

Naar onze smaak.....

Inaugurele redes uitgesproken bij het aanvaarden van het ambt van hoogleraar in de Levensmiddelen-natuurkunde met bijzondere aandacht voor de zuivel en van persoonlijk lector, beide binnen de vak-groep Levensmiddelentechnologie van de Landbouw-hogeschool te Wageningen, op 16 november 1978

door

Dr. A. Prins

en

Dr.Ir. P. Walstra

## Rede P. Walstra

Dames en Heren,

Ruim twee jaar geleden wijdde het bekende populair-wetenschappelijke tijdschrift "Scientific American" een geheel nummer aan het thema "Food and Agriculture". Twaalf artikelen, samen 175 pagina's, over allerlei vraagstukken rond het voeden van de mens. Belangwekkende informatie van hoog gehalte, maar u begrijpt misschien mijn teleurstelling toen bleek dat er geen woord instond over de rol van de levensmiddelentechnologie.

Dit voorbeeld staat niet alleen. De afgelopen jaren is in congressen, artikelen en boeken veel aandacht besteed aan de problemen van een goede voedselvoorziening, en onze hogeschool heeft daar naar behoren aan bijgedragen. De produktie van voedingsgewassen en dierlijke voedingsmiddelen, aspecten van voeding en gezondheid, alsmede de invloed van sociaal-economische en politieke factoren, worden alle belicht en bestudeerd. Maar de levensmiddelentechnologie wordt zelden genoemd. Wel in een ander verband en dat is minder mooi: Onze industrie maakt levensmiddelen met een laffe smaak, vol met chemicaliën die onze gezondheid bedreigen, onnodig duur gemaakt door weelderige verpakking en reclame; en zo ze ons al geen stenen voor brood geeft, dan toch vaak water en lucht voor degelijke kost. Een enkele jaren gelden verschenen kritisch boekje over "Voedsel in Nederland" heeft dan ook als veelzeggende ondertitel "Gezondheid, bedrog en vergif". Het stelt in

wezen de vraag of veel van wat wij doen bij de fabricage en verkoop van levensmiddelen ethisch wel verantwoord is. Overigens blijkt het boekja na lezing vrij wat genuanceerder dan de titel doet vermoeden.

Er is dus veel onvrede met in de fabriek bereide levensmiddelen. Ten dele is dat eenvoudig nostalgie: vroeger was het beter! Belangrijker is dat velen bang zijn voor onbekende gevaren, zoals schadelijke stoffen, en "natuurlijk" voedsel willen. De technologie riekt voor hen naar duivelskunst. Om een beeld te gebruiken: In het paradijs plukten Adam en Eva de appels van de boom en aten ze zo. Maar ze namen er één te veel, die van de kennis van goed en kwaad. Daarop kreeg de duivel zijn kans en hij bedacht de technologie. Zodat wij nu appelmoes uit blik eten. Voorwaar een heerlijke vooruitgang!

Ik hoop u in het komende half uur te tonen dat de levensmiddelentechnologie meer kan. Maar laten we eerst proberen het vak te definiëren. Bijvoorbeeld als de leer van:

Het met toepassing van wetenschappelijke methoden ontwikkelen of verbeteren van ( $1^{\circ}$ ) processen om levensmiddelen met gewenste kwaliteitskenmerken te bereiden, en ( $2^{\circ}$ ) methoden om de kwaliteit van levensmiddelen te onderzoeken en te bewaken <sup>1)</sup>.

Vooraf de eerste van deze beide activiteiten komt pas goed tot zijn recht bij de industriële, grootschalige bereiding die tegenwoordig in de westerse wereld overheerst. Die ontwikkeling is een gevolg van de algemene ontwikkelingen

van onze maatschappij: taakverdeling, industrialisatie, sterke bevolkingsgroei en verstedelijking. De produktie van de voor al die mensen nodige voedingsstoffen is slechts mogelijk geworden door de sterk verbeterde produktiviteit van de landbouw. De simpele waarheid dat we zonder landbouwwetenschap heel wat armer en ongezonder zouden zijn - wat iedereen zou betreuren - en met één heel wat kleinere bevolking - wat velen zou verheugen - ,die waarheid wordt licht vergeten.

De levensmiddelentechnologie draagt niet, of althans weinig bij aan de primaire produktie van eetbare energie en nutriënten<sup>2)</sup>. Toch speelt ze een essentiële rol in de voorziening met deze levensnoodzakelijkheden. Zo kan ze oneetbare of onaantrekkelijke grondstoffen in een eetbare vorm brengen<sup>3)</sup> en micro-nutriënten toevoegen<sup>4)</sup>. Ook draagt ze er toe bij nutriënten in een goede verhouding samen te brengen, wat in feite verliezen beperkt<sup>5)</sup>. Maar tot nu toe ligt haar grootste betekenis in het voorkómen van bederf. Dit vereist enige toelichting.

Levensmiddelen worden vrijwel uitsluitend bereid uit levende materie, levend in die zin dat ze afkomstig is van levende organismen. Levende materie is altijd onstabiel in thermodynamische zin; dit geldt ook voor onszelf. Als er thermodynamisch evenwicht zou ontstaan, zouden wij grotendeels opgaan in waterdamp, koolzuurgas en andere vluchtige bestanddelen, en zou er maar heel weinig van ons overblijven. Een levend organisme is in staat om - met behulp van de genoemde eetbare energie en nutriënten

- het ontstaan van dat evenwicht, en zelfs het gaan in de richting ervan, te voorkomen. Vandaar dat we rustig tegen iemand kunnen zeggen betreffende iets dat toch nooit zal gebeuren: "dan kun je wel wachten tot je een ons weegt!". Maar als de materie niet meer deel uitmaakt van een levend organisme, gaat het onherroepelijk in de richting van dat evenwicht. Dat wil zeggen dat zonder toevoeging van uitwendige energie bederf optreedt. De subtiele ingewikkeldheid van de levende materie leidt tot talloze soorten bederf, die naast en na elkaar voor kunnen komen. De genoemde evenwichtssituatie van koolzuurgas en waterdamp kan pas na een heel groot aantal tussenstappen worden bereikt, en ze wordt dan ook zelden bereikt. Maar lang voor het zover komt is het levensmiddel al bedorven.

De werking van micro-organismen, zoals bacteriën of schimmels, is doorgaans het opvallendst: denk aan het zuur worden van melk of het beschimmelen van brood. Aangezien deze boosdoeners meestal door besmetting in het levensmiddel komen, kunnen we trachten die besmetting te minimaliseren. Maar dan zijn er altijd nog enzymen, die allerlei biochemische omzettingen kunnen bewerkstelligen, meestal bederf inhoudende<sup>6)</sup>. En zijn we die de baas, bijvoorbeeld door verhitting, dan kunnen verscheidene chemische reacties optreden, zoals oxidatie van vet, wat een ranzige smaak geeft, of bruiningsreacties, die onder meer tot verlies van voedingswaarde leiden. Tenslotte is ook fysisch bederf mogelijk, zoals uitdroging en ontmenging.

Bederf betekent verlies. Bij ernstig bederf is het

voedsel niet meer eetbaar. Soms wordt het niet als zodanig herkend, maar bedreigt het wel de gezondheid, zoals dat wel eens gebeurt bij bederf door *Salmonella*-bacteriën. Vaak gaat de voedingswaarde achteruit, meestal ook de smaak. De grootste bijdrage van de levensmiddelentechnologie aan het voorzien van de mens met voldoende eetbare energie en nutriënten ligt in het ontwikkelen en verbeteren van conserveringsmethoden; verbeteren ook in die zin dat de conservering zelf voedingswaarden en smaak zoveel mogelijk intact laat<sup>7)</sup>. Zeker als levensmiddelen lang bewaard moeten worden, en over grote afstanden vervoerd, is deze bijdrage essentieel.

De levensmiddelentechnologie heeft ons meer gebracht. De bereiding van vele levensmiddelen is er aanzienlijk goedkoper door geworden. De gemiddelde kwaliteit is doorgaans flink verbeterd. En onze betere kennis van levensmiddelen, gepaard aan de grootschaligheid van de fabricage, heeft er wezenlijk toe bijgedragen dat onze levensmiddelen thans veiliger zijn dan ooit, alle kritiek op gevaarlijke stoffen erin ten spijt.

Daarenboven heeft de technologie nieuwe mogelijkheden gebracht. Soms werden nieuwe grondstoffen verwerkbaar gemaakt, vaker werden nieuwe produkten gemaakt, zoals margarine, gecondenseerde melk, op vlees gelijkende produkten uit plantaardig eiwit en oploskoffie. Dit laatste is een voorbeeld van een gemakprodukt. We krijgen niet zo zeer iets dat beter is - in smaak, voedingswaarde of anderszins -, maar iets dat gemakkelijker is in het ge-

bruik. Dit inbouwen van "convenience" zet zich voort via het fabriceren van gerechten tot kant-en-klare maaltijden toe.

Maar daarmee zijn we al bij ontwikkelingen gekomen die niet de onverdeelde sympathie hebben. Over het nut en de kwaliteit van allerlei nieuwe produkten valt zeker te twisten. Ik wil u dan ook bepaald niet voorspiegelen dat de levensmiddelentechnologie ons in luilekkerland zou kunnen brengen. Elke technologie heeft twee gezichten: het ene innemend en hulpvaardig, het andere dreigend en heerszuchtig. Zo brengt ook de industriële bereiding van levensmiddelen naast voordelen duidelijke nadelen. De mogelijkheden voor bedrog nemen toe<sup>8)</sup>. Nieuwe processen en nieuwe grondstoffen of additieven kunnen soms schadelijke gevolgen hebben voor de gebruikers, en als dat eens gebeurt kunnen door de grootschaligheid de gevolgen ernstig zijn. Wat mij hoog zit is het gevaar voor vervlakking, vooral van de smaak, maar ook van andere kwaliteitskenmerken. Factoren die dit in de hand werken zijn: (1<sup>o</sup>) de wens om een constant produkt te maken, want bij verschillen in smaak of uiterlijk komen er al gauw klachten van de gebruikers, en een wat lager kwaliteitsniveau is meestal gemakkelijker constant te houden; (2<sup>o</sup>) de neiging om bij kwaliteitskeuringen, juist bij keuring door deskundigen, te zeer op afwijkingen te letten in plaats van op positieve kanten; (3<sup>o</sup>) de wenselijkheid of de noodzaak om aan andere overwegingen de voorrang te geven, vaak vooral aan de kostprijs.

We kunnen hier natuurlijk wat aan doen. Ik citeer met instemming de Engelse natuurkundige, romanschrijver en politicus C.P. Snow: "The only weapon we have to oppose the bad effects of technology is technology itself. There is no other. We can't retreat into a non-technological Eden which never existed". Voor de goede levensmiddelen-technoloog is het een uitdaging de gevaren van de technologie, zoals die vervlakking, te lijf te gaan. En naar mijn smaak: hij moet ook iets van de gastronom in zich hebben.

Ik wil nu proberen om het vak wat nader te karakteriseren en wel aan de hand van een viertal karaktertrekken. De eerste hoef ik u nauwelijks te vertellen: het kenmerk multidisciplinair is voor een "Wagenings" vak een gemeenplaats. Bruin heeft enkele jaren geleden vanaf deze plaats duidelijk gemaakt hoe de proceskunde zich ontwikkelt tot een eigen discipline<sup>9)</sup> en hoe die essentieel is voor de levensmiddelentechnologie. Deze steunt verder op kennis van de eigenschappen en veranderingen in levensmiddelen, kennis die hoofdzakelijk vergaard wordt met de methoden der natuurkunde, scheikunde, biochemie en microbiologie; het zojuist gegeven overzicht van de verschillende soorten bederf wees daar al op.

Een tweede karaktertrek is dat de technologie krach- tens haar aard oplossingen moet vinden, ook als de wetenschappelijke basis ontbreekt. Ze is meer gericht op beheersen dan op begrijpen van processen. Laat ik een voor-



beeld geven. Allerlei levensmiddelen zijn emulsies, dat wil zeggen dat ze bestaan uit twee niet mengbare vloeistoffen, waarvan de ene in de vorm van fijne druppeltjes in de andere is verdeeld. Het klassieke voorbeeld is melk: vetdruppeltjes verdeeld in ondermelk. Het woord emulsie is dan ook afgeleid van het Latijnse "emulgeo", dat is: uitmelken. Vermoedelijk moeten we aan deze betekenis denken bij de woorden van John Robinson in de 17<sup>e</sup> eeuw: "My wished end is, by gentle concussion, the emulsion of truth". Andere emulsies zijn bijvoorbeeld margarine en mayonaise. Emulsies zijn, alweer, niet echt stabiel - ze neigen ertoe zich te ontmengen in twee vloeistofflagen -, maar er bestaat geen bruikbare theorie over hun stabiliteit. Toch moet de technoloog emulsies maken die het tenminste enkele weken of maanden uithouden. Hij kan eenvoudig op ervaring afgaan. Maar de geringste verandering in samenstelling of omstandigheden kan dan opeens een groot verschil in stabiliteit teweegbrengen, vaak zonder dat de oorzaak zich laat raden. Onze technoloog zal daarom praktisch gericht onderzoek doen, om tenminste enkele vuistregels te vinden. Zo ontdekt hij bijvoorbeeld dat de stabiliteit van de emulsie melk erg van de temperatuur afhangt, en wel op een vreemde manier: bij 5 °C is ze veelal relatief stabiel, bij 40 °C ook, maar daar tussenin veel minder<sup>10)</sup>. Dit brengt hem op de gedachte dat kristallisatie van een deel van de inhoud van de vetdruppeltjes een rol kan spelen. Modelonderzoek bevestigt dit: geheel vloeibare druppels zijn vrij stabiel, geheel vaste "drup-

pels" ook, maar niet die met zowel kristallijn als vloeibaar vet<sup>11)</sup>. Hij heeft nu weliswaar nog geen verklaring voor het mechanisme dat tot instabiliteit leidt, maar hij kan toch de invloed van een belangrijke variabele voorspellen, als hij tenminste in staat is de mate van kristallisatie te bepalen of te voorspellen. Zo zijn er nog veel meer factoren die de stabiliteit beïnvloeden en hij zal proberen ook deze in een verband te vatten en daar een grootste gemene deler uit te halen. Liefst wil hij natuurlijk een verklarende theorie vinden, omdat hij op basis daarvan de invloed van alle variabelen zou kunnen voorspellen; nog afgezien van de voldoening die het bedenken en bevestigen van een wetenschappelijke theorie geeft. Maar ook zonder die allesomvattende theorie moet en kan hij een heel eind komen.

De derde karaktertrek is al ter sprake geweest: ons object bestaat uit levende materie en die is onvoorstelbaar ingewikkeld. De meeste levensmiddelen bevatten tussen de  $10^3$  en  $10^6$  verschillende bestanddelen, vele van die bestanddelen zijn zelf erg ingewikkeld - bijvoorbeeld eiwitten - en tenslotte is hun ruimtelijke rangschikking vaak heel specifiek en verre van eenvoudig. Bovendien is levende materie erg variabel, en wel in tweeërlei zin. Samenstelling en eigenschappen variëren al naar herkomst, ras, jaargetijde en andere groeiomstandigheden, waaronder voeding. En ze veranderen voortdurend onder invloed van micro-organismen, enzymen, luchtzuurstof en nog veel meer: het reeds eerder genoemde bederf. Die verschillen hebben

natuurlijk invloed op de eigenschappen van de gemaakte produkten, en zouden invloed moeten hebben op de proce-voering: vaak gebeurt dit ook, maar nog vaker niet.

De vierde karaktertrek is eigenlijk heel algemeen, maar ik heb toch het idee dat ze bij de levensmiddelen-technologie wel erg sprekend is. Ik doel op de grote verscheidenheid van eisen die aan levensmiddelen en hun bereiding worden gesteld. De belangrijkste kwaliteitsei-sen zijn veiligheid voor de gezondheid, voedingswaarde, bekomaamheid<sup>12)</sup>, reuk en smaak, uiterlijk, duurzaamheid en allerlei gebruikseigenschappen. Daarbij moet de fabri-kant werken binnen de technologische mogelijkheden en zijn er allerlei randvoorwaarden: de beschikbaarheid en de kwaliteit van grondstoffen, milieuhygiënische eisen, de werkomstandigheden van het personeel en - vaak van doorslaggevend belang - de kosten. Het zal u duidelijk zijn dat er heel vaak tegenstrijdige eisen zijn, zelfs ten aanzien van slechts één van de genoemde aspecten. Zo komt het nog al eens voor dat verbetering van de micro-biële duurzaamheid van een levensmiddel tot gevolg heeft dat de smaak achteruit gaat<sup>13)</sup>, of dat er veel sneller chemisch bederf optreedt. Zo ergens, dan geldt zeker voor de levensmiddelentechnologie de wet van het behoud van moeilijkheden. Naar mijn smaak is het desondanks - of juist daardoor? - een erg boeiend en voldoening gevend vak.

Als men zich aan toekomstverwachtingen wil overgeven dan is een gemakkelijke voorspelling dat er meer en meer

wetenschap bij de fabricage van levensmiddelen te pas zal komen. Toch zal men mijns inziens de traditie nooit geheel overboord kunnen zetten. Er zijn levensmiddelen, met name hoog gewaardeerde zoals kaas en wijn, die een zo lange en ingewikkelde evolutie hebben doorgemaakt, dat een bereiding die uitsluitend op wetenschappelijk inzicht is gebaseerd nooit zal gelukken. Wel kan de wetenschap er veel aan verbeteren. Men leze er de inaugurele rede van Mulder, nu bijna 30 jaar geleden uitgesproken, over "Traditie en wetenschap bij de zuivelbereiding" nog eens op na. Veel van wat daar in staat geldt nog onverkort. Dit neemt niet weg dat er bovendien nieuwe, geheel op wetenschappelijk inzicht gebaseerde processen en produkten zullen worden ontwikkeld<sup>14)</sup>.

Ten einde enige ordening aan te brengen in de baaierd van verschijnselen die zich in levensmiddelen afspelen heeft de levensmiddelentechnologie zich onder meer gericht op de vraag welke micro-organismen doorgaans bederf veroorzaken en waardoor hun geboorte, leven en sterven wordt bepaald. Verder bestudeert ze de chemische reacties van de voornaamste bestanddelen: eiwitten, vetten, koolhydraten et cetera. Dit zijn de dingen die levensmiddelen gemeen hebben en door onderzoek hiervan kan onze kennis op een hoger abstractieniveau worden gebracht. Naar mijn idee zal daarbij in de toekomst meer en meer aandacht gegeven moeten worden aan de fysische structuren, aan de ruimtelijke rangschikking van de bestanddelen, en aan de invloed daarvan op eigenschappen en veranderingen. Een

heel eenvoudig voorbeeld zijn de reeds genoemde emulsies: bestudering daarvan levert algemene regels die voor vele produkten van belang zijn. Met het aldus toegenomen inzicht zal het beter mogelijk zijn bereidingsprocessen te sturen. Men zal daarbij in moeten spelen op de hiervoor genoemde variabiliteit. Gezien de ingewikkeldheid van de veranderingen die zich gedurende de bereidingsprocessen afspelen zal het nodig zijn wiskundige modellen te maken, om op grond daarvan te bepalen aan welke variabelen het proces moet worden aangepast<sup>15)</sup>. Dit vereist weer de ontwikkeling van meestal fysische meetmethoden die zò snel informatie geven dat de procesomstandigheden gedurende de bereiding voortdurend kunnen worden aangepast. Uiteraard zijn dit ontwikkelingen die hier en daar al plaats vinden. Maar meestal zal er een veel grondiger kennis van grondstoffen en de veranderingen daarin voor nodig zijn.

Al met al wordt de fabricage van levensmiddelen steeds ingewikkelder, al wordt ze door het toenemende inzicht tevens doorzichtiger. De scherper wordende eisen<sup>16)</sup> geven weinig gelegenheid tot wat ik de gemakkelijke weg zou willen noemen. Die is zo ongeveer: koop wat verschillende grondstoffen, roer ze door elkaar, doe er een verdikkingsmiddel bij als het ontmengt, een conserveermiddel als het bederft en wat kleur- en smaakstoffen; stop het in een fleurige verpakking en klaar is Kees. Deze beschrijving is natuurlijk een karikatuur, maar ze heeft toch een ondertoon van waarheid. Meer en meer zullen we de moeilijke weg moeten gaan. Dat houdt onder meer in

rigoreus weren van besmetting, verdere beperking van chemische hulpstoffen en door fysische bewerkingen de gewenste eigenschappen geven. Laat ik nog eenmaal een eenvoudig voorbeeld geven.

Boter en margarine bevatten ongeveer 20 % vocht<sup>17)</sup>, verdeeld in fijne druppeltjes in het vet; emulsies dus. Microbieel bederf treedt op in het vocht. Verhitten van het produkt om de microben te doden is niet mogelijk: het zou helemaal ontmengen. Dus moeten we besmetting zoveel mogelijk voorkömen. Stel dat we op die manier het kiemgetal, dat wil zeggen het aantal micro-organismen per gram, tot 10.000 kunnen beperken. Als we nu zorgen dat er bijvoorbeeld 10-miljard vochtdruppels per gram boter zijn, dan zal slechts 1 op de miljoen druppels een microbe bevatten. Aangezien deze niet van de ene in de andere druppel kunnen komen, zal het bederf verwaarloosbaar zijn<sup>18)</sup>. Men probeert dan ook om de verdeling van het vocht zo fijn mogelijk te maken. Maar dat brengt onder andere mee dat de boter wat bleek van kleur wordt<sup>19)</sup> en vooral - en dat is minder algemeen bekend - een vervlaking van de smaak. Want veel van de smaakstoffen bevinden zich in het vocht en als dat erg fijn verdeeld is, kunnen deze stoffen niet goed vrijkomen. De fabrikant zal er dus wijs aan doen om die fijne vochtverdeling niet te overdrijven, wil hij een aromatisch produkt maken. Dit voorbeeld toont aan hoe men door een zorgvuldig optimaliseren van procesomstandigheden en zonder chemische hulpstoffen tot een goed resultaat kan komen. Helaas doet de boter-

fabrikant dit onvoldoende, want ons kostelijkste zuivelprodukt is op het ogenblik een bijprodukt, waar hij geen ontwikkelingskosten aan wil besteden en bederf ervan is zijn enige angst. Vandaar dat hij de vochtdruppels al maar fijner maakt en onze boter al maar zalviger lijkt te worden. Ik wil hier nog aan toevoegen dat deze invloed van de vochtverdeling op de smaakgevaarwording een aanwijzing geeft dat smaakverbetering verre van eenvoudig is<sup>20)</sup>: het simpelweg toevoegen van synthetische smaakmakers heeft dan ook zelden een goed resultaat.

De levensmiddelenfabricage wordt ook moeilijker doordat de fabrikant met steeds meer aspecten rekening moet houden: toxicologische, voedingskundige en milieuhygiënische naast de voor het vak traditionele. Onze afgestudeerden moeten daartegen opgewassen zijn. Anders is een verantwoorde ontwikkeling, beheersing en controle van processen en produkten alleen nog maar mogelijk door grote teams van deskundigen uit verschillende disciplines. En dat kunnen alleen de allergrootste industrieën zich veroorloven.

Wie tenslotte mocht denken dat het door mij geschetste beeld wel erg typerend is voor de hoog ontwikkelde, westerse wereld, heeft wel enigszins, maar niet helemaal gelijk. In vele ontwikkelingslanden zet de verstedelijking zo snel door dat ook de industriële levensmiddelenbereiding er snel ontwikkeld moet worden. Men zal dat op geheel eigen wijze moeten doen, al gelden natuurlijk dezelfde grondprincipes als hier. Maar er is nauwe-

lijks een technologie te bedenken waarbij men zozeer moet aansluiten op plaatselijke gebruiken en mogelijkheden als juist bij de levensmiddelenfabricage. Ik geloof dan ook evenmin in het hiër ontwikkelen van z.g. aangepaste technologie, als in het dâar neerzetten van kopieën van onze fabrieken. Wel zullen Wageningse levensmiddelentechnologen in arme landen aan de ontwikkeling kunnen meehelpen en velen doen dat dan ook.

Hoe zullen de levensmiddelentechnologen hun vak gebruiken? Daarmee komen we terug bij de ethiek. Want hoewel er een taakverdeling is tussen de technoloog en hen die de vruchten van zijn werk distribueren en verkopen, zou het al te gemakkelijk zijn daaruit een ethische taakverdeling af te leiden: "Ik maak naar eer en geweten de producten waar om gevraagd wordt en voor wat er daarna mee gebeurt ben ik niet verantwoordelijk". Naar mijn gevoel zijn de technologen minstens medeverantwoordelijk. Wel zie ik een andere beperking, in navolging van bijvoorbeeld Van Melsen, die wijst op het verschil tussen ethisch besef en ethische plicht. Uitvoeren wat ethisch wenselijk is wordt pas plicht als het ook mogelijk is. Een buitenstaander kan gemakkelijker ethische normen aanleggen dan een levensmiddelenfabrikant ze kan toepassen. Anderzijds kan deze zich gemakkelijk achter beweerde onmogelijkheden verschuilen.

Een eerste ethische eis is natuurlijk dat het voedsel veilig moet zijn: geen schadelijke stoffen of orga-



nismen erin. Deze norm lijkt zo eenvoudig, maar is dat niet, vooral door de grote variatie in gevoeligheid voor bepaalde stoffen<sup>21)</sup>. Dus moeten we min of meer arbitrair normen vaststellen. In de westerse wereld stellen we die erg scherp, wat in zekere zin een welvaartsverschijnsel is. Als je te weinig eten hebt, word je heel wat minder kieskeurig, ook op dit punt. Bovendien - Pilnik heeft daar onder meer op gewezen - vindt men in de ontwikkelingslanden onze scherpe normen vaak een vorm van neokolonialisme: het verhindert hèn om hun produkten naar òns te exporteren!

De volgende eis is die van echtheid: geen vervalsing en geen verdunning<sup>22)</sup>. Hoewel elke fabrikant deze eis zal onderschrijven, treedt zonder reglementering onherroepelijk de wet van Gresham in werking. Dit vraagt misschien enige toelichting. In een tijd dat geld identiek was met zilveren of gouden munten, was het erg voordelig die munten te besnoeien, dat wil zeggen er een randje metaal af te snijden en dan als volwaardig uit te geven. Dat gebeurde dan ook steeds, zodat Gresham stelde: "bad money always drives out good money". Zo is het ook met andere zaken: als maar één fabrikant een beetje op de dure bestanddelen van zijn produkt besnoeit en daardoor goedkoper kan leveren is het hek van de dam. Er helpt maar één ding: wettelijke eisen die controleerbaar zijn. Vandaar het randschrift op onze guldens en de Keuringsdienst van Waren<sup>23)</sup>.

Hoewel deze normen dus niet geheel aan de fabrikanten

kunnen worden overgelaten, is het mijns inziens erg verkeerd hen niet in de opstelling ervan te betrekken. Men zou op die wijze niet bepaald het verantwoordelijkheidsgevoel van de fabrikanten bevorderen. En dat is er wel degelijk: zo bestaat er voor melkprodukten reeds lang een voortreffelijk contrôlestelsel, dat op vrijwillige deelneming van de industrie berust<sup>24)</sup>.

Meer en meer roept men om garanties voor de voedingswaarde, voor gezond voedsel. Een probleem is dan wel dat zowat het enige voedsel dat in aller ogen nog genade kan vinden bestaat uit water en bruinbrood: vanouds gevangenskost. Maar serieus: wat ik het centrale dogma van de voedingsleer zou willen noemen is dat er geen gezond voedsel bestaat, wel gezonde voeding. Niet één levensmiddel bepaalt of we goed gevoed worden, maar ons gehele levensmiddelenpakket. Niemand kan het de bakker kwalijk nemen als zijn klanten uitsluitend bruinbrood zouden willen eten, wat hen ongetwijfeld doodziek zou maken.

De verantwoordelijkheid wordt geheel anders als we levensmiddelen maken die het grootste deel van de voeding uitmaken, of zelfs hele maaltijden. Een berucht voorbeeld is de "filled milk" in de Filippijnen geweest. Hierin was melkvet vervangen door kokosvet, met als gevolg o.m. geen vitamine A en te weinig linolzuur. Jonge kinderen, voor wie dit produkt hoofdvoedsel was, werden ernstig ziek en sommigen stierven. Hier was de ethische norm wel heel duidelijk overschreden.

Men vergeet overigens weleens dat de mensen geen

nutriënten kopen, maar voedingsmiddelen. Andere aspecten, vooral de smaak, maar ook uiterlijk, duurzaamheid, gebruikseigenschappen en allerlei wat moeilijk weegbare ideeën die de gebruiker erover heeft, bepalen doorgaans meer of hij het wil hebben.

Vooraf dit laatste verdient overweging. Want iedereen die materiële zaken verkoopt, verkoopt daarbij tevens illusies; zo ook de levensmiddelenfabrikant. Bij zijn produkten is het aandeel hieraan meestal niet eens erg groot. De fabrikant van cosmetica, bijvoorbeeld, koopt hoofdzakelijk illusies; misschien is zijn belangrijkste artikel zelfvertrouwen. Maar ook aan levensmiddelen kunnen illusies kleven, en vooral dan komen er ethische vragen, zoals die rond het waarheidsgehalte van de reclame.

Een veel verkochte illusie is tegenwoordig die van de gezondheid. Bijvoorbeeld: "Als ik nu maar diëtmargarine eet, krijg ik geen hartinfarct". Het is voor mij zeer de vraag of het inspelen hierop ethisch gerechtvaardigd is. Voor en aler zulke gezondheidsclaims voor het grote publiek worden gelegd moet ten eerste bewezen zijn dat ze waar zijn en ten tweede dat het gesuggereerde gedrag niet anderszins schadelijk is. Mijns inziens is hier geen van beide het geval. Om nu niet de indruk te wekken dat ik speciaal de groot-industrie te lijf wil gaan noem ik ook de propaganda voor reformvoedsel, biologisch-dynamische produkten en dergelijke. Wat daarover vermeld wordt aan onbewezen heilzaamheden en regelrechte onwaar-

heden is naar mijn gevoel ethisch onverantwoord.

Een andere illusie is vaak dat gebruik van het bewuste produkt in is, dat men daardoor aanzien verwerft. Zo bijvoorbeeld het geven van babyvoeding uit de fles door geheel gezonde, voldoende melk producerende moeders. Gelukkig neemt dit vreemde modeverschijnsel weer af. Maar indien men het moeders in ontwikkelingslanden probeert aan te praten, die in 't geheel niet bekend zijn met de gevaren die er aan kleven bij onjuist gebruik, is het zeker onverantwoord.

Dit brengt ons op nog een ethisch aspect, voor vandaag het laatste. Als men levensmiddelen wil verkopen, of zelfs weggeven, die voor de gebruikers geheel nieuw zijn, dan dient men zonodig voor de juiste begeleiding te zorgen. Een ander voorbeeld daarvan is de verstrekking van mager melkpoeder in arme landen. Zeker wanneer dit voorzien is van de vitamines A en D is het een hoogwaardig voedingsmiddel, vooral voor kinderen die eiwit en enkele andere nutriënten tekort komen. Maar, en Vos heeft daar al geruime tijd op gehamerd, men zal deze voedingshulp moeten begeleiden, omdat gebruikers en tussenpersonen ter plaatse het produkt niet kennen, niet weten wat het waard is, hoe het bederven kan, et cetera. Het Produktschap voor Zuivel besteedt er nu gelukkig aandacht aan, via een project waarbij vooral de vakgroep Voeding een rol zal spelen. Ik hoop dat hierbij de technologische aspecten niet uit het oog worden verloren, want die zijn vermoedelijk even belangrijk als de voedingskundige.

Dit brengt me tot een laatste opmerking: naar mijn smaak zouden voedingsleer en levensmiddelentechnologie wat meer hand in hand moeten gaan. Ze richten zich tenslotte op hetzelfde: bijdragen aan een verantwoorde voeding van alle mensen.

Dames en heren,

De vrijheid om u enkele gedachten te laten horen die op het gehele, zeer ruime werkgebied van onze vakgroep betrekking hebben, meende ik te mogen ontlennen aan een benoeming op persoonlijke titel. Misschien vond u het verhaal wat erg algemeen. De volgende spreker zal echter dieper op enkele aspecten ingaan.

Voordien wil ik graag allen die aan mijn benoeming hebben bijgedragen hartelijk danken. Het is een goed gebruik om bij een gelegenheid als deze tevens zijn leermeesters te bedanken. Ik sluit mij daar dan ook bij aan en noem in het bijzonder Mulder. Enkele jaren geleden heb ik in het openbaar zijn kwaliteiten als inspirator en onderzoeker geróemd. Ik wil daar nu graag mijn dank voor zijn vriendschap aan toevoegen.

Met velen van onze hogeschool heb ik reeds lang en in vriendschap samengewerkt. Vooral het werken met oude en nieuwe collega's en studenten binnen de sectie "Zuivel" is voor mij een groot goed. Ik vertrouw dat wij gezamenlijk zowel onze traditionele als onze nieuwe taken naar tevredenheid zullen kunnen vervullen. Verder hoop ik de goede samenwerking met anderen, primair binnen de vakgroep

Levensmiddelentechnologie, maar ook met b.v. de vakgroep Fysische en Kolloïdchemie en het Nederlands Instituut voor Zuivelonderzoek, nog te intensiveren. Mijn geregelde contacten met de levensmiddelenindustrie, in het bijzonder de zuivelindustrie en wat daar mee samenhangt, hoop ik minstens op peil te houden: in een toegepaste wetenschap is het zonder meer noodzakelijk voeling te houden met de praktijk.

Mevrouw, mijne heren bestuurders van de LH. Volgens mijn Latijnse woordenboek is een lector een voorlezer, in het bijzonder een slaaf die zijn meester voorleest. Ik hoop u naar genoegen te hebben voorgelezen.

Noten

1. Produktontwikkeling is hier niet expliciet vermeld, maar valt m.i. onder 1°.
2. Een voorbeeld van primaire produktie door technologen is het kweken van gist op aardolie en anorganische stoffen.
3. Voorbeelden zijn de zuivering van sommige oliën, de extractie van eiwit uit soyabonen en de winning van voedingsstoffen uit afvalwater.
4. B.v. synthetisch bereide lysine en vitamine C.
5. Naarmate energie en nutriënten in een beter op de behoeften afgestemde verhouding worden opgenomen kan met minder voedsel worden volstaan.
6. B.v. hydrolyse van oliën en vetten en week worden van fruit. Overigens zijn er ook gewenste enzymatische omzettingen, zoals bij de rijping van sommige soorten vis, b.v. ansjovis.
7. Soms kunnen deze zelfs verbeterd worden, bijvoorbeeld bij kaas en zuurkool.
8. De mogelijkheden voor contrôle op bedrog nemen eveneens toe.
9. Hiermee bedoel ik niet te zeggen dat de proceskundige "monodisciplinair" werkzaam zou moeten zijn. Integendeel, ook hij moet verschillende disciplines gebruiken en kennis van grondstoffen hebben, zeker bij toepassing op levensmiddelen.
10. Bovendien heeft de temperatuurgeschiedenis invloed.
11. Druppels met b.v. 70 % kristallijn vet gedragen zich of ze geheel vast zijn. Overigens is het correcter te spreken van de stabiliteit van de dunne film tussen twee elkaar dicht genaderde druppels.
12. Volgens E. Brouwer in zijn afscheidsrede de mate waarin het voedingsmiddel ons na het eten goed bekomt.
13. Vooral steriliseren door verhitting geeft vaak een slechte smaak (en soms verlies van voedingswaarde), al verschillen ook hier de smaken (denk aan gesteriliseerde melk). Z.g. UHT-verhitting geeft verbetering, maar dan zijn vaak de chemische of fysische stabiliteit weer slechter.
14. Belangrijke recente voorbeelden zijn membraanpro-

- cessen, zoals ultrafiltratie, en enzymtechnologie, vooral het gebruik van enzymen op dragers.
15. Daarbij is tevens optimaliseringsrekening nodig.
  16. Het z.g. consumentisme speelt hierbij een grote rol. Consumenten worden steeds bewuster in hun koopgedrag en hebben organisaties opgericht die langzamerhand steeds beter gefundeerde eisen aan verbruiksgoederen stellen.
  17. Dat wil zeggen 16 % water met daarin opgeloste stoffen.
  18. Doordat de druppels niet even groot zijn zal een  $10^4$  grotere fractie van het vocht zijn besmet, b.v.  $10^5$  tot  $10^5$  deel, maar dit is nog steeds verwaarloosbaar weinig.
  19. Door de intensievere lichtverstrooiing.
  20. Er zijn nog al wat factoren, buiten de concentratie aan smaakstoffen, die de smaakgewaarwording beïnvloeden.
  21. Vrijwel alle stoffen zijn in hoge concentratie schadelijk en er is bijna geen stof te bedenken die ook in lage concentraties voor alle mensen onschadelijk is.
  22. Informatieve etikettering, waaronder vermelding van de samenstelling, lijkt mij een zo voor de hand liggende eis dat ik er verder aan voorbij ga, al zou er heel wat over te zeggen zijn.
  23. En andere instanties die contrôle op levensmiddelen uitoefenen.
  24. Zo is het althans opgezet. Juist door het succes ervan is het nu in feite onmogelijk zich aan deze contrôle te onttrekken.



## Rede A. Prins

Dames en Heren,

Bij het aanvaarden van de leeropdracht in de "Fysica en fysische chemie van levensmiddelen met bijzondere aandacht voor de Zuivel", biedt het uitspreken van een inaugurele rede een goede gelegenheid om deze leerstoel aan u voor te stellen. Daartoe zou ik eerst even willen stilstaan bij de plaats die deze leerstoel binnen de Landbouwhogeschool inneemt.

De Landbouwhogeschool kent maar één Faculteit: de Faculteit der Landbouwwetenschappen. Deze Faculteit bestaat uit ruim 70 vakgroepen. Eén daarvan is de vakgroep Levensmiddelentechnologie. Deze vakgroep Levensmiddelen-technologie bestaat uit drie secties: de sectie Proceskunde, de sectie Levensmiddelenchemie en -Microbiologie en de sectie Zuiveltechnologie en Melkkunde. De vakgroep is op deze manier dus verdeeld in twee discipline gerichte secties en één sectie die op een produktgroep, de zuivel, is gericht.

Reeds lang had men het plan om in de vakgroep Levensmiddelentechnologie naast de Proceskunde en de Levensmiddelenchemie en -Microbiologie ook de Fysica en fysische chemie van levensmiddelen, kortweg genoemd de Levensmiddelennatuurkunde, op te nemen. Het lag voor de hand om dat in de sectie Zuivel te doen omdat daar onder de bezielende leiding van mijn voorganger, prof. Mulder, al gedurende vele jaren natuurkundig onderzoek aan melk en

melkprodukten werd verricht.

Een reden om bijzondere aandacht aan de zuivel te besteden, is het grote belang van de zuivelindustrie voor de bedrijvigheid in Nederland. De tabel<sup>\*)</sup> geeft enige cijfers ter illustratie. In 1975 waren 26.000 personen werkzaam in de zuivelindustrie<sup>1)</sup>. Daarmee neemt de zuivelindustrie de zevende plaats in op de ranglijst van industriële werkgevers in Nederland. Deze lijst wordt aangevoerd door de electrotechnische industrie met 119.000 werknemers, gevolgd door de chemische industrie met 88.000 werknemers en op de derde plaats de scheepsbouw met 47.000 werknemers.

Zonder de melkveehouderij zou de zuivelindustrie echter niet hebben bestaan. De melkveehouderij geeft aan 94.000 mensen werk, zodat samen met de zuivelindustrie, het aantal werknemers dat direct iets met melk en zuivelprodukten te maken heeft ongeveer gelijk is aan dat van de grootste industriële werkgever in Nederland, de electrotechnische industrie.

Wat de produktie per werknemer per jaar betreft<sup>\*)</sup>, neemt de zuivelindustrie met f 270.000,-- ruimschoots de eerste plaats in, voor de chemische industrie is dat f 186.000,--, voor de scheepsbouwindustrie f 120.000,--, en voor de electrotechnische industrie f 96.000,-- per werknemer.

Ook wat de groei betreft slaat de zuivelindustrie geen gek figuur: sinds 1955 is er een gestage groei in de melkproduktie. In 1976 werd vergeleken met 1955 5 x zo-

\*)

Zie tabellen op blz. 46.

veel melkpoeder gemaakt,  $2\frac{1}{2}$  x zoveel boter en  $2\frac{1}{2}$  x zoveel kaas<sup>2)</sup>.

Een argument van heel andere aard om Levensmiddelen-natuurkunde als het ware op zuivel te enten, is dat het hele gebied van de melkprodukten, van melkpoeder tot kaas en van yoghurt tot gecondenseerde melk, zo'n breed scala van produkten te zien geeft dat we gerust kunnen stellen dat zuivelprodukten, wat hun fysische eigenschappen betreft, model kunnen staan voor veel levensmiddelen. Anders gezegd: veel van de verschijnselen en problemen die zich bij de zuivelprodukten voordoen, doen zich ook voor bij andere levensmiddelen. Enkele willekeurig gekozen voorbeelden: het oplosgedrag van melkpoeder is een belangrijk kwaliteitskenmerk van dit melkprodukt<sup>3)</sup>. Hetzelfde geldt voor gedroogde soepen: in beide gevallen moet het poeder zich gemakkelijk in water verdelen en mag het niet klonteren. Een ander voorbeeld is het stabiliseren van chocolademelk, dat wil zeggen voorkómen dat de chocoladedeeltjes naar de bodem van de fles zakken<sup>4)</sup>. Dit probleem is analoog aan het stabiliseren van frisdranken zoals sinaas-appelsap, waar men de troebeling graag homogeen door de vloeistof verdeeld wil zien<sup>5)</sup>.

Evenzo vertoont het bereiden van melkpoeder grote overeenkomst met het bereiden van oploskoffie. In beide gevallen wordt een vloeistof tot kleine druppeltjes versproeid, die in een warme luchtstroom droogdampen.

De kaasbereiding - zo belangrijk voor onze export - is een proces dat berust op de gelering van melkeiwitten.

Een diepgaand onderzoek naar de manier waarop de gelinging van deze eiwitten tot stand komt, zou niet alleen voor het huidige, op ambachtelijke leest geschoeide, bereidingsproces van groot belang kunnen zijn, maar ook het inzicht vergroten in andere gelingingsprocessen zoals het maken van kunstvlees uit melkeiwit of soja-eiwit.

Omgekeerd kan de zuivelindustrie ook profiteren van onderzoek dat elders aan soortgelijke systemen is verricht. Ik denk hierbij aan het onderzoek naar de consistentie van margarine. Bij de produktie van margarine moet men rekening houden met een, qua samenstelling, steeds wisselend aanbod van oliën en vetten. Toch is men in staat om margarine van een bepaalde gewenste consistentie te maken. Men doet dat door bij de bereiding zowel de samenstelling als het proces aan te passen.

Margarine ontleent zijn consistentie, zijn stevigheid, aan de aanwezigheid van vetkristallen. Door wisselwerkingskrachten tussen deze vetkristallen worden bouwsels van vetkristallen gevormd, die in belangrijke mate bijdragen tot de consistentie van dit produkt. Onderzoek naar de aard van de wisselwerkingskrachten tussen deze vetkristallen heeft veel bijgedragen tot het vinden van die bereidingswijzen die het produkt de gewenste eigenschappen geven.

Anders dan bij margarine hebben we bij boter te maken met een produkt van een veel constantere vetsamenstelling. De consistentie-verandering van boter moet dan ook via de bereidingswijze geschieden. Uit onderzoek van Mulder en

Walstra<sup>6)</sup> is gebleken dat de fysische microstructuur van boter wel wat anders en ingewikkelder is dan die van margarine. Toch zou, naar mijn smaak, nader onderzoek naar de aard van de wisselwerkingskrachten die tussen de bouwstenen van boter werken, van belang kunnen zijn voor het vinden van die bereidingswijzen die boter de gewenste eigenschappen geven.

Hoe staat het nu met de research inspanning van de zuivelindustrie? Uit de spaarzame gegevens die beschikbaar zijn, blijkt dat dit ongeveer 0,2 % van de omzet is<sup>7)</sup>. Een vergelijking van deze research inspanning met die van de gehele Nederlandse levensmiddelenindustrie gaat in zekere zin mank omdat de research inspanning per onderneming zo verschillend is. Nemen we, ter wille van de eenvoud, de gehele Nederlandse levensmiddelenindustrie te samen dan komen we op een research inspanning van 0,4% van de omzet<sup>2)</sup>. Een reden voor de geringe research inspanning van de zuivel zou kunnen zijn dat het aantal problemen dat op een oplossing ligt te wachten, niet zo groot is. In de tijd dat ik mij intensief met zuivel en zuivelprodukten heb beziggehouden, heb ik echter een heel andere ervaring opgedaan: De huidige methoden voor het bereiden van zuivelprodukten leveren produkten op die door het grote publiek gewaardeerd worden. In de meeste gevallen ontbreekt echter de verklaring waarom deze bereidingswijzen zulke goede produkten opleveren. Zou men daar meer inzicht in hebben en ook bereid zijn om dit inzicht met

de historisch gegroeide ervaring te combineren, dan ligt er voor de zuivelindustrie nog een groot terrein van mogelijkheden braak.

Ik zou nu wat nader willen ingaan op de Levensmiddelen natuurkunde zelf.

Wat verstaan we onder Levensmiddelen natuurkunde?

Vatten we het algemeen op dan gaat het hier om de studie van al die eigenschappen van levensmiddelen die tot het vakgebied van de natuurkunde behoren. Het gaat dus om optische eigenschappen als kleur en brekingsindex; thermische eigenschappen zoals soortelijke warmte en warmte-transport door middel van geleiding en convectie; elektrische eigenschappen; transportverschijnselen zoals het opnemen en afstaan van water door middel van convectie en diffusie; een fysische karakterisering van levensmiddelen op basis van vorm en grootte, dichtheid, porositeit, aard van het oppervlak, rangschikking van de samenstellende bestanddelen; en tenslotte de mechanische eigenschappen van levensmiddelen, die aangeven of vlees mals of taai is, brood vers of oudbakken is, boter smeerbaar of hard is en een peer rijp of onrijp is.

U zult begrijpen dat we uit deze veelheid van onderwerpen in verband met de beschikbare faciliteiten, een keus hebben moeten maken. Bovendien zijn bepaalde onderwerpen van Levensmiddelen natuurkunde opgenomen in de onderwijsprogramma's van andere secties van de Landbouwhogeschool.

We hebben onze keus gemaakt op basis van de overweging dat de meeste levensmiddelen disperse systemen zijn. Dat wil zeggen dat de meeste levensmiddelen zijn opgebouwd uit deeltjes zoals cellen (denkt u aan groente, fruit en appelmoes), vezels (vlees, vis en rabarber), kristallen (boter, margarine, pepermunt), emulsiedruppels (mayonaise, melk), eiwitdeeltjes (kaas, yoghurt) of luchtbelletjes (brood, beschuit, consumptie ijs, opgeklopte slagroom).

Veel van de eigenschappen van disperse levensmiddelen zijn terug te voeren op het feit dat de deeltjes op de één of andere manier wisselwerking met elkaar hebben of anders gezegd: krachten op elkaar uitoefenen. Zijn deze wisselwerkingskrachten groot dan zal het levensmiddel in het algemeen steviger zijn dan wanneer de wisselwerkingskrachten klein zijn. Het belang van de grootte van de wisselwerkingskrachten voor de eigenschappen van een levensmiddel kan goed worden geïllustreerd aan de hand van het voorbeeld van een pak vacuum koffie. Door de druk van de buitenlucht worden de koffiedeeltjes tegen elkaar gedrukt. De wisselwerkingskrachten tussen de koffiedeeltjes worden daardoor zo groot dat ze niet of zeer moeilijk langs elkaar kunnen bewegen. Het gevolg is u bekend: het pak vacuum koffie is zo hard als een steen.

Heffen we het vacuum op door een gaatje in de zak te prikken, dan worden de koffiedeeltjes niet meer tegen elkaar gedrukt, ze zullen daardoor iets verder van elkaar afkomen, de wisselwerkingskrachten tussen de koffiedeel-

tjes worden heel veel minder en we zien dan ook dat het geheel gemakkelijk vervormbaar wordt.

Is het mogelijk om de hardheid van zo'n pak vacuum koffie te voorspellen? Dat is in principe alleen mogelijk als we de eigenschappen van de koffiedeeltjes kennen, zoals hun grootte, hun vorm en de vervormbaarheid van deze deeltjes als er krachten op uitgeoefend worden. Verder moeten we weten hoe deze deeltjes gerangschikt zijn of met andere woorden met hoeveel naaste burens deze deeltjes contact maken. Tenslotte moeten we weten wat voor soort wisselwerkingskrachten - zoals wrijvingskrachten - er tussen de koffiedeeltjes gaan werken wanneer de deeltjes ten opzichte van elkaar bewegen. Samenvattend kunnen we stellen dat voor het begrijpen van de hardheid van een pak vacuum koffie we gebruik moeten maken van mechanische beschouwingen over de deeltjes en hun wisselwerkingskrachten.

In grote trekken gaat de zojuist gegeven redenering ook op voor andere disperse levensmiddelen. Zo ontleen boter en margarine hun stevigheid aan de wisselwerkingskrachten die tussen de vetkristallen in deze produkten werken<sup>8)</sup>. Deze wisselwerkingskrachten zijn echter van een andere aard dan in het voorbeeld van de vacuum koffie. We zullen dan ook van de inzichten van de kolloïdchemie gebruik moeten maken om meer van de consistentie van boter en margarine te begrijpen.

Bij olie-in-water-emulsies zoals mayonaise en frite-



saus, zijn het de wisselwerkingskrachten tussen de emulsiedruppels die bepalend zijn voor de eigenschappen van deze produkten. Deze emulsies zijn gestabiliseerd met behulp van eiwit dat geadsorbeerd is aan het oppervlak van de emulsiedruppels. De wisselwerkingskrachten tussen de emulsiedruppels worden voor een belangrijk deel door dit geadsorbeerde eiwit bepaald, waardoor ze dan ook weer van een heel andere aard zijn dan in de beide vorige gevallen. Om inzicht in de eigenschappen van deze systemen te krijgen, zullen we dan ook gebruik moeten maken van de kennis die aanwezig is op het gebied van de polymeren, de grensvlakken en de kolloïden.

Tenslotte een voorbeeld van een dispers systeem waar in de deeltjes veel kleiner zijn dan in de zojuist gegeven voorbeelden. Ik doel hier op kaas. Kaas ontleent zijn stevigheid aan de kaasstof, de caseïne, uit de melk. Deze caseïne bestaat weliswaar uit grote eiwitmoleculen, maar deze grote moleculen zijn toch veel kleiner dan de emulsiedruppels uit het vorige voorbeeld. Bij het stremmen van de melk, de eerste belangrijke fase in het kaasbereidingsproces, wordt wrongel gevormd. In deze wrongel hebben zich tussen deze eiwitmoleculen bindingen gevormd zodat een netwerk van eiwitmoleculen is opgebouwd, dat helemaal door de wrongel heenloopt. Aan dit dóódlpende netwerk van eiwitmoleculen ontleent de wrongel zijn drill-puddingachtige eigenschappen, in reologische termen uitgedrukt: wrongel bezit duidelijk elastische eigenschappen. Bij de verdere bewerking van deze wrongel tot kaas wordt dit

eiwitnetwerk nog aanzienlijk verstevigd. Willen we iets meer van de kaasconsistentie begrijpen dan zullen we net als in de vorige gevallen de aard van de bouwstenen van het eiwitnetwerk moeten leren kennen en moeten weten wat de aard is van de wisselwerkingskrachten tussen deze bouwstenen. Dit betekent dat we de kennis, opgedaan met betrekking tot de gelvorming van polymeermoleculen en de daar ontwikkelde rubberelasticiteitstheorieën, moeten gaan toepassen.

Ik hoop met deze voorbeelden te hebben aangetoond dat kennis van de aard van de bouwstenen van een levensmiddel en kennis van de aard van de wisselwerkingskrachten tussen deze bouwstenen voor de toekomstige levensmiddelen-technoloog van groot belang zijn. Het moet hem helpen bij het vinden van die bereidingswijzen en samenstellingen van levensmiddelen die de produkten de gewenste eigenschappen geven. Het zal uit de gegeven voorbeelden duidelijk zijn dat één discipline hiertoe niet toereikend is. Hij zal een aantal disciplines moeten beheersen, zoals: delen van de wiskundige statistiek voor het beschrijven van deeltjesgrootteverdelingen, thermodynamica, reologie van polymeren en dispersies, kolloïdchemie, grensvlakchemie, hydrodynamica en fysische chemie.

Waar halen we de kennis over de eigenschappen van disperse systemen vandaan? Voor een deel uit het vele en goede onderzoek dat in de loop der jaren aan levensmiddelen is gedaan. Het beschikbaar komen van meer en betere analysetechnieken heeft het mogelijk gemaakt om een prak-

tisch compleet beeld te verkrijgen van de samenstelling van levensmiddelen zowel in kwantitatief als in kwalitatief opzicht. Ik geloof dat de tijd nu rijp is om te trachten de volgende vraag te beantwoorden:

Als dié stoffen in dié hoeveelheden in een levensmiddel voorkomen en op dié manier zijn gerangschikt, hoe komt het levensmiddel dan aan zijn eigenschappen? Voorbeelden van onderzoek waarmee men met succes deze vraag heeft kunnen beantwoorden zijn: polysaccharidgelen<sup>12, 9)</sup>, margarine<sup>10)</sup>, gekookt kippe-eiwit<sup>11)</sup> en gelatine<sup>13)</sup>. Uit deze onderzoeken blijkt verder nog dat een belangrijk deel van de theorieën afkomstig is van onderzoeken die zijn uitgevoerd aan dispersies die niet tot de levensmiddelen behoren, zoals: verf<sup>14)</sup>, rubber, smeerolie, kunstvezels, plastics, papier, asfalt, bitumen, beton en boorolie.

Tot slot van deze rede zou ik iets willen vertellen over een natuurkundig onderzoek dat aan een dispersie is verricht. De bedoeling van dit onderzoek was om zoveel begrip voor de gedragingen van deze dispersie te krijgen dat op grond hiervan voorspeld zou kunnen worden hoe de dispersie zich onder bepaalde omstandigheden zou gedragen.

Het gaat hier om een dispersie van gasbellen in een vloeistof: een schuim dus. In het dagelijkse leven hebt u regelmatig te maken met schuim: zowel bij wasmiddelen als bij levensmiddelen zoals opgeklopt kippe-eiwit, opgeklopte slagroom en consumptieijs. Uit ervaring weet u dan ook dat voor het maken van schuim de vloeistof op de één of

andere manier in beweging gebracht moet worden; u klopt met een garde in het kippe-eiwit, de trommel van de was-machine draait door het sop. Verder weet u ook dat afhankelijk van de manier van schuimmaken en afhankelijk van de samenstelling van de vloeistof, men veel of weinig schuim kan maken; zo kan men bijvoorbeeld warme slagroom in het geheel niet opkloppen. Kennelijk schiet de stabiliteit van het schuim tijdens het schuimmaken hier tekort. Willen we hier wat meer van gaan begrijpen, dan zullen we moeten weten wat er precies gebeurt met die bellen tijdens het schuimmaken.

Tijdens het schuimmaken wordt lucht, in de vorm van bellen, in de vloeistof geslagen. In figuur 1 zijn schematisch enkele gasbellen in de vloeistof getekend. Terwille van de duidelijkheid zijn deze bellen ten opzichte van de afmetingen van het vat, sterk vergroot getekend. Dat is gedaan om te laten zien dat als door de beweging van de vloeistof de bellen tegen elkaar en tegen het oppervlak van de vloeistof botsen, er zich op de plaats van de botsing een dunne vloeistoffilm vormt.

Het lijkt redelijk te veronderstellen dat de stabiliteit van deze vloeistoffilm belangrijk is voor het schuimend vermogen van de vloeistof; breekt deze film gemakkelijk tijdens het schuimmaken, dan zal het schuimend vermogen gering zijn. Dat komt door twee effecten: 1. de bellen die tegen het oppervlak botsen zullen door het breken van de film de vloeistof verlaten, 2. de bellen die in de vloeistof tegen elkaar botsen, vormen bij het

breken van de film één grotere bel, die gemakkelijk naar het oppervlak van de vloeistof opstijgt om daar de vloeistof te verlaten.

Waardoor wordt de stabiliteit van zo'n vloeistoffilmpje nu bepaald? U hebt allemaal wel eens met een pijpje zeepbellen geblazen. Het oppervlak van zo'n zeepbel bestaat ook uit zo'n dun vloeistoffilmpje. U weet dan dat zo'n zeepbel breekt als u doorgaat met het opblazen van de bel. Dat komt omdat door het opblazen van de bel het oppervlak van de bel wordt vergroot. Hierdoor neemt, net als in een rubber membraan, de spanning in het oppervlak van de bel steeds verder toe, tot deze zo groot is geworden dat de film breekt. Uit nauwkeurige metingen van de spanning in zo'n vloeistoffilm is gebleken dat de film steeds dan breekt wanneer de spanning in de film een bepaalde kritische waarde overschrijdt. Deze waarde blijkt karakteristiek te zijn voor het systeem dat we onder handen hebben, dat wil zeggen dat ze van de samenstelling van het systeem afhangt.

Hoe kunnen we deze waarnemingen in verband brengen met de schuimstabiliteit? Daartoe neem ik u in gedachten mee naar buiten, naar een plaats in de natuur waar schuim wordt gemaakt: een waterval. Verscheidene natuuronderzoekers hebben het geruis bestudeerd dat een waterval maakt<sup>17, 18, 19</sup>). Het viel hen daarbij op dat bepaalde tonen in het geruis sterker aanwezig waren dan alle andere tonen die samen het geruis veroorzaken. Algemeen kwam men tot de conclusie dat een diepe F domineert en de

drieklank C, E, G. Dit stemt overeen met een andere waarneming: het spelen van een muziekstuk in de nabijheid van een waterval klinkt alleen goed als het stuk in C grote terts gespeeld wordt. Het zou dan ook geen toeval zijn dat Beethoven het deel van de Pastorale Symphonie dat de stromende beek beschrijft, in C grote terts heeft geschreven. Uit het ontwerp van dit deel (Fig. 2) blijkt dat ook de lage F aanwezig is<sup>16)</sup>.

Hoe worden deze tonen in een waterval opgewekt? Wat trilt er? Professor Minnaert, hoogleraar te Utrecht en auteur van het boek "Natuurkunde van 't vrije veld" heeft hier een onderzoek naar ingesteld<sup>19)</sup>. Hij ging er van uit dat het geluid wordt opgewekt door trillende gasbellen. Van de verschillende soorten trillingen die een bel theoretisch kan uitvoeren, blijkt er maar één soort te zijn die wat toonhoogte betreft overeenstemt met de waargenomen toon in het geruis van de waterval. Bij de trilling waar het hier om gaat, trilt de bel zodanig dat de bolvorm behouden blijft, de bel wordt alleen groter en kleiner; hij pulseert net als een kloppend hart, hij trekt zich samen en expandeert dan weer.

We keren nu terug naar het schuim maken en de stabiliteit van de vloeistoffilm tussen de bellen. Door de heftige beweging van de vloeistof tijdens het schuim maken, zullen de bellen in de zojuist beschreven pulserende trilling worden gebracht. Het gevolg hiervan is dat het beloppervlak periodiek wordt uitgerekt. Door deze uitrekking zal de spanning in dat oppervlak toenemen analoog

aan het geval van de zeepbel. Komen nu twee bellen in zo'n uitgerekte toestand tegen elkaar dan verkeert de vloeistoffilm tussen de bellen ook in zo'n uitgerekte toestand. Als gevolg hiervan kan de spanning in de film zover oplopen dat de kritische spanning wordt overschreden en de film breekt. Uit dit alles blijkt dat filmbreuk eerder zal optreden als de bellen hevig trillen dan wanneer de bellen slechts weinig trillen. Met andere woorden: wordt bij het schuimmaken de vloeistof in steeds heviger beweging gebracht, dan zal de kans op filmbreuk toenemen en zal er dus minder schuim worden gevormd.

Dit is experimenteel bevestigd: vloeistoffen van uiteenlopende aard zoals wasmiddelen, melk en room geven minder schuim wanneer de mechanische agitatie te sterk wordt opgevoerd<sup>15)</sup>.

Kunnen we op basis van deze kennis van de schuimvorming van vloeistoffen ook voorspellingen over het schuimgedrag doen? Ik geloof van wel.

We hebben gezien dat gedurende het schuimmaken de bellen een pulserende trilling uitvoeren. Door deze trilling wordt de lucht in de bel periodiek samengeperst en geëxpandeerd waarbij de lucht in de bel de rol van een veerkrachtig medium speelt.

De veerkracht van deze lucht hangt van de druk af: heeft de lucht in de bel een hoge druk dan is de veerkracht van de bel zo groot dat het moeilijk is om de bel een grote trilling te laten uitvoeren. Het doet denken aan een hard opgepompte voetbal die ook moeilijk te de-

formeren is als we er tegen aan schoppen.

We hebben gezien dat hoe kleiner de trilling van een gasbel is, hoe kleiner de kans is dat de film tussen de bellen breekt. Dit betekent dat als we de gasdruk in de bellen vergroten dat dan door de geringe trilling van de bellen de kans op filmbreuk zal afnemen; het schuimend vermogen zal dan dus toenemen.

In de praktijk van het schuimmaken kunnen we de luchtdruk in de bellen vergroten door in een geschikt apparaat de vloeistof samen met de lucht onder verhoogde druk op te kloppen. Als we dat doen wordt inderdaad waargenomen dat onder verhoogde druk meer schuim gemaakt kan worden.

Dit drukeffect op de schuimvorming komt overeen met de praktijkervaring bij de produktie van luchtige levensmiddelen. Veel industriële apparaten waarmee luchtige levensmiddelen zoals consumptieijs, opgeklopte slagroom, allerlei luchtige puddingen en mousses gemaakt worden, werken bij verhoogde druk.

Dames en heren, ik hoop u, aan de hand van dit voorbeeld, duidelijk te hebben gemaakt dat de Levensmiddelen-natuurkunde een smeltkroes is van verschillende disciplines. Immers voor het verkrijgen van inzicht in het gedrag van een dispersie als schuim, hebben we onze toevlucht zelfs tot de muziek moeten nemen. Naar mijn smaak toont dit aan dat er muziek zit in de Levensmiddelen-natuurkunde.



Aan het eind van deze openbare les zou ik graag een dankwoord willen uitspreken.

In de eerste plaats wil ik Hare Majesteit de Koningin danken voor de goedkeuring die Zij heeft gehecht aan mijn benoeming tot hoogleraar aan de Landbouwhogeschool. Voorts wil ik een ieder bedanken die, door het uitspreken van zijn vertrouwen in mij, deze benoeming heeft mogelijk gemaakt. Ik zal alles in het werk stellen om dit vertrouwen waar te maken.

Collega's en medewerkers van de voormalige groep Fysische Chemie van het Unilever Research Laboratorium te Vlaardingen.

Bijna 15 jaar heb ik het voorrecht gehad om in uw groep te mogen werken aan de Fysica en de Fysische Chemie van wasmiddelen en levensmiddelen met bijzondere aandacht voor de kolloïdchemie. Voor de enthousiaste manier van samenwerken die ik van u heb mogen ondervinden, ben ik u zeer dankbaar. Deze steun is voor mij van groot belang geweest bij het onder de knie krijgen van dit interessante vakgebied. De beslissing om uw groep te verlaten en naar Wageningen te gaan was geen gemakkelijke. Met belangstelling kijk ik dan ook uit naar de mogelijkheid om de resultaten die we op het gebied van de Levensmiddelen natuurkunde hopen te krijgen ook met u te bespreken.

Zeer geleerde Van den Tempel. Beste Max, met een gerust hart kan ik stellen dat ik zonder jouw leiding hier niet gestaan zou hebben. In velerlei opzicht ben je mijn

leermeester geweest. De diepgaande, kritische discussies die we hadden over de grillige vormen waarin de fysische chemie zich soms openbaart, hebben mij altijd bijzonder gestimuleerd om er achter te komen hoe de natuur nu eigenlijk werkt. Achteraf verbaasden we ons er dan vaak over dat het antwoord zo eenvoudig was. Ik hoop mijn geest nog dikwijls bij je te mogen aanscherpen. Naar mijn smaak leent de aard van de problemen die we hier gaan aanpakken, er zich uitstekend voor.

Hooggeleerde Mulder. Ik heb het bijzonder gewaardeerd dat je mij zo nauw hebt willen betrekken bij de laatste twee promotie-onderzoeken die onder jouw leiding zijn gedaan. Ik heb op die manier grondig kennis kunnen nemen van een wetenschappelijk onderzoek van de kaasrijping dat door de onderzoekers met zo'n groot enthousiasme is uitgevoerd. Jouw aanstekelijke belangstelling voor het historisch gegroeide kaasbereidingsproces, zal hier niet vreemd aan zijn. Ik ben er je dankbaar voor dat je voor de sectie Zuiveltechnologie en Melkkunde zo'n toegewijde groep wetenschappelijke onderzoekers hebt achter gelaten.

Hooggeleerde Vos. Beste Eliza, je hebt mij, als vreemde eend in de bijt, zeer veel steun gegeven op het gebied van het onderwijs en de organisatorische structuur van de LH-gemeenschap. Het was je nooit te veel om op mijn vele vragen een wel overwogen en deskundig antwoord te geven. Van de manier waarop je het beheer van de sectie

Zuivel voert kan ik nog veel leren.

Voor de enthousiaste wijze waarop je mij in de wereld van de zuivelindustrie hebt willen introduceren, ben ik je zeer erkentelijk.

Zeergeleerde Walstra. Beste Pieter, we hebben nu ruim een jaar samengewerkt om het college en het onderzoek van de Levensmiddelen natuurkunde op te zetten. We beleven hier allebei erg veel plezier aan en wat mijzelf betreft komt het vooral door de hartverwarmende steun die ik hierbij van jou heb mogen ontvangen. Ik ben je hier erg dankbaar voor en ik hoop dat de pioniersgeest die hiervan afstraalt ook de studenten zal stimuleren om zich in dit mooie vakgebied te verdiepen.

Collega's en medewerkers van de sectie Zuiveltechnologie en Melkkunde.

Ik ben u allen zeer erkentelijk voor de hartelijke wijze waarop u mij in uw midden hebt willen opnemen. Er bestaat voor hoogleraren geen introductie cursus, ze worden verondersteld dit niet nodig te hebben. Daarom ben ik u zeer dankbaar voor de openhartige bereidwilligheid en behulpzaamheid die u mij in deze inwerkperiode hebt geboden. Met groot vertrouwen ga ik dan ook de toekomst van een verdere verbreding en verdieping van deze samenwerking tegemoet.

Dames en heren studenten.

In de contacten die we bij verschillende gelegenheden

hebben gehad, heb ik u leren kennen als openhartige, goed voorbereide gesprekspartners. Voor de Levensmiddelen-natuurkunde was uw belangstelling al in een vroeg stadium gewekt. Hierbij viel het op dat u vooral geïnteresseerd was in het hoe en waarom van dit nieuwe vakgebied. Voor allen die betrokken zijn bij de opbouw van dit vakgebied zijn dit soort gesprekken van grote waarde.

Als toekomstige levensmiddelen-technoloog bent u natuurlijk geïnteresseerd in de mogelijkheid om een baan te krijgen. In dit verband hoort men de laatste tijd nogal eens verkondigen dat het goed zou zijn voor de werkgelegenheid wanneer we ons meer zouden gaan toeleggen op intellect intensieve produkten en produktiemethoden. Ik ben van mening dat dit juist is en naar mijn smaak kan de Levensmiddelen-natuurkunde daar een steentje toe bijdragen.

Ik heb gezegd.

## Literatuur

1. Statistisch zakboek 1977, uitgegeven door het Centraal Bureau voor de Statistiek, blz. 144-151.
2. Opgave Centraal Bureau voor de Statistiek.
3. Coulter, S.T. & Jenness, R., "Food dehydration" Vol. II. Processes and Products. Hoofdstuk 20 Dry Milk Products blz. 591, AVI Publ. Co. Westport.
4. Snoeren, T.H.M., Thesis: "Kappa-carrageenan; a study on its physico-chemical properties, sol-gel transition and interaction with milk proteins". 1976, Veenman & Zn, Wageningen.
5. Lankveld, J.M.G., lezing Ebeltoft, Denemarken, april 1973, "Fundamental aspects of the cloud stability of soft drinks".
6. Mulder, H. & Walstra, P., "The milk fat globule", blz. 246 e.v. Pudoc Wageningen (1974).
7. Aalbersberg, W.Y., Zuivelzicht 70(1978)460; "Taak en plaats van het zuivelonderzoek".
8. Van den Tempel, M., Rheol. Acta 1(1958)115; Rheology of plastic fats.  
Van den Tempel, M., J. Coll. Sci. 16(1961)284; Mechanical properties of plastic disperse systems at very small deformations.
9. Rees, D.A., Chem. & Ind. (1972)630, Polysaccharide gels. A molecular view.
10. Papenhuyzen, J.M.P., Rheol. Acta 11(1972)73, The role of particle interaction on the rheology of dispersed systems.
11. Van Kleef, F.S.M., Boskamp, J.V. & van den Tempel, M., Biopolymers 17(1978)225, Determination of the number of cross-links in a protein gel from its mechanical and swelling properties.
12. Segeren, A.J.M., Boskamp, J.V. & van den Tempel, M., Faraday Discuss Chem. Soc. 57(1974)225, Rheological and swelling properties of alginate gels.
13. Pines, E. & Prins, W., Macromolecules 6(1973)888, Structure-property relation of thermo-reversible macromolecular hydrogels.
14. Mooney, M., J. Coll. Sci. 1(1946)195. A viscometer for measurements during thixotropic recovery; results with a compounded latex.

15. Prins, A., Dynamic surface properties and foaming behaviour of aqueous surfactant solutions. In "Foams", Proceedings of a symposium held at Brunel University at Sept. 1975, blz. 51.
16. Minnaert, M., De natuurkunde van 't vrije veld. Thieme & Co, Zutphen, 1970, Deel II, blz. 68.
17. Günther, S., Akustisch-geographische Probleme. Sitzung ber. Akademie der Wissenschaften, München, 31 (1901)229.
18. Heim, A., Töne der Wasserfälle. Dinglers polytechnisches Journal 214(1874)344.
19. Minnaert, M., On musical air bubbles and the sounds of running water. Philosophical Magazin 16(1933)235.

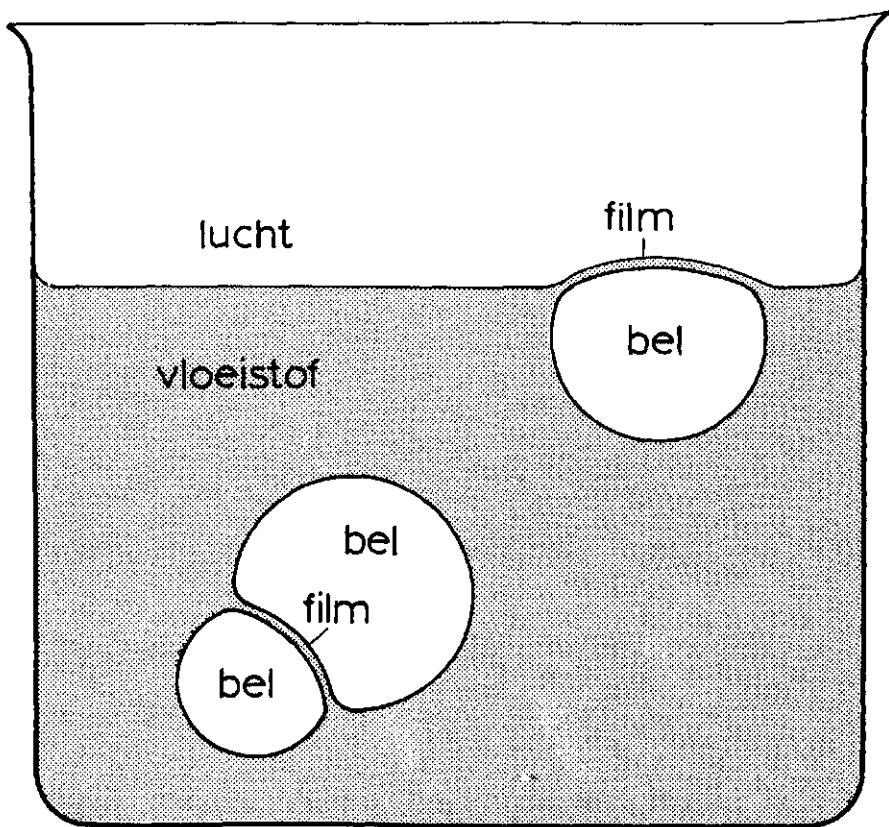


Fig. 1

Andante molto.



Fig. 2

Tabel 1

Aantal personen werkzaam in de industrie (1975)

Electrotechniek	119.000
Chemie	88.000
Scheepsbouw	47.000
Basis metaal	39.600
Houtverwerking	36.500
Drukkerijen	32.600
Zuivel	26.000
(Melkveehouderij	94.000)

Tabel 2

Productie per werknemer (1975)

Zuivel	f 270.000,-
Chemie	f 186.000,-
Basis metaal	f 178.000,-
Scheepsbouw	f 120.000,-
Electrotechniek	f 96.000,-
Drukkerijen	f 90.500,-
Houtverwerking	f 73.200,-