

Mededeling Nr 63

De werking van vetten
en emulgatoren in brooddeeg

Hun invloed op de houdbaarheid van brood

door

D. H. GREUP



De werking van vetten en emulgatoren in brooddeeg

HUN INVLOED OP DE HOUDBAARHEID VAN BROOD

door D. H. GREUP

*Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek T.N.O.,
Afd. Graan-, Meel- en Broodonderzoek te Wageningen*

SUMMARY

The action of fats and monoglycerides in bread dough and their influence on the keeping qualities of bread is discussed.

Inleiding

In de bakkerij bestaat reeds lang het gebruik om de broodkwaliteit te verbeteren door bepaalde producten aan het deeg toe te voegen. De vetten hebben hierbij van oudsher een belangrijke plaats ingenomen. Oorspronkelijk werd alleen reuzel gebruikt bij de broodbereiding. Met de opkomst van de olie- en vetverwerkende industrieën hebben echter ook een aantal andere soorten vet hun intrede in de bakkerij gedaan zoals bijv. palmvet, cocosvet, traanvet, etc. Door middel van ontzuren, bleken, hydrogeneren en desodoriseren is men thans in staat uit oliën vetten te bereiden, die voldoen aan de eisen welke aan bakkersvetten moeten worden gesteld. Het woord shortening, dat tegenwoordig ook hier te lande wel eens wordt gebruikt, is de Amerikaanse term voor bakkersvet. Van zeer recente datum is de ontwikkeling van de zgn. „interesterified fats”, waardoor o.a. reuzel weer meer in de belangstelling schijnt te komen, maar waarop hier niet nader kan worden ingegaan.

Naast de vetten hebben in de laatste jaren ook mono- en diglyceriden toepassing gevonden, die hetzij in combinatie met vet, dan wel zonder vet kunnen worden gebruikt. De verbeteringen in broodkwaliteit, die met dergelijke toevoegingen kunnen worden bereikt, zijn:

- vergroting van het broodvolume
- verfijning van de kruimstructuur (vaak gepaard gaande met een blankere kruim)
- zachtere broodkruim, die tevens beter houdbaar is.

Een betere houdbaarheid van het brood is van grote betekenis, vooral ook nu het verpakte brood meer en meer veld wint, waarbij wordt gestreefd naar een zachte broodkruim, die ook na één of twee dagen bewaren nog zacht is.

Deze twee groepen van verbindingen nl. de vetten enerzijds en de mono- en diglyceriden anderzijds zullen, gezien hun verschillende eigenschappen, afzonderlijk worden besproken.

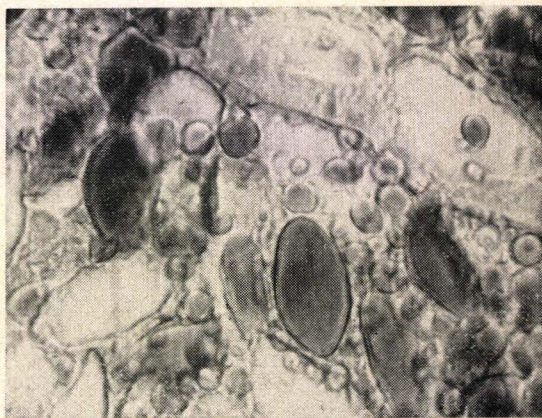
Vetten

Welke eigenschappen moeten de vetten bezitten om met succes bij de broodbereiding gebruikt te kunnen worden? Om deze vraag te beantwoorden

is allereerst enig inzicht vereist in de verdeling en de werking van het vet in het deeg.

De bouwstenen van een brooddeeg zijn zetmeeldeeltjes, bloemeiwitten en water. Na een aanvankelijk bevochtigen der bloemdeeltjes bij het begin van het kneedproces, wordt een deel van het toegevoegde water door adsorptie sterk gebonden aan de zetmeelkorrels en de bloemeiwitten. Als gevolg van het kneden ontwikkelen de bloemeiwitten zich tot elastische strengen, de zgn. glutenstreng, en die tenslotte een driedimensionaal netwerk vormen, waarin de zetmeelkorrels zijn opgenomen. In het microscopisch beeld van deeg is deze bijzondere structuur goed waar te nemen. Op afb. 1 ziet men naast de donkerder gekleurde grote en kleine zetmeelkorrels rechts bovenaan zo'n glutenstreng. Door het uitwassen van een aantal zetmeelkorrels is het glutennetwerk hier beter zichtbaar geworden.

Wanneer bloem, water en vet tot een deeg worden gekneet, dan wordt het vet fijn verdeeld over de zetmeeldeeltjes en de glutenstrengen, waarbij een zeer dunne vetfilm wordt gevormd. Een veel verbreide en ook ten dele aanvaardbare opvatting is nu, dat als gevolg van deze vetfilm de wrijving tussen de glutenstrengen onderling en tussen gluten en zetmeeldeeltjes kleiner wordt, waardoor de visco-elastische eigenschappen van het deeg gunstig zouden worden beïnvloed. Het op de glutenstrengen geadsorbeerde vet zou de



Afb. 1. Deegstructuur. Rechts boven is het glutennetwerk zichtbaar

gluten tevens soepeler maken, waardoor het tijdens de deegrijps ontwikkelde gas beter door het glutennetwerk wordt vastgehouden. Dit zou tot uiting kunnen komen in een groter broodvolume en een fijnere kruimstructuur. Deze hypothese staat bekend onder de naam van de „lubrication” theorie, d.w.z. men beschouwt het vet als een soort smeermiddel. Een vet kan alleen als zodanig werken, indien het bepaalde plastische eigenschappen heeft, d.w.z. het moet gedurende kneeden rijsproces zacht zijn. Bij vloeibare vetten, zoals arachideolie, wordt geen dunne vetfilm gevormd, maar de olie bevindt zich in het deeg in de vorm van zeer fijne druppeltjes die onderling geen contact hebben. Bij harde vetten is een homogene verdeling als een dunne film eveneens onmogelijk; er vormen zich overal kleine harde stukjes vet. In beide gevallen zou het effect van het vet als smeermiddel zeer gering zijn. Op grond van genoemde theorie komt men dus tot de voorwaarde, dat het vet bij de temperatuur van het deeg zacht of wel smearbaar moet zijn om een zo gunstig mogelijk effect te kunnen bereiken. Dit stemt overeen met de ervaring dat reuzel een zeer geschikt vet is om in het deeg te verwerken.

Ten aanzien van het smeltpunt of liever van het smelttraject van het vet geldt, mede in verband met de eis van smearbaarheid, dat dit traject in ieder geval moet liggen tussen de 25° en 40° C. Bij het deegmaken wordt uitgegaan van een temperatuur van ca 25—27° C, zodat een vet, dat bij deze temperatuur reeds in vloeibare vorm is overgegaan geen vetfilm meer kan vormen. Anderzijds zal het smeltpunt niet veel boven de 40° C mogen liggen, omdat bij het consumeren van het brood het vet in de mond niet zal smelten en men een onaangename vetachtige smaak proeft.

Een klein smelttraject van slechts enkele graden Celcius (cocosvet!) is ongewenst, omdat onvermijdelijke temperatuurschommelingen in de bakkerij (invloed zomer of winter) en het enkele graden oplopen van de deegtemperatuur bij de verschillende deegbewerkingen een vast vet zouden kunnen omzetten in een vloeibaar vet, dat practisch geen bakverbeterende werking heeft. Als het meest gewenste smelttraject vindt men dan ook aangegeven het temperatuurgebied van 28°—38° C.

Met de „lubrication” theorie kan echter het uitblijven van broodverbeteringen bij het gebruik van vloeibare vetten niet voldoende worden verklaard. Een olie is in feite een uitstekend „smeermiddel” en uit dien hoofde zou men een gunstig effect mogen verwachten, niettegenstaande het feit dat geen dunne vetfilm maar afzonderlijke kleine druppeltjes in het deeg worden gevormd.

Overeenkomstig deze verwachting gedraagt zich wel castorolie*), dat in tegenstelling tot andere vloeibare vetten even goede resultaten geeft als de gebruikelijke bakkervetten. Tenslotte zijn de gunstige bevindingen van enkele onderzoekers met harde vetten ook in strijd met de „lubrication” theorie. Deze harde vetten moeten dan in de vorm van een fijn poeder aan de bloem worden toegevoegd. Een mengsel van vaste paraffine*) en bijenwas*) met een stolpunt tussen de 50° en 60° C, evenals enkele harde wassoorten (carnaubawas) bleken alle een gunstige invloed te hebben op broodvolume en kruimstructuur.

Het is dus niet mogelijk om alle waarnemingen in overeenstemming te brengen met de opvatting dat het vet als smeermiddel werkt.

Een tweede hypothese over de werking van vetten gaat ervan uit, dat de toegevoegde vetten de fysische eigenschappen van de in bloem aanwezige vetten beïnvloeden. De vloeibare vetten vermengen zich volledig met de bloemvetten zonder evenwel hun smeltpunt of viscositeit te veranderen. De zachte en harde vetten vermengen zich slechts ten dele met de bloemvetten, maar verhogen wel smeltpunt en viscositeit, waardoor tijdens de eerste periode van het bakproces de vetten minder snel in vloeibare vorm overgaan. Als gevolg hiervan worden de poriën in het glutennetwerk, waardoor het ontwikkelde gas kan ontsnappen, minder doorlaatbaar, in het bijzonder bij het gebruik van harde vetten, zodat een groter broodvolume resulteert. De temperaturen, waarbij tijdens het bakproces een sterke gasontwikkeling optreedt, welke bepalend is voor het uiteindelijke broodvolume, zijn echter veelal hoger dan de smelttemperaturen van de zachte vetten, m.a.w. deze zijn dan grotendeels vloeibaar geworden en zouden derhalve in veel mindere mate kunnen bijdragen tot een beter vasthouden van het gas. Deze tweede hypothese kan dus in feite alleen de gunstige invloed van fijn verdeeld hard vet aannemelijk maken, evenals het uitblijven van enig effect bij het gebruik van oliën. De verbeterende werking van zachte vetten wordt hiermee echter niet verklaard. Het reeds eerder genoemde bijzondere gedrag van castorolie zou berusten op de sterk visceuze eigenschappen van deze olie, waardoor de doorlaatbaarheid van de poriën in de glutenstrengen op analoge wijze wordt verminderd als door de harde vetten.

Het bovenstaande samenvattend, moet dus worden vastgesteld dat men er nog niet in is geslaagd een bevredigende theorie op te stellen over de werking van vetten in deeg. Het is derhalve

*) Uiteraard hebben proeven met dergelijke stoffen uitsluitend wetenschappelijke waarde en geen praktische betekenis.

voorschans niet mogelijk wetenschappelijk gefundeerde eisen te stellen ten aanzien van de eigenschappen, die vetten moeten bezitten om goede resultaten te kunnen bereiken. De praktijk heeft inmiddels uitgewezen dat in het algemeen die vetten het beste voldoen, die een smelttraject van 10 à 15° C hebben en die tijdens deegbewerkingen en rijsproces hun plastische eigenschappen ten volle behouden, hetgeen overeenkomt met reeds eerder geformuleerde voorwaarden.

Daarnaast moeten de te gebruiken vetten niet snel rans worden, en moet de smaak neutraal zijn. Door het toepassen van selectieve hydrogenering, waarbij naar een juiste verhouding tussen verzadigde en onverzadigde glyceriden moet worden gestreefd, door het vermengen van gehydrogeneerde oliën of vetten met ongeharde olie of het direct hydrogeneren tot de juiste consistentie, kunnen vetten worden verkregen met de gewenste plastische eigenschappen. Daar de meer onverzadigde glyceriden aanleiding geven tot het rans worden zou een ver doorgevoerde hydrogenering weliswaar de kans op rans worden sterk verminderen, maar het vet krijgt daardoor een te hoog smeltpunt, zodat een middenweg moet worden gezocht. Bij plantaardige oliën moet de hydrogenering tenslotte liefst zo worden geleid, dat de daarin aanwezige natuurlijke anti-oxydantia zoveel mogelijk worden gespaard.

Aan de voorwaarde dat de bij de broodbereiding te gebruiken vetten neutraal van smaak moeten zijn kan worden voldaan door na het hydrogeneren de vetten te desodoriseren.

Emulgatoren

In het algemeen kan de werking van een vet nog versterkt worden door bepaalde oppervlakteactieve stoffen toe te voegen. Ofschoon een zeer groot aantal van dergelijke verbindingen bekend is, komen er maar enkele in aanmerking voor de bakkerij. Van sommige heeft men de onschadelijkheid voor de mens niet kunnen bewijzen, andere zijn giftig gebleken voor de gist, zodat geen koolzuurgasontwikkeling meer plaats vond. Voor de broodbereiding komen in aanmerking *lecithine* — reeds lang in gebruik — en *mono-* en *diglyceriden*.

Deze *mono-* en *diglyceriden* bevatten slechts 1 resp. 2 vetzuurradicalen per glycerolmolecuul, in tegenstelling tot de *triglyceriden* (vetten, oliën) die drie vetzuurresten bevatten. Het vetzuurradicaal is het olie-oplosbare deel (*lipophile groep*), de andere groep het water-oplosbare deel (*hydrophiele groep*). Wordt nu een weinig *monoglyceride* toegevoegd aan een water-oliemengsel, dan zal de emulgator zich enerzijds oriënteren naar de waterfase, anderzijds naar de oliephase, waardoor de grensvlakspanning wordt ver-

minderd. In een deeg, waaraan vet is toegevoegd is ook een vet-watremengsel aanwezig. De mate waarin het vet zich als een dunne film in het deeg kan uitbreiden wordt o.m. door de grensvlakspanning bepaald en het is derhalve te verwachten dat door toevoeging van zo'n emulgator de vetwerking wordt verhoogd.

De verdeling tussen *hydrophiele* en *lipophile* groepen is van belang voor het nuttig effect van de emulgator. Bij de *monoglyceriden* is deze verhouding gunstiger voor de emulgerende werking dan bij de *diglyceriden*. De volgende globale cijfers geven hiervan een indruk (tabel 1).

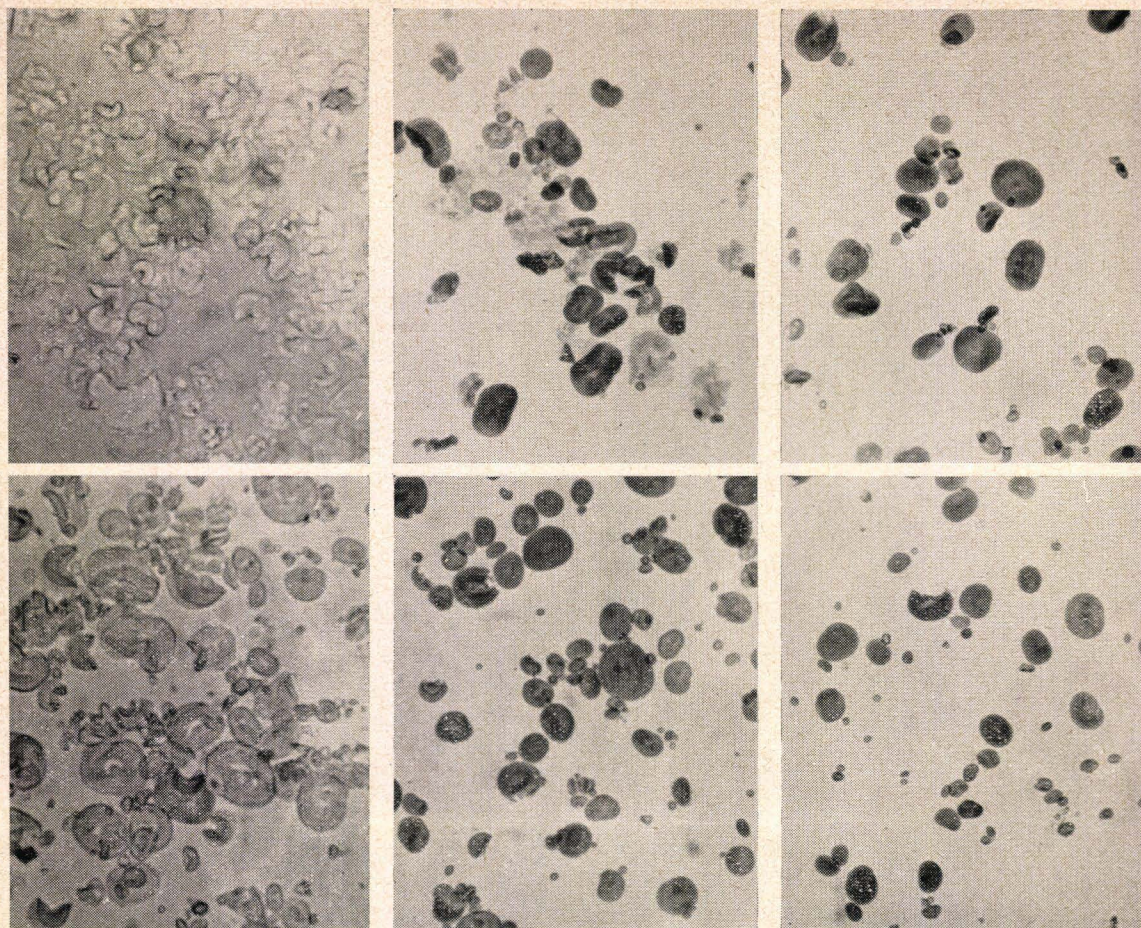
TABEL 1		
	<i>hydrophiele groep in gew. %</i>	<i>lipophile groep in gew. %</i>
triglyceride	4.5	95.5
diglyceride	9	91
monoglyceride	21	79

De beste resultaten worden dan ook bereikt met de *monoglyceriden*. Bij de bereiding hiervan ontstaan echter een aantal nevenproducten, waaronder *diglyceride*, hetgeen afbreuk doet aan de emulgerende werking. Vaak is het percentage monoverbinding niet groter dan 40 à 45%; slechts bij de moleculair gedestilleerde *monoglyceriden* is dit veel hoger, nl. ca 90%.

De functie van dergelijke emulgatoren is dus geheel anders dan die van de vetten. Zij hebben tot doel om het vet beter door het deeg te verdelen en verhogen daardoor het nuttig effect van een vettoevoeging.

Het is echter gebleken dat de *monoglyceriden* nog op andere wijze in het deeg werkzaam zijn. Tijdens het kneed-, rij- en bakproces neemt het zetmeel van de bloem water op, daarna gaat het zetmeel zwellen en verstijfselen. Vetten hebben geen invloed op de zwelling en verstijfseling van het zetmeel, *monoglyceriden* daarentegen verminderen het waterabsorberend vermogen van het zetmeel en vertragen de zwelling en de verstijfseling.

De twee linkse beelden van afb. 2 geven het microscopisch beeld weer van een 4% tarwezetmeelsuspensie welke is verhit tot 85 resp. 90° C. Bij 85° C zijn de zetmeelkorrels zeer sterk gezwollen en voor het grootste deel opengebarsten. Bij 90° C is de oorspronkelijke vorm geheel verdwenen en men kan slechts vage contouren onderscheiden. Het zetmeel is volledig verstijfseld. Voegt men aan de 4% zetmeelsuspensie *monoglyceride* toe (10% t.o.v. het zetmeel) dan worden bij verhitten van deze suspensie de zetmeelkorrels zeer sterk geremd in hun zwelling, waardoor verstijfseling slechts in geringe mate optreedt. De middelste beelden enerzijds en de rech-



4% tarwezetmeelsuspensie bij 85 °C (onder) en 90 °C (boven)

4% tarwezetmeelsuspensie met 10% monoglyceride A t.o.v. het zetmeel bij 85 °C (onder) en 90 °C (boven)

4% zetmeelsuspensie met 10% monoglyceride B bij 85 °C (onder) en 90 °C (boven)

Afb. 2. Invloed van monoglyceriden op de zwelling en verstijfseling van zetmeel

ter beelden anderzijds van afb. 2 geven deze invloed weer van twee verschillende monoglyceriden A en B, waarvan het gehalte aan werkelijk monoglyceride van product A kleiner was dan van product B. Bij 85° C blijken de zetmeelkorrels door toevoeging van monoglyceride A slechts in zeer beperkte mate gezwollen te zijn (midden onder); bij 90° C is het merendeel der korrels nog volledig intact, terwijl enkele korrels zijn opengebarsten en een overeenkomstig beeld vertonen als in afb. 2 (links onder). Door toevoeging van monoglyceride B wordt de zwelling nog sterker onderdrukt, zodat ook bij 90° C geen verstijfseling optreedt (afb. 2 rechterbeelden). Door zijn hoger gehalte aan zuiver monoglyceride is de invloed van product B groter dan van monoglyceride A.

Door toevoeging van een monoglyceride in combinatie met een vet wordt dus niet alleen de vetwerking in het deeg verhoogd, maar wordt te-

vens de verstijfseling van het zetmeel tijdens het bakproces geremd. Het is echter ook mogelijk gebleken om de broodkwaliteit te verbeteren door alleen monoglyceride toe te voegen. Deze verbetering berust dan waarschijnlijk op de zoëven genoemde remming van de verstijfseling, waarop nog nader zal worden teruggekomen.

De monoglyceriden hebben het bezwaar, dat zij in het algemeen een smelttemperatuur hebben, welke ver boven de deegtemperatuur ligt. Bij gebruik van alleen emulgator is dan ook geen goede verdeling in het deeg te bereiken, tenzij bepaalde voorzorgen worden genomen. In tabel II zijn enkele gegevens samengebracht van vergelijkende bakproeven, waarbij 0,1% emulgator t.o.v. de bloem werd toegevoegd in de vorm van dunne schilfers of vlokken, in de vorm van een fijn poeder en als pasta door de monoglyceride te emulgeren met water. In het laatste geval werd een zeer goede verdeling in het deeg bereikt, hetgeen

bij toevoeging in de vorm van schilfers niet mogelijk is.

TABEL II — Invloed van de verdeling van de emulgator in het deeg op de broodkwaliteit.

	geen toevoeging	schilfers	poeder	pasta
broodvolume	5225	5325	5495	5840
stand, scheuring	2	3	4	5
kruimeigenschappen	7	8	8	10
eindoordeel	23	29	36	53
malsheid *) na				
6 uren	88	89	90	91
24 uren	17	19	23	43
48 uren	8	10	11	23

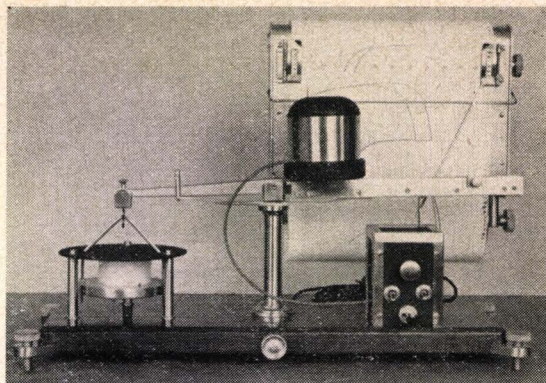
*) hoe hoger cijfers des te grotere malsheid.

Uit tabel II blijkt dat volume, stand en scheuring, en kruimeigenschappen zoals structuur en malsheid in steeds grotere mate worden verbeterd, naarmate de monoglyceride beter door het deeg is verdeeld. De wijze van toevoegen speelt hier dus een belangrijke rol.

Invloed op de houdbaarheid van brood

Zoals reeds in de inleiding werd vermeld kan door toevoeging van vetten en/of emulgatoren o.m. de malsheid en de houdbaarheid van het brood worden verbeterd. Om de invloed van een dergelijke toevoeging op de malsheid te bepalen wordt gebruik gemaakt van de *panimeter* (afb. 3), waarmee de weerstand van een stuk kruim tegen samendrukking bij toenemende belasting en de terugvering van de kruim na wegnemen van de belasting worden gemeten. Tabel III geeft enkele voorbeelden van de verbeteringen in malsheid bij toevoeging van vetten, emulgatoren of mengsels van deze.

De gunstige invloed op de malsheid van vet is praktisch gelijk aan die van alleen emulgator mits deze op de juiste wijze aan het deeg wordt toegevoegd. Bij gebruik van vet en emulgator tezamen wordt een nog iets grotere verbetering in malsheid bereikt. In het algemeen vertonen de broden met toevoeging na 24, 48 en 72 uren bewaren een malsheid die overeenkomt met of soms zelfs nog iets beter is dan de malsheid van broden zonder toevoeging na 6, 24 en 48 uren bewaren. Dit wil zeggen dat men de broden met vet en/of emulgator een dag langer kan bewaren met behoud van een gunstige malsheid. Vooral bij brood dat Zaterdags wordt gekocht en Maandags



Afb. 3. Panimeter, waarmee de malsheid van broodkruim wordt gemeten

nog wordt geconsumeerd is dit van grote betekenis.

Er moet op gewezen worden dat vetten het eigenlijke verouderingsproces van brood niet beïnvloeden, zodat hier slechts sprake is van een betere initiële malsheid en een beter behouden hiervan. Men neemt aan dat dit het gevolg is van de fijnere bouw der kruimcellen, die dunnere en minder stugge celwanden hebben. De monoglyceriden daarentegen beïnvloeden de zetmeelzwellings- en verstijfseling. Het oplosbaar zetmeel, dat bij de verstijfseling gedurende het bakproces vrijkomt, verdeelt zich over de zetmeelkorrels en het glutennetwerk en verleent een zekere stijfheid aan de celwanden van de broodkruim. Wordt deze hoeveelheid oplosbaar zetmeel onder invloed van monoglyceride kleiner, dan is een minder stugge broodkruim te verwachten. Bovendien blijft door de geringere waterabsorptie van het zetmeel meer water beschikbaar voor binding aan het gluten-

TABEL III — Invloed van vetten en/of emulgatoren op de malsheid.

	toevoeging	malsheid *) na			
		6 uren	24 uren	48 uren	72 uren
bloem A	blanco	90	69	47	21
	vet	94	88	67	51
	monoglyceride	93	86	68	49
	vet + monoglyceride	95	89	72	59
bloem B	blanco	80	58	30	10
	vet	81	73	51	29
	monoglyceride	81	75	49	31
	vet + monoglyceride	87	79	60	41

*) hoe hoger het malsheidscijfer des te zachter is de broodkruim.

netwerk. Beide verschijnselen werken een grotere malsheid in de hand. Ofschoon deze verklaring van de gunstige invloed van monoglyceriden op zichzelf zeer aannemelijk lijkt, rijst toch de vraag of de geringe hoeveelheden monoglyceriden (ca 0,15% t.o.v. het zetmeel van de bloem), die bij de broodbereiding reeds een zeer gunstig resultaat geven, voldoende zouden zijn om een dergelijk effect te bereiken. Immers het microscopisch beeld van een tot 90° C verhitte zetmeelsuspensie, waaraan 0,15% monoglyceride t.o.v. het zetmeel is toegevoegd, is praktisch hetzelfde als het beeld van een zetmeelsuspensie zonder monoglyceride onder dezelfde omstandigheden. Zwelling en verstijfseling worden vrijwel niet geremd, daar te weinig monoglyceride aanwezig is.

Ook ten aanzien van de malsheid en de houdbaarheid is het dus niet mogelijk om reeds tot een bevredigende verklaring van het effect van vetten en emulgatoren te komen. Uitgebreid onderzoek op dit terrein is derhalve noodzakelijk om het inzicht te verdiepen.

Literatuur:

1. Handschumaker, E.: The chemistry of fats and oils. *Baker's Digest*, **20** (1946) 1—5.
2. Morris, C. E.: Interesterified fats and their use in cereal and baked products. In: The stability of shortenings in cereal and baked products. *Quartermaster Food and Container Institute. Surveys of progress on military subsistence problems. Series I* nr 2 (1953) p. 19.
3. Platt, W., and R. S. Fleming: Action of shortening in the light of the newer theories of surface phenomena. *Ind. Eng. Chem.*, **15** (1923) 390.
4. Alcock, R. S., and J. King: A method for improving the keeping quality of bread. *J. Sci. Food Agr.*, **1** (1950) 14—17.
5. Baker, J. C., and M. D. Mize: The relation of fats to texture, crumb, and volume of bread. *Cereal Chem.*, **19** (1942) 84—94.
6. Coppock, J. B. M., M. A. Cookson, D. H. Laney and D. W. E. Axford: The role of glycerides in baking. *J. Sci. Food Agr.* **5** (1954) 8—26.
7. Birnbaum, H.: Functional characteristics of modern bread emulsifiers. *Baker's Digest*, **27** (1953) 69—70.
8. Strandine, E. J., G. T. Carlin, G. A. Werner and R. P. Hopper: Effect of monoglycerides on starch, flour and bread: a microscopic and chemical study. *Cereal Chem.*, **28** (1951) 449—462.