

TOT DUSVERRE VERKREGEN RESULTATEN MET HET HOOGFREQUENT BAKKEN VAN BROOD (WITH SUMMARY)

DR S. BROEKHUIZEN

Afd. Graan-, Meel- en Broodonderzoek van het Centraal Instituut voor Voedings-
onderzoek T.N.O. te Wageningen

EN

A. SCHUILENBURG

Technisch Adviseur van de Nederlandse Bakkerij Stichting te 's-Gravenhage

I. Inleiding

De techniek van het verhitten door middel van h.f. stralen is van betrekkelijk recente datum, niettegenstaande de fysische verschijnselen, welke aan de h.f.-verwarming ten grondslag liggen, reeds lang bekend zijn. Wanneer men een slecht geleidende stof (diëlectricum) tussen twee metalen platen brengt en men legt aan de zo gevormde condensator een wisselspanning aan, dan wordt in dat diëlectricum warmte ontwikkeld (zie fig. 1).

Deze warmte-ontwikkeling heeft overal gelijktijdig in het diëlectricum plaats, aangenomen althans, dat het diëlectricum een homogene samenstelling heeft. Dit effect treedt op bij elke frequentie van de wisselspanning, maar de warmte-ontwikkeling wordt pas van practische betekenis, wanneer de frequentie komt in de buurt van 1 MHz, dat is 10^6 perioden per seconde.

Het fascinerende van deze techniek is, dat in een stof, waarin de stralingswarmte moeilijk doordringt, door middel van de h.f. of diëlectrische verwarming *overal gelijktijdig in die stof* warmte wordt ontwikkeld, waardoor zij in uiterst korte tijd een bepaalde temperatuur kan bereiken. Zo is het onder bepaalde omstandigheden mogelijk, dat op deze wijze de temperatuur van een zeer slecht geleidende stof met een snelheid van 7°C per seconde kan worden opgevoerd.

Deeg nu is een typisch voorbeeld van een diëlectricum. Het is uit de dagelijkse practijk van het brood bakken genoegzaam bekend, dat de verwarming van het gerezen deeg door (in hoofdzaak) stralingswarmte van de vloer en de kruin van de oven geruime tijd vergt. Het lag dus voor de hand te onderzoeken, of bij het bakken van brood van de techniek van het h.f. verhitten gebruik kan worden gemaakt.

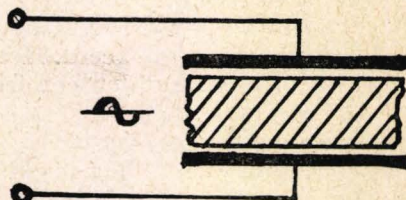


Fig. 1

Zoals reeds eerder in dit tijdschrift werd uiteengezet (1), is de warmte-ontwikkeling in een diëlectricum een gevolg van het feit, dat de atomen en moleculen zich naar het aangelegde elektrische veld richten en dat zij bij hun pogingen om het wisselveld te volgen onderling wrijving ondervinden. Hieruit volgt dus, dat de door deze wrijving opgewekte warmte groter is, naarmate de frequentie van het wisselveld toeneemt. Voor het h.f. verhitten van het deeg is een frequentie van ca 10 MHz nodig. Een belangrijk gevolg van deze methode van verhitting van het deeg is nog, dat er geen aanleiding bestaat voor de vorming van een korst om het gebakken deeg. Immers bij deze verhittingsmethode wordt in de buitenlaag van het deeg niet meer warmte ontwikkeld dan in elk ander deel van het deeg, terwijl de temperatuur in het deeg evenals bij het gewone bakproces niet boven 100 °C stijgt. Het gevolg is dus, dat het op deze wijze gebakken brood korstloos, dus wit is.

Aan de techniek van het h.f. verhitten zijn reeds tal van publicaties gewijd (2). Over de toepassing van deze techniek ten aanzien van het bakken van brood is echter in de literatuur niet veel te vinden. In de Verenigde Staten was men er reeds in 1944 mee bezig. SHERMAN (3) publiceerde in 1946 een overzicht van de behaalde resultaten, waarin ten aanzien van het bakken van brood geen optimistische vooruitzichten worden gegeven. Niettegenstaande door SHERMAN een type bandoven voor de h.f. verwarming werd ontworpen, ziet hij toch slechts een te verwezenlijken toepassingsmogelijkheid voor:

- a. het bakken van sommige soorten cakes;
- b. het steriliseren van verpakte producten ter bestrijding van schimmel;
- c. het ontdooien van ingevroren fruit en eieren.

Uit latere Amerikaanse publicaties blijkt dan ook niet, dat het h.f. bakken van brood in de praktijk wordt toegepast; wel wordt het h.f. verhitten genoemd als mogelijkheid voor het smelten van blokchocolade (4).

In 1948 zijn ten aanzien van het h.f. bakken van brood in Engeland proeven gedaan door de General Electric Co, Ltd. in samenwerking met de Unilever Bakery Service en de resultaten zijn ook aan vertegenwoordigers uit bakkerijkringen gedemonstreerd. Het geheel verkeerde hier echter nog in een zeer experimenteel stadium en een feilloos product kon nog niet worden getoond (5, 6, 7).

Waar de gegevens over het h.f. diëlectrisch bakken van brood zo spaarzaam bleken te zijn, was er alle aanleiding om ook hier te lande een nader onderzoek naar deze methodiek in te stellen.

II. Organisatie van het onderzoek

Het probleem van de h.f. verwarming werd hier te lande in de loop van 1948 in T.N.O.-verband aangepakt, nadat de Technisch-Physische Dienst T.N.O.-T.H. te Delft de beschikking had verkregen over een vrij krachtige generator voor het opwekken van een h.f. wisselspanning. Uit de verschillende T.N.O.-instituten, die voor de toepassingsmogelijkheden van de h.f. verwarming waren geïnteresseerd, werd een werkgroep gevormd. Binnen het kader van deze werkgroep nu is door de afdeling Graan-, Meel- en Broodonderzoek van het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek T.N.O. in samenwerking met de Technisch-Physische Dienst T.N.O.-T.H. het h.f. bakken van brood beproefd. Aangezien dit onderzoek echter van betekenis kon worden voor het bakkerijbedrijf, werd eveneens contact opgenomen met de Nederlandse Bakkerij Stichting.

Bij de uitvoering van de bakproeven werd medewerking ontvangen van de Coöperatieve Bakkerij „Delfland” te Delft, terwijl de behandeling van het deeg voor de proeven werd verzorgd door de Heer Th. J. H. VAN DE STEENSTRATEN van de Bakkerijtechnische Voorlichtingsdienst van de Centrale der Nederlandse Verbruikskoöperaties te Rotterdam. De technische uitvoering van de bakproeven geschiedde door de heren Ir A. JACOBS en J. J. MERTENS van de Technisch-Physische Dienst T.N.O.-T.H.

III. Apparatuur

De bakproeven werden uitgevoerd in het lokaal van de Technisch-Physische Dienst te Delft, waar de *h.f. generator* was opgesteld. Deze door PHILIPS geleverde generator heeft een nuttig vermogen van 40 kW. Het golflengtebereik van deze generator varieert van 8 tot 100 m; bij de proeven werd een golflengte van ca 15 m toegepast. Uiteraard moet de vorm van de *electroden*, die met de generator zijn verbonden en waartussen het deeg wordt geplaatst, zijn aangepast aan de vorm en de eigenschappen van dit deeg. Bij de bakproeven werden, afhankelijk van de vormen, waarin het deeg werd verwarmd, rechthoekige of bijna vierkante platen van aluminium als *electroden* gebruikt.

De bij deze bakproeven toegepaste frequentie van het wisselveld bedroeg ca 10 MHz. Een maatstaf voor de toegevoerde hoeveelheid *h.f.* energie is de veldsterkte, welke wordt uitgedrukt in het aantal V/cm tussen de *electroden*. Bij de proeven was de veldsterkte niet steeds gelijk, maar zij heeft gevarieerd van 100–1000 V/cm.

Het verkrijgen van de juiste *broodvormen* baarde aanvankelijk veel moeilijkheden. Uiteraard konden gewone, metalen broodblikken niet worden gebruikt. Voor dit doel moesten broodvormen worden vervaardigd van niet geleidend materiaal met een hoge diëlectrische constante en een vrij kleine verlies-factor. Aanvankelijk werd gedacht aan plaatmateriaal op ureum-formaldehyde-basis; dit materiaal bleek echter een ongewenste geur aan het bakproduct te geven. Tenslotte werden enige broodvormen gemaakt van mycalex, een materiaal, bestaande uit een mengsel van fijn verdeeld mica en glas. De broodvormen van dit materiaal werden in elkaar gekit, hetgeen aanvankelijk voldeed. Deze vormen hadden echter beperkte afmetingen: breedte en diepte 6 cm, lengte resp. 15 en 25 cm.

Tijdens het verloop van de proeven, toen het gewenst bleek ook broden van normale afmetingen en gewicht te bakken, moest echter nogmaals naar een ander materiaal worden omgezien, omdat het mycalex voor dergelijke grote vormen niet geschikt bleek te zijn (te zwaar en te breekbaar, bovendien bleek de kit niet houdbaar bij veelvuldig gebruik). Bij gebrek aan ander materiaal zijn toen houten vormen van multiplex gemaakt, welke van boven gesloten, maar aan de zijkanten open waren. De deegstukken werden daarbij dus als het ware in een houten raam gelegd, dat daarna aan de zijkanten werd afgesloten door platen van eterniet-émaille met het email-laagje naar de binnenzijde. Voor het verkrijgen van een goede aansluiting tussen het eterniet en de *electroden* werden de eterniet-émaille platen aan de buitenzijde beplakt met een aluminiumfoelie. De opstelling tijdens de bakproeven is in de figuren 2 en 3 weergegeven.

Ten aanzien van de baktechnische zijde van deze bakproeven kan worden opgemerkt, dat in het bewuste lokaal een proefbakkerij werd geïmproviseerd, waarin werd getracht door het aanbrengen van verwarming en waterdamp het

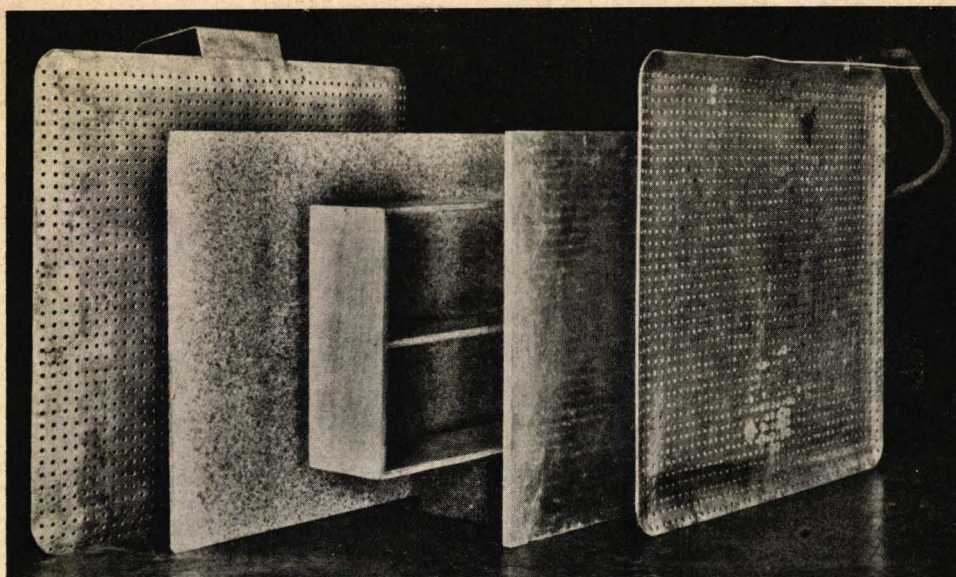


Fig. 2. „Exploded view” van de opstelling bij het proefbakken
Exploded view of the apparatus used in the laboratories experiments

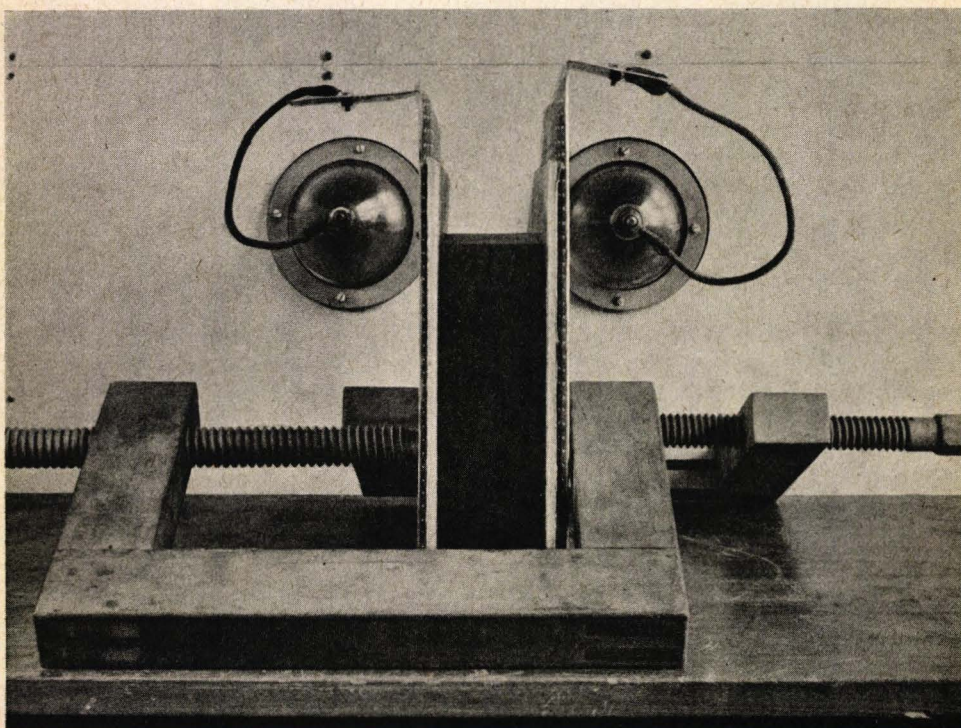


Fig. 3. Opstelling tijdens het feitelijke h.f. bakproces
The wooden container with the dough placed in position between the electrodes in readiness for H.F. baking

(Foto's Techn. Phys. Dienst)

vereiste peil van temperatuur en vochtigheid te bereiken. Als rijskast voor het deeg werd een op 30 °C ingestelde, elektrische thermostaat gebruikt.

IV. Resultaten van de bakproeven

Het doel van deze bakproeven is in de eerste plaats geweest na te gaan, of het baktechnisch mogelijk is met behulp van h.f. diëlectrische verhitting goed brood te bakken.

Voor de eerste bakproeven stonden ter beschikking drie kleine mycalex-vormen van 15 cm en één mycalex-vorm van 25 cm lengte. Het deeg werd op de normale wijze met de hand gemaakt uit telkens 2000 g W-bloem (bloem, welke op 80 % was uitgemalen) + 60 % water + 2 % Koningsgist + 2 % zout. De deegtemperatuur bedroeg 27 à 28 °C.

Bij deze bakproeven werden vooral de rijstijden, de verwarmingstijd en de veldsterkte tussen de elektroden gevarieerd. Het deeg werd in de open mycalex-vormen, die naderhand voor het verkrijgen van een goede aansluiting met de elektroden nog aan de buitenzijden werden beplakt met aluminiumfoelie, verwarmd. De veldsterkte varieerde aanvankelijk van 100 V/cm tot 200 V/cm, de baktijd van 2 tot 7 minuten. Hoewel deze proeven broodjes van uiteenlopende kwaliteit opleverden, waren de resultaten toch van dien aard, dat geen enkel verkoopbaar brood werd verkregen. De bezwaren kunnen als volgt worden samengevat:

a. Het brood was vooral aan de bovenzijde, maar eveneens aan de zijkanten ongaar. Het bleek, dat door het deeg tijdens de verhitting zoveel warmte aan de mycalex-wanden en de elektroden werd afgegeven, dat de buitenlaag van het brood niet voldoende werd verwarmd en daardoor ongaar en klef bleef. Aan de open bovenzijde trad dit verschijnsel in nog sterkere mate op. Wanneer het deeg tijdens het verhittingsproces tot boven de broodvorm uitrees, kwam er uiteraard een min of meer brede luchtspleet tussen de elektroden en het deeg. Hierbij kwam, ten gevolge van het iets grotere geleidende vermogen van het deeg en het zeer kleine geleidende vermogen van de lucht, de totale spanning vrijwel alleen over de luchtspleet te staan met het gevolg, dat het bovenste gedeelte van het deeg niet voldoende werd verwarmd en daardoor ongaar bleef. Dit weke gedeelte schrompelde na afloop van het verhittingsproces vrij spoedig tezamen, hetgeen uiteraard het uiterlijk van het brood niet ten goede kwam.

b. Verscheidene van deze bakproeven gingen gepaard met het optreden van vonken, waardoor in mindere of meerdere mate verbrandingsverschijnselen bij het deeg optraden. In enkele gevallen was dit verschijnsel zo hevig, dat het brood aan een gehele zijde was verbrand (fig. 4). Enerzijds werd deze vonk-vorming veroorzaakt, doordat op de elektroden gevormd condenswater in de broodvormen terug druppelde, anderzijds traden vonken op bij aanwezigheid van luchtspleten tussen deeg en mycalexwand, vooral in die gevallen, waarin het deeg, tengevolge van een te korte rijstijd, niet rekbaar genoeg was om de broodvorm geheel te vullen.

c. De structuur van het gebakken brood was te grof en te onregelmatig.

Bij voortzetting der proeven bleken de hierboven genoemde bezwaren voor een groot deel te kunnen worden ondervangen door niet meer in open, doch in gesloten broodvormen te bakken, waarbij de mycalex-vormen eenvoudig met een houten plankje werden afgedekt. Voorts werden bij deze proeven de



Fig. 4. Brood met verbrandingsverschijnselen
H.F. baked loaf, showing typical burning faults

gebruikelijke rijstijden toegepast. Het resultaat was nu, dat vrijwel geen vonkvorming meer optrad, terwijl ook een betere kruimstructuur van het gebakken brood werd verkregen. Wel bleef het bezwaar bestaan, dat door de buitenzijde van het deeg nog te veel warmte aan de elektroden werd afgegeven, zodat het gebakken brood steeds een kleffe buitenlaag vertoonde. Aangezien bij de tot dusverre besproken proeven telkens één broodje tegelijk werd gebakken, werd nagegaan, of het laatstgenoemde euvel kon worden ondervangen door meerdere broodvormen aan-

eengesloten tussen de elektroden te plaatsen. Voor deze proeven was het dus gewenst over meerdere vormen te beschikken en bij gebrek aan mycalex werd toen de oplossing gezocht in het toepassen van een houten raamwerk, dat aan beide zijden werd afgesloten door platen eterniet.

Bij de nu volgende bakproeven bleek, dat inderdaad de kleffe buitenzijde van het brood kon worden vermeden, indien de vorm na afloop van het bakproces volledig door het brood werd gevuld. Thans werden ook bakvormen van normale afmetingen gemaakt ($33 \times 11 \times 7\frac{1}{2}$ cm). In verband met de afmetingen van de elektroden werd volstaan met een raamwerk, waarin twee casinobroden van ca 800 g konden worden gebakken. Op deze wijze bleek het mogelijk om brood te bakken, dat zich van normaal casinobrood alleen onderscheidde door het ontbreken van de bruine korst. Vonkvorming trad bij deze proeven in het geheel niet meer op. De enige moeilijkheid was nog om de toegepaste rijstijd, verhittingstijd en veldsterkte op de juiste wijze op elkaar af te stemmen, zodat een brood werd verkregen, dat de gehele vorm vulde en bovendien een fijne kruimstructuur vertoonde. Deze moeilijkheid werd vooral veroorzaakt door het feit, dat het bij de toegepaste broodvormen niet mogelijk was tijdens de laatste rijstijd te constateren, hoever de vorm door het deeg was gevuld. De juiste combinatie van rijstijd en baktijd moest langs experimentele weg door het nemen van tal van vergelijkende proeven worden vastgesteld. In fig. 5 b.v. is duidelijk de invloed van de duur van de laatste rijstijd op het verkregen eindproduct gedemonstreerd. Bij deze vergelijkende proeven bedroeg de voorrijstijd 80 min.; de narijs in de houten vormen bedroeg voor deze broden resp. 30, 45 en 55 min. Duidelijk blijkt, dat de langste narijs hier het beste resultaat gaf.

In het algemeen werd bij deze proeven wel geconstateerd, dat een *normale rijstijd* van het deeg beslist noodzakelijk is voor het verkrijgen van goede resultaten en vooral ook voor het verkrijgen van een goede kruimstructuur. Als meest gunstige werkmethode voor de bereiding van *wittebrood* werd bij deze proeven gevonden: 1e rijstijd ca 30 min., 2e rijstijd ca 30 min., géén bolrijstijd, narijs 70 à 80 min.; baktijd 4 min. bij een toegepaste veldsterkte van 400 V/cm.

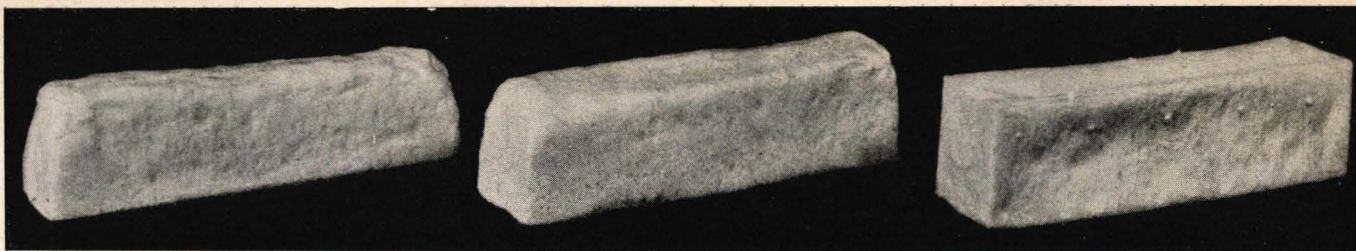


Fig. 5. Serie h.f. gebakken broden met een narijs van resp. 30, 45 en 55 min.
H.F. baked loaves with a final proof of resp. 30, 45 and 55 min.

(Foto Tech. Phys. Dienst)

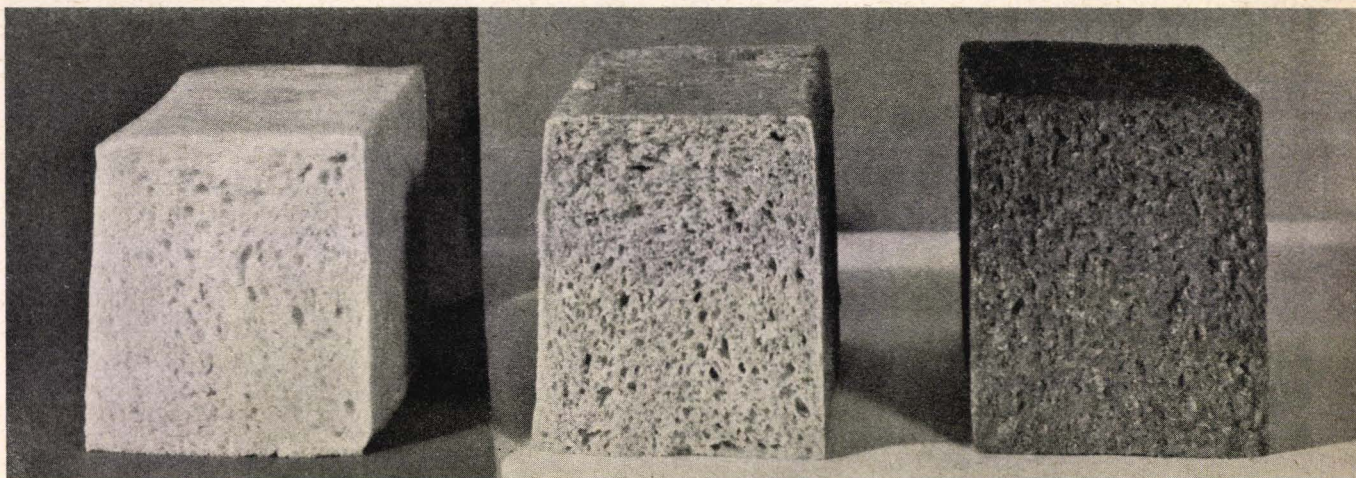


Fig. 6. Kruimstructuur van h.f. gebakken witte-, bruin- en roggebrood
Texture of H.F. baked white-, whole wheat- and dark rye bread

(Foto Burghoorn)

Nadat dit resultaat was verkregen, werd eveneens getracht op eenzelfde wijze bruinbrood en roggebrood te bakken. Dit bleek zeer goed te gaan. Ten aanzien van het *bruinbrood* was de gevolgde werkwijze:

1e rijs 30 min., 2e rijs 30 min., géén bolrijs, narijs 60 à 70 min.; baktijd 4 min. bij een veldsterkte tussen de elektroden van 600 V/cm.

Ten aanzien van het *roggebrood* kan worden medegedeeld, dat een tweetal bakproeven werd genomen, waarbij zgn. Fries roggebrood (donker, ongegist roggebrood, bereid uit grof gebroken rogge) werd gebakken. In de praktijk vereist dit roggebrood een baktijd van ca 10 uren in een langzaam in temperatuur dalende oven. Bij deze proeven werd deeg gemaakt uit grof gemalen rogge-meel + 68 % water + 2 % zout + 0,4 % gist. De temperatuur van het deeg bedroeg ca 45 °C. Direct na het kneden werd het deeg in de vormen gebracht, waarna het een rusttijd kreeg van 2 uren. Vervolgens werd het door middel van h.f. verwarming gaar gebakken in 20 min. bij een veldsterkte van ca 900 V/cm.

Fig. 6 geeft een indruk van de uiteindelijk met het h.f. bakken van brood verkregen resultaten. Op grond van deze resultaten mag ongetwijfeld worden geconstateerd, *dat het baktechnisch inderdaad zeer goed mogelijk is met behulp van h.f. diëlectrische verwarming brood te bakken van goede kwaliteit.*

De omstandigheid, dat bij de uiteindelijk toegepaste broodvormen het optreden van een kleffe buitenlaag van het brood geheel werd voorkomen (het gebakken brood vertoonde nu integendeel een dun huidje), vindt zijn oorzaak in het volgende feit. Zowel het hout als het eterniet hadden een zodanige verliesfactor, dat hierin tijdens het verhittingsproces eveneens warmte tot ontwikkeling werd gebracht. Hierdoor was afkoeling van het deeg aan de buitenzijde niet meer mogelijk. Uit deze ervaring kon de gevolgtrekking worden gemaakt, dat het dus in principe mogelijk moet zijn de broodvorm van een materiaal te maken met een zodanige verliesfactor, dat hierin tijdens het verhitten zoveel warmte tot ontwikkeling komt, dat het brood tengevolge hiervan een lichtbruin korstje krijgt. Naderhand is ons uit de octrooiliteratuur gebleken (8, 9), dat in deze richting al eerder is gedacht, zij het niet speciaal ten aanzien van het bakken van brood, maar o.a. voor het roosteren van sneedjes normaal gebakken brood.

V. Toepassingsmogelijkheden

De vraag rijst nu, welke de perspectieven zijn van deze verwarmingsmethode voor het bakkersbedrijf. Uit het voorgaande zal men hebben begrepen, dat dit probleem nog in het experimentele stadium verkeert. Meer op de praktijk ingestelde proeven dienaangaande zouden, in verband met de te maken kosten, in eerste instantie met eventueel geïnteresseerde bedrijven dienen te worden ondernomen, waarbij wel dient te worden bedacht, dat speciaal voor het bakken van brood nog geen geschikte apparatuur is ontworpen. Belangrijk is echter, dat door de beschreven proeven de mogelijkheid is aangetoond, dat brood van goede kwaliteit (wittebrood, bruinbrood, roggebrood) kan worden geproduceerd. De gebakken producten zijn evenwel korstloos, zodat een korst eventueel door infrarode bestraling of door schroeien achteraf moet worden aangebracht. Niettemin kan worden verwacht, dat de technische moeilijkheden op dit gebied zullen kunnen worden overwonnen en dat toepassing van het hoog-frequent diëlectrisch bakken ook in de praktijk mogelijk zal zijn.

Ten aanzien van de rentabiliteit tast men nog enigszins in het duister. De aanschaffingskosten, vooral die van de generator, zijn hoog. Daar staat tegen-

over, dat het verwarmings tempo aanzienlijk kan worden opgevoerd. Bij de proeven, welke hiervoor werden beschreven, werd een generator toegepast met een vermogen van 40 kW hoog-frequent energie. De aanschaffingsprijs van een dergelijke generator met toebehoren bedraagt ongeveer f 50.000,—. Gaat men uit van een bedrijfsduur van 40 uren per week, dan zou afschrijving van dit bedrag kunnen geschieden in tien jaar, terwijl een rente zou kunnen worden berekend van 4 %. Men komt dan op een bedrag voor rente en afschrijving van 7 cent per kWh h.f. energie. Bij een dergelijke apparatuur kunnen de stroomkosten en de water-koeling van de generatorlampen worden gesteld op 7 cent per kWh h.f. energie en de afschrijving op de zend- en gelijkrichtlampen op 8 cent per kWh h.f. energie.

Dit maakt een totaal van 22 cent per kWh h.f. energie. Stelt men verder, dat voor het bakken van één brood nodig zijn 100 kcal. en dat 1 kWh h.f. energie = 860 kcal., dan zouden de kosten per brood dus $\frac{100}{860} \times 22 = 2,55$ cent bedragen.

Bij een vermogen van 40 kWh h.f. energie zou men dan kunnen bakken $40 \times \frac{860}{100} = \frac{34400}{100} = 344$ broden per uur, of wel $344 : 87 = \text{ca } 4$ balen per uur.

Het zou gewenst zijn het bakproces continu uit te voeren; juist hierdoor komen de bijzondere voordelen, verkregen door het verkorten van de baktijd, in het bijzonder naar voren. Daarbij kan worden gewerkt met een systeem, omvattende een horizontale transportband zonder eind en twee daarop zijdelings aansluitende verticale electrisch-geleidende transportbanden, welke als electroden dienst doen.

Het belangrijke van het h.f. verwarmen is, dat de warmte overal gelijktijdig in het deeg wordt opgewekt. Het is echter noodzakelijk er op toe te zien, dat het deeg niet wordt oververhit, aangezien dit aanleiding kan geven tot korstvorming in het inwendige van het deeg.

Het laatste woord over de mogelijkheid van deze verwarmingswijze is zeker nog niet gesproken. Het zou aanbeveling verdienen, indien de industrie thans zoveel belangstelling hiervoor wilde tonen, dat verdere proeven op bedrijfsbasis mogelijk werden.

RÉSUMÉ

DES RÉSULTATS OBTENUS JUSQU'À PRÉSENT DANS LA CUISSON DU PAIN PAR DES COURANTS À HAUTE FRÉQUENCE

Le chauffage à h.f. capacitif est appliqué pour le traitement de matériaux non conducteurs ou diélectriques, comme la pâte en est un. La pâte à traiter est placée dans le champ électrique alternatif, qui s'établit entre les deux plaques (électrodes) d'un condensateur qui est relié au générateur h.f. La fréquence appliquée dans les essais de panification pour le chauffage capacitif était environ 10 MHz, soit 10 Mc/sec.

De cette façon la chaleur est développée en même temps dans la pâte entière et par suite la cuisson s'accomplit en quelques minutes. Cependant le résultat dépend largement de l'apport d'énergie h.f. et de la fréquence, avec laquelle le champ électrique oscille.

En Hollande ce problème est étudié au cours de 1949 par la Division Céréale de l'Institut Central de la Nutrition T.N.O. à Wageningen en collaboration avec l'Institut T.N.O. de Physique Appliquée à Delft et le Conseiller Technique de l'Institution Néerl. pour la Boulangerie à la Haye.

Ces investigations ont indiqué que la cuisson par le chauffage à h.f. est assurément possible. Cependant il manque la croûte normale au pain cuit ainsi et par suite l'arome du pain est différent. Sans doute il sera possible de corriger ces fautes, par exemple en traitant le pain cuit par des radiations infrarouges.

SUMMARY

RESULTS SO FAR OBTAINED IN HIGH FREQUENCY BAKING

High frequency heating has been successfully applied in heating materials which are poor electrical conductors. As dough is one of these materials, it was desirable to examine how far h.f. heating can be applied in baking bread.

In Holland this problem has been investigated in the course of 1949 by the Cereals Department of the Central Institute for Nutrition Research T.N.O. (Wageningen) in conjunction with the Service for Technical Physics T.N.O.-T.H. (Delft) and the Technical Adviser of the Dutch Bakery Foundation (The Hague).

Although the first experiments were not satisfactory and showed typical burning faults (fig. 4), further investigations have showed that the h.f. baking of bread is quite practicable (fig. 6). Good results were obtained, when open baking tins of mycalex – first used in the experiments – were replaced by wooden containers, closed at the sides by means of plates of asbestos cement covered with a terrazzo-like finish (so called: eternit-émailé) (fig. 2). Moreover the advantage of using these containers was that they caused a certain amount of dielectric loss in the material, resulting in a supplemental heating effect upon the surface of the dough. In this way a dry thin skin was formed on the loaf.

Concerning the costs of h.f. baking it was calculated that the h.f. heating comes to 2.5 cent ($\frac{1}{4}$ d.) per loaf. Using a h.f. generator with an output of 40 kW, it would be possible to bake 340 loaves of 0.8 kg (nearly 200 kg of flour) every hour.

Further investigations on a scale nearer to commercial practice are considered to be desirable.

LITERATUUR

1. BROEKHUIZEN, S., „Hoogfrequent bakken”. *Bakkerij-Wetenschap*, 1 (1948), 29–36.
2. HAAS VAN DORSSER, A. D. DE, „Toepassingen van hoogfrequent verwarming in de techniek, meer in het bijzonder in de droogtechniek” (Literatuur-recherche). *Alg. Techn. Afd. T.N.O.*, Den Haag, Rapport T.A. 236, 1948.
3. SHERMAN, V. W., „Electronic heat in food industries”. *Food Industries*, 18 (1946), 506.
4. KIMBALL, C. N., „Some suggested uses of electronics in baking”. *Bakers Digest*, 21 (1947), 24–26.
5. PRICE, L. D., „High frequency baking”. *The Bakers' Nat. Ass. Review*, 65 (1948), 260–262.
6. UNILEVER BAKERY SERVICE, „The high frequency method – from the baker's angle”. *The Bakers' Nat. Ass. Review*, 65 (1948), 263–264.
7. ANONYMUS, „High frequency baking”, *Food*, 17 (1948), 119.
8. STANDARD TELEPHONES AND CABLES LTD, „Baking by dielectric heating and apparatus therefor”. British Patent nr 599.634; applic. date: Aug. 10, 1945; accepted: March 17, 1948.
9. PATENTVERWERTUNGS-GES. M.B.H. „HERMES”, „Werkwijze voor het behandelen van willekeurig materiaal in het veld van korte of ultra-korte golven, waarbij het te behandelen materiaal wordt omgeven met een inbeddingsmassa”. *Nederl. Octrooi nr 52.342*, dd. 17 Mrt. 1942 (octr. aanvr. nr 94.559, dd. 31 Juli 1939).