

MEDEDELING Nr 53

De houdbaarheid van brood

door

Drs F. BOTHMA en Ir D. H. GREUP



MOORMAN'S PERIODIEKE PERS N.V. - DEN HAAG

De houdbaarheid van brood

door Drs F. BOTHMA en Ir D. H. GREUP

*Afdeling Graan-, Meel- en Broodonderzoek, Wageningen van het
Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek T.N.O.*

THE KEEPING QUALITY OF BREAD

Several factors causing bread deterioration are mentioned. Among the microbial processes mould and rope are to be feared particularly, among the physico-chemical processes staling, fat rancidity, tainting, and browning of canned bread. The means to prevent these various forms of bread deterioration are discussed.

In het normale dagelijkse leven kan niet gezegd worden, dat de houdbaarheid van ons witte en bruine brood een bijzonder probleem vormt. Dit voedingsmiddel wordt ons dagelijks vers gebracht en is meestal binnen één à anderhalve dag geconsumeerd. Alleen op Zon- en feestdagen wordt een iets hogere bewaarbaarheid gevergd, aan welke eis het product in het algemeen redelijk voldoet, zij het ook, dat de smakelijkheid van het knappende verse brood snel achteruitgaat. In de winter — en in de zomer onder niet al te extreme weersomstandigheden — is er noch voor de producent, noch voor de consument reden tot alarm. Meer moeilijkheden doen zich voor bij verschillende roggebroodsoorten. De tegenwoordige productiewijze leidt er toe, dat bij de detailist niet dagelijks een verse partij beschikbaar is, terwijl de consument de inhoud van een pakje roggebrood gewoonlijk over enige dagen wenst te verdelen. Hier worden dus reeds hogere eisen gesteld aan de kwalitatieve stabiliteit. In nog hogere mate is dit het geval indien men brood voor langere perioden in consumabele toestand moet houden, zoals voor expedities, legeroperaties, of noodrantsoenen. Ten behoeve van deze doeleinden is men zich in de laatste jaren gaan interesseren voor ingeblikt brood. Hierbij doen zich typische conserveringsproblemen voor.

De oorzaken, waardoor voedingsmiddelen in het algemeen aan bederf ten offer vallen of op andere wijze in kwaliteit achteruitgaan, zijn in vier groepen onder te brengen:

a. *Microbiële processen* (schimmels, gisten en bacteriën)

b. *Dierlijke aantastingen* (hoofdz. insecten, mijten, muizen, ratten)

c. *Chemische processen* (hoofdz. ransworden van vetten, denaturering van eiwitten, veranderingen in zetmeel, e. a.)

d. *Fysische processen* (vocht opneming, vochtverlies, warmte, licht).

Uiteraard zijn het in de praktijk vaak combinaties van oorzaken, die tot het bederf van een voedingsmiddel voeren. Staan bv. in een étalage artikelen in de zon, dan werken hier belichting, verhitting en uitdroging samen. De sterke belichting kan, afgezien van een verkleurende werking, ook het proces van het ransworden begunstigen,

evenals de temperatuurverhoging dit doet. Bij vervoer in onvoldoend eventileerde scheepsrui- men zijn het veelal een hoge temperatuur en vochtigheid, die samenwerken. Tenslotte is het bekende verschijnsel van het oudbakken worden van brood eveneens een combinatie van fysische en chemische verschijnselen.

Terloops zij er op gewezen, dat het niet altijd scherp te onderscheiden is of men in een bepaald geval van bederf moet spreken of slechts van kwaliteitsvermindering. De verschillen zijn veelal gradueel: een geleidelijk toenemende kwaliteitsvermindering kan ten slotte als bederf gekwalificeerd worden.

Een bestrijdingswijze van bederf of kwaliteitsvermindering van een voedingsmiddel is pas rationeel te noemen, indien men in staat is het kwaad in zijn oorzaken te bestrijden. In het hiernavolgende zullen de genoemde vormen van bederf, voor zover zij bij brood te duchten zijn, aan een nadere beschouwing worden onderworpen.

a. **Microbiële processen.** Door de ontwikkeling van bacteriën, gisten en schimmels kan een voedingsmiddel zodanig van eigenschappen veranderd worden, dat het niet genietbaar meer is en in sommige gevallen zelfs schadelijk wordt voor de gezondheid. Schimmels, die het voedingsmiddel door- of overgroeien, veranderen niet alleen het uiterlijk van de waar, doch produceren bovendien stoffen (in de Angelsaksische literatuur „staling products” genoemd), die zelfs in zeer geringe hoeveelheid de typische, mufte smaak veroorzaken, die aan beschimmelde voedingsmiddelen eigen is. Er zijn voorbeelden bekend, dat door bepaalde schimmels giftige stoffen worden afgescheiden, die het nuttigen van het aangetaste artikel tot een gevaar voor de gezondheid maken (men denke aan de ontjom-vergiftigingen in Indonesië). Ook bacteriële processen kunnen tot een dergelijk effect leiden (botulisme!).

De ontwikkeling van micro-organismen is — al voert ze dan niet altijd tot zo extreme gevolgen — wel de meest voorkomende oorzaak van bederf en aanleiding tot het afkeuren van voedingsmiddelen. Het microbiële bederf bedreigt onder normale omstandigheden ons brood niet. Dit voedingsmiddel wordt, nadat het gebakken is,

binnen te korte tijd geconsumeerd dan dat schimmels en bacteriën zich zouden kunnen ontwikkelen. Uitzonderlijke omstandigheden kunnen zich evenwel voordoen in de zomer tijdens zeer warme periodes; dan kan nl. het verschijnsel optreden, dat in bakkerskringen „leng” heet.

Leng is een voor brood typische vorm van bacterieel bederf, waarbij in het centrum van het brood een zich snel uitbreidende en steeds slijmeriger wordende plek ontstaat, welke een afstotelijke geur verspreidt. Breekt men het brood doormidden en trekt men de delen van elkaar, dan blijven ze soms verbonden door taai-slijmerige draden. Vandaar de Duitse benaming van dit euvel: „Fadenziehen”, de Franse uitdrukking: „la maladie du pain filant”, en misschien ook de Engelse term: „rope”. Het verschijnsel doet zich gewoonlijk voor op de Maandagochtend, bij brood dat de vorige Zaterdag gebakken is. Deze ietwat mysterieus aandoende gebondenheid aan een bepaalde weekdag wordt begrijpelijk wanneer men de oorzaak van het verschijnsel kent, en de omstandigheden in aanmerking neemt.

Deze „broodziekte” — zoals het euvel in bakkerskringen wel genoemd wordt — wordt veroorzaakt door bacteriën behorende tot een groep, die zeer nauw verwant is met de z.g. hooibacil en de aardappelbacil. Het is een sporenvormende bacil, die in de toestand van spore reeds op de graankorrel aanwezig is en bij de vermaling in de bloem terecht komt, waar het organisme maandenlang in rustende toestand kan blijven.

Bij het deegmaken worden de voorwaarden geschapen, die voor de ontwikkeling van de bacil noodzakelijk zijn, nl. vocht, opgelost voedsel, en een temperatuur boven de 24 °C. Het bakproces doodt de sporen van de lengbacil niet, daar in de kruim van het brood de temperatuur niet boven de 98° komt en de verhitting niet lang genoeg duurt om de sporen te doden. Indien nu het brood na het bakken niet behoorlijk gelegenheid krijgt om af te koelen en de temperatuur in de kruim niet beneden de 24° komt, gaan de lengbacillen zich ontwikkelen.

Aan de temperatuurvoorwaarde wordt blijvend voldaan, wanneer de luchttemperatuur hoger is dan 24°. Ook al is dit niet het geval, dan kan het brood nog door een andere oorzaak te lang warm blijven. De bakker moet nl. op de Zaterdagochtend een productie klaarmaken van anderhalf à twee maal die van andere dagen. Wegens gebrek aan magazijnruimte komt men er toe, de broden, die uit de oven komen, dichter op elkaar te schuiven of eerder in de wagens te pakken. Dit belet een snelle afkoeling. Wanneer nu bovendien de buitentemperatuur hoog is, zijn voor de lengbacil de voorwaarden gunstig om zich te ontwikkelen, en op Maandagochtend is het proces zo ver voort-

geschreden, dat men bij het aansnijden van het brood de gevolgen van de bacteriële aantasting te zien krijgt. Zoals gezegd, blijft „leng” gewoonlijk beperkt tot de hete periodes gedurende de zomer. Dit is echter geen wet van Meden en Perzen. In de winter van 1944—'45, in veler herinnering bekend als „de hongervinter”, deed zich het lengverschijnsel veelvuldig in Amsterdam voor. De oorzaak lag daarin, dat, in verband met het brandstoffengebrek, het bakken beperkt werd tot een geringer aantal bakkerijen en tot drie of vier dagen in de week. Daardoor werd de productie per bakkerij en per bakdag abnormaal hoog, waarop de magazijnruimte niet was berekend, zodat het brood niet behoorlijk kon afkoelen. Dit voorbeeld toont duidelijk, dat onder bepaalde omstandigheden ook het gewone brood door microbiel bederf bedreigd kan worden.

Bij de roggebroodsoorten bestaat dit gevaar altijd. Sommige van deze broodsoorten, bv. het Friese, Amsterdamse, Groningse en Gelderse, zijn betrekkelijk vochtrijk; het Amsterdamse bevat bovendien stroop. Daardoor is roggebrood een uitstekende voedingsbodem voor schimmels. Daar komt bij, dat roggebrood tegenwoordig veelal in gespecialiseerde bakkerijen, die men wel roggebroodfabrieken kan noemen, in grote kwantiteiten tegelijk gemaakt wordt, en daarna, gesneden en verpakt, naar de detaillisten getransporteerd. Houdt men rekening met de omstandigheid, dat de detaillist in de regel eens in de week verse aanvoer krijgt en dat de consument de inhoud van een aangebroken pakje nog over enige dagen wenst te verdelen, dan kan men wel zeggen, dat de practijk eist, dat het gesneden roggebrood twee weken consumabel blijft. Dat wil dus ook zeggen: twee weken vrij van schimmel. Het is duidelijk, dat dit een conserveringsprobleem inhoudt.

Voor het gewone brood wordt, zoals in de inleiding reeds is opgemerkt, het gevaar van beschimmelings pas een probleem, wanneer het gaat om wekenlange bewaring, bv. bij de proviandering van expedities, kleine schepen, of moeilijk bereikbare vakantieoord. Ofschoon het gevaar van botulisme bij ingeblikt brood zeer gering is, is het niettemin gewenst bepaalde voorzorgen te nemen om bacterieel bederf zo goed mogelijk te elimineren. Een betrekkelijk laag vochtgehalte en een lage pH van het brood zijn in dit verband bevorderlijk.

Bacteriën en schimmels te doden, is op zichzelf niet moeilijk, indien men geen rekening behoeft te houden met het milieu, waarin ze zich bevinden. Een moeilijkheid wordt het echter, indien dit milieu een product is, dat ons tot voeding moet dienen. Het gebruik van sterke bacterie- en schimmeldodende stoffen, de toepassing van hoge

verhitting en dergelijke op zichzelf afdoende middelen, wordt dan door gezondheids- en voedingsoverwegingen beperkt, zo niet uitgesloten.

Ten aanzien van brood, dat tot onze dagelijkse en in ruime hoeveelheid genuttigde voedingsmiddelen behoort, heeft de wetgever zich op het standpunt gesteld, dat de toevoeging van conserveermiddelen in principe ontoelaatbaar geacht moet worden. Gelukkig komt de aard van het productieproces ons te hulp met de omstandigheid, dat brood gebakken, dus verhit, moet worden. Zoals in het voorafgaande is uiteengezet, is dit echter niet voldoende om microbiële processen welke zich bij eventueel bewaren kunnen voordoen, volledig uit te sluiten.

De baktijd van diverse witte en bruine broodsoorten varieert van 30 tot 50 minuten, die van roggebrood, al naar het type, van 3 tot 20 uren. De temperatuur in het centrum van het brood stijgt (blijkens gedane metingen) niet boven de 96 à 98 °C. De vraag of het bakproces alle levende kiemen in een brood doodt, is dus terug te brengen tot de vraag of die levende kiemen een verhitting tot die temperatuur gedurende de genoemde tijd overleven kunnen of niet.

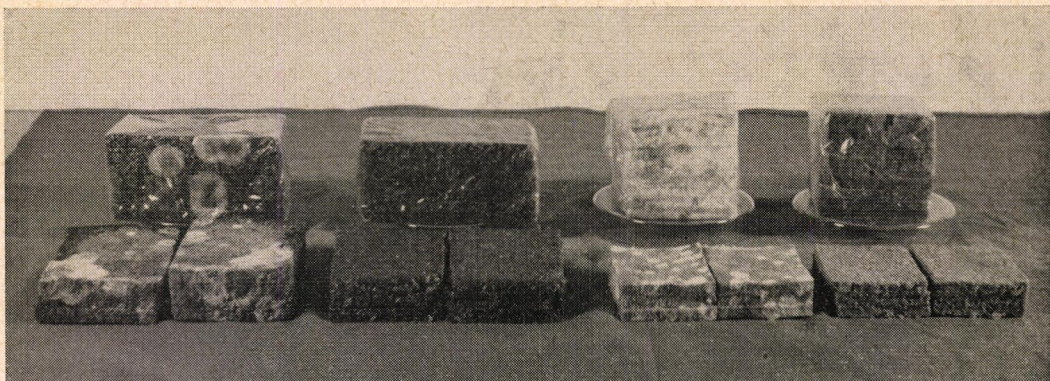
Uit de bacteriologie is bekend, dat de mate van afsterving der micro-organismen op een bepaalde wijze afhangt van de temperatuur en de duur der verhitting, maar daarnaevens van een aantal andere factoren, waaronder: de pH (zuurheidsgraad) van het milieu, de aanwezigheid van eiwit en het vochtgehalte. In het algemeen mag als regel worden aangenomen, dat — bij gelijke temperatuur en duur der verhitting — de micro-organismen eerder afsterven in een eiwitvrij dan in een eiwithoudend milieu; voorts dat ze moeilijker te vernietigen zijn in een droog dan in een vochtrijk milieu, en dat ze hun grootste weerstand tonen in een milieu, waarvan de pH voor de bacteriesoort de gunstigste is.

Een brooddeeg is betrekkelijk eiwitrijk en vochtarm. Aan deze factoren, welke beide het overleven der micro-organismen begunstigen, is weinig te veranderen. In dagen, dat men het optreden van leng vreest, maakt men de brooddegen wat stijver, in de hoop, dat in het drogere milieu de lengbacillen zich minder welig zullen ontwikkelen. Tegelijkertijd begunstigt men echter (theoretisch althans!) de weerstand der sporen tegen verhitting. Of men er wel aan doet of verkeerd handelt, is nog niet voldoende uitgemaakt. De pH van een brooddeeg neigt iets naar de zure kant. In ons land is zuur brood weinig in trek, en in overeenstemming daarmee voert men het bereidingsproces zo, dat de pH in het algemeen niet beneden de 5,5 à 5,3 komt (dit is nog maar zo zwak zuur, dat het niet als „zuur” geproefd wordt). De lengbacil prefereert echter een neu-

traal milieu, en ontwikkelt zich minder uitbundig naarmate zijn omgeving zuurder is. Hierin hebben we inderdaad een middel om het bederf door het optreden van leng te bestrijden. Men streeft daarom — in tijden dat de weersomstandigheden er aanleiding toe geven — naar het verkrijgen van zuurdere degen.

Dit effect kan op twee wijzen worden bereikt: langs natuurlijke en langs kunstmatige weg. In het eerste geval legt men een z.g. zuurdeeg aan. Van een gedeelte van de te gebruiken hoeveelheid meel/bloem maakt men met water een slap „zet-sel” en laat dit gedurende 1 of 2 dagen aan een spontane gisting over, waarbij verschillende organische zuren ontstaan (kwantitatief vooral melkzuur, daarnaast azijnzuur). Dit gegiste voordeeg wordt ten slotte in het eigenlijke deeg verwerkt en verleent er een zekere zuurheidsgraad aan. Sneller en gemakkelijker kan men de gewenste zuurheidsgraad verkrijgen door eenvoudig bij de deegbereiding een zuur toe te voegen. Hier-voor kan men eveneens melkzuur of azijnzuur kiezen. Het aroma van een op dergelijke wijze kunstmatig gezuurd deeg is niet gelijk aan dat van een echt zuurdeeg, daar bij het natuurlijke gistingsproces naast verschillende zuren ook een aantal aromaverlenende stoffen ontstaan. Maar wanneer het alleen gaat om het scheppen van een zuur milieu, is het effect gelijk. Het is echter gebleken, dat met een zuurder deeg alléén de leng niet voldoende bestreden wordt. De bacil blijkt voor het ene zuur gevoeliger te zijn dan voor het andere, en van de tot heden onderzochte stoffen het best bestreden te kunnen worden met azijnzuur en acetaten (zouten van azijnzuur). De poedervormige leng-bestrijdingsmiddelen, welke in de handel zijn, bestaan gewoonlijk geheel of grotendeels uit acetaten. Bij een goede dosering zijn de resultaten zeer bevredigend.

Gedurende de oorlogsjaren was het gebruik van azijnzuur en/of acetaten bij de broodbereiding wettelijk toegestaan. Vanaf het ogenblik, dat het brood ophield distributie-artikel te zijn, is de bedoelde bepaling uit het Broodbesluit van de Warenwet geschrapt. Volgens de letter van de wet zou deze beproefde en even onschuldige als eenvoudige methode thans dus niet meer mogen worden toegepast. Een herziening op dit punt is stellig gewenst. Het gebruik van azijnzuur is immers in geen enkele andere sector van de voedingsmiddelenindustrie verboden. Een gelijksoortige moeilijkheid doet zich voor bij de bescherming van verpakt roggebrood tegen schimmelings. Er is een bestrijdingsmiddel bekend en beproefd, doch het Broodbesluit van de Warenwet staat het gebruik ervan niet toe, hoewel er voedingsmiddelen zijn, die bedoelde stof van nature bevatten. Een verzoek om deze stof toe te laten is aanhangig



Links: Fries roggebrood. Rechts: Brabants roggebrood. In beide gevallen de ene partij zonder, de andere met een schimmelbestrijdingsmiddel

gemaakt bij de desbetreffende instanties, maar de uiteindelijke beslissing in deze is nog niet genomen.

Uiteraard is ook in de branche van de roggebroodbereiders het op andere gebieden met succes toegepaste moderne hulpmiddel der ultraviolette bestraling niet onopgemerkt gebleven, en ook in ons land zijn hiermee proeven genomen. Bij het verpakken van gesneden roggebrood doet zich echter een omstandigheid voor, waardoor het succes van een eventuele bestraling in hoge mate bemoeilijkt wordt. Het roggebrood is, wanneer het uit de oven komt, practisch steriel. Het moet nu echter open aan de lucht afkoelen en uitwasemen. Daarna wordt het machinaal gesneden en bij deze bewerking raken de sneetjes onvermijdelijk geïnfecteerd op de snijvlakken. Zij worden nu met de snijvlakken tegen elkaar ingepakt, waardoor juist de geïnfecteerde plaatsen tegen een eventuele bestraling worden afgeschermd. Om de snijvlakken te steriliseren zou elk sneetje aan beide kanten gedurende de nodige tijd aan ultraviolette bestraling moeten worden blootgesteld. Het tempo, waarin het snijden en verpakken moet geschieden, en de beschikbare plaats laten een dergelijke behandeling echter niet toe. Dit is wel de voornaamste reden waarom de methode der ultraviolette bestraling in deze branche niet zoveel succes oplevert als elders. Hetgeen niet wegneemt, dat in sommige roggebroodfabrieken in ons land van ultraviolette stralers gebruik wordt gemaakt om althans de kans op infectie met schimmelsporen te verminderen.

De meest algemene werkwijze is thans nog het gesneden en verpakte roggebrood, met verpakking en al, nogmaals in de oven te zetten. Uiteraard kan dit alleen met daartoe geschikt verpakkingsmateriaal zoals metaal-foliën. Deze vrij goed afdoende behandeling betekent geen vrijwaring voor schimmelings als gevolg van infectie na aanbreken van een pakje door de consument.

Ook inblikken is één van de mogelijkheden om roggebrood te verduurzamen. Dit gebeurde reeds tientallen jaren geleden voor export. In de laatste jaren is vooral in Amerika de belangstelling groeiende voor het inblikken van wit brood („canned bread”). Het is bij Amerikaanse proeven gebleken, dat ingeblikt brood niet als een steriel product beschouwd mag worden. Eventueel in de bloem aanwezige of opzettelijk in het deeg geënte bacteriën behielden het leven zolang de proef duurde (anderhalf jaar). Bijgevolg moet met de mogelijkheid van in het blik voortgaande bacteriële processen rekening gehouden worden.

b. **Aantasting door insecten, mijten of ander gedierte.** Opgeslagen voedingsmiddelen vormen uiteraard een aantrekkelijk object voor allerlei gedierte. De verpakking moet al van zeer ondoordringbaar karakter zijn (metaal of glas), wil deze afdoende zijn om een invasie van gedierte te keren. Bovendien bestaat in sommige gevallen de mogelijkheid, dat met het voedingsmiddel eieren van bepaalde insecten- of mijtensoorten mede verpakt worden, zodat ondanks afdoende verpakking, toch nog aantasting optreedt. Het behoeft daarom niet te verbazen, dat aantasting door dierlijke organismen een veelvuldige oorzaak van bederf is.

Aantasting van brood door insecten of mijten komt in ons land practisch niet voor, en kan hier stilzwijgend voorbijgegaan worden. Alleen onder abnormale omstandigheden van langere bewaring in onvoldoende verpakking bij hogere temperatuur (tropenexpedities, kleine schepen) zal brood — zo goed als ieder ander voedingsmiddel een aantrekkelijk object voor bepaalde insectensoorten — van insectenvraat te lijden kunnen hebben.

Aantasting door insecten en ander gedierte is niet anders te keren dan door een doelmatige verpakking. Uit de aard van het bereidingsproces van brood en roggebrood is een vóór-infectie met eieren van insecten en mijten uitgesloten.

c. **Chemische processen.** Rangschikt men de

door micro-organismen veroorzaakte chemische omzettingen onder het hiervóór genoemde punt, dan blijven er nog een aantal chemische veranderingen over, die een opgeslagen voedingsmiddel tot bederf of in elk geval tot kwaliteitsvermindering kunnen voeren. Bekende voorbeelden zijn: ransworden van vetten, bitter worden van haverproducten, verkleuren van conserven, verlies van aroma of ontstaan van afwijkende geuren. Men kan deze processen betitelen als spontane of niet-microbiële chemische processen.

Een ieder kent het kenmerkend aroma van vers brood. Dit aroma is opgebouwd uit tal van componenten, waaronder bepaalde stofwisselingsproducten van de gist, alsmede aromatische stoffen, welke tijdens de korstvorming ontstaan en zich door het hele brood verspreiden. Voorts is het ten dele afkomstig van de verschillende grondstoffen en eventuele extra toevoegingen als vet, stroop en moutextract. Mede van invloed zijn tenslotte de smeermiddelen, welke worden gebruikt om het lossen der broden uit bakblikken te vergemakkelijken, doch waarvan een gedeelte tevens in de broodkorst doordringt. De veranderingen in het broodaroma, welke reeds betrekkelijk kort na het bakproces optreden, worden tot de chemische processen gerekend en bestaan o.m. uit een vervluchtigen van de aromatische stoffen. Bij ingeblikt brood ontwikkelt zich na langere tijd een afwijkende geur („off-flavour”), welke enigszins aan de geur van kaas doet denken. Deze „off-flavour” ontstaat sneller naarmate de temperatuur, waarbij het ingeblikte brood wordt bewaard, hoger is. Een ander voorbeeld van chemisch bederf bij het verduurzamen van brood in blik is het optreden van bruine verkleuringen. Deze zijn een gevolg van de door Maillard in 1912 ontdekte reacties tussen reducerende suikers en aminozuren of eiwitten, de z.g. „browning reactions”, welke ook — maar hier in gunstige zin — een rol spelen bij de vorming van het korstaroma.

Het is niet eenvoudig gebleken middelen te vinden om het verlies van broodaroma tegen de gaan. In het algemeen blijft bij verpakt brood het aroma iets langer behouden dan bij het onverpakte product. De temperatuur, waarbij het brood wordt verpakt schijnt hierbij van enige invloed te zijn. Zo geeft verpakking bij ca 30 °C betere resultaten met betrekking tot het broodaroma dan verpakking bij ca 45°. Andere eigenschappen worden evenwel juist door een lagere verpakkingstemperatuur in ongunstige zin beïnvloed, zodat hier een middenweg moet worden gezocht. In 1947 werd in de Amerikaanse literatuur melding gemaakt van het z.g. Flavolproces, waarbij de broden direct na het bakproces worden behandeld met zeer fijn verdeelde olie,

welke bij een temperatuur van 60 °C wordt verstoven. Dit zou tot gevolg hebben dat het aroma veel beter bewaard bleef, terwijl ook korstkleur en malsheid zouden verbeteren. De resultaten zijn evenwel toch niet van dien aard geweest dat dit proces industriële toepassing heeft gevonden.

Het ontstaan van bruine verkleuringen bij ingeblikt brood wordt in belangrijke mate beïnvloed door de gevolgde werkwijze en de temperatuur tijdens het bewaren. Het verkleuren van de kruim treedt minder snel op indien men er zorg voor draagt dat de inwendige broodtemperatuur binnen 30 minuten na het bakken en sluiten van de blikken tot ca 32 °C is gedaald. Bewaart men het ingeblikte brood bij 0°, dan treedt slechts zeer weinig „browning” op, zelfs bij een bewaarperiode van een jaar. Opslag op lange termijn bij kamertemperatuur daarentegen heeft intensieve verkleuring van de broodkruim tot gevolg.

d. **Fysische processen.** Het meest voorkomende fysische proces, dat oorzaak is van kwaliteitsvermindering van voedingsmiddelen, is het verlies van vocht of het opnemen van vocht. Al naar de aard van het artikel is het één een kwaad, of het ander. Voorbeelden behoeven hier nauwelijks aangehaald te worden. Wij herinneren er slechts aan, hoe bv. vleeswaren en brood door uitdroging aan aantrekkelijkheid inboeten, evenzeer als beschuit en biscuit door vochttopneming. Van grote invloed zijn in het algemeen ook extreme temperaturen. Ieder, die chocoladeartikelen vervaardigt of verhandelt, kent het z.g. uitslaan van chocolade a. g. v. opslag bij te hoge temperatuur.

Algemeen bekend is het verschijnsel van het aannemen van vreemde geuren uit de omgeving (in de Angelsaksische literatuur „tainting” genoemd). In sommige gevallen kan dit zo sterk zijn, dat het product erom moet worden afgekeurd (bv. meel, dat de smaak van stookolie heeft aangenomen; melk die naar petroleum smaakt; thee met een naftaline-geur). Dit verschijnsel berust op de adsorptie van een vreemde stof aan de waar, en dient daarom tot de fysische veranderingen te worden gerekend. Ook een sterke belichting kan in sommige gevallen oorzaak zijn van kwaliteitsvermindering, bv. door verkleuring van een artikel, of indirect door het begunstigen van andere processen.

Tot de fysische veranderingen welke plaats vinden bij het bewaren van brood behoren zowel het *verlies* van vocht als het *opnemen* van vocht. De zachte malse kruim van vers brood is reeds na één dag min of meer stug, kruimelig en droog geworden, waarbij vochtverlies een belangrijke rol speelt. Hiertegenover staat, dat de knappende korst taai en enigszins leerachtig wordt door op-

name van vocht uit de omgeving en uit de kruim van het brood. Naast deze processen treden meer ingrijpende veranderingen van fysisch-chemische aard in het zetmeel op, welke eveneens er toe bijdragen dat het brood zijn aantrekkelijke eigenschappen vrij snel verliest. Het gehele complex van omzettingen, samengevat onder de term „oudbakken worden” leidt voornamelijk tot kwaliteitsachteruitgang, zonder dat bepaald van berderf kan worden gesproken.

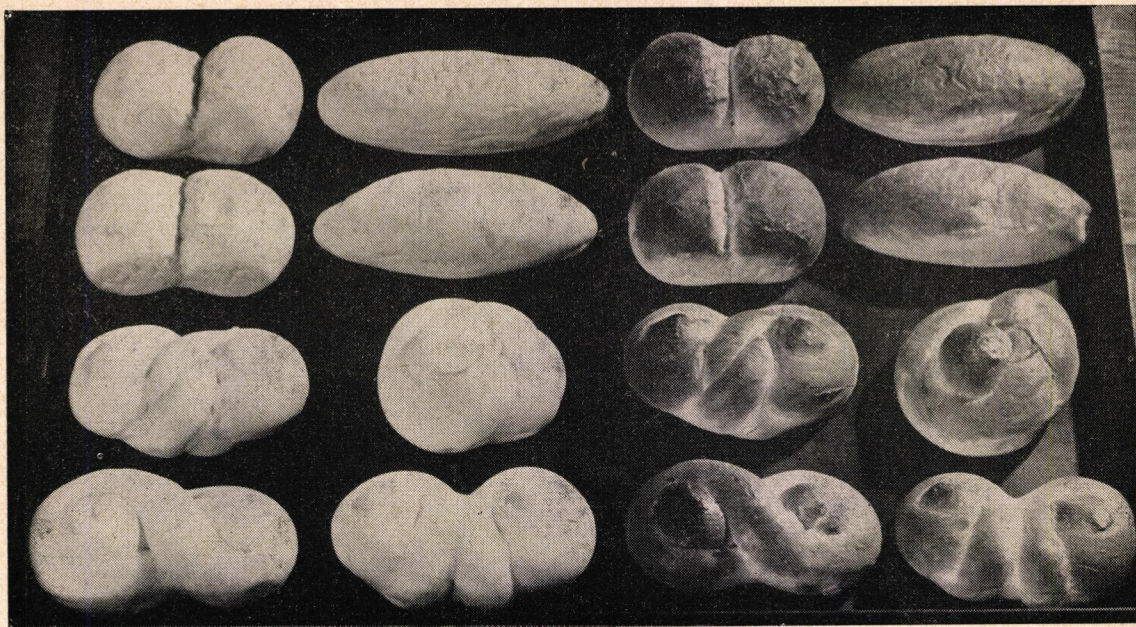
Is voor de consument het oudbakken worden van brood een onaangenaam verschijnsel, ook uit economisch oogpunt vormt het een groot probleem, daar een deel van de totale broodproductie tengevolge van het oudbakken worden als onverkoopbaar overblijft. In Amerika bv. beliep dit vóór de tweede wereldoorlog in sommige gebieden zelfs wel 15 %. Tijdens de tweede wereldoorlog was dit cijfer dank zij enkele bindende voorschriften (War Food Order nr 1) tot 1 % teruggebracht, maar gedurende de naoorlogse jaren is er weer een geleidelijke stijging opgetreden tot momenteel ongeveer 6 %. Het oudbakken worden van brood brengt tevens met zich mee dat een spreiding van de broodproductie over de gehele dag onmogelijk is. Aanvankelijk meende men dat het oudbakken worden alleen maar werd veroorzaakt door een uitdrogen van het brood. Deze simpele gedachte werd echter juist 100 jaar geleden weerlegd door de klassiek geworden proef van Boussingault, waaruit bleek dat het proces van het oudbakken worden gewoon doorgaat, indien men brood zodanig bewaart dat uitdroging niet kan plaats vinden. Naderhand is in de loop der jaren uit tal van onderzoeken over dit vraagstuk aan het licht gekomen, dat het proces van het oudbakken worden berust op ingewikkelde structurele omzettingen in het zetmeel. In dit verband hebben met name de Nederlander K a t z, wiens onderzoeken zich uitstrekten van 1912—1935 en in zekere zin ook de Amerikaan S c h o c h uit onze tijd baanbrekend werk verricht ter nadere opheldering van het verouderingsmechanisme.

De veranderingen welke plaats vinden in de korst en de kruim zijn van verschillende aard. Het oudbakken worden van de korst berust op vochtabsorptie, dat van de kruim op structurele veranderingen van de zetmeelcomponenten amylose en amylopectine, gepaard gaande met uitstoting van water. Het amylosemolecuul bestaat uit een betrekkelijk lange onvertakte keten van aan elkaar verbonden glucoseresten, het amylopectine-molecuul uit een sterk vertakte keten, waarbij elke vertakking maar weinig glucose-eenheden beslaat. Tijdens het verouderen gaan deze beide moleculatypes in een minder oplosbare vorm over. Deze omzetting, ook wel retrogradatie ge-

noemd, wordt volgens de huidige opvattingen verklaard uit de vorming van waterstofbindingen tussen langs elkaar georiënteerde glucoseketens, waarbij watermoleculen vrij komen. Daar de amylosefractie een sterkere neiging tot retrogradatie vertoont dan de amylopectinefractie, schrijven sommige onderzoekers het oudbakken worden voornamelijk toe aan de retrogradatie van amylose. Anderen brengen hier tegen in, dat de niet omkeerbare retrogradatie van amylose niet in overeenstemming is te brengen met het feit, dat oudbakken brood door verhitten bij ongeveer 60 °C in een voldoende vochtige atmosfeer weer in de toestand van kort na het bakken kan worden teruggebracht en dat men dit proces vele malen kan herhalen. Dit zou wél te verklaren zijn uit de omkeerbare retrogradatie van amylopectine. Op grond van dit en andere verschijnselen, wordt derhalve ook aangenomen dat de amylopectinefractie in eerste instantie verantwoordelijk is voor het oudbakken worden van brood.

Uit het voorgaande is het duidelijk, dat het zetmeel van de bloem, hetzij voornamelijk amylose dan wel amylopectine, ten nauwste betrokken is bij het verouderingsproces, in tegenstelling tot de bloemeiwitten, welke bij dit proces van ondergeschikt belang schijnen te zijn. Voor zover momenteel bekend spelen zij slechts een rol bij het opnemen van water dat vrij komt als gevolg van de vorming van waterstofbruggen.

Ofschoon de talrijke onderzoeken er in hoge mate toe hebben bijgedragen een beter inzicht te verkrijgen in het proces van het oudbakken worden, is tot op heden het mechanisme van het verouderingsproces nog niet volledig opgehelderd. Dit is tevens de reden dat men er nog niet in geslaagd is een rationele, ook in de practijk bruikbare bestrijdingswijze van het oudbakken worden van brood te vinden, ondanks het feit dat in vele landen reeds sinds tientallen jaren naar de oplossing van dit probleem wordt gezocht. Daar de retrogradatie van het zetmeel primair is bij het verouderingsproces, ligt het voor de hand allereerst te trachten de omstandigheden van bewaren zodanig te kiezen dat retrogradatie ten dele dan wel volledig wordt opgeheven. Op theoretische gronden komen hiervoor in aanmerking: bewaren bij zeer lage of bij hoge temperatuur. In een Rotterdamse bakkerij zijn omstreeks 1936 proeven genomen waaruit bleek dat het mogelijk is brood door bewaren bij —30 °C enkele weken lang in de toestand te houden, welke overeenkomt met die van brood van ongeveer 8 uren na het bakken. De aan deze werkwijze verbonden extra kosten zijn evenwel te hoog om een algemene toepassing mogelijk te maken. Bij een temperatuur van 60 °C of hoger treedt eveneens vrijwel geen retrogradatie op maar aan het bewaren bij dergelijke



In twee fasen gebakken brood („Brown 'n Serve")

temperaturen is, afgezien van de kosten, het bezwaar verbonden dat in hoge mate vochtverlies optreedt. Dit laatste kan worden tegengegaan door het brood te bewaren in een voldoende vochtige atmosfeer, hetgeen echter weer ongunstig is voor de geaardheid van de korst, die van croquant en knapperig snel taai en leerachtig wordt. De door Katz (omstreeks 1913) op basis van deze principes ontwikkelde bewaarkast, waarin het brood bij een zodanige vochtigheidsgraad wordt bewaard, dat een te snelle uitdroging van de kruim wordt verhinderd, terwijl toch de korst min of meer croquant blijft, is evenwel niet verder dan het proefstadium gekomen.

Een directe beïnvloeding van de retrogradatiesnelheid van het zetmeel blijkt dus in de praktijk moeilijk te verwezenlijken. Wel is het mogelijk gebleken om het brood zijn malsheid min of meer te doen behouden, waardoor het voor de consument in een meer acceptabele vorm blijft. Men kan dit bereiken door het brood te verpakken, of door bepaalde stoffen zoals vetten, lecithinepreparaten of moutextract aan het deeg toe te voegen.

Het verpakken van brood wordt in Nederland nog slechts op zeer bescheiden schaal toegepast, hetgeen vnl. zijn oorzaak vindt in de daaraan verbonden extra kosten. Het voordeel van verpakt brood is niet alleen dat de malsheid van de kruim beter geconserveerd wordt, hetgeen terug te voeren is op het vrijwel constante vochtgehalte binnen de verpakking, maar ook dat veel beter wordt voldaan aan de eisen van hygiëne.

Vetten en lecithinepreparaten worden sinds lang in de bakkerij toegepast om de broodeigenschappen te verbeteren en de malsheid van de kruim beter te bewaren. Het feitelijke verouderingsproces wordt evenwel door deze stoffen niet beïnvloed. Het gunstige effect wordt wel verklaard door aan te nemen dat een betere verdeling van de verschillende deegingrediënten wordt bereikt dank zij de oppervlakte-actieve werking dezer producten, hetgeen een verfijning van de structuur tot gevolg heeft. Monoglyceriden en in mindere mate diglyceriden verhogen eveneens de malsheid van de kruim. Deze verbindingen worden — althans in Amerika — veelvuldig in de bakkersvetten (shortenings) verwerkt. De monoglyceriden werken meer direct op het zetmeel, waardoor de zwelkracht van het zetmeel afneemt en de verstijfseling gedurende het bakproces enigszins wordt geremd. Het gevolg hiervan is dat meer water beschikbaar komt voor binding door de bloemeiwitten. Bovendien blijkt de hoeveelheid oplosbaar zetmeel onder invloed van monoglyceriden af te nemen. Indien de veronderstelling juist zou zijn dat het in oplossing gegane zetmeel zich op en tussen de zetmeelkorrels en de geocoaguleerde eiwitten als een film zou afzetten en daardoor een zekere stijfheid zou verlenen aan de celwanden van de broodkruim, dan zou men op deze basis de gunstige invloed van monoglyceriden op de malsheid kunnen verklaren.

De laatste jaren hebben bepaalde synthetische verbindingen sterk de aandacht getrokken, waarvan het polyoxyaethyleenstearaat misschien wel

de meest bekende of meest beruchte is. Deze stof heeft een bijzonder gunstige invloed op de malsheid van de kruim en het behoud hiervan tijdens het bewaren. Het mechanisme van de werking is nog ten dele onopgehelderd, maar ook hier zijn aanwijzingen van een directe beïnvloeding van de amylose-fractie. Van baktechnisch standpunt gezien zou er alle aanleiding bestaan om het gebruik van polyoxyaethyleenstearaat te stimuleren. Echter, de volstrekte onschadelijkheid van dit product voor de menselijke gezondheid is nog niet bewezen. In Nederland heeft men zich evenals in de U.S.A., dan ook op het standpunt gesteld dat deze stof niet in brood en bakwaren dient te worden verwerkt.

Een verbetering van de malsheid kan in vele gevallen ook worden verkregen door toevoeging van moutproducten, zoals moutmeel en moutextract. De werking hiervan berust voornamelijk op de in deze producten aanwezige zetmeelsplitsende enzymen, welke het zetmeel afbreken tot dextrinen en suikers. De hoeveelheid en de aard dezer dextrinen spelen een rol bij het tot stand komen van een zachte broodkruim. Toevoeging is alleen dan gewenst, wanneer de bloem zelf te weinig zetmeelsplitsende enzymen bevat.

Van recente datum is het gebruik van enzympreparaten welke uit bepaalde schimmels (*Aspergillus oryzae*) kunnen worden bereid. Deze producten bevatten zetmeelsplitsende enzymen al dan niet gecombineerd met eiwitsplitsende enzymen. Behalve een verfijning van de kruimstructuur wordt aan deze preparaten een verbetering van de malsheid en een vergroting van het broodvolumen toegeschreven. De fabricage en het gebruik van deze preparaten ter verbetering van de broodkwaliteit is vooral in Amerika in de laatste jaren tot ontwikkeling gekomen. Ook in Duitsland zijn sinds kort dergelijke schimmelenzympreparaten te verkrijgen.

Melding dient nog te worden gemaakt van het „bakken in twee fasen”, een werkwijze, waardoor het mogelijk wordt dat de consument steeds over vers brood kan beschikken. Deze methode, in Amerika gepropageerd onder de naam „Brown 'n Serve”, komt hierop neer dat de nog niet geheel volgerezen deegstukken bij een lagere baktemperatuur (135—150 °C) zo lang worden gebakken dat het product voldoende gaar en gevormd is, zonder dat korstkleuring optreedt. Dit halfgebakken product kan bij lage temperatuur (bv. in de ijskast) gedurende verscheidene dagen worden bewaard en kan op ieder gewenst ogenblik in een vers knappend broodje omgezet worden door het 5—7 minuten lang in een flink hete oven af te bakken. Deze werkwijze geldt vooral voor klein luxe brood. De uit Zwitserland stammende „Uba” methode (Unterbruch Backmetho-

de) berust op hetzelfde principe, maar verschilt in de wijze van uitvoering. Het voorbakken wordt iets langer voortgezet, zodat gedeeltelijke korstvorming plaats vindt. De „Uba” methode zou meer voor het grotere broodtype geschikt zijn.

Het bakken in twee fasen is een methode welke het probleem van het oudbakken brood op geheel andere wijze dan tot nu toe gebruikelijk was, tracht op te lossen. Men zou hier misschien alleen het z.g. „opbakken” enigszins mee kunnen vergelijken. De praktijk bewees dat de belangstelling voor het twee-fasen brood van de zijde van de consument in Nederland slechts gering is.

Al bestaan er verschillende hulpmiddelen om oudbakken worden te vertragen of bepaalde gunstige eigenschappen te behouden, er dient op gewezen te worden dat men door juiste keuze van bloem en een juiste werkwijze beter houdbaar brood kan verkrijgen. De bakaard van de bloem en een correct uitgevoerd rijsproces spelen een grote rol. Bovendien geldt het voordeel dat geen vreemde stoffen worden toegevoegd, hetgeen bij een product, dat dagelijks in betrekkelijk grote hoeveelheden wordt geconsumeerd, van groot belang is.

Bij de fysisch-chemische veranderingen kan melding gemaakt worden van het verschijnsel „tainting”: aannemen van vreemde geuren. Dit doet zich een enkele maal voor bij roggebrood, verpakt in niet volstrekt geurloos materiaal. Bij de keuze van het verpakkingsmateriaal dient men hier zeker rekening mee te houden.

Literatuur:

1. Daams, J. en J. van Wilgen: Toepassing van bacteriedodende lampen. *Conserva*, 1 (1952) 92—98 en 125—129.
2. Geddes, W. F. et al.: Study of the physical and chemical changes occurring in bread during storage. Project Report Committee on Food Research, Off. of Quarterm. Gen. Report 2 (1945) en 3 (1946).
3. Kadavy, J. L. and G. M. Dack: The effect of experimentally inoculating canned bread with spores of *Clostridium botulinum* and *Bacillus mentericus*. *Food Research*, 16 (1951) 328—337.
4. Katz, J. R.: Onderzoekingen naar het oudbakken worden van brood en de middelen om dit te voorkomen. Uitg. van Langenhuisen, 's-Gravenhage, 1917.
5. Schoch, T. J. and D. French: Studies on bread staling. The role of starch. *Cereal Chem.*, 24 (1947) 231—249.
6. Schulz, A.: Anwendung von Konservierungsmittel zur Schimmelbekämpfung bei Brot. *Getreide, Mehl u. Brot*, 2 (1948) 93—95.
7. Soloski, Th. and J. Cruyns: Practical and theoretical considerations in the manufacture of canned bread. *Trans. Am. Ass. Cereal Chemists*, 8 (1950) 107—112.
8. Summer, W.: Biological control in the food industry. *Food*, 21 (1952) 173—175.
9. Weyland, P.: Die Rolle der organischen Säuren bei der Bekämpfung der Brotkrankheiten Fadenziehen und Schimmel. *Getreide, Mehl u. Brot*, 2 (1948) 151—153.