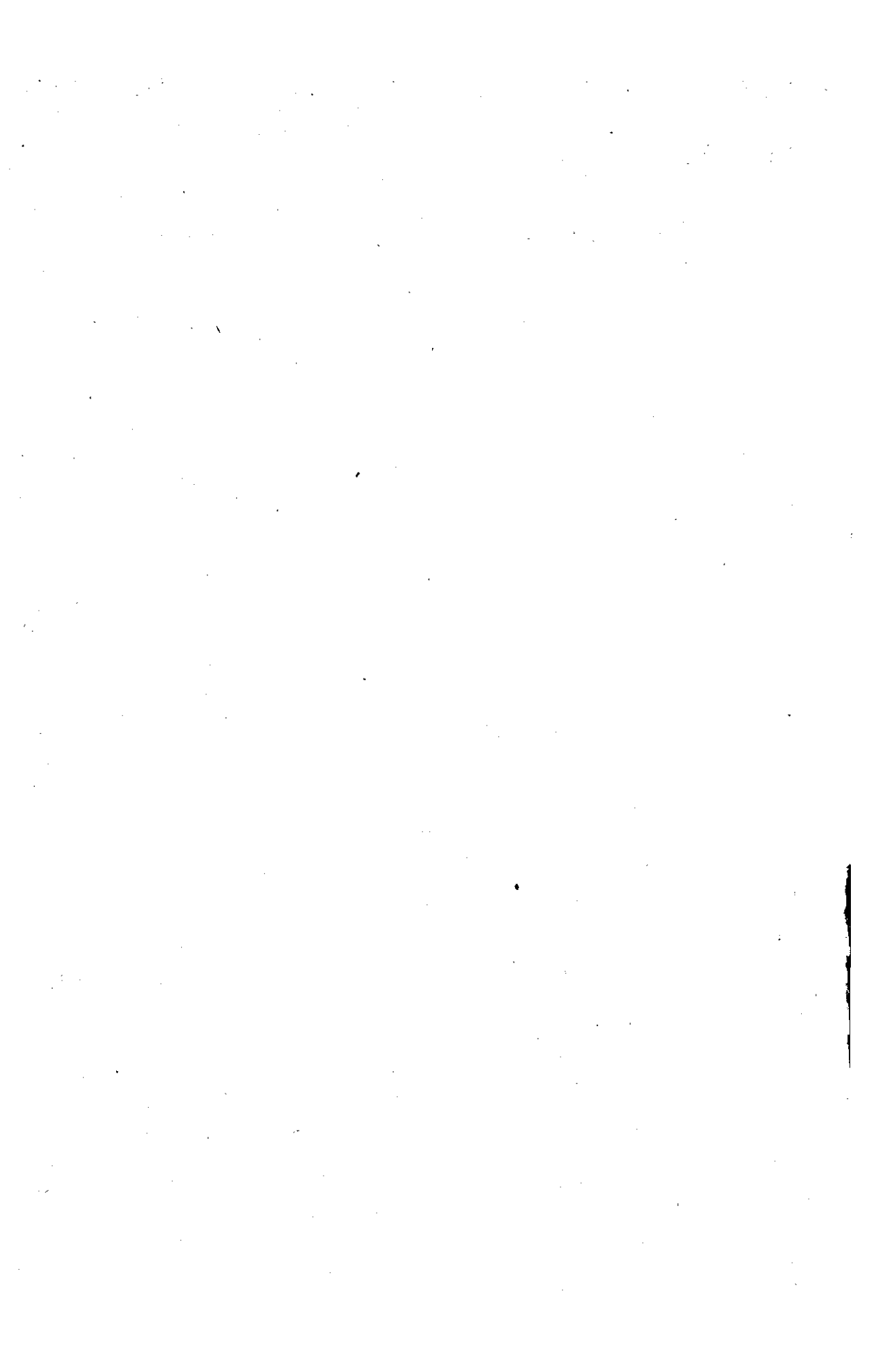
1·9·4·6

'S-GRAVENHAGE · ALGEMEENE LANDSDRUKKERIJ

Prijs f 0,60*

Bibliotheek
der
Landbouw Hoogeschool
WAGENINGEN

454232



ONDERZOEK NAAR DE MOGELIJKHEID VAN VERBETERING DER CONSISTENTIE VAN WINTERBOTER

DOOR

DR. W. ADRIANI EN DR. A. F. TAMSMA

Laboratorium der Coöp. Fabriek van Melkproducten te Bedum.

I. INLEIDING; DOEL EN OPZET VAN HET ONDERZOEK

De consistentie van boter laat in 2 opzichten te wenschen over: de winterboter, d.w.z. de in den winter gemaakte boter, is bij lage kamertemperatuur te brokkelig en te stevig en daardoor slecht smeerbaar, de zomerboter is bij hooge kamertemperatuur te zacht.

Vergelijkt men de consistentie van winterboter met die van zomerboter bij gelijke temperatuur, dan blijkt dat de winterboter veel steviger is dan de zomerboter. Het euvel van te stevige boter in den winter is dus niet alleen het gevolg van het feit, dat in den winter lagere temperaturen voorkomen, maar wordt nog verergerd door de omstandigheid, dat de stevigheid van de in den winter bereide boter op zichzelf reeds aanmerkelijk grooter is dan die van zomerboter.

Dit verschil in consistentie tusschen zomer- en winterboter wordt veroorzaakt door het verschil in samenstelling van het botervet: het vet van zomerboter heeft een hooger joodgetal en bezit als gevolg daarvan een veel hooger gehalte aan laagsmeltende glyceriden dan het vet van winterboter.

De reden van dit verschil in samenstelling van het botervet moet in hoofdzaak gezocht worden in het verschil in voeding der koeien gedurende stal- en weideperiode. Zoodra de koeien in het voorjaar in het land komen, ziet men de stevigheid der boter onmiddellijk dalen. Het tegenovergestelde is het geval, wanneer de koeien in den herfst weer op stal komen. Behalve de aard van het voedsel zijn er nog een aantal andere factoren die de samenstelling van het botervet beïnvloeden en die maken dat op een en denzelfden datum de samenstelling van het botervet in verschillende streken van ons land, bij verschillende boerderijen uit één provincie, of bij verschillende koeien van één boer zeer sterk kan uiteenloopen. Over deze factoren is door ons in opdracht van de Vakgroep Boterindustrie een onderzoek gedaan waarvan het verslag is gepubliceerd ¹⁾, doch hoe belangrijk het ook is om deze factoren te kennen, aangezien men met deze kennis gewapend rechtstreeks invloed op de samenstelling van het botervet kan uitoefenen (en daarmee op de stevigheid der boter), toch blijft het daarnaast van belang na te gaan, in hoeverre

¹⁾ Als boek onder den titel: „Onderzoek naar de factoren die de samenstelling van het melkvet beïnvloeden in verband met de verschillen in stevigheid tusschen de in verschillende streken van ons land geproduceerde boters” door ADRIANI, TAMSMA, VOGEL en GROOT, uitgegeven bij de firma J. B. Wolters te Groningen.

men bij gegeven samenstelling van het botervet toch door de juiste keuze der boterbereidingsmethode in de fabriek de stevigheid der boter in de gewenschte richting kan beïnvloeden. Immers voor de boterfabriek is de samenstelling van het gemiddelde melkvet, dat op een gegeven oogenblik wordt aangevoerd, een grootheid waaraan zij op dat oogenblik niets kan veranderen, die zij eenvoudig heeft te aanvaarden, zoodat het gewenscht is dat zij in de keuze van de juiste bereidingsmethode nog een middel heeft om de consistentie der boter in de gewenschte richting te beïnvloeden.

Ons onderzoek naar de bereidingsmethode die de fabriek moet toepassen om zoo stevig mogelijke zomerboter te verkrijgen hebben wij reeds vroeger beschreven¹⁾. Thans willen wij het een en ander mededeelen over een onderzoek dat wij gedaan hebben naar de beste methode om in den winter boter te bereiden, die niet te brokkelig is²⁾.

Het gebrek „brokkeligheid” wordt bij het keuren in de practijk geconstateerd, doordat de boter dan gemakkelijk scheurt wanneer men met den duim drukt op de boter die zich op de boor bevindt. Wil men dit euvel bestrijden, dan dient men er zich eerst rekenschap van te geven wat eigenlijk de oorzaak is van deze kwaal. Brokkeligheid is een eigenschap die men bij voorkeur aantreft bij vaste stoffen, dus daar waar (in tegenstelling met hetgeen wij bij vloeistoffen waarnemen) de deeltjes zich niet vrij ten opzichte van elkaar kunnen verplaatsen. Wordt bij een dergelijke vaste stof, waarop men een druk in bepaalde richting uitoefent, de spanning zóó groot dat de „breukgrens” overschreden wordt, dan treedt breuk of scheurvorming op. Bij een vloeistof, ook een zeer taaie, is deze kans op scheurvorming veel geringer. Immers hier kunnen de deeltjes zich vrij ten opzichte van elkaar verplaatsen en juist door deze beweging wordt de opgelegde spanning verminderd: „de massa geeft mee” en de kans op scheurvorming is veel geringer. Bij een vloeistof hangt de vraag of er toch nog scheurvorming zal optreden af van de viscositeit der vloeistof en de snelheid waarmee de vormverandering wordt opgelegd: hoe grooter deze snelheid en hoe grooter de viscositeit, des te grooter de kans op scheuren. Boter staat nu als het ware tusschen een vloeistof en een vaste stof in. Want bij lage schuifspanningen treedt nog geen vloeien op; eerst als de schuifspanning een bepaalde grens („yield value”) overschrijdt treedt vloeien op. Hoe meer vaste phase de boter heeft en hoe meer „structuur” deze vaste phase bezit, des te meer zal de boter op een vaste stof gelijken en daardoor onder belasting meer breken en minder vloeien, d.w.z. brokkeliger zijn. De brokkeligheid wordt dus niet uitsluitend bepaald door de stevigheid. Men kan 2 boters hebben, die precies dezelfde stevigheid bezitten en toch in brokkeligheid sterk uiteenloopen. Dit hangt af van de structuur van de boter. Wanneer de afgescheiden vetkristallen met elkaar vergroeid zijn en als het ware een samenhangend netwerk vormen, zal de brokkeligheid grooter kunnen zijn dan bij een boter die dezelfde hoeveelheid vaste vetkristallen bezit, doch waarbij deze kristallen zich min of meer vrij ten opzichte van elkander kunnen bewegen.

Nu wij dus in het bovenstaande gezien hebben, dat de brokkeligheid samen-

¹⁾ ADRIANI en TAMMSMA. Versl. Landbk. Ond. d. R.L.P. 47, 941 (1941).

²⁾ Een voorloopige mededeeling hierover plaatsten wij reeds in het Ned. Weekbl. v. Zuivelbereiding en Handel van 10 Februari 1942.

hangt met de stevigheid en de structuur der boter, daar is het aangewezen op welke wijze men het maken van brokkelige boter zal moeten vermijden. Men zal bij de bereiding moeten zorgen:

- 1°. dat de tot brokkeligheid aanleiding gevende „structuur” zooveel mogelijk vernietigd wordt;
 - 2°. dat de boter bij een bepaalde temperatuur (wij nemen hiervoor 13° C, als zijnde de gebruikelijke temperatuur waarbij winterboter gekeurd wordt) een stevigheid bezit die zoo klein mogelijk is.
- Wij willen beide punten achtereenvolgens bespreken.

II. BESTRIJDING DER BROKKELIGHEID VAN BOTER DOOR DE „STRUCTUUR” ZOOVEEL MOGELIJK TE Vernietigen

De vernietiging dezer structuur bereikt men het eenvoudigst door de boter zoo koud mogelijk te kneden; men neme dus na het karnen zeer koud waschwater. Reeds in 1914 vermeldt PERKINS¹⁾ zeer interessante proeven volgens welke boter „excessively worked while hard” minder stevig is dan op normale wijze bereide boter. Deze resultaten schijnen echter in het vergeetboek te zijn geraakt. Althans 15 jaar later refereert PETERSEN²⁾ een artikel van PERSSON in „Svenska Mejeritidningen” en merkt daarbij op, dat deze de brokkeligheid bestrijdt (met koud waschwater), „volgens methoden, die in andere landen en ook in Duitschland niet algemeen bekend zijn.” Hij deelt de uitkomsten mede van proeven, door WALLER en ERICSSON genomen op het proefstation van Goteburg, waarbij bleek dat koud waschwater bij winterboter de brokkeligheid vermindert; een temperatuur van 6° is nog iets gunstiger in dit opzicht dan 10—12°.

Ook deze resultaten schijnen weder in het vergeetboek te zijn geraakt. Althans 5 jaar later publiceerden MOHR en OLDENBURG in hetzelfde tijdschrift³⁾ de resultaten van een uitvoerig onderzoek, waaruit blijkt dat het zeer voordelig is om koud waschwater (lager dan 6° C) te gebruiken, wil men een goed smeerbare boter verkrijgen. Ook dit onderzoek schijnt niet algemeen bekend geworden te zijn, althans 2 jaar later schrijven COULTER en COMBS⁴⁾ nog ten aanzien van winterboter, dat de algemeene opinie is, dat brokkelige boter het gevolg is van te koud waschwater. Hun eigen proeven leeren hun echter vervolgens, dat gebruik van koud waschwater de boter minder brokkelig en zachter maakt. Zij bevelen daarom aan, bij winterboter het waschwater tot 4° C of lager te koelen.

Bij proeven door het Laboratorium der Coöp. Fabriek van Melkproducten te Bedum genomen⁵⁾ vonden wij dat de stevigheid van zomerboter door

¹⁾ *J. Ind. Eng. Chem.* 6, 136 (1914).

²⁾ *Molkerei Ztg.* 43, 1198 (1929).

³⁾ *Molkerei Ztg.* 48, 578 (1934) en *World's Dairy Congress Rome 1934* II d section blz. 379.

⁴⁾ *Univ. of Minnesota, Agric. Exp. stat. Techn. Bull.* 115 (1936).

⁵⁾ ADRIANI en TAMMSMA, *Verst. Landbk. Ond. d. R. L. P.* 47, 957, 986 (1941).

gebruik van koud waschwater wordt verminderd. Bij de voortzetting dezer proeven, ditmaal met winterboter, vonden wij nu dat de stevigheid (gemeten volgens PERKINS bij 13° C en na opslag gedurende resp. 1 en 2 weken bij 13° C.) weliswaar slechts weinig kleiner wordt, dat echter de brokkeligheid door gebruik van koud waschwater zeer sterk wordt verminderd. Geeft men de boter drie wasschingen, dan is een temperatuur van 6° niet noemenswaard beter dan een temperatuur van 9°, deze laatste echter veel beter dan hoogere temperaturen zooals 11° of 13° C.

Voor de practijk bevelen wij daarom (voor het geval van 3 wasschingen) een temperatuur van het waschwater van 9° of iets lager aan; immers bij hoogere temperaturen wordt de boter merkbaar brokkeliger, terwijl lagere temperaturen het nadeel hebben dat de boter zoo vast is, dat zij moeilijk te behandelen is, ook duurt het kneden dan langer, het vochtgehalte valt gemakkelijker te laag uit, terwijl wat betreft de brokkeligheid geen noemenswaard voordeel aan het gebruik van dergelijke extreem lage temperaturen verbonden is.

III. BESTRIJDING DER BROKKELIGHEID DOOR DE STEVIGHEID (RESP. DE HOEVEELHEID VASTE PHASE) BIJ 13° C. VAN BOTER ZOOVEEL MOGELIJK TE VERLAGEN

Hoe kleiner bij 13° C. het percentage uitgekristalliseerd vet in de boter bedraagt, des te geringer zal ook de stevigheid bij die temperatuur zijn. Het is bekend, dat men het percentage bij een bepaalde temperatuur uitgekristalliseerd vet kan verlagen door *trapsgewijze koeling* van den room¹⁾. Koelt men room van de pasteurisatietemperatuur ineens af tot bijv. 13°, dan kristalliseert méér vet uit, dan wanneer men den room in trappen koelt, dus b.v. eerst tot 18° en daarna tot 13°. Door de trapsgewijze koeling van den room krijgt men dus een boter, die minder stevig is.

In het hier beschouwde geval hadden we twee trappen, n.l. eerst 18° (T₁) en daarna 13° (T₂). We kunnen ook meer trappen nemen, b.v. eerst afkoelen tot T₁, dan tot T₂, daarna tot T₃ enz. Men kan nu bij deze trapsgewijze koeling, waarbij iedere volgende temperatuur dus *lager* is dan de voorgaande, nog op tweeërlei manier werken. Men kan n.l. den room ineens afkoelen tot de 1e trap (T₁) of men kan deze temperatuur T₁ bereiken via een vóórkoeling (b.v. op 8°). In het laatste geval koelt men dus eerst op een lage temperatuur (b.v. 8°) en brengt pas daarna den room op de temperatuur van de 1e trap (T₁), daarna weer op T₂ en zoo vervolgens.

Doordat men nu het aantal trappen verschillend kan kiezen, bovendien ook voor de temperaturen T₁, T₂ enz. verschillende temperaturen kan nemen en ten slotte nog kan werken met of zonder voorkoeling, is het duidelijk dat men bij dit procédé een zeer groot aantal variaties krijgt. Het spreekt dan ook

¹⁾ Zie hiervoor o.a. ADRIANI en TAMSMA, *Versl. Landbk. Ond. d. R.L.P. 47*, 94¹ (1941), waar deze kwestie uitvoerig wordt besproken en aan de hand van uitgebreid experimenteel materiaal wordt toegelicht, terwijl men daar ook litteratuur over dit onderwerp vindt aangegeven.

vanzelf, dat het systematisch uitzoeken van die combinatie van temperaturen, die de meest zachte boter levert een omvangrijk en tijdroovend werk is en in het bedrijf moeilijk uitvoerbaar zou zijn omdat men er rekening mede moet houden dat de samenstelling van het melkvet niet constant is, zoodat proeven op twee verschillende dagen genomen niet goed met elkander vergelijkbaar zijn.

Wij hebben daarom hier in het laboratorium de dilatometrische methode toegepast en met behulp hiervan steeds één en hetzelfde winterbotervet (het joodgetal van dit vet bedroeg 34,2) onderzocht, waarbij het op verschillende wijzen aan koeling in trappen werd onderworpen. Vervolgens werden de langs dezen weg verkregen voorloopige uitkomsten getoetst aan proeven in het bedrijf¹⁾.

A. Dilatometrisch Onderzoek

Doel van dit onderzoek was dus vast te stellen welke temperaturen gedurende de bereiding het gunstigste waren om boter te verkrijgen met zoo min mogelijk vaste fase (gerekend bij 13° C). Daar het dilatometrisch onderzoek van zomerbotervet ons reeds geleerd had dat trapsgewijze koeling leidt tot minder vaste fase dan koeling ineens, bleef dus slechts te onderzoeken welke trap (resp. trappen) bij de afkoeling het gunstigste effect opleverden. Bij het onderzoek hielden we natuurlijk rekening met de praktische mogelijkheden in ons bedrijf te Bedum. Daar loopt de room na de pasteurisatie via een oppervlakte-koeler in een tank. De tijd noodig voor het vullen van de tank, is verschillend, doch kan globaal gesteld worden op 8 uur. Regelt men de koeling dus zoo, dat de room op x° in de tank komt, dan is x° de „1e trap” en blijft de room gemiddeld ca 4 uur op deze temperatuur. Daarna wordt de room 's middags afgekoeld tot karntemperatuur en blijft gedurende den nacht op deze temperatuur (dit is dus de „2e trap”) om den volgenden morgen te worden gekarnd. Daarna wordt koud waschwater gebruikt (bij 6° worden de beste resultaten verkregen, zooals enkele bedrijfsproeven ons leerden). Men kan dus rekenen dat de boter hierdoor ca 2 uur op 6° blijft.

Bij de meeste dilatometrische proeven werd daarom het gesmolten vet plotseling afgekoeld tot x° (de 1e trap) en hierop 4 uur gehouden, daarna plotseling gekoeld tot b.v. 16° (de 2e trap) en daarop gehouden tot den volgenden morgen, vervolgens plotseling gekoeld tot 6°, daarop 2 uur gehouden en tenslotte de Dil²⁾ bepaald bij 13°.

¹⁾ De opvatting van MULDER (*Ned. Weekbl. v. Zuivelber. en Handel* 48, 307 (1942) en *Versl. Landbk. Ond. d. R. L. P.* 48, 501 (1942)) dat dilatometrische proeven met botervet waardeloos zouden zijn en zouden moeten worden vervangen door dilatometrische proeven met room, achten wij minder juist. Wij meenen te hebben aangetoond, dat deze opvatting berust op een onjuiste methode (*Ned. Weekbl. v. Zuivelber. en Handel* 48, 411 (1943) en *Versl. Landbk. Ond. d. R. L. P.* 51, 79 (1945)). Behalve dilatometrische proeven met botervet komen ook in aanmerking proeven, waarbij de hoeveelheid uitgekristalliseerd vet in den room wordt bepaald met de door ons uitgewerkte methode, die wij in laatst genoemde publicatie hebben meegedeeld. Beide soorten van laboratoriumproeven moeten natuurlijk uiteindelijk getoetst worden aan bedrijfsproeven omdat alleen uit deze laatste definitieve conclusies kunnen worden getrokken.

²⁾ Deze grootheid Dil. (afkorting van „dilatatie”) geeft, in overeenstemming met de definitie die wij vroeger (*Versl. Landbk. Ond. d. R. L. P.* 47, 960 (1941)) gaven, de volumevermeerdering aan die het vet bij isotherme smelting zou ondergaan, uitgedrukt in mm³ per cc. (bij 20° geheel gesmolten) botervet.

De verkregen resultaten laten wij hieronder volgen.

Proef 1. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 30° en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 1,07
Thans werd plotseling gekoeld tot 16° en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. Daarna werd het vet snel gekoeld op 6°. Na 2 uur bedroeg de Dil. 34,11
Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 30,28
Volledigheidshalve werd de Dil. ook nog bepaald bij 16° en bij 18°. Gevonden werd bij 16° een Dil. van 27,11 en bij 18° van 24,41.

Proef 2. Deze geschiedde op dezelfde wijze als proef 1, met dit verschil dat de afkoeling tot 16° niet plotseling plaats had, maar in verloop van 2 uur. Dit komt meer overeen met de omstandigheden in het bedrijf. Het resultaat is nu iets gunstiger, zooals te verwachten was. Na 4 uur op 30° bedroeg de Dil. 0,17
Den volgenden morgen, nadat het vet 2 u op 6° was geweest, bedroeg de Dil. 33,23
Bij 13° werd gevonden voor de Dil. 29,83
Bij 16° was de Dil. 26,96 en bij 18° 24,23.

Daar proef 2 wel iets gunstiger was, maar anderzijds het verschil niet groot was, is bij de voortzetting van deze serie proeven telkens *snel* tot 16° gekoeld, daar dit eenvoudiger was en de resultaten vermoedelijk beter reproduceerbaar zouden zijn.

Proef 11. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 27° en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 5,87
Thans werd plotseling gekoeld tot 16° en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. De Dil. bedroeg toen 25,90
Daarna werd het vet snel gekoeld op 6°. Na 2 uur bedroeg de Dil. 33,93
Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 29,75
Bij 16° was de Dil. 27,02 en bij 18° 24,47.
Wij zien dat als 1e trap 27° gunstiger is, dan 30° (vgl. met proef 1.) Dat 25° als 1e trap nog gunstiger is, blijkt uit de volgende proef.

Proef 3. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 25° en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 6,60
Thans werd plotseling gekoeld tot 16° en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. Daarna werd het vet snel gekoeld op 6°. Na twee uur bedroeg de Dil. 32,92
Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 29,28
Bij 16° was de Dil. 26,70 en bij 18° 24,31.

Proef 12. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 23° en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 10,21
Thans werd plotseling gekoeld tot 16° en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. De Dil. bedroeg toen 26,01
Daarna werd het vet snel gekoeld op 6°. Na 2 uur bedroeg de Dil. 33,96
Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 30,03
Bij 16° was de Dil. 27,07 en bij 18° 24,35.

Proef 4. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 19° en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 18,06
 Thans werd plotseling gekoeld tot 16° en bij deze temperatuur bewaard tot den volgende morgen. De Dil. bedroeg toen 26,84
 Daarna werd het vet plotseling gekoeld tot 6° . Na 2 uur bedroeg de Dil. 33,97
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 30,40
 Bij 16° was de Dil. 27,37.

Proef 10. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 16° . Na 4 uur bedroeg de Dil. 25,78
 Het vet werd bij deze zelfde temperatuur bewaard tot den volgende morgen. De Dil. bedroeg toen. 27,02
 Daarna werd het vet plotseling gekoeld tot 6° . Na 2 uur bedroeg de Dil. 33,74
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 30,71
 Bij 16° was de Dil. 27,81.

Uit deze proeven blijkt duidelijk dat, wanneer wij 16° als 2e trap nemen, het gunstigste resultaat wordt verkregen door 25° als temperatuur van de 1e trap te kiezen. Voor de overzichtelijkheid hebben wij deze resultaten grafisch voorgesteld in fig. 1. Over den rechtschen tak der curve valt nog het volgende te zeggen: daar het smeltpunt van het vet ca 36° bedraagt, moet,

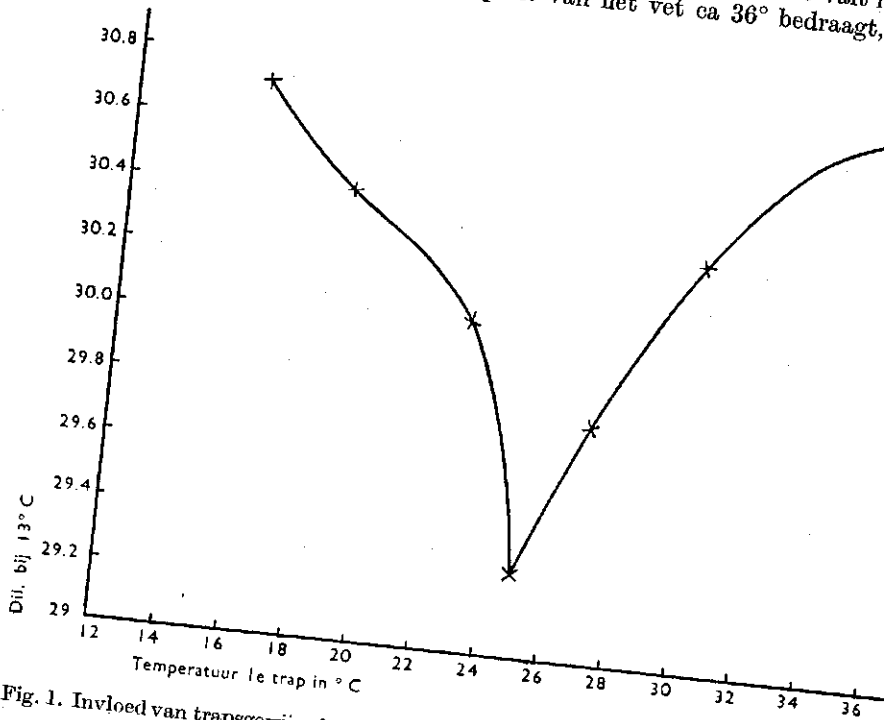


Fig. 1. Invloed van trapsgewijze koeling op de hoeveelheid bij 13° C uitgekristalliseerd vet: 1e „trap” bij de temperatuur van de abscis. 2e „trap” bij 16° C.

wanneer wij als „1e trap” 36° nemen, practisch hetzelfde resultaat worden bereikt als wanneer wij 16° als „1e trap” nemen. De rechtsche tak moet dus eindigen op dezelfde hoogte als de linksche tak bij 16° bereikt.

Bij deze geheele serie hebben wij een temperatuur van 16° genomen als „2e trap”. Deze 2e trap stelt de karntemperatuur voor. Men kan zich nu afvragen of de resultaten beter of slechter worden, wanneer men in plaats van 16° een andere temperatuur, bijv. 13° , als 2e trap zou nemen. Wij hebben daarom een paar proeven genomen om dit na te gaan.

Proef 15. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 25° .1 en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 6,94
Thans werd plotseling gekoeld tot 13° en bij deze temperatuur bewaard tot den volgende morgen. De Dil. bedroeg toen 30,92
Daarna werd het vet plotseling gekoeld tot 6° . Na 2 uur bedroeg de Dil. 34,13
Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 31,63
Bij 16° was de Dil. 29,04, bij 18° 25,75 en bij 25° .1 9,50.

Proef 14. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 13° en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 30,88
Het vet werd bij deze zelfde temperatuur bewaard tot den volgende morgen. De Dil. bedroeg toen 32,24
Daarna werd het vet snel gekoeld tot 6° . Na 2 uur bedroeg de Dil. 35,24
Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 32,66
Bij 16° was de Dil. 30,08, bij 18° 26,96 en bij 25° .1 9,43.

Van deze 2 proeven heeft dus proef 15, waar als 1e trap 25° C werd genomen, het gunstigste resultaat gegeven. De uitkomst van proef 15 is echter nog belangrijk ongunstiger dan van proef 3, waar als 1e trap eveneens 25° werd genomen doch als 2e trap 16° . Onder de gekozen omstandigheden is het dus beter als 2e trap een temperatuur van 16° te kiezen dan van 13° .
Wij hebben ook nog enkele proeven genomen waarbij als 2e trap een temperatuur van 18° werd gekozen:

Proef 5. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 27° en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 3,17
Thans werd plotseling gekoeld tot 18° en bij deze temperatuur bewaard tot den volgende morgen. De Dil. bedroeg toen 21,68
Daarna werd het vet snel gekoeld tot 6° . Na 2 uur bedroeg de Dil. 33,93
Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 29,16
Bij 16° was de Dil. 26,25 en bij 18° 23,49.

Proef 17. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 25° en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 6,66
Thans werd plotseling gekoeld tot 18° en bij deze temperatuur bewaard tot den volgende morgen. De Dil. bedroeg toen 20,95
Daarna werd het vet plotseling gekoeld tot 6° . Na 2 uur bedroeg de Dil. 33,52
Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 27,66
Bij 16° was de Dil. 25,70 en bij 18° 23,28.

Proef 18. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 23° en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 10,0
Thans werd plotseling gekoeld tot 18° en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. De Dil. bedroeg toen 21,51
Daarna werd het vet snel gekoeld tot 6° . Na 2 uur bedroeg de Dil. 33,95
Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 28,73
Bij 16° was de Dil. 26,04 en bij 18° 23,41.

Het beste resultaat geeft proef 17. Dus ook wanneer voor de 2e trap 18° wordt genomen, blijkt voor de temperatuur van de 1e trap 25° de gunstigste temperatuur te zijn. Deze resultaten vindt men ook grafisch voorgesteld in fig. 2, waarin de resultaten der tot dusverre vermelde proeven zijn verzameld. Wij komen op deze figuur nog later terug. De trapgewijze koeling kan men,

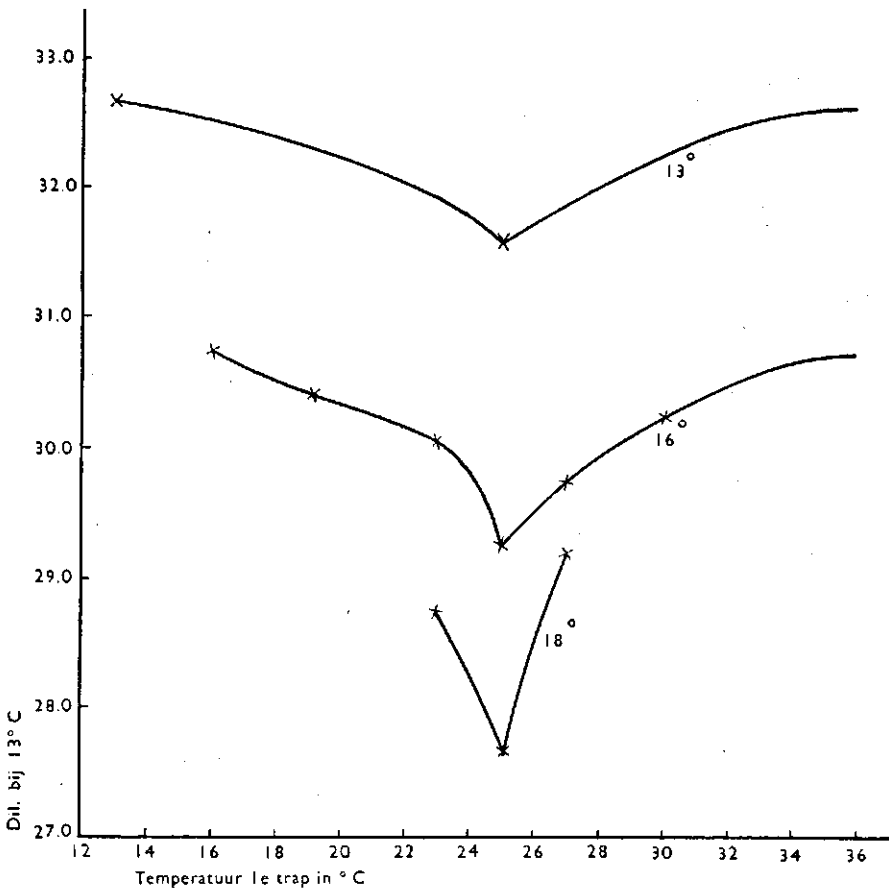


Fig. 2. Invloed van trapgewijze koeling op de hoeveelheid bij 13°C uitgekristalliseerd vet:
1e „trap” bij de temperatuur van de abscis.
2e „trap” bij de temperatuur vermeld bij de curve.

zoals reeds in ons rapport over de stevigheid van zomerboter werd beschreven¹⁾ ook aldus uitvoeren dat men wel eerst laag koelt, doch daarna weer tot hooge temperatuur verwarmt. Deze hooge temperatuur kan men dan beschouwen als de 1e trap, die echter in dit geval voorafgegaan is door een voorkoeling. Daarna kan men als 2e trap dan weer een temperatuur van bijv. 16° of 13° nemen. Wij namen de volgende proeven:

Proef 7. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 8° en hierop 3 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 36,75
 Vervolgens werd de Dil. bij 30° bepaald (hetgeen 1 uur in beslag nam).
 Gevonden werd 5,16
 Direct daarna werd het vet plotseling op 16° gekoeld en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. De Dil. bedroeg toen 26,19
 Daarna werd het vet snel gekoeld tot 6°. Na 2 uur bedroeg de Dil. 35,09
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 30,93
 Bij 16° was de Dil. 27,32 en bij 18° 24,00.

Dit resultaat is slechter dan van proef 1; voorkoeling verdient dus in dit geval geen aanbeveling.

Proef 6. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 8°.5 en hierop 3 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 34,96
 Vervolgens werd de Dil. bij 19° bepaald (hetgeen 1 uur in beslag nam).
 Gevonden werd 23,84
 Direct daarna werd het vet plotseling tot 16° gekoeld en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. De Dil. bedroeg toen . . 29,71
 Daarna werd het vet snel gekoeld tot 6°. Na 2 uur bedroeg de Dil. . . 35,69
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 32,46
 Bij 16° was de Dil. 30,04.

Dit resultaat is slechter dan van proef 4; ook in dit geval verdient dus voorkoeling geen aanbeveling.

Proef 13. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 13° en hierop 3 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 31,04
 Vervolgens werd de Dil. bij 27° bepaald (hetgeen 1 uur in beslag nam).
 Gevonden werd 8,07
 Direct daarna werd het vet plotseling tot 16° gekoeld en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. De Dil. bedroeg toen . . . 26,13
 Daarna werd het vet plotseling gekoeld tot 6°. Na 2 uur bedroeg de Dil. 34,98
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 30,17
 Bij 16° was de Dil. 27,00 en bij 18° 23,82.

Dit resultaat is slechter dan van proef 11; ook in dit geval verdient dus voorkoeling geen aanbeveling.

Proeven 7, 6 en 13 toonen dus overeenstemmend, dat wanneer men een temperatuur van 16° als 2e trap neemt, het geen voordeel heeft aan de 1e trap een voorkoeling te doen voorafgaan, integendeel de resultaten worden dan slechter. Wij hebben ook nog een proef genomen waarbij als 2e trap een temperatuur van 13° werd gekozen.

¹⁾ Versl. Landbk. Ond. R. L. P. 47, 941 (1941).

Proef 8. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 8° en hierop 3 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 36,71
 Vervolgens werd de Dil. bij 19° bepaald (hetgeen 1 uur in beslag nam)
 Gevonden werd 23,73
 Direct daarna werd het vet plotseling tot 13° gekoeld en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. Daarna werd het vet plotseling gekoeld tot 6°.5. Na 2 uur bedroeg de Dil. 36,01
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 32,84
 Bij 16° was de Dil. 30,37 en bij 18° 27,35.

De uitkomst dezer proef is al bijzonder ongunstig.

Men krijgt geen noemenswaard beter resultaat wanneer men de proef herhaalt, doch ditmaal niet tot 6°.5 maar slechts tot 11° koelt:

Proef 9. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 8° en hierop 3 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 36,26
 Vervolgens werd de Dil. bij 19° bepaald (hetgeen 1 uur in beslag nam).
 Gevonden werd 23,52
 Direct daarna werd het vet plotseling tot 13° gekoeld en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. Daarna werd het vet plotseling gekoeld tot 11°. Na 2 uur bedroeg de Dil. 33,47
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd. 32,71
 Bij 16° was de Dil. 30,17 en bij 18° 27,10.

Bij geen dezer proeven valt voorkoeling dus aan te bevelen.

Vervolgens werd nog een orienteerende proef genomen om na te gaan of het gebruik van 3 trappen belangrijke voordeelen biedt boven 2 trappen:

Proef 16. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 25°.1 en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 7,82
 Vervolgens werd het vet plotseling gekoeld tot 18° en hierop 2 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 13,17
 Daarna werd het vet plotseling gekoeld tot 13° en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. De Dil. bedroeg toen 28,90
 Daarna werd het vet plotseling gekoeld tot 6°. Na 2 uur bedroeg de Dil. 32,38
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 30,01
 Bij 16° was de Dil. 27,97, bij 18° 24,79 en bij 25°.1 10,10.

Vergelijken wij deze proef met proef 15, die op dezelfde wijze werd uitgevoerd met het eenige verschil dat de tusschentrapp (2 uur koelen op 18°) bij deze laatste proef ontbrak, dan blijkt dat inderdaad door het inschakelen van deze tusschentrapp nog een belangrijk voordeel werd bereikt.

Hiermede waren onze orienteerende proeven beëindigd. Wij willen thans fig. 2 wat nader beschouwen, waarin de „2-trappen-proeven” zijn samengevat. Men kan hieruit concluderen dat in ieder geval 25° beschouwd kan worden als de gunstigste temperatuur voor de 1e trap. Over de gunstigste temperatuur van de 2e trap laat zich echter nog niets met zekerheid zeggen. Het zou n.l. ongeoorloofd zijn te concluderen dat 18° de gunstigste temperatuur zou wezen. Men bedenke daartoe dat wij als criterium hebben aangenomen de Dil. bij 13°. Nu spreekt het vanzelf dat bij de proeven waarbij 18° als 2e trap werd genomen, het vet slechts weinig gelegenheid gekregen heeft om de tusschen

18° en 13° smeltende componenten te doen uitkristalliseeren, immers na het verblijf op 18° wordt het vet slechts 2 uur op 6° gehouden en daarna wordt direct de Dil. bij 13° bepaald. De proeven bij 18° zijn daardoor wel erg sterk in het voordeel bij die, waarbij 16°, en nog sterker bij die, waarbij 13° als 2e tusschentrap werd genomen. Dit is dus een uitvloeisel van de gevolgde werkwijze, waarbij slechts 2 uur op 6° werd gehouden. Bij deze werkwijze vinden wij als het ware welke methode men moet toepassen om *direct na het kneden* een bij 13° zoo week mogelijke boter te krijgen. Doch dit zegt nog niets over de stevigheid der boter na langeren tijd, die ons alleen interesseert. In den winter zal de boter in den regel na de bereiding bij lage temperaturen worden bewaard, en het valt alleszins te verwachten dat de boters bereid met 18° als 2e trap in deze periode meer zullen opstijven dan die waarbij 16° of 13° als 2e trap werd gekozen. De volgorde in stevigheid (gerekend bij 13°) direct na het kneden, kan zich dus bij langer bewaren heel goed wijzigen. Richt men de proeven zoo in, dat *na* de temperatuur van de 2e trap het botervet nog behoorlijk gelegenheid krijgt alle bij 13° vaste componenten te doen kristalliseeren, dan mag men aannemen dat de aldus vastgestelde volgorde ook bij langer bewaren zal blijven gelden. De vraag was dus nu: is deze periode van 2 uur op 6° te kort en zoo ja, hoe lang moet deze periode dan genomen worden? Om hiervan een indruk te krijgen werd uitgegaan van het gesmolten vet. Dit werd plotseling tot 6° gekoeld, gedurende verschillende tijden op deze temperatuur gehouden en daarna de Dil. bij 13° bepaald. Bij dit gesmolten vet wordt het effect natuurlijk sterk overdreven, men zal hier veel grootere verschillen krijgen als gevolg van den verschillende duur van het houden op 6°, dan bij onze bovenbeschreven proeven.

Wij laten hier de resultaten der proeven met het gesmolten vet volgen.

Proef 22. Het gesmolten vet werd plotseling gekoeld tot 6° en op deze temperatuur 2 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 37,14
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 32,67

Proef 23. Het gesmolten vet werd plotseling gekoeld tot 6° en op deze temperatuur 4½ uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 38,62
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 35,23

Proef 24. Het gesmolten vet werd plotseling gekoeld tot 6° en op deze temperatuur 6 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. (bij 5°.6) 39,89
 Daarna werd de bak waarin zich de dilatometer bevond met een groote overmaat ijs voorzien en tot den volgenden morgen aan zijn lot overgelaten. Tijdelijk zal de temperatuur dus lager dan 6° zijn geweest en gedurende den nacht weder langzaam zijn gestegen. Den volgenden morgen was de temperatuur 10° en bij deze temperatuur bedroeg de Dil. 39,03
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 37,05
 Wij zien uit deze resultaten dat een afkoeling gedurende slechts 2 uur beslist veel te kort was. Het verschil tusschen een afkoeling gedurende 2 uur en gedurende 4½ uur is aanmerkelijk grooter dan het verschil tusschen een afkoeling gedurende 4½ uur en gedurende een dag (23 uur). Ofschoon na een

dag nog wel niet het maximum aan gekristalliseerde bestanddeelen zal zijn verkregen, geven de cijfers toch den indruk dat deze periode voor ons doel lang genoeg is, m.a.w. dat de conclusie die we uit onze proeven trekken aangaande de *volgorde* der resultaten bij 18°, 16° en 13° als 2e trap, wanneer we het vet tenslotte een dag afkoelen, juist zal zijn, d.w.z. niet meer zal veranderen wanneer we i.p.v. een dag bijv. een week afkoelen. Wij hebben derhalve, om definitief uit te maken wat de beste werkwijze was bij het 2-trappen-systeem, 3 proeven genomen; als 1e trap werd steeds 25° gekozen en als 2e trap resp. 18, 16 en 13°. Doch in tegenstelling met de proeven 17, 3 en 15 werd na afkoeling op ca. 6° niet gedurende 2 uur maar gedurende een dag bij lage temperatuur bewaard (op de wijze als beschreven bij proef 24). Wij laten de gevonden resultaten hieronder volgen:

Proef 19. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 25° en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 5,93
 Vervolgens werd het vet plotseling gekoeld tot 18° en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. De Dil. bedroeg toen 21,37
 Daarna werd het vet plotseling gekoeld tot 6°. Na 7 uur bedroeg de Dil. (bij 6°.5) 35,03
 Het vet werd op lage temperatuur gehouden (op de wijze beschreven bij proef 24) tot den volgenden morgen. De temperatuur was toen 11°.2 en de Dil. 33,52
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 32,47

Vergelijken wij dit resultaat met de uitkomst van proef 17, dan blijkt inderdaad de Dil. nu 4,8 meer te bedragen; de langere duur der afkoeling heeft dus een vermeerdering der Dil. tengevolge gehad die ongeveer even groot is als bij het gesmolten vet (zie proeven 22 en 24).

Proef 20. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 25° en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 5,96
 Vervolgens werd het vet plotseling gekoeld tot 16° en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. De Dil. bedroeg toen . . 25,54
 Daarna werd het vet plotseling gekoeld tot 6°. Na 7 uur bedroeg de Dil. (bij 6°.5) 35,00
 Het vet werd op lage temperatuur gehouden (op de wijze als beschreven bij proef 24) tot den volgenden morgen. De temperatuur was toen 11°.2 en de Dil. 33,01
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 31,73

Bij vergelijking met proef 3 blijkt, dat ook hier de langere duur der afkoeling tot een grootere Dil. geleid heeft, het verschil is hier echter veel minder groot dan bij de vorige proef en bedraagt 2,45. Dit heeft nu tengevolge dat de temperatuur van 16° als 2e trap ditmaal een beter resultaat heeft gegeven dan de temperatuur van 18°. Hier doet zich dus het geval voor dat wij boven hebben voorzien, n.l. dat de langere duur der afkoeling een verandering heeft gebracht in de *volgorde* van gunstigheid waarin wij de „2e-trap-temperaturen” plaatsen; immers bij korte afkoeling scheen een 2e-trap-temperatuur van 18° gunstiger te zijn dan van 16°; bij langere afkoeling blijkt nu echter het omgekeerde het geval te zijn.

Proef 21. Het gesmolten vet werd plotseling afgekoeld tot 25° en hierop 4 uur gehouden. Na dit tijdsverloop bedroeg de Dil. 5,54
 Vervolgens werd het vet gekoeld tot 13° en bij deze temperatuur bewaard tot den volgenden morgen. De Dil. bedroeg toen 27,37
 Daarna werd het vet snel gekoeld tot 6° . Na 7 uur bedroeg de Dil. (bij $6^{\circ}.5$) 35,58
 Het vet werd op lage temperatuur gehouden (op de wijze als beschreven bij proef 24) tot den volgenden morgen. De temperatuur was toen $11^{\circ}.2$ en de Dil. 33,66
 Vervolgens werd bij 13° de Dil. bepaald. Gevonden werd 32,78

Bij vergelijking met proef 15 blijkt, dat ook hier de langere duur der afkoeling tot een grootere Dil. geleid heeft, het verschil is hier echter nog veel minder groot dan bij de vorige proef en bedraagt slechts 1,15. Uit de laatste 3 proeven blijkt dus dat wanneer wij 25° als 1e trap nemen, als 2e trap een temperatuur van 16° gunstiger is dan van 18° of 13° . De resultaten dezer drie proeven hebben wij grafisch voorgesteld in fig. 3. Wij komen dus tot

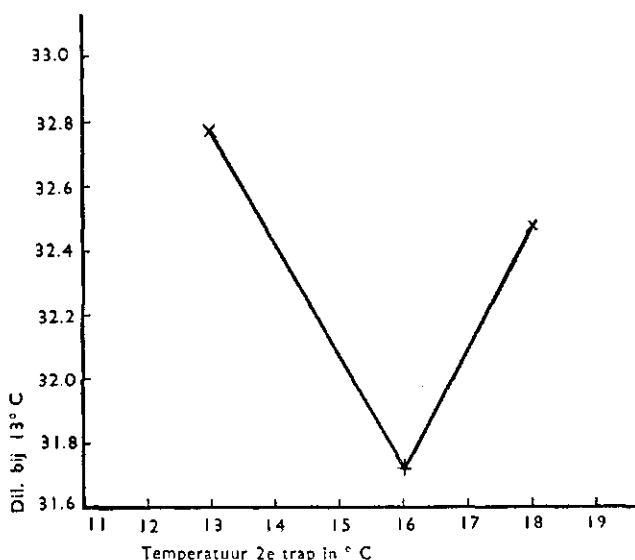


Fig. 3. Invloed van trapsgewijze koeling op de hoeveelheid bij 13° C uitgekristalliseerd vet, wanneer het vet één dag aan een „nakoeling” wordt onderworpen:
 1e „trap” bij 25° C.
 2e „trap” bij de temperatuur van de abscis.

het eindresultaat dat bij koeling in 2 trappen het gunstigste resultaat wordt verkregen door temperaturen van 25° en 16° te nemen. Dit geldt natuurlijk alleen voor de omstandigheden der proef, dus koelen tot 25° , daarop 4 uur houden, daarna koelen tot 16° en bewaren tot den volgenden morgen en vervolgens nog één dag nakoelen bij lage temperatuur.

B. Bedrijfsproeven

De uitkomsten van het dilatometrisch onderzoek doen ons al dadelijk een rationeele methode aan de hand om de boter zoo zacht mogelijk te krijgen. Deze zou bestaan in het gebruik van 2 trappen, n.l. één bij 25° en één bij 16° en de vraag is nu alleen of de omstandigheden in het bedrijf het niet wenschelijk maken hier eenigszins van af te wijken. Zooals we reeds eerder mededeelden duurt het vullen van de tank ca. 8 uur. Het is nu zeer ongewenscht om deze tank gedurende het vullen op 25° C. te houden en wel om de volgende redenen:

1e. het eerste gedeelte van de room bevindt zich dan 8 uur lang op 25°, doch het laatste gedeelte slechts heel kort. Dit laatste gedeelte heeft dus geen tijd om te kristalliseeren en mist dus het geheele voordeel van de koeling in trappen.

2e. door de hooge temperatuur kan men slechts zéér weinig zuursel in de tank toevoegen, hetgeen nadeelig is voor het aroma.

Alleen reeds deze twee bezwaren maken het noodig, om te zien naar een andere methode die ons in staat stelt het nuttig effect van de 2 trappen te behouden, zonder dat men bovengenoemde bezwaren ontmoet. Nu beschreven we reeds in onze publicatie „Onderzoek naar de mogelijkheid van verbetering van de stevigheid van zomerboter”¹⁾, dat men een analoog effect kan bereiken door eerst laag te koelen en daarna weer tot hoogere temperatuur, bijv. 25°, te verwarmen.

Bij de eerste koeling komt het vet dan reeds flink tot kristallisatie, terwijl bij de daaropvolgende verwarming weer veel vet smelt en alleen de glyceriden met het hoogste smeltpunt in gekristalliseerden toestand blijven.

De werkwijze kan dus b.v. zóó zijn, dat de room met een temperatuur van b.v. 14° C. in de tank komt en eerst nadat de tank vol is de inhoud op een temperatuur van 25° C. gebracht wordt. Op deze temperatuur behoeft de room niet langer dan ca. 1 uur te blijven, daar het smelteenwicht zich tamelijk vlug instelt, en kan daarna op de gewenschte lagere temperatuur, bijv. 16° C., worden afgekoeld. Ook deze werkwijze werd echter nog iets gewijzigd. De hooge temperaturen brengen gevaar van „oxydatiesmaak” mee, vandaar dat het bedrijf liever dergelijke temperaturen van 25° C. niet toepast tenzij dit absoluut noodzakelijk zou zijn. Daarom werden proeven genomen waarbij i.p.v. 25° werd genomen 22° of 20° of 18°.

Wat de temperatuur van 16° voor de 2e „trap” betreft, hier gaf het bedrijf de voorkeur aan een temperatuur van 14° C.²⁾ Er werden dus de volgende proeven genomen:

1e. room op 14° in de tank, daarna gebracht op 22° en na ca. 1 uur weer teruggekoeld op 14°, dus 14—22—14.

2e. dito, maar 14—20—14.

¹⁾ *Verst. Landb. Onderz. R. L. P. 47, 941 (1941).*

²⁾ De karnrijpe room is n.l. te dik om goed gekoeld te kunnen worden; neemt men dus als 2e trap 16° dan moet men ook bij die temperatuur karnen. Het is dan echter, om bij behoorlijk lage temperatuur te kunnen kneden, noodig extra veel koelwater te gebruiken.

3e. dito, maar 14—18—14.

4e. de gewone werkwijze, dus 14—14—14 of 13—13—13.

Daar een waschwatertemperatuur van 6° op den duur door het bedrijf te laag werd geacht, daar het kneden bij deze lage temperatuur zeer moeilijk was en veel tijd vorderde, heeft bij deze proeven de temperatuur van het waschwater 8—10° C. bedragen.

Nadat in den winter van 1942—'43 reeds gebleken was dat de methode 14—18—14 een veel beter resultaat gaf dan 14—14—14 (de boter was weeker, doch veel opvallender dan het verschil in stevigheid was de brokkeligheid: werd de boter bij de werkwijze 14—14—14 in den regel als „brokkelig” beoordeeld, bij de werkwijze 14—18—14 was dit nagenoeg nooit het geval), werden in den winter 1943—'44 voornamelijk proeven genomen met de methode 14—20—14, terwijl ook 2 proeven met de methode 14—22—14 werden genomen en voorts een aantal proeven met de „gewone” werkwijze 14—14—14.

Bij deze proeven moest men natuurlijk rekening houden met het feit, dat de refractie van het botervet niet constant is, maar gedurende den winter gaandeweg een wijziging ondergaat¹⁾. Wil men dus 2 werkwijzen met elkander vergelijken dan moet men er aan denken dat het botervet in beide proeven dezelfde refractie moet bezitten en dat anders een correctie moet worden aangebracht.

Het eenvoudigst wordt deze correctie aangebracht, door bijv. voor alle proeven met methode 14—20—14 de regressielijn te berekenen die het verband tusschen refractie en stevigheid aangeeft, vervolgens ook voor de proeven met methode 14—14—14 de regressielijn te berekenen en dan beide regressielijnen met elkaar te vergelijken. Men vindt deze regressielijnen geteekend in fig. 4, waar de uitgetrokken lijn het verband aangeeft tusschen refractie en stevigheid voor de methode 14—20—14 en de stippellijn hetzelfde aangeeft voor de methode 14—14—14.

Duidelijk ziet men dat er een groot verschil in stevigheid is²⁾. De regressielijn voor de methode 14—20—14 werd berekend uit 23 bedrijfsproeven, die voor de methode 14—14—14 uit 25 bedrijfsproeven. We zien dat het resultaat geheel in overeenstemming is met hetgeen wij op grond van de dilatometrische proeven ook hadden verwacht. Over de berekening van de regressielijnen moet nog het een en ander worden opgemerkt. Stellen wij de „refractie” voor door x_1 (onder „refractie” verstaan wij de grootheid $(n_{35}^D - 1,45) \times 10^4$) en de stevigheid volgens PERKINS bij 13° (na 2 à 3 weken bewaren bij 13°) door x_p , dan vonden wij bij de werkwijze 14—20—14 voor de correlatie tusschen „refractie” en stevigheid:

$$r_{1p} = - 0,866 \pm 0,053$$

¹⁾ En wel in het algemeen een stijging. De verklaring voor deze stijging hebben wij gegeven in het Rapport door ons aan de Vakgroep Boterindustrie uitgebracht over de factoren die de samenstelling van het melkvet beïnvloeden.

²⁾ Ook hier is het verschil in *brokkeligheid* bij de keuring zeer opvallend: bij de methode 14—14—14 is de boter geregeld brokkelig; bij de methode 14—20—14 nagenoeg nooit.

Deze correlatie is *buitengewoon hoog*, wanneer men in aanmerking neemt dat de spreiding in de refractie bij deze proeven tamelijk gering was en als gevolg daarvan de *waarnemingsfouten* bij de bepaling der refractie tamelijk veel gewicht in de schaal leggen.

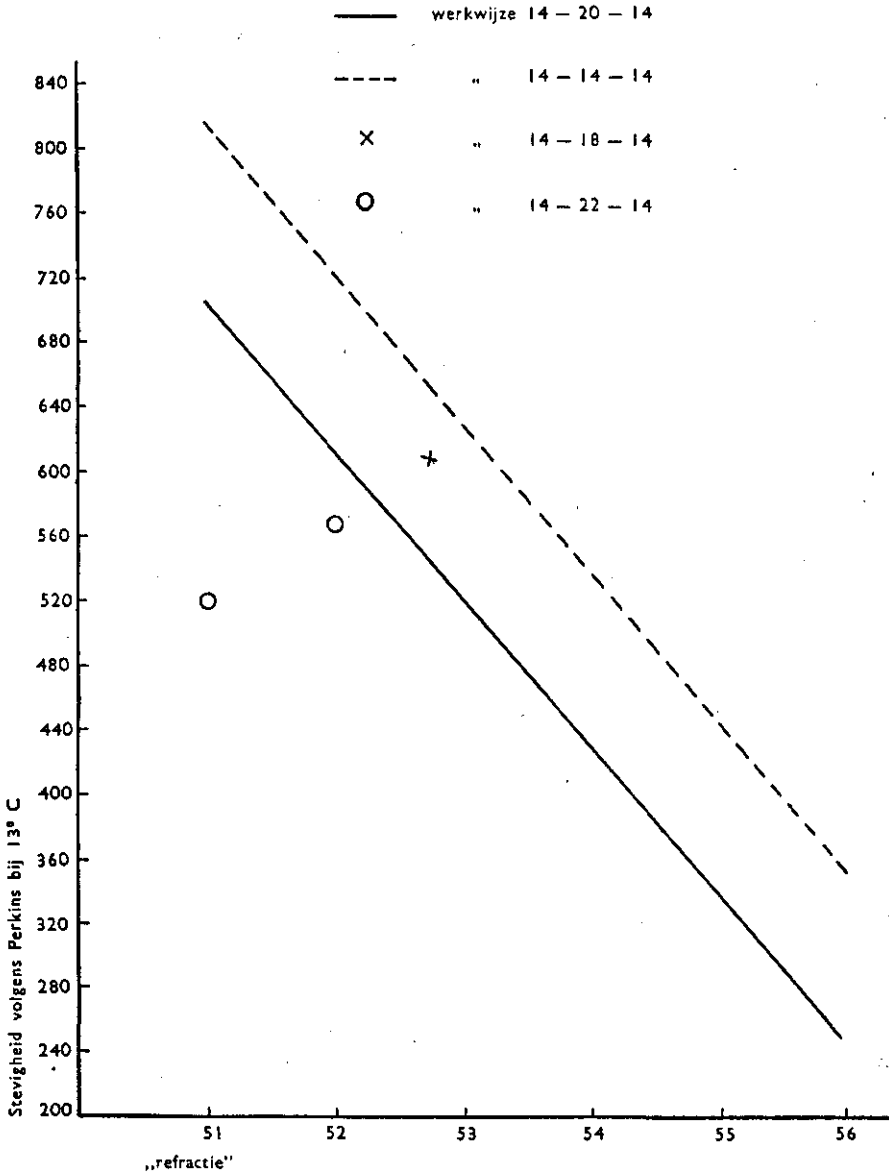


Fig. 4. Invloed van de bereidingswijze van de boter op de stevigheid bij verschillende „refracties” van het botervet.

Deze waarnemingsfouten maken dat in het algemeen de correlaties *lager* gevonden worden dan zij zouden gevonden worden wanneer de bepalingen met volkomen exactheid plaats hadden. Ook kan men quantitatief tot een schatting komen in welke mate de correlatie door de waarnemingsfouten te laag gevonden wordt, wanneer men bekend is met de middelbare fout van de bepaling.

Noemen we s_{1v} de standaardafwijking van de bij de proeven waargenomen refracties en s_{1w} de standaardafwijking die *zou* gevonden zijn, wanneer de bepalingen der refractie onfeilbaar juist zouden zijn geweest, dan is volgens een bekende stelling uit de correlatie-rekening:

$$s_{1v}^2 = s_{1w}^2 + d_1^2$$

waarin d_1 de middelbare fout bedraagt bij de bepaling der refractie.

Daar nu de correlatie-coëfficiënt gevonden wordt, door de som van de termen $(x_1 - \bar{x}_1)(x_p - \bar{x}_p)$ ¹⁾, welke som wij Z willen noemen, te deelen door $N s_{1p}$ (waarin N het aantal proeven voorstelt), is het duidelijk dat daar s_{1v} grooter is dan s_{1w} , de correlatie-coëfficiënt in dezelfde verhouding te *klein* gevonden wordt.

Alles hangt er dus van af, hoe groot d_1 is ten opzichte van s_{1w} . Hoe kleiner de s_{1w} is, hoe meer gewicht de waarnemingsfout d_1 in de schaal legt.

Bij onze proeven was nu d_p *klein* ten opzichte van s_{pw} , zoodat de waarnemingsfouten bij de stevigheidsbepaling practisch geen gewicht in de schaal hebben gelegd. Daarentegen was d_1 wel degelijk van beteekenis ten opzichte van s_{1w} , zoodat om deze reden de correlatie-coëfficiënt belangrijk te laag moet gevonden zijn.

Men kan dus den correlatie-coëfficiënt op de aangegeven wijze corrigeren. Nu hadden wij indertijd de middelbare fout der refractie-bepaling experimenteel bepaald en hiervoor een bedrag van 0,86 gevonden. Zou men deze correctie toepassen, dan zou men voor den correlatie-coëfficiënt r_{1p} zelfs een waarde vinden die grooter was dan 1! Hieruit blijkt wel duidelijk welk een grooten invloed de waarnemingsfouten hebben. Bovendien volgt hieruit, dat de middelbare fout der refractie-bepaling *thans* lager moet zijn dan vroeger, hetgeen ook alszins begrijpelijk is, daar de experimentator die de refractie-bepalingen uitvoerde, na het doen van ettelijke duizenden bepalingen niet alleen meer routine had verkregen, maar bovendien door zelfcritiek de nauwkeurigheid had weten op te voeren.

Het bleek nu, dat wanneer we de bekende fout der stevigheidsbepaling in rekening brachten en bovendien voor de middelbare fout der refractie-bepaling een bedrag van 0,67 aannamen ²⁾, de gecorrigeerde waarde van den correlatie-coëfficiënt —1 bedroeg. Dit is in overeenstemming met de zeer hooge

¹⁾ Hierin stellen \bar{x}_1 en \bar{x}_p de gemiddelden dezer grootheden voor bij de genomen proevenreeks.

²⁾ Deze waarde is kleiner dan het bedrag van 0,86 dat wij vroeger vonden, en is grooter dan 0,29, hetgeen ook noodzakelijk is, omdat de middelbare fout van 0,29 reeds bij een *onfeilbaar* juiste bepaling wordt gemaakt alleen al door het afronden op geheele getallen.

correlatie die we reeds vroeger vonden tusschen refractie en stevigheid bij zomerboters.¹⁾

Hetzelfde hebben wij nu ook gedaan voor de proevenreeks volgens de werkwijze 14—14—14. In dit geval vonden wij voor de correlatie:

$$r_{1p} = -0,791 \pm 0,077$$

Het bleek nu, dat als we de bekende fout der stevigheidsbepaling in rekening brachten en bovendien voor de middelbare fout der refractiebepaling een bedrag van 0,60 (dus goed overeenstemmend met de hierboven gegeven waarde) we weder voor den gecorrigeerden correlatie-coëfficiënt het bedrag —1 vinden.

Telkens blijkt dus weer, dat als de bedrijfsmethode goed vastgelegd is en men zich in het bedrijf hier rigoureuus aan houdt, de correlatie tusschen stevigheid en refractie zoo goed als volkomen is en de afwijkingen alleen het resultaat zijn van onvermijdelijke waarnemingsfouten.

We willen nu nog iets zeggen over de regressie-coëfficiënten. Bedenkt men dat de regressie-coëfficiënt b_{p1} ²⁾ gevonden wordt uit de vergelijking:

$$b_{p1} = \frac{Z}{Ns_1^2},$$

dan is het duidelijk dat de waarnemingsfouten in x_1 ook den regressie-coëfficiënt verkleinen en wel in nog sterkere mate dan den correlatie-coëfficiënt. Ook de gevonden regressie-coëfficiënt moet dus worden gecorrigeerd voor de waarnemingsfouten.

Bij de in fig. 4 geteekende regressielijn, die aangeeft hoe de stevigheid van de refractie afhangt, is deze correctie reeds aangebracht.

Voor hen, die nog eenigszins huiverig zijn voor de correcties, willen we nog het volgende opmerken:

daar voor den regressie-coëfficiënt b_{1p} op overeenkomstige wijze geldt:

$$b_{1p} = \frac{Z}{Ns_p^2},$$

volgt hieruit onmiddellijk, dat omdat de waarnemingsfouten in de *stevigheid* bij onze proeven practisch geen invloed uitoefenden, de waarde voor b_{1p} ook zonder correctie reeds practisch juist is.

In een geval zooals we hier hebben, dat de waarnemingsfouten bij x_1 wèl doch bij x_p géén gewicht in de schaal leggen, wordt wel de regressie-coëfficiënt b_{p1} veel te laag, doch de regressie-coëfficiënt b_{1p} practisch *juist* gevonden. Teekent men dus in fig. 4 de regressielijn, die aangeeft hoe de

¹⁾ Wij vonden destijds een correlatie van —0,988, welk cijfer gepubliceerd werd in ons Rapport aan de Vakgroep Boterindustrie over de factoren die de samenstelling van het melkvet beïnvloeden. Dit cijfer is ongecorrigeerd. De correctie was daar veel kleiner, omdat de spreiding in de refractie veel grooter was. Brengt men dezelfde correcties aan, dan komt men hier tot een correlatie van —0,995, dus ook practisch —1.

²⁾ Deze grootheid is per definitie de coëfficiënt in de vergelijking: $x_p = b_{p1} x_1 + \text{constante}$, die het verband tusschen x_p en x_1 zoo goed mogelijk door een lineaire vergelijking weergeeft.

refractie van de stevigheid afhangt, dan behoeft men geen correctie meer aan te brengen, doch vindt direct een lijn die practisch samenvalt met de in de figuur geteekende. Zij die huiverig zijn voor deze correctie kunnen deze lijn in fig. 4 eenvoudig beschouwen *niet* als de (gecorrigeerde) lijn die aangeeft hoe de stevigheid van de refractie afhangt, maar als de (ongecorrigeerde) lijn die aangeeft hoe de refractie van de stevigheid afhangt.

Daar men in de litteratuur tot dusverre dikwijls weinig aandacht geeft aan de waarnemingsfouten, hebben wij het wel nuttig geacht op deze kwestie hier eenigszins uitvoerig in te gaan. Juist bij *geringe spreiding* in de grootheden bij een bepaalde proevenreeks kunnen de waarnemingsfouten een groote rol spelen. Zoo vindt men soms de bewering, dat de correlatie van de stevigheid met den eenen factor grooter zou zijn dan met den anderen factor, terwijl men niet nagegaan heeft of dit wellicht zijn oorzaak heeft in de *geringe spreiding* der grootheden, waardoor de factor met relatief de grootste waarnemingsfout in het nadeel komt, terwijl bij grootere spreiding misschien die factor juist een *grootere* correlatie zou vertoonen dan zijn mededinger. We keeren nu weer tot fig. 4 terug. In de figuur zijn ook 2 punten aangegeven, corresponderende met de proeven gedaan met de werkwijze 14—22—14. Beide proeven blijken een *beter* resultaat gegeven te hebben dan volgens de werkwijze 14—20—14. Is dit verschil echter wezenlijk? Het eene punt ligt op ongeveer $\frac{1}{2}$ in „refractie” van de regressielijn 14—20—14, dus dit is binnen de waarnemingsfout. Het andere punt echter ligt op een afstand van 2 in „refractie” van deze zelfde regressielijn verwijderd. Waar de middelbare fout der refractiebepaling 0,6 à 0,7 bedraagt, kan dit verschil wel ongeveer als „wezenlijk” worden aangemerkt. Hoogstwaarschijnlijk verdient de werkwijze 14—22—14 dus aanbeveling boven de werkwijze 14—20—14. Dit is ook geheel in overeenstemming met wat wij op grond van de dilatometrische proeven hadden verwacht. Voorts hebben wij in fig. 4 ook nog een punt aangeteekend dat het resultaat van de werkwijze 14—18—14 aangeeft. Dit punt is niet het resultaat van één proef, maar het gemiddelde van 64 proeven, in den winter van 1942—'43 genomen.¹⁾

Uit de figuur blijkt dat de resultaten volgens deze werkwijze beter zijn dan volgens de methode 14—14—14, doch slechter dan volgens de methode 14—20—14. Ook dit is geheel in overeenstemming met hetgeen wij op grond van onze dilatometrische proeven hadden verwacht.

Als eindresultaat van ons onderzoek kunnen wij vermelden dat bij de bedrijfsproeven tot dusverre de werkwijze 14—22—14 de beste gebleken is. Daar wij op grond van onze dilatometrische proeven zouden verwachten dat de resultaten met de werkwijze 14—25—16 nog beter zouden zijn, verdient het aanbeveling voor het bedrijf om te overwegen of de bezwaren tegen het gebruik van deze temperaturen misschien niet zóó overwegend zijn, dat men op die gronden geen proeven zou kunnen nemen met deze werkwijze (of een daar zoo dicht mogelijk bij komende), waarvan de uitslag zonder twijfel zeer interessant zou zijn. Men zou dan moeten vergelijken liefst met de werkwijze 14—22—14.

¹⁾ Daar deze proeven een jaar eerder werden genomen, is het overigens niet geheel zeker, dat de resultaten geheel vergelijkbaar zijn.

SAMENVATTING

Winterboter heeft de neiging bij lage kamertemperatuur te brokkelig en te stevig te zijn en daardoor slecht smeerbaar. Men kan bij een gegeven samenstelling van het melkvet dit euvel bestrijden door de juiste bereidingswijze in de fabriek toe te passen. Deze bestaat daarin dat men zorgt:

- 1e. Dat de tot brokkeligheid aanleiding gevende „structuur” zooveel mogelijk vernietigd wordt.
- 2e. Dat de boter bij bepaalde temperatuur (wij namen hiervoor 13° C, als zijnde de gebruikelijke temperatuur waarbij de winterboter gekeurd wordt) zoo min mogelijk vaste phase bezit, aangezien de stevigheid parallel loopt aan de hoeveelheid vaste phase.

Het vernietigen der structuur gebeurt door de boter bij lage temperatuur te kneden. Geeft men drie wasschingen, dan neme men de temperatuur van het waschwater 9° of iets lager. Immers bij gebruik van warmer waschwater heeft structuurvernietiging onvoldoende plaats (de boter wordt later te brokkelig), terwijl gebruik van extreem koud water het nadeel heeft dat de boter zóó vast wordt, dat zij moeilijk te behandelen is.

Een zoo klein mogelijke hoeveelheid vaste phase bij een bepaalde temperatuur (bijv. 13° C) bereikt men door den room in de zuringstanks aan een trapsgewijze koeling te onderwerpen. Door een laboratoriumonderzoek waarbij uitgesmolten botervet aan een verschillende warmtebehandeling werd blootgesteld en het resultaat dilatometrisch werd onderzocht, werd nagegaan welke trapsgewijze koeling het grootste effect had. Na dit vooronderzoek werden bedrijfsproeven genomen, waarbij de verkregen uitkomsten overeenstemden met de verwachting. Een voor de practijk bevredigende werkwijze bleek de volgende: Men koelt den room na de pasteurisatie zoodanig, dat hij met een temperatuur van 14° C in de tank komt. Nadat de tank gevuld is (dit vullen duurt ca. 8 uur), wordt de temperatuur van den room op 22° C gebracht en daarop 1 uur gehouden. Daarna wordt de room gekoeld tot 14° C en hierop gehouden tot den volgenden morgen. Het zuren heeft dus in hoofdzaak plaats bij 14° C. De karnrijpe room wordt bij 14° C gekarnd en 3 maal gewasschen met water van 9° C of iets lager en daarna gekneed. Boter op deze manier bereid was niet brokkelig, doch goed smeerbaar en vertoonde een aanzienlijk lagere stevigheid dan bij de gewone werkwijze.

SUMMARY

In winter, butter has a tendency at low roomtemperature to be too hard and brittle, lacking the necessary smoothness. A good texture may be obtained in choosing the right manufacturing process. This consists in taking care of the following points:

- 1e. the „structure” leading to brittleness should be destroyed.
- 2e. the percentage of crystallized fat in the butter at a given temperature, e.g. 13° C, should be as low as possible, as a high percentage of crystallized fat goes together with a high hardness of the butter.

Destroying the „structure“ of the butter is effected by working the butter at low temperatures. If the butter is washed three times, the temperature of the washingwater should be 9° C or a little lower still. For by using warmer washingwater the structure is not sufficiently destroyed (the butter becomes too brittle); on the other hand the use of extremely cold washingwater has the drawback that the butter is so firm that it can not easily be handled and the time of working must be very long.

To keep the percentage of crystallized fat in the butter as low as possible it is an effective method to cool the cream in the souringtanks in successive steps. In a laboratory investigation keeping molten out butterfat at different temperatures and determining the percentage of crystallized fat by the dilatometric method, it was established which temperature steps were them ost effective. The results obtained were confirmed by experiments on a technical scale in the factory. The following manufacturing process proved satisfactory in practice:

After pasteurization the cream is cooled and enters the souringtank at a temperature of 14° C. When the tank is full (filling takes ca 8 hours), the temperature of the cream is raised till 22° C and held for an hour at this temperature. Now the cream is cooled down till 14° C and remains at this temperature till next morning, so that souring of the cream takes place mostly at 14° C. The ripened cream is churned at 14° C and washed three times with water of 9° C or something below this temperature; then the butter is worked.

Butter made by this process was not brittle, had a good smooth texture and was considerably less hard than butter manufactured in the usual way.

ZUSAMMENFASSUNG

Winterbutter pflegt bei niedriger Zimmertemperatur bröcklig und zu fest zu sein und dadurch schlecht schmierbar. Man kann diese Eigenschaft dadurch verbessern dass man in der Fabrik die richtige Herstellungsweise anwendet. Diese besteht darin dass man dafür sorgt:

- 1e. dass die zur Bröckligkeit führende „Struktur“ so viel wie möglich vernichtet wird.
- 2e. dass die Butter bei bestimmter Temperatur (Z.B. 13° C) so wenig kristallisiertes Fett wie möglich enthält, weil die Festigkeit der Butter desto grösser ist je nachdem mehr Fett auskristallisiert ist.

Das Vernichten der „Struktur“ geschieht indem man die Butter bei niedriger Temperatur knetet. Wäscht man dreimal, dann nehme man die Temperatur des Waschwassers 9° C oder noch etwas niedriger. Denn ist das Waschwasser zu warm, dann wird die Struktur ungenügend vernichtet (die Butter wird später bröcklig) während zu kaltes Waschwasser den Nachteil hat dass die Butter so fest wird dass das Kneten Schwierigkeiten hat und zu lange dauert.

Einen bei bestimmter Temperatur (Z.B. 13° C) so klein wie möglichen Gehalt an kristallisiertes Fett erreicht man indem man den Rahm in den Säuerungstanks einer stufenweisen Kühlung unterwirft. Im Laboratorium wurden mit ausgeschmolzenem Butterfett dilatometrische Untersuchungen

angestellt, um fest zu stellen mit welchen Temperaturstufen man den günstigsten Effect erzielt. Die im Laboratorium erhaltenen Resultate wurden bei Betriebsversuchen bestätigt. Eine für den praktischen Betrieb befriedigende Arbeitsweise ist folgende:

Man kühlt den pasteurisierten Rahm so weit ab, dass er mit einer Temperatur von 14°C in die Säuerungstanks tritt. Nach dem Füllen der Säuerungstanks (Dauer 8 Stunden) wird die Temperatur des Rahmes auf 22°C erhöht und eine Stunde hierauf gehalten. Dann wird der Rahm bis auf 14°C abgekühlt und bis zum folgenden Morgen auf dieser Temperatur gehalten. Das Säuern findet also in der Hauptsache bei 14°C statt. Der kirnreife Rahm wird bei 14°C gekirnt und dreimal mit Wasser von 9°C (oder etwas niedriger) gewaschen und dann geknetet. In dieser Weise hergestellte Butter war nicht bröcklig sondern schmierbar und bedeutend weniger fest als Butter die in der üblichen Weise fabriziert worden war.

