

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION HOORN

OVER DE OORZAAK
DER GASVORMING IN
KORSTLOZE KAAS

WITH A SUMMARY:
ON THE CAUSE OF THE GASSY FERMENTATION IN
PROCESSED CHEESE

J. W. PETTE EN J. L. LIEBERT



STAATSDRUKKERIJ-

UITGEVERIJBEDRIJF

VERSL. LANDBOUWK. ONDERZ. No. 54.2 - 's-GRAVENHAGE - 1948

454149

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Literatuuroverzicht	3
3. Onderzoek van praktijkmonsters	5
4. Factoren, die van invloed zijn op de gasvorming	7
a. pH.	
b. vochtgehalte.	
c. citroenzuurgehalte.	
d. toerental der roerder.	
e. koolzuurgasatmosfeer.	
f. maximale smelttemperatuur.	
g. smeltduur.	
h. enting met boterzuurbacteriën.	
i. zuurseltoevoeging.	
j. toevoeging van cysteïnehydrochloride en van Mohr's zout.	
5. Slotbeschouwingen	15
6. Conclusie voor de praktijk	16
Samenvatting	19
Summary	21
Literatuur	23

1. INLEIDING.

Daar in verband met economische overwegingen de fabrikanten van korstloze kaas vaak gedwongen zijn knijpers en andere mindere soorten kaas te verwerken, hebben zij vooral in het warme jaargetijde vaak last van het verschijnsel dat er gasvorming optreedt in de korstloze kaas. Dit kan zelfs zodanige vormen aannemen, dat de kistjes, waarin de korstloze kaas is verpakt, geheel openbarsten (zie fig. 1).

Over de oorzaak van dit verschijnsel en de bestrijding ervan is in ons land nog weinig bekend, zodat een onderzoek gewenst was.

Volledigheidshalve volgen hier enkele omschrijvingen van uitdrukkingen, die in dit verslag zullen worden gebruikt.

- a. kaas, is het product zoals dat door onze kaasmakerijen wordt gemaakt.
- b. korstloze kaas is een product gemaakt uit kaas, onder invloed van warmte, waaraan smeltzouten en vaak ook water worden toegevoegd.
- c. blokkaas¹ is een korstloze kaas, die zodanig gefabriceerd is, dat zij snijdbaar is en dus in de vorm van plakjes kan worden geconsumeerd.
- d. smeerkaas is een korstloze kaas, die zodanig gefabriceerd is en zulk een watergehalte heeft dat een smeerbaar product ontstaat.
- e. gasvorming, bolling, gisting. Hieronder wordt een verschijnsel verstaan, dat zich openbaart door het ontstaan van gasholten in de korstloze kaas, waardoor hiervan het volume groter wordt (zie fig. 2, 3).

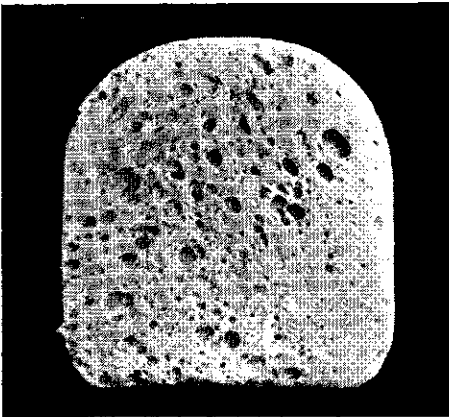
2. LITERATUURVERZICHT.

In het algemeen neemt men aan, dat de gasvorming in de korstloze kaas wordt veroorzaakt door een bacteriëel proces. Slechts Freiesleben (7) is van mening, dat gasvormende bacteriën geen rol spelen bij de bolling der korstloze kaas, doch dat een foutieve fabricage als oorzaak der gasvorming moet worden beschouwd: uit de overmaat carbonaat der smeltzoutoplossing zou tijdens het bewaren der korstloze kaas kool-dioxyde worden gevormd. Hij grondt zijn theorie op het volgende. Alle schadelijke bacteriën worden verwijderd, doordat de korst en de slechte plekken worden weggesneden. De zeer gevaarlijke boterzuurbacteriën tasten eiwit aan, terwijl hij in korstloze kaas nooit een eiwit-aantasting heeft kunnen constateren. De opvattingen van Freiesleben zijn echter niet juist. Door het wegsnijden van de korst en de slechte plekken worden niet alle schadelijke bacteriën verwijderd, ook in het inwendige der kaas kunnen gasvormende bacteriën voorkomen. Zijn bewijs voor de afwezigheid van boterzuurbacteriën is niet steekhoudend, daar de boterzuurbacteriën geen eiwitaantasters zijn.

¹ Wij vragen ons af of in overeenstemming met het woord „smeerkaas” de uitdrukking „snijkaas” niet beter zou zijn.

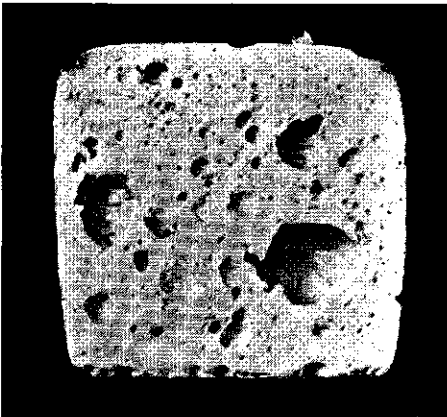


Fig. 1.
Opengearsten kistjes blokkaas



Blowing of process cheese
Fig. 1.

Fig. 2.
Gasvorming in blokkaas



Blowing of process cheese
Fig. 2.

Fig. 3.
Gasvorming in blokkaas

Blowing of process cheese
Fig. 3.

Egger (6) schrijft, dat behalve gasvorming door bacteriën ook nog een „chemische bolling” op kan treden. Dit is het geval wanneer de smeltzoutoplossing niet op de juiste manier is gemaakt. Speciaal wanneer calciumcarbonaat is gebruikt kan het voorkomen dat dit zout in de kaas zodanig gaat reageren met zure producten dat er kooldioxyde vrijkomt. De onderzoekers van Duitse en Zwitserse soorten korstloze kaas kwamen tot de conclusie, dat in hoofdzaak anaerobe sporenvormers, zoals boterzuur- en rottingsbacteriën verantwoordelijk zijn voor de bolling der korstloze kaas (3) (4) (8) (10). Demeter en Janoschek (5) nemen aan, dat een combinatie van anaerobe en aerobe sporenvormers de bolling veroorzaken.

Kieferle en Umbrecht (9) opperen verschillende mogelijkheden:

- a. in de regel geschiedt de gasvorming door anaerobe sporenvormers (boterzuurbacteriën), die in staat zijn om lactaten onder vorming van waterstof en kooldioxyde te ontleden.
- b. bij het versmelten van „Stinkerkäse” gebeurt het wel, dat eiwitsplitsende anaerobe bacteriën bolling veroorzaken.
- c. dat coli-aerogenesbacteriën gasvorming kunnen doen optreden achten zij niet erg waarschijnlijk, daar deze bacteriën bij een behoorlijk uitgevoerde smelting bijna geheel gedood worden.
- d. vaak worden propionzuurbacteriën verantwoordelijk gesteld voor de gisting.
- e. zowel aerobe als anaerobe sporenvormers worden aangetroffen.

In de Nederlandse literatuur (12) leest men, dat de gasvorming veroorzaakt wordt door anaerobe sporenvormers, waarvan de nauwkeurige identificatie nog niet is geschied; waarschijnlijk zijn het lactaatvergistende boterzuurbacteriën.

De Engelse onderzoekers Palmer and Sly (11) geven aan, dat de gasvorming geschiedt door een melkzuur- of door een boterzuurgisting.

3. ONDERZOEK VAN PRACTIJKMONSTERS.

Gedurende het onderzoek werden een groot aantal practijkmonsters aan een analyse onderworpen.

In tabel 1 zijn zowel voor blokkaas als voor smeerkaas analysecijfers vermeld van een aantal monsters korstloze kaas — gefabriceerd door diverse bedrijven — die reeds in gebolde toestand op het laboratorium werden ontvangen of die na bewaren bij 30 °C. zijn gaan bollen.

Het onderzoek naar de aard der gasvormende bacteriën geschiedde volgens de methode, zoals die door het Rijkslandbouwproefstation is ontwikkeld voor het aantonen van gasvormende bacteriën in kaas (2). De anaerobe rottingsbacteriën, dus van het type *Cl. putrificum*, werden aangetoond door de verschillende verdunningen te enten in verdund gistautolysaat (1 vol. d. gistautolysaat + 3 vol. d. water, pH = 8) en de buizen na luchtledig pompen dicht te smelten en gedurende 10 minuten bij 80 °C te pasteuriseren. Na ca. 14 dagen kweken bij 30 °C werden

Tabel 1. Aantal gasvormende bacteriën in korstloze kaas uit de practijk, die bij normale opslag, resp. bij opslag in een thermostaat van 30 °C bolling vertoonden.

Blokkaas							Smeerkaas						
Mon-ster No. B	Aantal					pH na de gisting	Mon-ster No. B	Aantal					pH na de gisting
	Boter-zuur-	Propion-zuur-	Boekel-scheur-	Coli-Aero-genes-	Rot-tings-			Boter-zuur-	Propi-on-zuur-	Boekel-scheur-	Coli-Aero-genes-	Rot-tings-	
bacteriën per gram blokkaas							bacteriën per gram smeerkaas						
—	2500	—	—	—	—	—	42	250	0	0	0	600	5.64
—	60000	—	—	—	—	—	44	600	0	0	0	+	6.10
3	500	600	0	0	—	5.45	61	600	0	0	0	—	5.64
25	2500	0	0	0	—	6.44	64	25000	—	—	—	—	5.62
26	250000	0	0	0	—	6.78	67	25	0	0	0	> 25000	—
27	600	5	0	0	—	6.16	69	50	0	0	0	25	—
28	60000	0	0	0	—	5.52	70	0	0	0	0	+	—
29	1300	0	0	0	—	5.60	82	600	—	—	—	—	5.63
33	60	0	0	0	—	6.00	83	—	—	—	—	250000	5.95
36	250	> 100000	0	0	—	5.76	84	25000	—	—	—	600	6.02
37	600	0	0	0	—	5.54	85	60	—	—	—	—	5.56
38	0	20	0	0	—	5.99	86	250000	—	—	—	—	6.00
41	250	0	0	0	—	6.22	87	25000	—	—	—	—	5.74
120	250	0	0	0	6	7.05	88	2500000	—	—	—	—	6.21
							89	25000	—	—	—	—	5.86
							90	—	—	—	—	6000000	6.21
							91	250000	—	—	—	—	5.98
							92	250000	—	—	—	—	5.80
							93	25000	—	—	—	—	7.05
							94	—	—	—	—	60000000	6.88
							95	250000	—	—	—	600	7.06
							96	200	—	—	—	—	5.45
							133	60	—	—	—	+	5.49
							134	—	—	—	—	6000	5.87
							135	0	—	—	—	—	5.43
							136	0	—	—	—	—	5.62
							137	600	—	—	—	—	5.63
							138	600000	—	—	—	+	6.00
							139	2500	—	—	—	—	5.64
							140	25000	—	—	—	+	5.93
							141	600	—	—	—	—	5.71
							142	250000	—	—	—	+	5.94

TOELICHTING	
—	niet nagegaan.
+	wel aanwezig, maar niet kwantitatief bepaald.

EXPLANATION	
—	not determined.
+	present but not quantitatively determined.

Hard process cheese						Soft process cheese							
Sam-ple No.B	bacteria per gram					pH after blowing	Sam-ple No.B	bacteria per gram					pH after blowing
	butyric-acid	propion-icacid	Lactob. bifer-men-tans	Esch. Aerog.	Putri-fying			butyric-acid-	propi-onic-acid	Lactob. bifer-men-tans	Esch. Aerog.	Putri-fying	
Number of						Number of							
Hard process cheese						Soft process cheese							

Table 1. Number of gasforming bacteria in processed cheese.

de buizen opengemaakt en de geur beoordeeld. Werd nu een rottingsgeur geconstateerd, dan werd de buis als positief gerekend.

In verband met later volgende beschouwingen zij hier vermeld, dat het aantal melkzuurbacteriën werd bepaald met behulp van telplaten, waarbij glucosebouillonagar met 4 % centrifugemelk (pH 7.2) als voedingsbodem gebruikt werd. Na vijf dagen kweken bij 30 °C werden alle koloniën met het uiterlijk van melkzuurbacteriën als zodanig gerekend.

Bij de waardering der cijfers voor de aantallen boterzuur- en rottingsbacteriën moet men rekening houden met het feit, dat deze getallen aangeven het aantal kiemkrachtige sporen dat is overgebleven na de pasteurisatie. Wij mogen dus aannemen, dat het aantal levende organismen (bacteriën + sporen) groter is geweest.

Tabel 1 leert ons nu het volgende:

Bij de blokkaas kon in 13 van de 14 gevallen steeds een behoorlijk aantal sporen van boterzuurbacteriën worden aangetoond. In het monster B 38 konden geen duidelijke aanwijzingen worden gevonden, maar het is niet uitgesloten, dat hier rottingsbacteriën in het spel waren. Bij het onderzoek bleek dit monster een hoge pH te hebben van bijna 6.0, terwijl de geur ook rot was. Verder komt er één geval (B 36) voor, waarbij propionzuurbacteriën mede verantwoordelijk moeten worden gesteld voor de gasvorming in de blokkaas.

Bij de smeerkaas komt hetzelfde beeld naar voren: bijna steeds moeten de boterzuurbacteriën als veroorzakers der gasvorming worden beschouwd. Hierbij valt op, dat er een groot verschil bestaat tussen de hoeveelheden gevonden sporen. Het is dus mogelijk, dat dit aantal ook wel eens nul kan zijn — n.l. als er geen sporen zijn gevormd —, terwijl toch een boterzuurgisting heeft plaats gevonden.

Bij de monsters B 70, 135, 136 mogen wij dus aannemen, dat niettegenstaande wij geen boterzuurbacteriën konden aantonen, de gasvorming toch veroorzaakt werd door een boterzuurgisting. Bij de monsters B 83, 90, 94 en 134 konden wij geen boterzuurbacteriën aantonen, doordat de bacteriologische bepaling gestoord werd door de rottingsbacteriën. Gezien de grote hoeveelheden gevonden rottingsbacteriën, welke, naar ons is gebleken, ook in staat zijn tot een, zij het geringe, gasvorming is het mogelijk dat deze bacteriën mede verantwoordelijk zijn geweest voor de gisting.

Samenvattende kunnen wij dus zeggen, dat als de voornaamste veroorzakers der gasvorming in korstloze kaas de boterzuurbacteriën beschouwd moeten worden. Rottingsbacteriën kunnen echter vermoedelijk ook een zekere gasvorming veroorzaken.

4. FACTOREN, DIE VAN INVLOED ZIJN OP DE GASVORMING.

Daar uit het voorgaande gebleken was, dat de boterzuurbacteriën als de voornaamste veroorzakers der gasvorming in korstloze kaas beschouwd moeten worden, was het noodzakelijk dit te bevestigen door gasvorming in de korstloze kaas te laten ontstaan door toevoeging van boterzuurbacteriën tijdens de bereiding.

De fabricage der kostloze kaas geschiedde als volgt. Nadat de kaas (bijna steeds 40+ Edammer) geschraapt was, werd zij met korst en al gemalen in een amandelmolen. De vereiste hoeveelheid citroenzuur werd opgelost in de totale benodigde hoeveelheid water. Met behulp van watervrije soda werd de pH ingesteld op een zodanige waarde, dat wij redelijkerwijze konden verwachten, dat de hiermede verkregen korstloze kaas de door ons gewenste pH zou krijgen.

Het „smelten” geschiedde in een apparaat ¹⁾, dat hiertoe normaal door een machinefabriek in de handel wordt gebracht, alleen geschiedde de verwarming niet met directe stoom maar met behulp van warm water, dat tussen de dubbele wand van het pannetje stroomde. De smeltpan kon 1,5—2,0 kg gemalen kaas bevatten.

Was de massa voldoende homogeen geworden dan werden, indien nodig, de verschillende stoffen toegevoegd; nadat de roerder nu nog 2 minuten had gedraaid werd de vloeibare massa uitgegoten in met aluminiumfoelie beklede houten kistjes, die ongeveer de helft waren van de gebruikelijke 2 kg kistjes.

De kistjes bleven nu een nacht over in de kelder staan om behoorlijk af te koelen en konden vervolgens voor de diverse proefnemingen worden gebruikt.

Hoewel verondersteld werd dat het verkrijgen van een gisting in korstloze kaas gemakkelijk door de toevoeging van boterzuurbacteriën te bewerkstelligen zou zijn, bleek dit in werkelijkheid niet zo eenvoudig. Monsters korstloze kaas, die met een reïncultuur van boterzuurbacteriën waren geënt, vertoonden gedurende de bewaring bij een temperatuur van 30 °C toch geen gasvorming.

Na een aantal informatieve gesprekken met enige fabrikanten van korstloze kaas en een aantal inleidende proeven op het laboratorium kwamen wij tot de slotsom, dat de hierna volgende factoren mogelijkwijze van invloed geacht moesten worden. Bij elk dezer factoren is op grond van theoretische overwegingen aangegeven, hoe zij bevorderend op de gisting zouden kunnen werken en waarom wij bij de proeven dus gestreefd hebben naar een bepaalde waarde.

a. pH.

Het pH-traject, waarbij boterzuurbacteriën kunnen groeien is tamelijk groot. Maar gezien de in de praktijk voorkomende pH's kwam het ons gewenst voor te streven naar een pH van 5,6—5,7. Een nog hogere pH zou de groei misschien wel bevorderen, maar dan heeft men ook kans dat de rottingsbacteriën de overhand krijgen — wat ongewenst is — terwijl een veel lagere pH de groei der boterzuurbacteriën te veel zou remmen.

b. Vochtgehalte.

In het algemeen bevordert een hoog vochtgehalte de groei der bacteriën. Daarom werd dit ook verwacht bij die der boterzuurbacteriën. Er werd gestreefd naar een vochtgehalte van 60 %. Ter vergelijking dienen onderstaande, aan het Kaasbesluit ontleende cijfers. (zie tabel 2).

c. Citroenzuurgehalte.

Zouten werken in het algemeen remmend op de groei van bacteriën. Niet-tegenstaande er niets bekend is over de invloed van citraten op de groei der boterzuurbacteriën, werd veiligheidshalve het citroenzuurgehalte der korstloze kaas zo laag mogelijk gehouden; 2 % citroenzuur, berekend op de droge stof, bleek in het algemeen voldoende te zijn voor een goede emulgering. In de praktijk schommelt het citroenzuurgehalte, berekend op de droge stof, tussen de twee en de vier procent.

¹⁾ Dit apparaat was ons door één der fabrikanten van korstloze kaas welwillend in bruikleen afgestaan.

Tabel 2. Volgens het Kaasbesluit hoogst toelaatbare vochtgehalten in korstloze kaas.

Soort			Vochtgehalte
blokkaas	40+	Hard process cheese	50%
"	20+	" " "	55%
smeerkaas	40+	soft process cheese	58%
"	20+	" " "	63%
<i>Kind of cheese</i>			<i>Percentage of moisture</i>

Table 2. Allowed percentages of moisture in processed cheese quoted from the cheese regulations.

d. Toerental van de roerder.

Het was gebleken, dat er tijdens de fabricage door het roeren luchtbelletjes in de korstloze kaas kwamen. Daar boterzuurbacteriën tot de anaerobe bacteriën behoren, was het mogelijk, dat deze luchtbelletjes de groei der boterzuurbacteriën tegenhielden. Daarom werd het laagste toerental dat onze apparatuur toeliet, n.l. 56 omwentelingen per minuut, gebruikt; hoe langzamer de roerder draait, des te minder luchtbelletjes zal hij in de korstloze kaas doen ontstaan.

e. Koolzuurgasatmosfeer.

Om het bezwaar van de hierboven genoemde belletjes nog te verminderen werd bij het begin der smelting de ketel gevuld met kooldioxyde uit een koolzuurcylinder. Tijdens het smelten werd steeds kooldioxyde in de roerpan geleid. De hollen, die ondanks het lage toerental toch nog zouden ontstaan, waren nu gevuld met kooldioxyde, waardoor de ongunstige invloed der zuurstof van de lucht op de boterzuurbacteriën werd uitgesloten.

f. Maximale smelttemperatuur.

Daar het raadzaam was de bacteriën en sporen tijdens het smelten zo min mogelijk te benadelen, werd de maximale smelttemperatuur zo laag mogelijk gehouden en wel 60—65 °C.

g. Smeltduur.

Om de bacteriën zo kort mogelijk aan de hogere temperaturen bloot te stellen werd de korstloze kaas, direct nadat zij behoorlijk gesmolten was, in de met aluminiumfoelie beklede kistjes uitgegoten. De smelttijd bedroeg 12—23 minuten.

h. Enting met boterzuurbacteriën.

Daar bijna steeds een goede Edammer kaas 40+ werd verwerkt, moesten de boterzuurbacteriën apart worden toegevoegd. Hiertoe werden stammen van boterzuurbacteriën — geïsoleerd uit monsters gebolde korstloze kaas uit de practijk — geënt in buizen, bevattende ca. 5 ml glucosebouillon. Na evacuering en dichtsmelten werden zij bij 30 °C bewaard. Vertoonden de buizen de typische gasvorming van boterzuurbacteriën, dan bleven zij na het begin hiervan nog gedurende één week bij 30 °C staan om de bacteriën gelegenheid te geven sporen te vormen.

Per charge kaas (variërende van 700 tot 1500 g) werd de inhoud van 3 of 4 buizen met boterzuurbacteriën toegevoegd, 2 minuten voordat de smelting ten einde was.

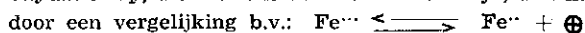
Bij contrôle bleken de buizen zeer wisselende hoeveelheden boterzuurbacteriën en -sporen te bevatten. De getallen varieerden van 40 tot 12.500.000, met een gemiddelde van 1.700.000.

Indien knijperkazen werden gebruikt als grondstof, dan werden toch ook nog boterzuurbacteriën toegevoegd.

i. *Zuurstoftoevoeging.*

Aannemende, dat een verlaging der redoxpotentiaal in de korstloze kaas bevorderlijk is voor een goede groei der boterzuurbacteriën (1), werd ongeveer 2 % zuursel vlak voor het eindigen der smelting toegevoegd. Tijdens het bewaren zou dan door de activiteit der melkzuurbacteriën de redoxpotentiaal kunnen worden verlaagd.

Heeft men in een oplossing dezelfde ionen, maar van een verschillende oxydatietrap, die met elkaar in evenwicht zijn, dan kan men dat uitdrukken



waarbij \oplus de lading voorstelt, die het ferro-ion opneemt om over te gaan in het ferri-ion. Doopt men nu een electrode van een edelmetaal b.v. platina of goud in deze oplossing, dan blijkt er een potentiaalverschil te ontstaan tussen de oplossing en de electrode. Dit potentiaalverschil noemt men nu reductie-oxydatiepotentiaal of afgekort redoxpotentiaal. De grootte van deze

redoxpotentiaal is afhankelijk van de verhouding $\frac{[\text{Fe}^{++}]}{[\text{Fe}^{+}]}$ d.w.z. al naar gelang

de Fe^{++} -ionen (de gereduceerde toestand) of de Fe^{+} -ionen (de geoxydeerde toestand) overheersen, zal de potentiaal laag of hoog zijn.

In kaas kan men natuurlijk niet spreken van een speciale reactie, die verantwoordelijk is voor een bepaalde verhouding van de gereduceerde en de geoxydeerde ionen. Men kan zich echter indenken, dat in de kaas de daarin aanwezige reductietoestand als geheel bepalend is voor de potentiaal, die de electrode krijgt ten opzichte van de korstloze kaas.

j. *Toevoeging van cysteïnehydrochloride en van Mohr's zout.*

Ook de toevoeging van deze stoffen heeft een verlaging der redoxpotentiaal tengevolge (1), zodat wij aannamen dat de toevoeging van deze stoffen de groei der boterzuurbacteriën zou kunnen bevorderen. Wij voegden 0.1 % van deze stoffen toe.

Alle tien genoemde factoren werden zo gecombineerd, dat op de vermelde theoretische gronden mocht worden aangenomen, dat de omstandigheden voor de groei der boterzuurbacteriën zo gunstig mogelijk waren.

Het bleek nu inderdaad mogelijk om gasvorming in korstloze kaas te doen optreden. Eén à twee weken, nadat de inhoud der kistjes was gaan bollen, werd bacteriologisch gecontroleerd welke bacteriën verantwoordelijk gesteld moesten worden voor de gasvorming. Steeds moest men aannemen, dat een boterzuurgisting had plaats gevonden. (Tabel 3).

Het spreekt vanzelf, dat àl deze, uit theoretische overwegingen genomen, voorzorgen voor het met zekerheid verkrijgen van gisting niet van essentiële betekenis zijn. Om dit na te kunnen gaan werd telkens één factor veranderd (Tabel 4).

Deze proeven leerden ons, dat voor een gasvorming *niet* noodzakelijk zijn:

1. *Een hoog vochtgehalte;*

Bij 50 % vocht trad ook gasvorming op. Zie de monsters No. 43, 45, 46. Een hoog vochtgehalte schijnt echter wel bevorderlijk te zijn voor de gasvorming, daar bij ± 60 % vocht de gisting iets eerder begon.

Tabel 3. Enige proeven, waarbij in de korstloze kaas gasvorming optrad.

Korstloze kaas No.	Vocht %	pH direct na de smelting	Citroenzuur op de droge stof %	Zuurzelsel %	Cysteïne-HCl %	CO ₂	Max. smelttemp. °C	Smelttijd min	Toerental omw/min	Gisting na dagen	Aantal bacteriën per gram korstloze kaas.					
											Coli-aerogenes bact.	Boterzuurbact.	Pro-pionzuurbact.	Boekelscheurbact.	Rottingsbact.	
33	60.0	5.55	2	2	0.1	+	69	14	56	6	—	5000	0	0	0	6
34	59.3	5.55	2	2	0.1	+	63	16	56	6	0	50000	0	0	0	—
35	61.1	5.80	2	2.3	0.1	+	—	23	56	8	—	100.10 ⁶	0	0	0	60.10 ⁶
39	50.5	5.45	2	2.3	0.1	+	64	20	56	15	0	25000	100	0	0	—
Pro-cess cheese No.	Mois-ture %	pH	Citric acid calculated on a dry base %	Star-ter %	Cysteïne hydrochloric acid %	Car-bon-dio-xyde	Max. temp. of pro-cessing	Time of pro-cessing min.	Speed in rotations per min.	Fer-mentation after days	Number of bacteria per gram of processed cheese.					
											Esche-richia Aero-genes bact.	Butyric-acid bact.	Propi-onic acid bact.	Lac-tob. bifer-mentans	Putri-fying bact.	

Table 3. Some experiments on blowing of processed cheese.

Tabel 4. Veranderingen in de methode van werken tijdens het smelten

Korst- loze kaas No.	Vocht %	pH direct na de smel- ting	Clitroen- zuur op droge stof %	Zuur- sel %	Cyste- line HCl %	CO ₂	Max. smelt- temp. °C	Smelt- tijd min	Toerental omw/min	Gisting na dagen	Aantal					
											Coli- aero- genes	Boter- zuur- zuur	Pro- pion- zuur	Boe- kel- scheur	Melk- zuur	Rot- tings
36	48.9	5.35	2	2.3	0.1	+	74	21	56	geenna 63 d.	—	25000	0	0	2000	—
39	50.5	5.45	2	2.3	0.1	+	64	20	56	15	—	25000	100	0	18.10 ⁶	—
41	59.4	5.35	2	2.0	0.1	0	66	19	112	5	6	2,5.10 ⁶	0	0	600.10 ⁶	6
43	51.5	5.30	2	0	0.1	0	63	12	112/224	8	—	200	0	0	125.10 ⁶	—
44	51.0	5.35	2	0	0.1*)	0	72	22	112	geenna 53 d.	—	25	0	0	< 1000	—
45	51.0	5.50	2	0	0.1*)	0	59	12 ⁵	112	6	—	25	0	0	400.10 ⁶	—
46	50.2	5.40	2	0	0	0	58	14	112	8	—	250	0	0	> 10 ⁶	—
54	61.3	5.65	2	0	0	0	76	20	112	5	—	1000	0	0	45.10 ⁶	25.10 ⁶

Pro- cess cheese No.	Mois- ture %	pH	Citric acid calcu- lated on a dry base %	Star- ter %	Cyste- ine hydro- chloric acid %	Car- bon- dio- xyde	Max. temp. of pro- ces- sing °C	Time of proces- sing min.	Speed in rotations per min.	Fer- men- tation after days	Bacteria per gram of processed cheese.			
											Esche- richia- Aero- genes	Butyric- acid	Pro- pion- ic acid	Lac- tob. bifer- men- tans
											Number			

Table 4. Alterations in the method employed in the processing of cheese.

*) Mohr's zout

2. *een hoge pH:*

Bij een pH van 5.35 trad ook nog gisting op. Zie de monsters No. 41 en 43.

3. *de toevoeging van zuursel:*

Bij de monsters 43, 45, 46, 54 werd geen zuursel toegevoegd, terwijl er toch gasvorming optrad.

4. *de toevoeging van cysteïne HCl- respectievelijk van Mohr's zout.*

De monsters 46 en 54 bevatten deze stoffen niet, maar gingen toch gisten.

5. *het gebruik van kooldioxyde.*

Niettegenstaande er bij de monsters 41, 43, 46, 54 geen kooldioxyde werd gebruikt, trad er toch gasvorming op.

6. *een bepaald toerental.*

Zowel met 56 als met 112 omwentelingen per minuut kon een boterzuurgisting worden verkregen. Zie b.v. de monsters No. 39 en 43.

In het citroenzuurgehalte, de smelttijd en de toevoeging der boterzuurbacteriën werden geen veranderingen aangebracht.

Een *maatgevende* factor bleek de maximale smelttemperatuur te zijn. Om dit nog eens duidelijk te laten uitkomen, is in tabel 5 van een groot aantal smeltingen de maximale smelttemperatuur vermeld; in verband met later volgende beschouwingen zijn tevens het vochtgehalte en het aantal melkzuurbacteriën per gram korstloze kaas aangegeven.

In 83 % der gevallen, waarin wel gasvorming optrad, was de maximale smelttemperatuur 70 °C of lager. Het valt hierbij tevens op, dat het aantal melkzuurbacteriën zeer groot is.

Bij de monsters, waarin geen gasvorming optrad was in 75 % der gevallen de maximale smelttemperatuur hoger dan 70 °C; men ziet hierbij, dat het aantal melkzuurbacteriën meestal zeer gering is.

Het valt op, dat bij de monsters 21 en 54, waarbij wel gasvorming optrad niettegenstaande de smelttemperatuur hoger dan 70 °C was, het vochtgehalte aan de hoge kant is, terwijl het aantal melkzuurbacteriën ook hoog is.

Monster 28 gaf geen gasvorming al was de maximale smelttemperatuur lager dan 70 °C, doch hier ziet men ook een gering aantal melkzuurbacteriën, net als bij de gevallen zonder gisting en een hoge smelttemperatuur. Voor de monsters 9, 18, 19, 27 is geen verklaring voor hun uitzonderlijk gedrag te vinden.

De conclusie kan dus worden getrokken, dat wel gasvorming optreedt, indien de maximale smelttemperatuur 70 °C of lager is. Treedt er gasvorming op bij een maximale smelttemperatuur hoger dan 70 °C, dan valt op, dat de vochtgehalten ook aan de hoge kant zijn, terwijl ook de aantallen melkzuurbacteriën zeer groot zijn. Dit laatste is ook het geval, indien de gasvorming optreedt bij een lage maximale smelttemperatuur.

Tabel 5. Het verband tussen gasvorming maximale smelttemperatuur, aantal melkzuurbacteriën en vochtgehalte.

Wel gasvorming				Geen gasvorming			
No. korstloze kaas	Max. smelt-temp. °C	Aantal melkzuurbacteriën per gram	Vochtgehalte %	No. korstloze kaas	Max. smelt-temp. °C	Aantal melkzuurbacteriën per gram	Vochtgehalte %
14	70	40.10 ⁶	58.2	11	80	—	42.7
20	65	10.10 ⁶	51.6	12	81	—	44.5
23	61	650.10 ⁶	61.8	16	71	—	49.5
30	68	3,2.10 ⁶	—	17	71	—	49.3
39	64	18.10 ⁶	50,5	24	71	< 1000	46,5
41	66	600.10 ⁶	59,4	25	81	1000	44,4
43	63	125.10 ⁶	51,5	26	81	4000	45,4
45	59	400.10 ⁶	51,0	29	71 ⁵	90	—
46	58	> 10 ⁶	50,2	36	74	2000	48,9
48	55	200.10 ⁶	49,3	37	78	500000	49,9
55	67	525000	55,3	44	72	< 1000	51,0
58	64	45.10 ⁶	55,0	53	75	—	50,4
69	61 ⁵	81.10 ⁶	50,4				
73	59 ⁵	400.10 ⁶	53,1	18	68	—	49,4
77	61	39.10 ⁶	52,8	19	65	—	52
				27	64	40.10 ⁶	49
				28	65	41000	51
9	81	800	45,7				
21	72	23.10 ⁶	62,2				
54	76	45.10 ⁶	61,3				
Process cheese No.	Max. temp. of processing °C	Number of lactic acid bacteria per gram of process cheese	Moisture content %	Process cheese No.	Max. temp. of processing °C	Number of lactic acid bacteria per gram of process cheese	Moisture content %
Blowing				No blowing			

Table 5. Relation between blowing, maximum temperature of processing, number of lactic acid bacteria and moisture content.

In het algemeen treedt geen gasvorming op, als de maximale smeltemperatuur hoger is dan 70 °C. Onder deze omstandigheden wordt meestal een gering aantal melkzuurbacteriën gevonden.

Een gevolg van de lage smeltemperatuur, n.l. het uiteindelijk aanwezig zijn van een groot aantal melkzuurbacteriën, schijnt van groot belang te zijn voor de gasvorming. Door een aparte proef kon dit duidelijk worden gedemonstreerd. Een korstloze kaas werd gemaakt door de massa eerst in 24 minuten tot op 75 °C te verhitten, daarna in 11 minuten af te koelen tot 60 °C, waarna 2.1 % zuursel werd toegevoegd. Er trad nu wel bolling op en het aantal melkzuurbacteriën in het eindproduct bedroeg dan ook 70.10⁹. Men ziet hieruit, dat het niet-ontstaan van gasvorming bij een hoge smeltemperatuur niet veroorzaakt wordt door de invloed van de hoge temperatuur op de korstloze kaas, maar doordat de kaasflora bijna geheel gedood wordt: voegt men n.l. na die hoge verhitting weer nieuwe melkzuurbacteriën toe, dan komt de korstloze kaas wel in een toestand, dat er gasvorming op kan treden.

5. SLOTBESCHOUWINGEN.

Melkzuurbacteriën spelen dus bij de gasvorming in korstloze kaas een belangrijke rol. Dit komt, omdat zij tijdens het bewaren der korstloze kaas bij 30 °C gaan groeien. Dat zij zich inderdaad kunnen vermeerderen blijkt wel uit tabel 6. Bij deze proeven werd korstloze kaas verdeeld over twee kistjes. Na afkoeling tot kamertemperatuur werd één kistje bij 10 °C geplaatst en het andere bij 30 °C. Na een bepaalde tijd, afhankelijk van het tijdstip waarop de gasvorming begon, werd in beide kistjes het aantal melkzuurbacteriën bepaald. Nu bleek, dat in de kistjes, bewaard bij 10 °C, het aantal melkzuurbacteriën zeer vele malen kleiner was dan in de kistjes bewaard bij 30 °C. Wij mogen aannemen, dat deze eerste aantallen overeenkomen met die direct na de fabricage, daar bij 10 °C melkzuurbacteriën practisch niet groeien.

De vraag, waarvan deze melkzuurbacteriën groeien, kunnen wij voornog niet beantwoorden. Evenmin als de vraag welke melkzuurbacteriën er tot ontwikkeling komen, daar dit nog niet nader is onderzocht.

Daar de mogelijkheid der groei der melkzuurbacteriën beheerst wordt door de maximale smeltemperatuur is deze laatste dus ook van belang. Bij gebruikmaking van de door ons gebezigde apparatuur ligt de grens bij ca. 70° C, maar bij andere smeltmachines kan zij bij een andere waarde liggen. ¹⁾

Waarschijnlijk zijn de melkzuurbacteriën alleen van belang, omdat zij de redoxpotentialaal verlagen. Hieruit zou volgen, dat de redoxpotentialaal een grote invloed heeft op het al of niet optreden van gasvorming

¹⁾ Tijdens het gereedmaken van het manuscript kregen wij het origineel van de publicatie van Palmer and Sly (11) onder het oog, waaruit bleek dat ook zij tot de conclusie kwamen dat er een kritische temperatuur bestaat waarboven wel gisting en waar beneden geen gisting optreedt. Deze lag bij hun proeven bij 60-63 °C,

Tabel. 6. Aantallen melkzuurbacteriën in monsters korstloze kaas, bewaard bij 10 en bij 30 °C.

Korstloze Kaas No.	Kaas bewaard bij	
	10 °C	30 °C
34	6.000	200. 10 ⁶
38	600.000	140. 10 ⁶
39	700.000	18. 10 ⁶
41	10.000	600. 10 ⁶
42	50.000	20. 10 ⁶
43	23.000	125. 10 ⁶
45	1.000	400. 10 ⁶
46	8.000	> 10 ⁶
48	13.000	200. 10 ⁶
50	300.000	1,4. 10 ⁶
52	7.000	4,8. 10 ⁶
<i>Processed cheese No.</i>	<i>10 °C</i>	<i>30 °C</i>
	<i>Processed cheese kept at</i>	

Table 6. Number of lactic acid bacteria in process cheese kept at 10 and 30 °C.

in de korstloze kaas. Deze redoxpotentiala kan ook op andere wijze verlaagd worden. Wij geloven, dat hierin de verklaring ligt van het feit dat ook bij hoge smelttemperaturen wel gasvorming kan optreden.

In verband met de stofwisselingsprocessen der coli-aerogenesbacteriën mag men b.v. aannemen, dat de redoxpotentiala van een „vroeg-los” kaas ook laag zal zijn.

Maken wij dus een korstloze kaas met behulp van een mengsel van normale kaas en van „vroeg-los”-kaas, dan kan men zich indenken, dat hierin de redoxpotentiala nog voldoende laag zal zijn om de eveneens toegevoegde boterzuurbacteriën behoorlijk tot ontwikkeling te doen komen. Een groei van melkzuurbacteriën is dan niet noodzakelijk om de redoxpotentiala te verlagen en kan worden verhinderd door een hoge smelttemperatuur te gebruiken.

In tabel 7 (zie pag. 18) zijn een tweetal proeven vermeld, die op de bovenomschreven wijze zijn verricht. Men ziet dat niettegenstaande de maximale smelttemperatuur boven de 70 °C is geweest (en dus is het aantal melkzuurbacteriën zeer gering) er toch nog gisting is opgetreden.

Om over dit alles uitsluitel te kunnen geven zou de redoxpotentiala kwantitatief vastgelegd moeten kunnen worden, doch het meten van redoxpotentialen in kaas is een vraagstuk op zichzelf, zodat wij hierover nog geen gegevens bezitten.

6. CONCLUSIE VOOR DE PRAKTIJK.

Daar wij moeten aannemen, dat het optreden van gasvorming in korstloze kaas ten zeerste wordt bevorderd door een lage redoxpotentiala

zullen om de gisting tegen te gaan, die maatregelen genomen moeten worden, die het ontstaan van een lage potentiaal zoveel mogelijk tegengaan. Hiertoe behoren o.a.:

- a. het niet gelijktijdig verwerken van knijperkazen met vroeg-los kazen;
- b. het smelten op een zodanig hoge temperatuur te doen plaats vinden, dat de melkzuurbacteriën bijna allemaal gedood zijn. Bij onze proeven lag deze grens bij 70 °C, doch in de praktijk zal deze temperatuur experimenteel moeten worden vastgesteld.

In het algemeen verdient het aanbeveling knijperkazen slechts op een zodanig tijdstip te verwerken, dat de korstloze kaas bij bewaring in pakhuis of bij detaillist niet aan hoge temperaturen wordt blootgesteld. Deze kaas moet dus eigenlijk niet in de zomer verwerkt worden.

Tabel 7. Korstloze kaas gemaakt uit een mengsel van normale en „vroeg-los”kaas.

Korstloze kaas No.	Vocht %	pH na het smelten	Citroenzuur op droge stof %	Max. smelttemp. °C	Smelttijd min	Toeren-tal omw/min	Gisting na dagen	Aantal bacteriën per gram korstloze kaas					Rottingsbact.	
								Coli/aer. bact.	Boterzuurbact.	Prop. zuurbact.	Boekelscheurbact.	Melkzuurbact.		
49	48.8	5.52	2	73.5	21.5	112	34	0	5	0	0	0	<1000	—
51	49.1	5.43	2	74	26	112	11	0	60	0	0	0	<1000	—
Process cheese No.	Moisture %	pH after processing	Citric acid on a dry base %	Max. temp. of processing °C	Time of processing min	Speed in rotations per min	Ferm-entation after days	Number of bacteria per gram of processed cheese						
								Escherichia Aerogenes bact.	Butyric acid-bact.	Propionic acid-bact.	Lactob. bifermens	Lactic acid-bact.	Putrifying bact.	

Table 7. Processed cheese made of a mixture of normal cheese and „early blowing” cheese.

7. SAMENVATTING.

In de inleiding waarin enige omschrijvingen worden gegeven van hetgeen in dit verslag onder kaas, korstloze kaas, blokkaas, smeerkaas, gasvorming, bolling en gisting wordt verstaan, wordt voorgesteld het woord „blokkaas” te vervangen door „snijkaas”.

Uit het literatuuroverzicht blijkt dat in het algemeen als oorzaak van de gasvorming een bacteriologisch proces wordt aangenomen. Als verwekkers worden vooral anaerobe sporenvormers genoemd.

Het onderzoek der practijkmonsters had tot resultaat dat wij moeten aannemen, dat *Cl. tyrobutyricum*, dus lactaatvergiftigende boterzuurbacteriën verantwoordelijk moeten worden gesteld voor de gasvorming in korstloze kaas. In één enkel geval moesten wij propionzuurbacteriën mede verantwoordelijk stellen voor de gisting. Zie tabel 1.

Het bewijs, dat boterzuurbacteriën de veroorzakers waren der gasvorming, door deze bacteriën te enten in korstloze kaas en na te gaan of dan gasvorming optrad, was niet eenvoudig. Op theoretische gronden werden nu de omstandigheden van pH, vochtgehalte, citroenzuurgehalte, toerental der roerder, koolzuur atmosfeer, maximale smelttemperatuur, smeltduur en enting met boterzuurbacteriën, zuurseltoevoeging, toevoeging van cysteïne-hydrochloride en van Mohr's zout zodanig gekozen, dat gasvorming moest plaats vinden. Zie tabel 3.

Al deze 10 factoren waren echter niet van essentiële betekenis; om dit gewaar te worden werden zij één voor één veranderd (zie tabel 4).

Het bleek nu, dat voor een gasvorming niet noodzakelijk waren: een hoog vochtgehalte, een hoge pH, de toevoeging van zuursel, cysteïne-HCl of Mohr's zout, het gebruik van kooldioxyde, een bepaald toerental.

Een maatgevende factor bleek te zijn de maximale smelttemperatuur (zie tabel 5). Uit deze tabel kon de gevolgtrekking worden gemaakt, dat wel gasvorming optreedt, indien de maximale smelttemperatuur lager dan 70 °C ligt; is zij hoger, dan treedt in 't algemeen geen gasvorming op.

De maximale smelttemperatuur is één der maatgevende factoren voor het aantal melkzuurbacteriën dat zich tijdens de bewaarperiode in de kaas kan ontwikkelen. Bij een smelttemperatuur beneden 70 °C bleek het aantal melkzuurbacteriën zeer groot te zijn, terwijl het aantal gering bleef, als de smelttemperatuur hoger dan 70 °C was geweest (zie tabel 5).

De melkzuurbacteriën zijn waarschijnlijk alleen van belang, omdat zij de redoxpotentiaal verlagen. Hieruit zou blijken, dat de redoxpotentiaal van grote invloed is op het al of niet optreden van gasvorming in korstloze kaas. Een bewijs hiervoor is ook te vinden in tabel 7, waar 2 proeven vermeld staan, waarbij door een hoge smelttemperatuur geen groei van de melkzuurbacteriën kon optreden en waarbij de redoxpotentiaal der korstloze kaas verlaagd was door aan het mengsel „vroeg-los”-kaas toe te voegen.

Het is echter nodig deze redoxpotentialen kwantitatief vast te leggen; in verband met de moeilijkheden hieraan verbonden moet dit gedeelte van het onderzoek tot een latere datum worden uitgesteld.

In een conclusie voor de practijk werd vermeld, dat zodanige maat-

regelen moeten worden genomen, dat er geen lage redoxpotentiaal in de korstloze kaas kan ontstaan: *a.* Laat-los kazen en vroeg-los kazen moeten niet tezamen gesmolten worden; *b.* het smelten moet bij een zodanig hoge temperatuur plaats vinden, dat bijna alle melkzuurbacteriën gedood worden. Knijperkazen mogen slechts op een zodanig tijdstip verwerkt worden, dat de opslag van het gereede product niet bij hoge temperatuur plaats behoeft te vinden; dus niet in de zomermaanden.

SUMMARY

In the introduction some descriptions are given of what is understood in this report by cheese, hard and soft process cheese and blowing of cheese.

From a review of the literature it appears that in general, the existence of a bacteriological process must be considered most probable as the cause of the blowing of process cheese. Especially anaerobic spore forming bacteria are mentioned as the chief organisms.

As a result of the investigation of factory samples we had to assume that *Cl. tyrobutyricum*, consequently lactate fermenting butyric acid bacteria must be held responsible for the blowing in process cheese. In one single case we had to consider propionic acid bacteria a secondary cause of the blowing. See table 1.

The proof, that the blowing was caused by butyric acid bacteria by inoculating these bacteria into process cheese and observing if blowing took place, was not so easy. On theoretical grounds the conditions of pH, the moisture content, the citric acid content, the number of rotations of the stirrer, the carbon-dioxide atmosphere, the maximum temperature of processing, the time of processing, and the inoculation with butyric acid bacteria, the addition of starter, the addition of cysteine hydrochloric acid and of Mohr's salt were now chosen in such a way that we could reasonably expect gassy fermentation to take place. See table 3.

These 10 factors, however, were not all of essential significance; to state this they had to be altered one by one. (See table 4).

It now appeared that a high moisture content, a high pH, the addition of starter, cysteine hydrochloric acid or Mohr's salt, the use of carbon-dioxide, definite speed in rotations, were not essential for gassy fermentation.

A decisive factor proved to be the maximum temperature of processing (see table 5). From this table the conclusion could be drawn that blowing does take place, if the maximum temperature of processing is lower than 70 °C, if this temperature is higher, no gassy fermentation generally takes place.

The maximum temperature of processing is one of the decisive factors for the number of lactic acid bacteria which can develop in the cheese during the keeping-period. At a processing temperature below 70 °C the number of lactic acid bacteria proved to be very great, whereas the number remained low, when the processing temperature had been higher than 70 °C (see table 5).

The lactic acid bacteria only play a part in so far that they lower the redox-potential. From this it would follow that the redox-potential materially affects the (non) occurrence of blowing in process cheese. A proof of this is also to be found in table 7, where 2 experiments have been stated, at which no growth of the lactic acid bacteria could take place, due to a high processing temperature and at which the redox potential of the processed cheese was reduced by adding „early blowing“ cheese to the mixture.

It is, however, essential to determine these redox-potentials quanti-

tatively; in connection with the difficulties attached to these experiments this part of the investigation must be postponed till a later date.

In a conclusion for practice it was stated that such measures should be taken, that there will be no low redox-potential in the process cheese: *a)* „Late blowing” cheeses, and „early blowing” cheeses should not be processed together. *b)* the processing should take place at so high a temperature that nearly all lactic acid bacteria are killed.

„Late blowing” cheeses, may only be processed at such a time that the storage of the finished product need not take place at a high temperature, so not in the summer months.

LITERATUUR.

- 1 J. VAN BEYNUM en J. W. PETTE. Suikervergistende en lactaatvergistende boterzuurbacteriën. *Versl. Landbouwk. Ond. no. 40 C* (1934) pag. 545.
- 2 J. VAN BEYNUM en J. W. PETTE. Het aantonen van gasvormende bacteriën in kaas. *Versl. Landbouwk. Ond. No. 48* (14) C (1942).
- 3 J. CSISZÁR. Die anaeroben Sporenbildner als Ursache der Schmelzkäseblähung. *Milchwirtsch. Forsch.* 12 (1932) 485—493.
- 4 J. CSISZÁR. Das Verhalten der anaeroben Blähungserreger des Schmelzkäses der Hitze, Säure und den Konservierungsmittel gegenüber. *Milchwirtsch. Forsch.* 15 (1933) 201—227.
- 5 DEMETER und JANOSCHEK. Ueber Schmelzkäseblähung. *Dtsch. Molk. Ztg. Kempten* 59 (1938) 1332—1333.
- 6 K. EGGER. Die modernen Schmelzkäseverfahren (1940) pag. 76.
- 7 FREIESLEBEN. Betrachtungen über die Blähungserscheinungen bei Schmelzkäse. *Schweiz. Milch Ztg.* 56 (1930) 456 en 473—474.
- 8 O. GRATZ. Versuche zur Verhinderung der Schmelzkäseblähung auf biologischem Wege. *Dtsch. Molk. Ztg. Kempten.* 55 (1934) 88.
- 9 F. KIEFERLE und J. UMBRECHT. Die Schmelzkäse-Industrie (1939) pag. 130.
- 10 T. NUSZBAUMER. Vom Schachtelkäse. *Schweiz. Milch. Ztg.* 65 (1939) 103.
- 11 H. J. PALMER and W. J. SLY. Fermentation in processed cheese. *Dairy Ind.* 6 (1941) 241—243. Ontleend aan het referaat: *Le Lait* 26 (1946) 341.
- 12 Smeltkaas. *Aig. Zuiv. en Melkhyg. Wbl.* 32 (1936) 246—249.