

OVER DEN INVLOED VAN HET ZOUTEN OP DE STEVIGHEID EN DE VOCHTVERDEELING VAN BOTER

DOOR

H. MULDER

(Ingezonden: 24 Juli 1941)

In de praktijk van de boterbereiding is men er vrijwel algemeen van overtuigd, dat gezouten boter doorgaans iets minder stevig is dan ongezouten. Aangezien over dit onderwerp weinig in de literatuur is te vinden, werd in verband met onze andere onderzoeken over de boterconsistentie¹⁾ ook eenige aandacht aan deze kwestie besteed.

In de eerste plaats werd nagegaan of voor de bovengenoemde meening een bevestiging kon worden gevonden door op boterkeuringen de stevigheid van de aanwezige botermonsters te bepalen. Dergelijke monsters zijn slecht met elkaar te vergelijken, daar de samenstelling ervan niet gelijk is en ze niet alle op dezelfde wijze zijn bereid. Daar men in de praktijk zijn ervaringen aangaande de stevigheid van gezouten boter mede op boterkeuringen zal hebben opgedaan, was een dergelijke oriënteerende proef toch niet geheel zonder zin; er mag echter niet veel beteekenis aan worden toegekend. Op eenige keuringen, die in den zomer en in den winter van 1938 werden gehouden, vonden we een stevigheidsverschil van bijna 10 % ten gunste van de ongezouten boter. Deze bepalingen bevestigden dus de heerschende meening, dat gezouten boter iets minder stevig is dan ongezouten.

In plaats van den voor dit geval zeer gevaarlijken statistischen weg te volgen, hebben we nagegaan of het verschil in stevigheid tusschen gezouten en ongezouten boter ook kon worden geconstateerd als de beide botersoorten op volkomen gelijke wijze uit denzelfden room worden bereid. Deze proeven werden in het boterfabriekje van de Proefzuivelboerderij genomen; ze werden alle uitgevoerd door den chef-botermaker, den heer G. HOVINGA.

De juist samengeknede boterkorrels van één karnsel werden in twee porties verdeeld; de eene helft werd gezouten door inknedden van fijn, droog keukenzout, de andere helft werd ongezouten gekneed. De beide kluiten werden even lang en even intensief bewerkt. Het kneden geschiedde met behulp van een ouderwetschen kneder, die bestaat uit een horizontaal draaiend kneedbord, waarop de boter door middel van een draaiend walsje wordt gekneed. Het groote bezwaar van dergelijke kneders is, dat de boter dikwijls moeilijk geheel

droog kan worden gekneed, zonder te worden overwerkt. Vooral in den zomer werd hiervan veel hinder ondervonden. Daar ze veel minder gemakkelijk worden overwerkt dan groote, hebben we steeds kleine kluiten gekneed; deze hebben echter het bezwaar, dat ze zeer lang moeten worden bewerkt. Na het kneden bleef de boter gedurende 8 à 10 dagen in een boterkelder liggen bij ca. 10° C om na te harden. De stevigheid¹⁾ werd bepaald (2) in het laboratorium bij de temperatuur die daar heerschte, nadat de boter op die temperatuur was gebracht. Het resultaat van deze proeven is samengevat in tabel I.

TABEL I

Datum	Stevigheid	
	Ongezouten	Gezouten
15 December 1938	30,5	28,5
2 Januari 1939	22,5	20,5
5 „ 1939	17	17,5
9 „ 1939	27	25,5
12 „ 1939	20,5	19
16 „ 1939	28	25
18 „ 1939	36,5	35
4 Mei 1939	29,5	29
5 „ 1939	24	23
6 „ 1939	21	20
8 „ 1939	19,5	20
12 „ 1939	13	11
17 „ 1939	11,5	10
18 „ 1939	13	11,5

Op twee uitzonderingen na was de gezouten boter iets minder stevig dan de ongezouten. Het verschil in drukvastheid was bij alle proeven van dezelfde orde en bedroeg ongeveer 1,5 hg per 4 cm². Bij de proeven van 4 tot 12 Mei werd de gezouten boter het eerst gekneed en dan, nadat de kneder was schoongemaakt om alle zout te verwijderen, de ongezouten. Bij de andere proeven werd de ongezouten boter het eerst gekneed. We volgden deze werkwijze om verschillen in stevigheid tijdens het kneden zooveel mogelijk van geen invloed te doen zijn. Het nahardingsproces van boter verloopt n.l. vooral gedurende den eersten tijd na het kneden zeer snel. Gedurende den tijd, waarin de eene boter wordt gekneed, heeft de andere gelegenheid om na te harden, zoodat deze bij het kneden vrij wat steviger kan zijn dan de eerstgenoemde. Als b.v. alle gezouten boters het eerst waren gekneed, zou tegen de proeven kunnen

¹⁾ Indien niet uitdrukkelijk anders is vermeld, werd de stevigheid uitgedrukt als „drukvastheid” in hectogrammen per 4 cm²; de opgegeven cijfers zijn gemiddelden van minstens 3 waarnemingen.

worden aangevoerd, dat de toestand van de beide botersoorten tijdens het kneden een constant verschil vertoonde.

Het verschil in naharding werd bij andere proeven kleiner gemaakt door de kluiten boter eenige uren te laten liggen nadat de boterkorrels bijeen waren gekneet en ze dan pas af te kneden. Ze zijn dan beide eenigszins en vrijwel evenveel nagehard als met kneden wordt begonnen. Bij deze proeven werd tevens de stevigheid van de pas geknede boter bepaald. Aan dergelijke bepalingen mag slechts geringe waarde worden toegekend, maar ze kunnen min of meer een aanwijzing geven voor het constateeren van verschillen. De resultaten van eenige dezer proeven zijn samengevat in tabel II.

Daar het er min of meer een maat voor is of de boter voldoende werd gekneet, werd het los-vocht-cijfer van KNUDSEN en SÖRENSEN (3) bepaald.

TABEL II

	Stevig- heid na het kneden; Ø stem- pel 8 cm ³	Stevigheid (na het naharden bij ca. 10° C)		Zout- ge- halte %	Water- ge- halte %	Los- vocht- cijfer	Op- mer- kingen 1)
		Bij 13° C	Bij 19° C				
9 November 1939:							
gezouten	11,0	41	7	1,0	15,0	4	+
ongezouten	10,5	43	8	—	15,4	2	—
11 November 1939:							
gezouten	10,0	44	8	0,82	14,1	4	+
ongezouten	10,5	46	8,5	—	14,3	3	—
13 November 1939:							
gezouten	12,5	42	8,5	0,24	14,4	2	+
ongezouten	12,0	43	9	—	14,6	2	—
14 November 1939:							
gezouten	11,0	46	9	0,35	13,9	2	+
ongezouten	11,0	48	10,5	—	14,1	1	—
16 November 1939:							
gezouten	12,0	39	9	0,81	13,6	1	+
ongezouten	11,5	41	9,5	—	13,8	1	—
7 October 1940:							
gezouten	—	27,5	—	0,75	15,7	2	+
ongezouten	—	29,5	—	—	16,1	1	—
		Bij 16° C					
5 Juni 1940:							
gezouten	5,5		17,5				
ongezouten	5,0		18,5				
6 Juni 1940:							
gezouten	6,0		16,5				
ongezouten	6,0		18,5				
7 Juni 1940:							
gezouten	5,0		20				
ongezouten	5,0		21				

1) De boters met + waren intensiever van kleur dan de boters met —.

Bij deze proeven waren de gezouten en de ongezouten boters dadelijk na het kneden even stevig. Het verschil in kleur was gering. Na het naharden was de gezouten boter in alle gevallen iets minder stevig dan de ongezouten; het verschil in kleur was toen duidelijk waarneembaar.

Bij de proef van 7 Oct. 1940 werd de boter niet met droog zout gezouten, maar met pekkel; dit werd bereikt door een deel van de boterkorrels van één karnsel in plaats van met water, met een verzadigde keukenzoutoplossing te wasschen. Ook bij deze proef was de gezouten boter het minst stevig en had ze het sterkst gekleurde uiterlijk.

Uit de besproken proeven volgt, dat het zouten van boter invloed heeft op de stevigheid. Het in de praktijk geconstateerde verschil in stevigheid tusschen gezouten en ongezouten boter behoeft dus niet te worden verklaard met een verschil in bereidingswijze of samenstelling. Bij het zoeken naar een verklaring zal men o.a. denken aan mogelijke electrolytische werkingen van keukenzout op het colloïdale systeem van de boter. Teneinde na te gaan in hoeverre met een dergelijke werking van het keukenzout rekening moet worden gehouden, hebben we in plaats van een sterk electrolyt, als keukenzout, een niet-electrolyt, n.l. glucose of ureum, in de boter gekneed. Deze proeven werden op een analoge wijze uitgevoerd als de reeds beschreven proeven met keukenzout. De bijeen geknede korrels bleven vóór het kneden eenige uren liggen om wat na te harden. Het ureum en de glucose werden, evenals het keukenzout, in een fijnverdeelden vorm over de boter gestrooid, waarna dadelijk met kneden werd begonnen. De boter werd gekneed in porties van 3,5 kg (tabel III).

TABEL III

	Stevigheid		Kleur ¹⁾	Los-vocht-cijfer	Water-gehalte
	bij ca. 10° C	bij ca. 17° C			
Ongezouten.	66	20	—	1	15,6 %
Toegevoegd 100 g zout	65	19,5	—	10	14,7 %
„ 300 g „	60	18,5	+	> 25	13,6 %
Ongezouten.	62	21	—	1	14,5 %
Toegevoegd 100 g glucose	60	19	—	6	14,3 %
„ 300 g „	54	17	+	25	14,1 %
Ongezouten.	56	18,5	—	1	
Toegevoegd 100 g ureum	53	17	—	7	
„ 250 g „	46	15,5	+	> 25	

¹⁾ De boters met — waren het minst, die met + het meest intensief van kleur

Ook bij deze proeven was de boter, waaraan niets was toegevoegd, het stevigst. Het verschil in stevigheid was grooter naarmate er meer zout, ureum of glucose aan de boter was toegevoegd; de andere verschillen, zooals die in gehalte aan los-vocht en in kleur, waren dan eveneens grooter. De groote verschillen in stevigheid waren zeer duidelijk met de hand te voelen. De boter met veel los-vocht was „los” van consistentie, in tegenstelling met de boter, die geen los-vocht bevatte en die toch niet méér was gekneet. Ook was de eerstbedoelde boter „bont”. Er was dus geen kenmerkend verschil tusschen den invloed van het zout en dien van glucose of ureum; alleen meenen we eenige malen te hebben opgemerkt, dat de invloed van het zout op de stevigheid en het los-vocht-gehalte iets geringer was dan die van ureum.

Dadelijk na het kneden was het verschil tusschen de botermonsters met en die zonder toevoeging slechts gering. Tijdens het bewaren namen deze verschillen in grootte toe (tabel IV).

TABEL IV

	Dadelijk na kneden		Na 1 dag		Na 2 dagen		Na 4 dagen		Na 8 dagen	
	stevig- heid	los- vocht	stevig- heid	los- vocht	stevig- heid	los- vocht	stevig- heid	los- vocht	stevig- heid	los- vocht
Ongezouten (3,5 kg).	11	0	44	0	52	0	58	1	68	0
Toegevoegd 200 g ureum . .	11	3	40	6	46	15	54	20	60	25
„ 200 g zout . . .	11	2	44	2	50	3	57	10	64	15

Ofschoon dit niet in de tabel werd vermeld, nam ook het kleurverschil toe tijdens het bewaren. Dadelijk na het kneden waren de botermonsters, waaraan zout of ureum was toegevoegd, slechts weinig geler dan de ongezouten boter; na 1 week echter was het verschil groot. Vooral de boter met ureum was aanmerkelijk geler geworden.

Deze proeven met ureum en glucose maken het waarschijnlijk, dat de invloed van het keuzenzout op de stevigheid van boter niet moet worden toegeschreven aan een electrolytische werking.

Bij het zoeken naar een verklaring voor de beschreven waarnemingen dienen we de structuur van boter te kennen. Daar er meningsverschillen op dit gebied bestaan, volgt eerst een bespreking van eenige structuur-theorieën.

Vroeger werd boter veelal voor een vrijwel structuurlooze vetmassa ge-

houden, waarin het water in den vorm van fijne druppeltjes is verdeeld. Men liet naast de theorie, volgens welke het water in een colloïdalen vorm aanwezig is, de mogelijkheid open voor de opvatting, dat boter een mengsel is van vet en water, zonder dat van een colloïdaal systeem kan worden gesproken (4). Deze veronderstelling was niet in strijd met de oude opvattingen over het karnproces. Men meende steun te vinden in de waarneming, dat de waterdruppeltjes, die in de boter voorkomen, in het algemeen rond zijn. Ook nam men waar, dat papier, dat met boter in aanraking komt, vettig wordt, en niet nat (5). PALMER (6) vond, dat het geleidingsvermogen van room tijdens het karnen sterk afneemt, wat hij meende te moeten verklaren met een fasen-omkeering. Ook proeven van SIEDEL (7) en latere soortgelijke proeven van PALMER (8) wezen op een fasenomkeering. SIEDEL voegde aan den te verkarnen room alcannaextract toe. Door de aanwezigheid van de in water onoplosbare alcannakleurstoffen nam de room een vuilgrijze tint aan. Bij de botervorming ging deze tint echter over in een bijna helder blauw-rood, wat er op wijst, dat de kleurstoffen in het botervet in oplossing zijn gegaan.

RAHN (9) kon zich niet vereenigen met de theorie van de fasenomkeering. Room, die wordt gekarnd, is meestal geen emulsie, zegt hij, maar een suspensie. Door verscheiden onderzoekers (10) is n.l. aangetoond, dat het vet in gekoelden room niet vloeibaar is en het is moeilijk voor te stellen, dat bij het karnen van een suspensie een fasenomkeering kan plaats vinden. Het vet worden van papier, dat met boter in aanraking komt, mag volgens RAHN niet als argument voor een fasenomkeering worden gebruikt, omdat papier ook wel nat kan worden als het tegen boter wordt gedrukt. Het argument van PALMER, dat het geleidingsvermogen van room tijdens het karnen afneemt, is evenmin bruikbaar, omdat ook het geleidingsvermogen van ondermelk afneemt als de laatstgenoemde wordt gekarnd. RAHN wijst er verder op, dat het vet geen structuurloze massa is, maar dat er, zooals reeds STORCH (11) aantoonde, tal van vetbolletjes in boter voorkomen. In aansluiting met zijn schuimtheorie over het karnproces neemt RAHN (12) aan, dat boter bestaat uit een massa dicht tegen elkaar aan gedrukte vetbolletjes, die door adsorptie-huidjes zijn omgeven en waartusschen zich druppeltjes karnemelk of water bevinden. Ook bij het kneden worden deze vetbolletjes niet stukgedrukt. De adsorptie-huidjes van de vetbolletjes, die tegen elkaar zijn gedrukt, vormen een doorlopend kanaalsysteem. Het water vormt volgens RAHN dan ook de continue-phase van de boter. Volgens deze opvatting gelijkt boter, wat betreft de structuur, heel veel op een geconcentreerden room. De ronde vorm van de waterdruppeltjes is niet in overeenstemming met deze theorie, doch dat is geen doorslaggevend bezwaar. Volgens RAHN is met deze theorie te verklaren,

waarom filtreerpapier nat kan worden als het met boter in aanraking wordt gebracht. RAHN dacht aanvankelijk steun voor zijn opvatting te vinden bij waarnemingen omtrent het uitdrogen van boter. Een stuk boter droogt, als het aan de lucht wordt blootgesteld, aan het oppervlak vrij snel uit en neemt daardoor een gele kleur aan (13). Dit wijst er op, dat het water zich door de boter kan bewegen. Daar water moeilijk oplosbaar is in botervet, veronderstelde RAHN dat er een doorlopende, waterhoudende verbinding is tusschen de waterdruppeltjes, die in de boter voorkomen, en het oppervlak van de boter. Bij over dit onderwerp genomen proeven bleek hem echter, dat er verdamping van water kan plaats vinden, ook als dit geheel met een vetlaag is bedekt. Ofschoon die verdamping dan niet snel geschiedde, durfde RAHN het uitdrogen niet meer als een argument voor een continue waterphase gebruiken. Wel meende hij steun te vinden bij de volgende diffusieproef. Hierbij legde hij een kluit boter in een sterke keukenzoutoplossing; na verloop van tijd kon hij aantonen, dat het zout in de boter doordrong. Zout lost op in water en niet in vet en dus moet er volgens RAHN een waterhoudend kanaalsysteem in boter aanwezig zijn, daar er anders geen zout in de boter zou kunnen trekken. Ook proeven door BOYSEN (14), een leerling van RAHN, genomen, waren in overeenstemming met diens theorie. BOYSEN bestudeerde met behulp van een microfilmapparaat het gedrag van een kristalletje keukenzout, dat in ongezoeten boter was gebracht. Het bleek hem, dat het zoutkristalletje langzaam oploste en dat de waterdruppeltjes, die er in de buurt van lagen, verdwenen. Waterdruppeltjes, die 30—80 μ van het zout verwijderd lagen, waren na 1½ uur niet meer te zien. Het water verzamelde zich om het zoutkristal en loste dat op. Uit deze proeven volgt, dat water vrij snel door boter kan diffundeeren. Bij eenzelfde proef met een emulsie van water in vet, in plaats van met boter, trok er in denzelfden tijd geen water naar het zout; m. a. w. het water diffundeerde minder snel door een continue vetmassa dan door boter.

De verhouding tusschen de in de boter voorkomende vetbolletjes en waterdruppeltjes, wat betreft aantal en grootte, is volgens RAHN ook in overeenstemming met zijn theorie. Als we aannemen, dat boter ontstaat door het tegen elkaar kleven van vetbolletjes, dan moeten er bij benadering evenveel waterdruppeltjes als vetbolletjes aanwezig zijn, want de ruimten tusschen de vetbolletjes zullen in de bij het karnen gevormde opeenhoopingen van vetbolletjes eerst zijn gevuld met water. BOYSEN schatte het aantal vetbolletjes voorkomend in 1 g boter op 9—25 milliard en bepaalde het aantal waterdruppeltjes op 8—16 milliard. Deze cijfers zijn van dezelfde orde. De waterdruppeltjes, die eerst de ruimten tusschen de vetbolletjes opvullen, moeten kleiner zijn dan die vetbolletjes. Volgens BOYSEN zijn van de

17 600 000 waterdruppeltjes er 17 175 400 kleiner dan 3μ , terwijl RAHN de gemiddelde grootte van de botervetbolletjes op 5μ schat.

Een bevredigend bewijs voor zijn theorie heeft RAHN niet kunnen geven. Zooals reeds werd gezegd, paste de ronde vorm van de waterdruppeltjes niet bij de theorie, volgens welke het water de continue phase is. Ook de indicatorproeven van SIEDEL en PALMER zijn er moeilijk mee te verklaren, terwijl een ieder bezwaren zal voelen tegen het opvatten van boter als een soort geconcentreerden room. Room met 82 % vet heeft geheel andere eigenschappen dan boter. Het argument van RAHN, dat papier evengood nat kan worden als vettig, wanneer het met boter in aanraking komt, is gezocht. Het papier zal nat worden als de boter los-vocht, m. a. w. heel groote waterdruppels, die met het bloote oog zichtbaar zijn, bevat. Los-vocht behoort echter niet thuis in boter; uit de proef mag men dan ook niet besluiten, dat de waterphase continue is.

Het is vooral KING geweest, die de theorie van RAHN heeft aangevallen en weer de oude opvatting op den voorgrond plaatste. KING (15) begon zijn onderzoek met een diffusieproef, die reeds door RAHN was genoemd, maar die merkwaardigerwijze nooit door dezen onderzoeker werd uitgevoerd. In plaats van de mogelijkheid van diffusie voor keukenzout, een in water oplosbare en niet in vet oplosbare stof, na te gaan, bracht KING een oplossing in vet van Sudan III, een kleurstof, die wel in vet, doch niet in water oplost, met boter in aanraking. Het bleek hem, dat de kleurstof vrij snel door de boter diffundeerde. Deze proef wijst, in tegenstelling met de diffusieproef van RAHN, op een continue vetphase.

Verder liet KING zien, dat boter kan worden „verdund” met vloeibaar botervet en niet met water, wat ook weer wijst op een continue vetphase. SIEDEL (16) had reeds vroeger aangetoond, dat de opeenhoopingen van vetbolletjes, die ontstaan bij het karnen van room en die kunnen worden beschouwd als voorloopers van de boterkorrels, met behulp van water weer tot afzonderlijke vetbolletjes kunnen worden verdeeld. Bij boterkorrels gelukt dit niet; KING (17) vond, dat deze met behulp van vloeibaar botervet kunnen worden „verdund”. Reeds in de boterkorrels bestaat de continue phase volgens deze proeven voor een belangrijk deel uit botervet en niet meer alleen uit water. Dit alles sluit goed aan bij de flotatietheorie over het karnproces van VAN DAM (18). Volgens deze theorie treedt er tijdens het karnen vloeibaar botervet uit de roomvetbolletjes als deze laatste met een luchtbel in aanraking komen. Dit uitgetreden vet dient als „kit” om de vetbolletjes aan elkaar te doen kleven. Reeds tijdens het karnen begint zich dus een phasenumkeering te voltrekken. Door het kneden wordt deze omkeering verder doorgevoerd. De inhoud van de vetbolletjes, die in de boterkorrels voor-

komen, is bij de temperatuur, waarbij wordt gekneet, slechts ten deele gekristalliseerd. Door den druk, die bij het kneden op de vetbolletjes wordt uitgeoefend, zal uit deze laatstgenoemde vloeibaar botervet worden geperst. Dit vloeibare vet vormt mede de continue phase van de boter. Bij temperaturen, die niet beneden de kneedtemperatuur liggen, zal de continue phase uit vloeibaar botervet moeten bestaan. Hiermede is de ronde vorm van de waterdruppeltjes, die in de boter voorkomen, verklaard.

KING vat de boter dus op als een systeem, waarin vloeibaar vet de continue phase vormt en waarin als gedispergeerde phase voorkomen: vetbolletjes, waterdruppeltjes, enz.

Voor het diffundeeren van zout en van water door boter kon KING met behulp van zijn structuurtheorie niet gemakkelijk een verklaring geven. Hij nam aan, dat deze diffusie door de aanwezigheid van lecithine, dat volgens hem in het vet moet zijn opgelost, mogelijk wordt gemaakt. Inderdaad kan lecithine de „oplosbaarheid” van allerlei stoffen wijzigen. KING (19) toonde b.v. aan, dat methyleenblauw oplost in lecithinehoudend botervet en niet in zuiver vet. Methyleenblauw verschilt echter heel veel in eigenschappen van keukenzout, zoodat uit dit proefje van KING geen enkele conclusie mag worden getrokken aangaande het gedrag van keukenzout ten opzichte van lecithinehoudend botervet. Er komt echter nog bij, dat het lecithine zeer waarschijnlijk in een gehydrateerden vorm, die onoplosbaar is in vet, in de boter voorkomt. Volgens verscheidene onderzoekers bevat het vet van boter geen lecithine (20). Hiermede vervalt de veronderstelling van KING geheel. ¹⁾ Ook de snelle diffusie van water in boter, zooals bij de proeven van BOYSEN plaats vond, is moeilijk te begrijpen als men een continue vetphase aanneemt. RAHN heeft wel laten zien, dat water door vet kan trekken, maar dit geschiedt zoo langzaam, dat de proeven van BOYSEN er waarschijnlijk niet mede kunnen worden verklaard. KING (21) vermeldt nog te hebben waargenomen, dat waterdruppeltjes van een emulsie van water in vet ook kunnen verdwijnen als een zoutkristal in de emulsie wordt gebracht. Bijzonderheden van deze proef geeft hij echter niet, zoodat we niets weten van de snelheid, waarmede de druppels verdwijnen. Volgens BOYSEN had zich in een emulsie van water in vet in 30 minuten geen water om een in de emulsie gebracht zoutkristalletje verzameld, terwijl zich in denzelfden tijd in boter een duidelijk waarneembare vochtverplaatsing had voltrokken (22).

¹⁾ Op een andere plaats tracht KING (23) een verklaring te vinden voor de waarneming, dat de waterdruppeltjes van boter soms een merkwaardigen vorm aannemen als de boter met vloeibaar vet wordt verdund. KING meende dezen vorm te moeten toeschrijven aan een phasenomkeering, die volgens hem zou worden voltrokken, doordat het lecithinegehalte van het botervet vermindert ten gevolge van het verdunnen. Daar botervet geen lecithine bevat, kan deze verklaring moeilijk juist zijn.

Evenmin als RAHN kon KING op ongedwongen wijze alle waarnemingen verklaren. Beide onderzoekers nemen een uiterste standpunt in. Het is niet onwaarschijnlijk, dat we het verst komen door de beide theorieën samen te smelten.

Boter heeft een heel andere structuur dan vette room. Room kan worden verdund met water en niet met vet, terwijl boter wel met vet en niet met water kan worden „verdund”. Er is dus veel voor te zeggen, dat boter een continue vetphase bezit.

Deze voorstelling lijkt echter wel wat al te eenvoudig; eenige bezwaren noemden we reeds. Als de continue phase uit vloeibaar vet zou bestaan, zou men boter volledig moeten kunnen verdunnen met botervet, dat bij b.v. 16° C nog juist geheel vloeibaar is. Met het doel de vetbolletjes te tellen en te meten hebben we meermalen getracht boter met behulp van vloeibaar botervet te verdeelen tot afzonderlijke vetbolletjes, doch het is ons nimmer gelukt. Wel kunnen tal van vetbolletjes van een kluitje boter worden losgemaakt, maar overigens blijft het kluitje vrijwel geheel intact. Ook herhaald omroeren en weken lang laten staan had niet het gewenschte resultaat. Deze waarneming is niet in overeenstemming met een eenvoudige continue vetphase.

Naar aanleiding van het ontstaan van boter uit roomvetbolletjes, komt men gemakkelijk tot een iets andere structuurtheorie. Zooals we zagen, vindt reeds bij de vorming van de boterkorrels een gedeeltelijke phasenomkeering plaats en wordt deze omkeering verder tot stand gebracht bij het kneden. Men kan zich echter moeilijk voorstellen, dat deze phasenomkeering geheel volledig zal worden voltrokken. Verscheidene vetbolletjes zullen door middel van hun adsorptiehoedjes zoo innig met elkaar zijn of worden verbonden, dat ze elkaar ook tijdens het kneden niet loslaten. Er blijven in de nieuwe continue vetphase reuten achter van de oude continue waterphase van den room. Heel gemakkelijk komt men ook tot deze voorstelling als men denkt aan de bereiding van boter uit zeer geconcentreerden room (met b.v. 85 % vet). Als men dergelijken z.g. plastischen room bij lage temperaturen kneedt, gaat hij over in boter. Tengevolge van het kneden wordt er vloeibaar vet uit de vetbolletjes geperst en wordt de continue waterphase van den room vervangen door een continue vetphase. Vooral in dit geval echter is het moeilijk zich voor te stellen, dat de phasenomkeering geheel volledig wordt voltrokken, zoodat er geen spoor van de continue waterphase achterblijft. We stellen ons dan ook voor, dat na het kneden nog veel vetbolletjes door middel van hun waterhoudende adsorptiehoedjes contact met elkaar maken. Hierdoor komt het, dat de continue vetphase van de boter door tal van waterhoudende kanaaltjes wordt doorsneden; deze kanaaltjes loopen door omhulsels van vetbolletjes en door waterdruppeltjes. Het is

zonder meer niet te zeggen of alle waterdruppels in dit kanaalsysteem zijn opgenomen; men kan zich heel goed indenken, dat er geïsoleerde druppeltjes voorkomen. Het microscopische beeld van boter is in overeenstemming met deze theorie. Men kan hierin waarnemen, dat de vetbolletjes elkaar op verscheidene plaatsen raken. Ook ziet men duidelijk, dat sommige vetbolletjes rondrijven in een vloeibare vetmassa; vooral aan de randen van een praeparaat is dit goed waarneembaar.

Men kan zich afvragen of boter niet even goed een continue waterphase, doorsneden door tal van vetkanalen, zou kunnen bezitten. Dit lijkt minder waarschijnlijk. Het microscopische beeld wijst reeds op een continue vetphase, maar bovendien zou boter dan ten deele met water moeten kunnen worden verdund en dat is niet mogelijk.

Met deze structuurtheorie zijn vrijwel alle waarnemingen op ongedwongen wijze te verklaren. Er is een diffusie mogelijk van stoffen, die in vet oplossen (b.v. Sudan III), maar ook, zij het in beperkte mate, van stoffen, die niet in vet, doch in water oplossen (b.v. keukenzout). Daar het zout door uiterst dunne laagjes moet diffundeeren en deze laagjes (althans vóórdat het zout ermede in aanraking komt) uit colloïdale substanties bestaan, zal er slechts een zeer langzame diffusie kunnen plaats vinden. Bij de proeven van RAHN drong het zout slechts zeer langzaam in de boter door. Het is echter denkbaar, dat water gemakkelijker door de boter kan diffundeeren, zoodat we osmotische verschijnselen krijgen; de proeven van BOYSEN, waarbij het water zich om zoutkristalletjes verzamelde, wijzen hier inderdaad op. Ook de verhouding van de grootte en die van het aantal vetbolletjes en waterdruppels is in overeenstemming met deze theorie. Maar vooral het aantal vetbolletjes is zoo moeilijk te bepalen of te schatten, dat aan dit argument weinig waarde mag worden toegekend. De schatting van het aantal vetbolletjes door BOYSEN verricht, is niet juist, omdat deze onderzoeker uitging van de veronderstelling, dat alle vet in den vorm van vetbolletjes aanwezig is, en hij het bestaan van een continue vetphase ontkende.

De besproken structuurtheorie geeft aanleiding tot eenige veronderstellingen betreffende den invloed van de vochtverdeling op de stevigheid van de boter. Water is aanmerkelijk minder stevig dan half-vast botervet. Daar de stevigheid van een systeem hoofdzakelijk wordt bepaald door de zwakke plekken en dat systeem, zal men verwachten, dat boter door de aanwezigheid van water minder stevig zal zijn dan wanneer ze geen water zou bevatten. De toestand en de vorm, waarin het water voorkomt, zijn echter van grooten invloed. Een deel van het water komt volgens onze theorie voor in de omhulsels van de vetbolletjes en dus in het waterhoudende kanaalsysteem.

We kunnen dit kanaalsysteem tot op zekere hoogte vergelijken met de bekende emulsie van PICKERING (24); d. i. een emulsie van 99 dln paraffineolie in 1 dl water. Deze emulsie was niet vloeibaar, doch had een stevigheid als die van koude pudding. Het waterhoudende kanaalsysteem behoeft de stevigheid van de boter dus waarschijnlijk niet zoo heel veel te verminderen. Bij hooge temperaturen, als het vet van de boter geheel of vrijwel geheel is gesmolten, kan het de stevigheid misschien zelfs verhoogen. Het deel van het water, dat niet in de omhulsels van de vetbolletjes voorkomt, is verdeeld tot meer of minder fijne druppeltjes. Héél fijne waterdruppeltjes zullen de stevigheid van de boter waarschijnlijk minder verlagen dan groote druppels. Als het water, dat niet in de adsorptie-huidjes is opgesloten, dus maar voldoende fijn is verdeeld, zal het de stevigheid van de boter misschien slechts weinig kunnen verminderen.

De verdeling van het water is in gezouten boter anders dan in ongezouten. Men is het er algemeen over eens, dat het water in gezouten boter minder fijn is verdeeld dan in ongezouten (25). Vooral BOYSEN heeft veel op dit gebied onderzocht, door de waterdruppeltjes te tellen en te meten. Bij een proef vond hij, dat van de 14,16 % water, die in een monster ongezouten boter voorkwamen, 7,57 % bestonden uit druppeltjes, die kleiner waren dan 3μ en 1,48 % uit druppeltjes grooter dan 100μ . Na het zouten van deze boter was nog 3,54 % water in den vorm van kleine druppeltjes aanwezig en 3,96 % in den vorm van groote; de druppels van middelgrootte waren betrekkelijk weinig in aantal veranderd. We vermelden deze cijfers slechts ter illustratie. De techniek, die BOYSEN toepaste, is n.l. niet geheel juist. BOYSEN wees zelf reeds op eenige bezwaren. Een ander bezwaar, dat niet door BOYSEN werd genoemd, is, dat druppeltjes met een doorsnede van 15μ werden geteld in een telkamertje van 10μ . Het lijkt ons verder toe, dat de vochtverdeling bij het brengen van de boter in het telkamertje gemakkelijk kan veranderen; er kunnen groote druppels worden stukgedrukt of geheel of ten deele uit het praeparaat worden verwijderd. Ook is het mogelijk, dat er vloeibaar botervet uit het praeparaat wordt geperst, tengevolge waarvan de concentratie van het water in de boter wordt verhoogd. Ondanks deze bedenkingen, die tegen de techniek kunnen worden ingebracht, heeft het onderzoek van BOYSEN ons inzicht echter wel verdiept. Het staat nu wel vast, dat er tengevolge van het zouten tal van kleine waterdruppeltjes verdwijnen en dat er grootere voor in de plaats komen.¹⁾ Ook bij het kneden van ureum of glucose in de boter zal dit gebeuren.

¹⁾ In eenige gevallen meende BOYSEN waar te nemen, dat ook in ongezouten boter kleine vocht druppeltjes verdwenen. Hij kon hier moeilijk een verklaring voor vinden. Het lijkt niet geheel buitengesloten, dat het verschijnsel moet worden gezocht bij een verschil in oppervlaktespanning tusschen de groote en de kleine druppeltjes.

Het lijkt niet onmogelijk, dat met deze verandering in de vochtverdeeling ook het verschil in stevigheid tusschen gezouten en ongezouten boters moet worden verklaard. In hoeverre het keukenzout, het ureum of de glucose nog invloed hebben op het waterhoudende kanaalsysteem en in hoeverre daardoor de stevigheid van de boter nog zou kunnen worden gewijzigd, kan zonder een nadere studie niet worden gezegd. Een dergelijk onderzoek zou echter op groote praktische moeilijkheden stuiten, daar het niet gemakkelijk lijkt de omhulsels van de vetbolletjes af te zonderen, b.v. door smelten en centrifugeeren van de boter, zonder dat tegelijk waterdruppeltjes mede worden afgescheiden. Misschien echter moet het verschil, dat eenige malen kon worden geconstateerd, in los-vocht-vorming tusschen de met zout en de met ureum geknede boter worden gezocht bij een invloed (b.v. een „oplossende”) van de toegevoegde stoffen op het colloïdale kanaalsysteem.

Het verschil in stevigheid mag niet (niet alleen) aan een verschil in los-vocht-gehalte worden toegeschreven. Bij de genomen proeven komen verscheidene gevallen voor, waarin de gezouten en de ongezouten boters vrijwel evenveel los-vocht bevatten, terwijl er toch een verschil in stevigheid kon worden geconstateerd (zie b.v. de tabellen II en VIII). Er kon dan echter wel een verschil in kleur worden waargenomen, wat erop wijst, dat er toch een verschil in vochtverdeeling zal hebben bestaan, ook al was dit niet met het bloote oog waar te nemen. (De kleur van de boter staat in nauw verband met de vochtverdeeling; naarmate het water tot fijnere druppeltjes is verdeeld, is de boter bleeker van kleur. In gezouten boter is het water minder fijn verdeeld dan in ongezouten, vandaar dat de kleur van de eerstgenoemde intensiever is.) Dat een voor het niet gewapende oog onzichtbaar verschil in vochtverdeeling toch invloed op de stevigheid zou kunnen hebben, staat misschien in verband met de groote oppervlaktetenspanning van zéér kleine druppeltjes. Het is misschien niet geheel uitgesloten, dat de heel kleine druppeltjes in tegenstelling met de grootere en met de druppels los-vocht de stevigheid van boter weinig of niet verminderen, terwijl er tusschen den invloed van het los-vocht en dien van de groote, doch nog juist onzichtbare druppels betrekkelijk weinig verschil bestaat. Volgens deze redeneering heeft het los-vocht dus wel invloed op de stevigheid, maar deze invloed is niet grooter dan de invloed van de betrekkelijk groote, doch nog juist onzichtbare waterdruppels. Vandaar, dat er geen verband tusschen stevigheidsvermindering en los-vocht werd gevonden.

Een andere aanwijzing voor de geringe rol, die het los-vocht bij de beschreven stevigheidsproeven heeft gespeeld, blijkt uit kneedproeven, die met een ander doel werden genomen. Hierbij werd geen verschil in stevigheid gevonden tusschen monsters boter, die afkomstig waren van eenzelfde karnsel,

maar die verschillend lang waren gekneed en die dus een verschillend losvocht-gehalte zullen hebben bezeten. Het is natuurlijk niet geheel juist deze proeven hier aan te halen, daar ook de structuur van het vet tengevolge van het langere kneden zal zijn gewijzigd. Daar de lang- en de kort-gekneede boters in alle gevallen even stevig waren, kan men wel besluiten, dat de invloed van het losvocht en de invloed van de verandering van de vetstructuur op de stevigheid niet heel groot zullen zijn geweest. Als deze invloeden wel groot waren, zouden er bij de proeven vrij zeker verschillen in stevigheid zijn gevonden, want het zou al heel toevallig zijn als de beide factoren elkaar in alle gevallen geheel zouden opheffen. Men mag echter niet uit de proeven afleiden, dat het losvocht in het geheel geen invloed heeft op de stevigheid. Tabel V geeft een overzicht over de kneedproeven; de boter bevatte ca. 0,6—0,8 % zout. Helaas werd het losvocht-cijfer niet bepaald. Men kan echter een indruk van de grootte van deze cijfers krijgen naar aanleiding van de tabellen VI en VII, waarin het resultaat werd samengevat van proeven, die op vrijwel gelijke wijze werden uitgevoerd. Tevens staan in die tabellen nog eenige cijfers betreffende de stevigheid vermeld; deze cijfers bevestigen de proeven, behorende bij tabel V.

TABEL V

Datum	Aantal keeren gekneed		Stevigheid na kneden Ø stempel 8 cm ²		Stevigheid na het naharden; bepaald bij ca.				Water-gehalte	
					12° C		16° C			
	Kort	Lang	Kort	Lang	Kort	Lang	Kort	Lang	Kort	Lang
22 Mei 1940	13	34	13	10	34	34	19	19		
24 „ 1940	16	37	12	10	35	36	21	20		
29 „ 1940	11	28	11	9	28	27	11	11		
11 Juni 1940	11	30	10	8	27	26	10	11		
			Ø stempel 16 cm ²							
12 Juni 1940	25	60	18	14	22	23	10	10	14,9	15,1
14 „ 1940	25	59	16	13	23	23	9	9	15,6	15,7
19 „ 1940	25	45	18	12	19	20	10	9	14,6	14,8
21 „ 1940	24	58	13	11	21	20	10	9	14,7	15,1
					13° C		17° C			
12 Dec. 1939	18	45			37	37	14	15		
13 „ 1940	18	47			33	32	12	12		
16 „ 1940	18	50			33	32	13	14		

In de tabel blijkt, dat de lang gekneede boter dadelijk na het kneden weeker was dan de kort gekneede. Het verschil in stevigheid was aanmerkelijk grooter

dan men uit de cijfers zou afleiden. De kort geknede boter was in het algemeen heel „nat”; de lang geknede boter bevatte minder los-vocht, echter was alleen de lang geknede boter van de proeven 12—21 Juni geheel droog. Na het naharden waren de lang- en de kort-geknede botermonsters even stevig. Er zij nog eens de aandacht op gevestigd, dat de kneedproeven moesten worden uitgevoerd met een voor dit doel niet volkomen geschikten kneder. We vermelden deze kneedproeven dan ook slechts volledigheidshalve.

In het algemeen wenscht men tegenwoordig goed droog geknede boter, waarin geen los-vocht voorkomt. Indien nu na het zouten altijd water naar het ingeknede zout zou trekken, zou het vrijwel niet mogelijk zijn droge, gezouten boter te bereiden. Het is algemeen bekend, dat er bij het maken van gezouten boter meer gevaar bestaat voor het gebrek „nat” dan bij de bereiding van ongezouten boter. Maar ook weet men, dat het mogelijk is droge gezouten boter te maken (26).

De betrekkelijk geringe hoeveelheid zout, die bij het zouten op de boter wordt gestrooid, lost, daar het gebruikte zout heel fijn is, snel op in het aan de korrels hangende water. Als nu zoo lang wordt geknede, dat de boter geheel droog is, is de gevormde pekels in zeer talrijke en uiterst fijne druppeltjes door de boter verdeeld. Deze kleine druppeltjes zullen water naar zich toe trekken, maar doordat er zooveel druppeltjes zijn, wordt het water niet op enkele plaatsen opgehoopt, doch blijft het min of meer fijn verdeeld, zoodat er geen zichtbare druppels los-vocht ontstaan. De boter blijft dus droog. Hiertoe zal nog medewerken, dat kleine pekeldruppeltjes waarschijnlijk met minder waterhoudende kanaaltjes in verbinding zullen staan dan groote pekeldruppels en dat tengevolge van het lange kneden, wat noodzakelijk is om de boter droog te krijgen, de phasenomkeering vrij ver zal zijn voortgeschreden, zoodat tal van waterkanaaltjes zijn afgesneden en afgesloten door vet. In boter, die na het kneden niet volkomen droog werd geknede, is de phasenomkeering minder ver gevorderd. Hierdoor komt het waarschijnlijk, dat de betrekkelijk groote pekeldruppels, die er nog in voorkomen, vrij gemakkelijk veel water door de talrijke kanaaltjes, waarmede ze in verbinding staan, tot zich kunnen trekken, tengevolge waarvan ze nog grooter zullen worden en zullen overgaan in druppels los-vocht. Misschien is ook nog de oppervlaktespanning, die voor groote druppels veel kleiner is dan voor kleine, van invloed, daar tengevolge van dit verschil in oppervlaktespanning de groote druppels de neiging zullen hebben aan te groeien ten koste van kleine. De geknede boter zal in dit geval dus natter worden bij de bewaring. De tabellen VI en VII geven de resultaten van eenige proeven, die in deze richting werden genomen. Bij deze proeven, die in het laatst van Maart, terwijl de koeien op stal stonden,

werden uitgevoerd, bleven de samengeknede boterkorrels ruim 3 uren onaan-geroerd liggen bij ca. 13° C. De boter werd gezouten door opstrooien van droog fijn zout. Bij de proef, waarop tabel VI betrekking heeft, werd 1,5 % zout (berekend op het gewicht van de samengeknede botermonsters) toegevoegd en bevatte de boter na het kneden nog 1,16 % zout. Bij de proef van tabel VII werd van de 1 % zout, die aan de boterkorrels werd toegevoegd, 0,64 % vastgehouden. Tijdens het kneden werden nu en dan monsters genomen; hiervan werd het los-vocht-cijfer dadelijk en na gezette tijden bepaald.

TABEL VI

Aantal malen gekneed	Los-vocht-cijfer					Stevig-heid na het naharden	Water-gehalte (%)	
	Dadelijk na kneden	Na 1 dag	Na 2 dagen	Na 4 dagen	Na 8 dagen			Na 17 dagen
20	6	15	20	25	—	25	30	14,0
30	3	10	10	12	15	20	31	14,0
40	4	4	6	8	10	20		14,0
50	3	5	4	5	5	6		14,1
60	2	2	2	3	3	2		14,2
70	0	1	1	1	2	1		14,4
80	0	0	0	0	1	1	31	14,4

TABEL VII

Aantal malen gekneed	Los-vocht-cijfer			Stevigheid na het naharden	Water-gehalte (%)	
	Dadelijk na kneden	Na 1 dag	Na 3 dagen			Na 8 dagen
15	6	15	15	25	33	13,7 ⁵
25	7	10	7	20		13,7 ⁵
35	4	6	5	10		14,1
45	4	4	4	7		13,9
55	2	2	3	4		14,2
65	1	1	2	2		14,2 ⁵
75	0	0	0	0		14,4
85	0	0	0	0	32	14,4 ⁵

In de beide tabellen blijkt duidelijk, dat zich in de kort geknede gezouten boter opnieuw veel los-vocht vormt. Pas als de boter bijna geheel droog wordt gekneed, gebeurt dit niet. Als men er zeker van wil zijn, dat gezouten boter niet het gebrek „nat” zal krijgen, moet men haar dus geheel droog afwerken.

Teneinde het zout zoo goed mogelijk door de boter te kunnen verdeelen, lijkt het wenschelijk, dat men, zooals veelal ook geschiedt, het zout gelegenheid geeft om op te lossen, vóórdat men met het eigenlijke kneden begint.

Bij het kneden nam de hoeveelheid los-vocht aanvankelijk snel af, doch bleef, toen de boter ca. 20 keer het walsje was gepasseerd, een tijdlang bijna constant. Na ca. 50 maal kneden werden de zichtbare waterdruppels tamelijk plotseling aanmerkelijk kleiner; het gehalte aan los-vocht daalde daarna tot 0. Tegelijk met het verdwijnen van het los-vocht veranderde de consistentie van de boter; deze leek wel meer samenhangend en iets taaier te worden. Ook kreeg de boter een droog uiterlijk. Ze begon dan tevens water van het kneedbord op te nemen, zoodat dit droog werd. Elke botermaker kent deze verschijnselen. Dat boter vocht gaat opnemen blijkt uit de beide tabellen, waarin in de laatste kolom het watergehalte staat opgegeven. Bij andere proeven in deze richting vonden we een soortgelijk resultaat. Andere onderzoekers hebben reeds gewezen op het verschijnsel, dat het watergehalte van de boter bij het kneden aanvankelijk daalt en tegen het laatst weer stijgt (27). Alleen VAN DAM (28) vond geen stijging. De oorzaak hiervan moet waarschijnlijk worden gezocht bij den kneder, die door dezen onderzoeker werd gebruikt. VAN DAM nam veel monsters tijdens het kneden en moest dus van een flinke kluit boter uitgaan. Hij begon zijn proeven telkens met ca. 5 kg boter. Dit is voor de gebruikte kneder een vrij groote hoeveelheid, zoodat er gevaar was voor overwerken. In eenige gevallen vermeldt VAN DAM dan ook uitdrukkelijk, dat de boter, na ca. 20 maal het walsje te zijn gepasseerd, overwerkt was. De boter kan na een dergelijke korte kneding onmogelijk geheel droog zijn geweest. Daar pas tegen het einde van het kneedproces water door de boter wordt opgenomen, kon VAN DAM geen stijging van het watergehalte vinden.

Door KRUISHEER en DEN HERDER (29) werd bij het onderzoek van botermonsters, die bij het Z.K.B. waren gekeurd, gevonden, dat het gehalte aan los-vocht bij lage zoutgehalten steeg met het zoutgehalte van de boter, doch dat het bij hooge zoutgehalten daalde, naarmate de boter meer zout bevatte. Het maximum ligt volgens hen bij een zoutgehalte van 0,3—0,6 %. Bij onze proeven is van een maximum niets gebleken (zie b.v. tabel III). Zoowel bij het inkneden van zout als bij dat van ureum of glucose bevatte de boter, waaraan de meeste stof was toegevoegd, het meeste los-vocht. Bij de proeven werden alle botermonsters even lang gekneet. Het is echter niet waarschijnlijk, dat de botermonsters, die door KRUISHEER en DEN HERDER werden onderzocht, alle even intensief waren bewerkt. We stellen ons voor, dat een botermaker, die de opdracht krijgt sterk gezouten boter te maken, wat extra lang zal kneden om er zeker van te zijn, dat zijn boter niet het gebrek „nat” krijgt. Het lijkt dan ook niet onmogelijk, dat de oorzaak voor het door de genoemde onderzoekers geconstateerde maximum moet worden gezocht bij een verschil tusschen de door de fabrieken toegepaste werkwijzen bij het kneden. De

tabellen VIII en IX geven het resultaat van een tweetal der proeven, die werden genomen over den invloed van het zoutgehalte op de hoeveelheid los-vocht. Bij deze proeven werd de op blz. 934 beschreven techniek gevolgd.

TABEL VIII

Samenstelling van de boter	Los-vocht-gehalte na 35 × kneden				Los-vocht-gehalte na 73 × kneden				Stevigheid na het na-harden
	Dadelijk	Na 1 dag	Na 4 dagen	Na 10 dagen	Dadelijk	Na 1 dag	Na 4 dagen	Na 10 dagen	
0,35 % zout; 14,2 % water . .	2	4	5	5	0	1	1	1	32
0,7 % „ ; 13,9 % „ . .	3	6	7	8	1	1	1	1	31
1,0 % „ ; 13,8 % „ . .	4	8	8	12	0	1	1	1	30,5
2,0 % „ ; 13,6 % „ . .	3	12	10	15	0	1	1	1	29

TABEL IX

Samenstelling van de boter	Los-vocht-gehalte na 27 × kneden				Los-vocht-gehalte na 75 × kneden			
	Dadelijk	Na 1 dag	Na 4 dagen	Na 10 dagen	Dadelijk	Na 1 dag	Na 4 dagen	Na 10 dagen
Ongezouten	8	8	10	8	1	1	1	1
1 % zout toegevoegd . . .	10	13	13	20	1	2	2	2
7 % „ „ . . .	15	> 25	ca. 70	ca. 95	3	4	6	8

Bij de proeven, waarop deze laatste tabellen betrekking hebben, werd met toenemend zoutgehalte ook een toenemend vochtgehalte gevonden als de boter niet volkomen droog was gekneed. Een maximum in het los-vochtgehalte werd niet gevonden. Tevens kwam bij deze proeven weer tot uiting, dat goed droog geknede boter niet opnieuw nat wordt. Natuurlijk wil dit niet zeggen, dat er in het geheel geen diffusie van water plaats vindt. Bij de laatste proef, waarbij 7% zout op de korrels werd gestrooid, vermeerdeerde het los-vochtgehalte tijdens de bewaring in alle gevallen. Deze boter was echter, ook na 75 maal de wals te zijn gepasseerd, niet volkomen droog,

terwijl het zout niet geheel was opgelost. De boter met zeer veel los-vocht was in het algemeen „los” van consistentie en „bont”.

SAMENVATTING

Gezouten boter is na het naharden in het algemeen iets minder stevig dan ongezouten, die, afgezien van het zouten, op volkomen gelijke wijze is bereid en dezelfde samenstelling heeft. Niet alleen keukenzout, maar ook niet-electrolyten (glucose, ureum) verminderen de stevigheid van boter. Deze waarnemingen kunnen misschien worden verklaard met de wijziging in de vochtverdeeling, die een gevolg is van het zouten van de boter.

De stevigheidsvermindering staat niet (niet in hoofdzaak) in verband met het gehalte aan los-vocht.

Ter verklaring van het diffundeeren van water en in water oplosbare stoffen door boter, werd een structuurtheorie opgesteld, die het midden houdt tusschen die van RAHN en die van KING. Hierbij werd aangenomen, dat boter een continue vetphase heeft en dat deze vetphase wordt doorsneden door tal van korte of lange waterhoudende kanaaltjes, die door waterdruppels en de adsorptie-huidjes van vetbolletjes loopen. De gedispergeerde phase wordt gevormd door: vetbolletjes, waterdruppels, vetkristalletjes, luchtbelletjes, enz.

Doordat het zout en ook de gevormde pekeldruppels water aantrekken, kunnen zich in de geknede boter druppels los-vocht vormen. Dit geschiedt gemakkelijker naarmate de boter minder is gekneed en ze dus reeds dadelijk na het kneden meer los-vocht bevat. Men kan de vorming van los-vocht in normaal gezouten boter voorkomen door de laatste geheel droog te kneden (los-vocht-cijfer vrijwel 0).

Er vormt zich meer en gemakkelijker los-vocht in boter, naarmate ze sterker wordt gezouten.

Tegen het laatst van het kneden verandert de consistentie van de boter. Vrijwel tegelijkertijd verdwijnen de groote waterdruppels; daarna begint de boter droog te worden. Ook neemt ze dan water op van den kneder, tengevolge waarvan het vochtgehalte stijgt.

LITERATUUR

- (1) H. MULDER, *Versl. v. Landbk. Onderz.* 45 C (1939) 649; 46 C (1940) 21; 46 C (1940) 305.
- (2) C. I. KRUISHEER en D. C. DEN HERDER, *Chem. Weekbl.* 35 (1938) 719.
- (3) S. KNUDSEN en A. SÖRENSEN, *Mælkeritidende* 47 (1934) 903.
- (4) O. F. HUNZIKER, *The butterindustry*, sec. ed. 1927, 449.
- (5) M. H. FISHER en M. HOOKER, *Fats and fatty Degeneration* (1917) 94.

- (6) PALMER, *Ind. and Eng. Chem.* 16 (1924) 631.
 (7) J. SIEDEL, *Molkerei Ztg. Hildesheim*, 43 (1929) 483.
 (8) PALMER, *Missouri Agr. E.p. Stat.*, Bull. 163 (1919) 40.
 (9) O. RAHN, *Milchw. Forschungen* 3 (1925) 517; RAHN und SHARP, Physik der Milchwirtschaft 1928, 110.
 (10) W. FLEISCHMANN, *Journ. für Landw.* 50 (1902) 33; W. VAN DAM, *Versl. v. Landbk. Onderz.* 16 (1915) 1.
 (11) B. STORCH, *Milchw. Ztg.* 26 (1897) 257.
 (12) O. RAHN, Forschungen auf dem Gebiete der Milch. 1 (1921) 309; *Kolloid Zeitsch.* 30 (1922) 343.
 (13) O. F. HUNZIKER, *The butterindustry*, sec. ed. 1927, 538.
 (14) H. BOYSEN, *Milchw. Forschungen* 4 (1926) 243.
 (15) N. KING, *Milchw. Forschungen* 8 (1929) 423; 10 (1930) 68; *Kolloid Zeitschr.* 52 (1930) 319.
 (16) J. SIEDEL, *Molk. Ztg. Hildesheim* 43 (1929) 483.
 (17) N. KING, *Milchw. Forschungen* 10 (1930) 69.
 (18) W. VAN DAM, Off. Org. van den F. N. Z. 1932, No. 50. W. VAN DAM en B. J. HOLWERDA, *Versl. v. Landbk. Onderz.* 40 C (1934) 175.
 (19) N. KING, *Milchw. Forschungen* 8 (1929) 423.
 (20) Zie bijv. W. MOHR en J. MOOS, *Milchw. Forschungen* 13 (1932) 442.
 (21) N. KING, *Kolloid Zeitschr.* 52 (1930) 322.
 (22) H. BOYSEN, *Milchw. Forschungen* 4 (1926) 245.
 (23) N. KING, *Milchw. Forschungen* 10 (1930) 68.
 (24) Zie bijv. H. FREUNDLICH, *Kapillarchemie II* (1932) 499.
 (25) O. F. HUNZIKER, *The butterindustry*, sec. ed. 1927, 534. H. BOYSEN, *Milchw. Forschungen* 4 (1927) 221.
 (26) F. KEESTRA, Over een onderzoek naar het gehalte aan los-vocht van boter; uitgave Z. K. B. Zie ook de jaarverslagen van het Z. K. B.
 (27) W. MEYERINGH, Diss. Delft 1911, Studie over de factoren, op het vochtgehalte van boter van invloed.
 M. OTTE, *Milchw. Forschungen* 11 (1931) 552.
 HOFFMANN, *Schweiz. Milchzeitung*, 30 Juni 1939.
 (28) W. VAN DAM, Off. Org. van den F. N. Z. 1932, No. 47.
 (29) C. I. KRUISHEER en P. C. DEN HERDER, Het bacteriologisch-chemisch kwaliteitsonderzoek der Nederlandsche keuringsboter, Alg. Landsdrukkerij 1940, 25.

ZUSAMMENFASSUNG

Gesalzene Butter ist im Allgemeinen nach dem Nachharten etwas weniger fest als ungesalzene Butter, welche, abgesehen von dem Salzen, dieselbe Zusammensetzung hat und auf vollkommen gleiche Weise erhalten ist. Nicht nur Kochsalz, aber auch Nicht-elektrolyte (Traubenzucker, Harnstoff) verringern die Festigkeit der Butter. Die durch das Salzen hervorgerufene Änderung in der Wasserverteilung könnte vielleicht diese Erscheinungen erklären.

Zwischen Festigkeitsabnahme und nassem Aussehen bestehen keine engen Beziehungen.

Um die Diffusion von Wasser und von wasserlöslichen Stoffen zu erklären, wurde eine Strukturtheorie aufgestellt. Diese Theorie hält die Mitte zwischen der RAHNSchen und der KINGSchen Theorie. Es wurde angenommen, dass Butter eine kontinuierliche Fettphase hat, welche durchschnitten wird von sehr vielen wasserhaltenden Adern, die durch Wassertröpfchen und Adsorptionshüllen von Fettkügelchen laufen. Fettkügelchen, Wassertröpfchen, Fettkristälchen, Luftblasen usw. bilden die diskontinuierliche Phase der Butter.

Weil das Salz und auch die gebildeten Laketröpfchen Wasser anziehen, ist es möglich, dass die Butter nach dem Kneten aufs neue nasz wird. Dies geschieht in geringerem Masze je mehr die Butter bearbeitet wird. Man kann diese Bildung von groszen Wassertröpfchen vorbeugen, indem man die Butter ganz trocken knetet.

In dem Masze wie die Butter stärker gesalzen wurde, wurde sie leichter und mehr nasz.

Gegen das Ende des Knetens ändert sich die Konsistenz der Butter. Fast zur selben Zeit verschwinden die groszen Wassertröpfchen, wonach die Butter anfängt „trocken“ zu werden. Auch nimmt sie dann Wasser auf vom Kneten, was eine Erhöhung des Wassergehalts zur Folge hat.

SUMMARY

Salted butter after setting generally is a little less hard than unsalted butter which has the same composition and which has been manufactured in exactly the same way. Not only sodiumchloride, but non-electrolytes (glucose, urea) also diminish the hardness of butter. Perhaps these observations may be explained by the change in the distribution of the water, which is caused by the salting.

The diminishing in hardness is not (not in the main point) connected with the appearance of the butter in respect to visible moisture.

In order to explain the diffusion of water and water-soluble substances through butter, a theory about the structure of butter was proposed. This theory follows a middle-course between the theory of RAHN and that of KING. It is supposed that butter has a continuous fat-phase and that this phase is interwoven with short or long waterholding veins, which run through waterdrops and the adsorption-layers of fat-globules. The discontinuous phase is formed by fat-globules, water-drops, fat-cristals, air, etc.

As the salt and the salt-solution formed attract water, it is possible that after the working large drops of water are formed, so that the butter becomes

„wet”. According as the butter is worked less, this occurs more easily. It may be prevented by working the butter completely „dry”.

The more salt is worked into the butter, the greater is the danger for visible moisture.

In the end of the working process the consistency of the butter changes. Almost in the same time the large water-drops disappear and the butter becomes dry. It then takes up water from the worker in consequence of which the water-contents increase.