ÉTUDES BIOTECHNIQUES SUR LA FABRICATION DE YOGHOURT DOUX ET AROMATIQUE

Communication V (1)

**La surgélation du yoghourt brassé,
soit une nouvelle possibilité d'application du traitement
frigorifique pour la prolongation de sa faculté de conservation**

par

Joseph A. KURMANN

*Professeur et chef du laboratoire de biotechnologie laitière
Ecole de Laiterie et Station Laitière de Grangeneuve-Fribourg (Suisse)*

I. — Introduction

L'étude sur l'amélioration de la faculté de conservation des produits laitiers fermentés présente actuellement un grand intérêt [4]. Les problèmes de fabrication et de distribution seraient considérablement simplifiés et le prix de revient serait fortement abaissé s'il existait la possibilité technologique permettant d'améliorer les qualités de conservation [3].

Schulz, Zollikofer et Gavin [2] se sont occupés spécialement de cette question et ils ont envisagé la pasteurisation du yoghourt, nouveau procédé, qui pour l'immédiat n'est pas encore applicable sur l'échelle industrielle.

Nous nous occupons ici de l'application d'un traitement frigorifique du yoghourt, c'est-à-dire d'un procédé moins révolutionnaire que le précédent. Il ne nécessite pas de nouvelles installations et n'augmente pratiquement pas les heures de travail. Nous sommes conscients que l'application pratique de ce procédé est limitée et que ce n'est, de ce fait, qu'une contribution à la solution du problème de l'amélioration de la faculté de conservation.

Le traitement frigorifique du yoghourt mis en gobelet n'est pas applicable au yoghourt non brassé, car par la congélation, la structure du caillé est endommagée et ainsi une séparation du sérum est provoquée.

(1) C. R. des communications III et IV, voir p.p. 473 et 475.

Antérieurement à cette présente étude on a procédé à plusieurs travaux sur la fabrication de yoghourt doux et aromatique dont l'index bibliographique [6, 11] qui en fait mention, est un traité de toutes les questions relatives à la conservation du yoghourt. Cette nouvelle publication, et la suivante, abordent spécialement les aspects nouveaux de cet important problème.

Au cours de trente ans, par intermittence, la congélation du lait a été l'objet d'étude. Actuellement l'étude de la congélation du yoghourt est à ses débuts. Pour l'instant nous serions dans l'impossibilité de résoudre tous les problèmes qu'elle envisage. Néanmoins ce présent travail est une initiation fructueuse à la congélation à basse température du yoghourt brassé.

II. — But et limitation du sujet d'étude

Comme déjà mentionné notre *but* est d'étudier les possibilités de l'application de la congélation du yoghourt brassé pour prolonger sa faculté de conservation sans influencer défavorablement les qualités organoleptiques et la consistance.

Le sujet de ces études est limité comme suit :

1) Sur un traitement frigorifique simple, avec un équipement comme on le trouve dans les usines le plus souvent, seulement avec une chambre à congélation. De ce fait les résultats de cette étude seront caractérisés ou limités : *a)* par l'application d'une *congélation lente*. Une congélation rapide demanderait un équipement spécial ; *b)* par une congélation en couche épaisse c'est-à-dire sur le yoghourt mis en gobelet ou en boilles.

2) Sur la composition chimique du yoghourt prescrit par la législation suisse (résidu sec dégraissé d'au moins 9 p. 100 et teneur en matière grasse d'au moins 3,5 p. 100. Dans le yoghourt nature brassé nous avons eu un taux de matière grasse de 3,5 p. 100 et un extrait sec dégraissé compris entre 9,5 et 10,5 p. 100. Pour le yoghourt aux fruits: une teneur en graisse de 3,5 p. 100 et un extrait sec dégraissé total avec l'adjonction de sucre et de fruits d'environ 20 à 23 p. 100.

3) Les gobelets de yoghourt sont en matière plastique dont le diamètre est plus étroit à la base. Fermeture non hermétique, avec un couvercle de carton.

4) Choix de la température de congélation : — 26° C.

III. — Généralités sur la congélation du yoghourt et les influences provenant de la technique de fabrication

1) L'utilité.

Nous voyons dans la congélation du yoghourt les possibilités d'application et les avantages suivants :

a) Permet de conserver au yoghourt son état frais sans les nombreux inconvénients qui résultent de divers traitements (deshydratation, etc.).

b) Les qualités diététiques (flore microbienne) ne sont pas changées.

c) En pleine saison, la consommation peut considérablement varier en fonction de la température. La demande très importante en été tombe brusquement lorsque la température baisse et la laiterie se retrouve alors avec d'importants stocks de yoghourt, qui pourraient être éventuellement momentanément congelés.

d) Permet d'avoir des yoghourts en stock (en réserve), ce qui peut être utile en cas de perturbation de la fabrication (fabrication intermittente, perturbations dans l'acidification du fait du bactériophage, etc.).

e) Simplifie les problèmes de distribution pour les grandes usines et distributeurs (permet de longs transports en camion, permet la mise en stock dans des centres de distribution éloignés de l'usine, possibilité de stockage congelé chez le détaillant, etc.).

f) Intéressant pour la fabrication et le commerce de produits congelés, qui se répandent toujours d'avantage.

g) Prolonge la faculté de conservation du yoghourt aux fruits spécialement.

h) Spécialement intéressant pour les pays de climat chaud.

2) Généralités sur l'influence de la congélation du yoghourt à basse température.

Il n'existe aucune difficulté technologique insurmontable dans la préparation du yoghourt congelé se conservant d'une façon satisfaisante pendant quelques mois. Le problème essentiel à résoudre pour la congélation, c'est celui de la stabilité des protéines coagulées (caséine essentiellement) puis vient un deuxième problème celui de l'oxydation ou rancissement de la matière grasse. L'instabilité des protéines du fait de la congélation du lait frais a donné lieu à de nombreux travaux ces dernières années [1].

Nous donnons ci-après quelques considérations générales sur la congélation du yoghourt à basse température, c'est-à-dire d'un lait acidifié et coagulé.

a) *Sur la stabilité de la caséine coagulée.*

Lorsque le yoghourt est soumis à la congélation, les premiers cristaux de glace formés consistent en une eau presque pure. Au fur et à mesure que la congélation se poursuit, tout liquide non congelé se concentre avec le corps dissous et le produit complètement congelé n'est donc pas susceptible d'avoir des qualités uniformes.

Pour les couches épaisses que nous avons dans un pot de yoghourt (gobelet) ou boille de 40 l, la congélation va de l'extérieur vers l'intérieur. Par la croissance des cristaux de glace de l'extérieur vers l'intérieur se manifeste une pression interne, qui est néfaste à la structure (consistance), voir l'exemple cité ci-après. Brièvement, nous allons étudier les effets divers sur chaque type de yoghourt par suite de la congélation.

aa) *Le yoghourt nature ou aromatisé non brassé.*

Les cristaux de glace endommagent la structure du caillé de yoghourt nature non brassé, ce qui provoque une séparation du sérum. Comme déjà mentionné au début, la congélation n'est pas applicable au yoghourt non brassé.

bb) *Le yoghourt brassé (nature, aromatisé, aux fruits).*

La structure du caillé a été déjà détruite en grande partie (mais pas complètement) par le brassage. Les cristaux de glace ne peuvent plus briser le caillé qui est déjà morcelé. Pour le yoghourt brassé il s'agit surtout d'un problème de teneur en extrait sec pour éviter la déstabilisation des constituants (sur le rôle que joue l'extrait sec voir sous 3.c). Dans le yoghourt aux fruits le taux d'extrait sec est suffisant; par contre dans le yoghourt nature brassé une teneur normale d'extrait sec (par exemple de 12,5 p. 100) ne suffit pas pour éviter une déstabilisation des constituants (séparation du sérum).

b) *Oxydation ou rancissement de la matière grasse.*

Lors de nos expériences nous n'avons pas eu de difficultés avec l'oxydation ou le rancissement de la matière grasse. De ces deux défauts l'oxydation de la matière grasse a le plus de chance de se produire. Parmi les facteurs techniques décrits ci-après sont mentionnées (surtout sous 3 a, b, c, d, f, g,) des influences qui agissent contre l'oxydation de la matière grasse.

Le rancissement se présente seulement dans le cas d'une erreur technique grave (défauts de pasteurisation et d'homogénéisation, etc.).

3) Les facteurs provenant de la technique de fabrication.

Il faut prêter une attention particulière à quelques facteurs d'ordre technique qui influencent le processus de la congélation,

TABLEAU I

LA CONGÉLATION DU YOGHOURT AUX FRUITS AVEC DIFFÉRENTS ARÔMES

Arôme (1)	Pourcentage d'extrait de fruits ajouté	Consistance après la décongélation	pH (3)
Ananas	10 + 3 de sucre	+	3.55
Abricot	10 + 3 de sucre	++	3,55
Fraise	10 + 3 de sucre	++	3,55
Framboise	10 + 3 de sucre	++	3.55
Myrtille	10 + 3 de sucre	+(+)	3.52
Bananes	10 + 3 de sucre	++	3.60
Moca (2)	5 + 3 de sucre	—	3.65

+ Consistance normale.

++ Consistance normale et formation d'un état de gelification distincte.

— Mauvaise consistance, séparation de sérum (déstabilisation).

(1) Arômes de l'usine de Obermeilen (Ct. Zurich, Suisse).

(2) Pas d'extrait de fruits, à titre de comparaison.

(3) A titre d'exemple, pH relevé d'une fabrication.

soit la durée de conservation du yoghourt congelé et les qualités organoleptiques du yoghourt décongelé.

a) *La pasteurisation du lait.*

L'utilisation des températures de pasteurisation élevée et de longue durée du lait de yoghourt (entre 85-90° C) favorisent la formation de substances antioxydantes (sulfhydryles) évitant l'oxydation de la matière grasse et prolongeant la durée de conservation.

b) *La standardisation de la teneur en matière grasse et l'homogénéisation.*

Dans le yoghourt on ne trouve pas la teneur de graisse initiale du lait, car il est abaissé selon les prescriptions de la législation des divers pays (diminue le risque d'oxydation de la matière grasse).

L'homogénéisation évite non seulement le suiffage de la matière grasse, mais aussi l'aspect floconneux que présente le yoghourt surgelé à partir de lait non homogénéisé.

c) *Le rôle de l'extrait sec.*

L'extrait sec a une très grande importance sur la consistance et la séparation du sérum qui se manifeste par les phénomènes suivants :

aa) *Action directe sur le processus de congélation.*

— Abaisse le point de congélation progressivement avec la concentration de l'extrait sec [5].

— Diminue la pression de l'eau de congélation.

— Diminue la grandeur des cristaux de glace. Influence un peu l'aspect de la surface du yoghourt décongelé (imprégnation provenant des cristaux de glace, aspect plus ou moins frais).

bb) *Empêche des réactions physico-chimiques lors de la congélation.*

Au cours de la congélation du yoghourt peuvent se produire des réactions physico-chimiques qui se traduisent surtout par une diminution de la solubilité de la caséine (changement dans l'état d'hydratation) produisant une certaine dureté ou fragilité du caillé.

Il est également possible que l'addition de sucres ait une action stabilisante sur le yoghourt.

cc) *La stabilisation d'eau libre lors de la décongélation.*

Le yoghourt congelé présente à la décongélation une déstabilisation des constituants qui se révèle surtout par une séparation du sérum. De ce fait, il faut que l'eau libérée par les cristaux de glace soit de nouveau stabilisée et qu'un état de gel ferme du caillé se forme de nouveau. Cette action épaississante doit redonner au yoghourt l'aspect homogène qu'il avait auparavant.

dd) *Prolongation de la faculté de conservation.*

L'augmentation de l'extrait sec a une action inhibitrice sur l'oxydation de la matière grasse.

L'importance de l'action bénéfique des facteurs précédemment mentionnés dépend de la teneur en extrait sec. En principe, une élévation de l'extrait sec augmente la stabilité du yoghourt brassé. Cet effet favorable n'est pas seulement obtenu avec l'augmentation de la matière sèche du lait (adjonction de poudre de lait, de lait concentré ou de la condensation du lait), mais aussi l'addition de sucre de canne et surtout des concentrés de fruits (fruits en fins morceaux) augmentent considérablement la stabilité.

Dans le tableau I nous avons indiqué quelques détails sur la quantité de sucre et de fruits ajoutée lors de nos essais. L'influence des différents arômes est variable sur la consistance du yoghourt décongelé et provient de la macération des concentrés de fruits par le fabricant et de la tendreté (nature) des fruits.

d) *L'adjonction de stabilisateurs.*

La présence de certains stabilisateurs est nécessaire dans le yoghourt nature brassé pour obtenir un produit n'offrant pas une séparation du sérum et ne présentant pas une déstabilisation du caillé.

On doit exiger les propriétés suivantes d'un stabilisateur pour le yoghourt congelé : *a)* doit supporter un milieu acide (*pH* assez bas) ; *b)* le caillé ne doit pas devenir dur et floconneux ; *c)* pas de changement de l'odeur et de la saveur ; *d)* éventuellement non seulement hydrophile, mais aussi lypophile ; *e)* facilement soluble et se disperser facilement ; *f)* ne pas causer une écume persistante ; *g)* éviter une séparation dans le mélange ; *h)* donner avec une quantité aussi faible que possible un effet maximal (si possible, ne pas dépasser la quantité de 0.5-1 p. 100) ; *i)* garder son action aussi pour des températures basses et sur une période assez longue de stockage du yoghourt ; *j)* le stabilisateur ne doit être ni trop cher et ni difficile à obtenir ; *k)* conférer une certaine résistance aux variations de température au cours de l'entreposage.

On emploie aujourd'hui de plus en plus des mélanges de divers stabilisateurs. En principe, on choisira des stabilisateurs qui ont donné satisfaction pour les crèmes glacées acides. L'alginate de soude est sensible à un milieu acide et doit être employé uniquement en mélange. Il est intéressant de noter que celui-ci a une action inhibitrice sur l'oxydation de la matière grasse. La gomme de Guar a attiré l'attention des fabricants ces dernières années du fait qu'elle peut être utilisée dans les cas où la pasteurisation à haute température est employée, comme c'est aussi le cas pour le lait de yoghourt. Elle n'est pas sensible aux sels ou à l'acidité du mélange, de plus elle ne cause pas de séparation dans le mélange et elle résiste très bien aux variations de température. La gomme de Guar représente ainsi un excellent stabilisateur pour les crèmes glacées acides, ainsi que pour le yoghourt congelé.

La quantité de stabilisateurs à employer diffère pour chaque produit ou chaque mélange. Elle est déterminée de préférence par un petit essai pratique. Généralement une addition d'une quantité de 0,5 à 1 p. 100 est suffisante.

e) L'acidité finale après l'incubation.

L'acidité finale a certes aussi une influence sur le yoghourt congelé à basse température. Nous voudrions considérer les points suivants :

aa) Influence sur la déstabilisation du caillé.

Une forte acidité diminue l'enveloppe d'eau de la caséine et provoque une contraction qui est favorisée par la décongélation (par des influences physiques) et produit plutôt un durcissement du caillé. Cet effet se produit dans des yoghourts avec un extrait sec trop faible.

bb) Influence sur l'épaississement (gélification) du caillé décongelé.

L'épaississement du caillé décongelé n'est probablement pas favorisé par une forte acidité, mais il nous semble que cette question mérite d'être étudiée pour le yoghourt aux fruits en particulier.

On peut aussi se tenir sans désavantage à l'acidité d'un yoghourt doux et aromatique de 40-45 SH° (1).

f) Le brassage et l'homogénéisation du caillé de yoghourt après la coagulation.

Pour le brassage, il faut veiller à ce qu'il n'y ait pas d'introduction d'air qui provoque une couche mousseuse sur le yoghourt et que le brassage ne soit pas trop fort (destruction complète de la structure).

Quant à l'application de l'homogénéisation, procédé décrit récemment par Gavin [2] on constate : a) que le yoghourt est plus liquide, car la structure du caillé est complètement détruite, b) souvent après la décongélation et une conservation de quelques jours au frigo à + 5° C, le yoghourt se sépare (destabilisation en partie de l'eau et de la caséine). Les forces de gélification au frigidaire à + 5° C sont trop faibles. Ce phénomène est accéléré par une acidité élevée. L'homogénéisation du caillé n'est donc pas recommandable pour la congélation du yoghourt.

g) L'emballage et le remplissage du gobelet.

L'emballage doit être assez volumineux, c'est-à-dire le gobelet doit être rempli de façon qu'il existe un espace suffisant entre la masse de yoghourt et la surface du gobelet : a) si le gobelet est trop rempli : par suite de l'augmentation de volume due à la congélation, le yoghourt déborde et il se forme sur le couvercle ou à côté des morceaux de glace ; b) un gobelet trop petit ou un remplissage trop fort favorisent une séparation du sérum. Si le yoghourt colle au couvercle, le sérum se sépare et une couche de liquide flotte à la surface.

Une fermeture hermétique ralentit l'oxydation de la matière grasse.

h) Transport à l'usine avant la congélation.

Les yoghourts doivent être transportés avec soin à l'usine, de sorte que le yoghourt ne soit pas projeté sur les parois et sur le couvercle au-dessus de la masse.

IV. — La congélation et le stockage du yoghourt congelé.

La congélation est un processus relativement simple. Les descriptions suivantes se rapportent surtout au yoghourt mis en gobelet. La congélation du yoghourt en boilles est aussi recommandable, car elle permet ultérieurement la mise en gobelets.

(1) = 90-100° D.

1) Le moment propice pour la congélation.

Après l'incubation on recommande que le refroidissement ne soit pas trop brusque pour éviter une séparation du sérum. Nous avons procédé à la congélation seulement 24 heures après la fabrication. En principe elle se pratiquera sur un produit aussi frais que possible et complètement refroidi.

2) La température de congélation.

a) *Température favorable.*

Pour les raisons suivantes, nous avons choisi une température de stockage du yoghourt au-dessous de -18°C .

aa) Pour le choix de la température de congélation il est intéressant de connaître les températures recommandées pour le lait congelé et les crèmes glacées (entre -25 et -30°C) [5], car ce sont les produits laitiers qui ressemblent le plus au yoghourt congelé.

bb) Pour le stockage des fruits on recommande au moins -18°C [12], ce qui intéresse la fabrication du yoghourt aux fruits.

De ce qui précède on peut déduire qu'il faudrait en règle générale ne pas appliquer une température inférieure à -18°C pour bien conserver la valeur alimentaire et la saveur du yoghourt. Les réactions enzymatiques ou chimiques ne cessent pas après la congélation de l'eau, elles sont seulement très ralenties. On a constaté par exemple une activité lipolytique, protéolytique, etc. entre -15 et -25°C . Seulement au-dessous de -130 à -150°C on est certain qu'aucune dégradation n'affectera le produit. Pour la congélation du yoghourt, des températures entre -26 et -30°C donnent des résultats très satisfaisants. C'est pour cette raison que nous avons appliqué une température de conservation de -26°C .

b) *Variations de la température de congélation.*

Les variations de température pour les aliments congelés en général ne devraient pas dépasser $\pm 1^{\circ}\text{C}$ et elles sont d'autant plus dangereuses que la température se rapproche de -18°C . Il est absolument nécessaire de contrôler régulièrement les températures de conservation et ses fluctuations pour éviter des défauts de consistance (séparation du sérum) du yoghourt décongelé.

Un contact direct de la marchandise congelée et non congelée est à éviter par une distance de stockage appropriée, ou bien il faudrait mettre du carton pour séparer les marchandises. Après la congélation (par exemple après 24 heures) on peut stocker la marchandise d'une façon très dense (bien garder le froid, éviter des fluctuations).

Eviter des transports de marchandise à l'usine vu le risque d'une décongélation. Si un transport est nécessaire, il faut couvrir le chariot d'une housse isolante.

Pour un transport à longue distance, la température doit être maintenue à -20°C environ, en évitant avec soin toute fluctuation de température très préjudiciable à la qualité.

3) La vitesse de congélation.

Nous avons travaillé avec des conditions qui se présentent en pratique avec des installations simples, c'est-à-dire avec une congélation lente en couche épaisse. Une congélation rapide diminue la grandeur des cristaux, mais il faut disposer d'une installation spéciale et c'est d'autre part un problème encore à l'étude.

4) Durée de stockage.

Les problèmes de stockage sont semblables à ceux du lait congelé où l'on a constaté qu'une concentration (condensation) du lait avait un effet très bénéfique sur la durée de conservation [5]. Les problèmes qui se posent ont été mentionnés dans le chapitre précédent (influence sur la matière grasse, sur la déstabilisation du yoghourt congelé).

La durée de stockage peut être de trois mois environ au minimum, c'est avec cette durée que nous avons toujours obtenu de bons résultats. En outre, nous n'avons pas stocké plus longtemps le yoghourt.

Devant et à l'intérieur du congélateur on doit veiller à un ordre strict et une propreté irréprochable.

V. — La décongélation

Une opération un peu délicate est la décongélation du yoghourt. Pour le yoghourt comme pour le lait congelé, il existe une séparation des constituants qui se remélangent après la décongélation (eau, lactose). La bonne répartition d'eau libérée par les cristaux de glace dépend surtout de la teneur en extrait sec, comme déjà mentionné, qui exerce une fonction de stabilisateur.

1) Technique de décongélation.

Pour le yoghourt dont la teneur en extrait sec est à la limite du taux nécessaire pour pouvoir procéder à une congélation, une décongélation rapide (par exemple à la température ambiante) provoque une forte séparation du sérum. Parallèlement l'eau condensée formée au couvercle peut flotter à la surface du yoghourt, comme s'il y avait une légère séparation de sérum.

Nous conseillons, pour diverses raisons (éviter la formation de l'eau condensée, décongélation plus soignée, meilleure consistance, éviter une postacidification trop rapide, de pratiquer une décongélation lente, par un entreposage dans une chambre frigorifique par exemple à $+ 5^{\circ}\text{C}$ pendant au moins vingt-quatre heures ou de préférence, même pendant trente-six heures.

La vitesse de décongélation dépend : a) de la température de décongélation, de la densité de stockage et d'une éventuelle soufflerie d'air ; b) de la matière sèche ; c) du brassage et de l'introduction d'air ; d) de la fermeture plus ou moins hermétique du gobelet ; e) de la nature de l'emballage ; f) de la durée de stockage.

Il faut notamment veiller à ce que durant cette phase délicate de décongélation, le caillé ne subisse aucune agitation, ceci dans le but d'éviter une séparation du sérum.

2) Aspect du yoghourt décongelé.

La congélation lente comme nous l'avons pratiquée présente les désavantages suivants, qui influencent la présentation : a) on trouve à la surface l'imprégnation des cristaux de glace et on voit comment ils se sont formés de l'extérieur vers l'intérieur, l'aspect est moins homogène ; b) ces cristaux de glace provoquent de petites inégalités à la surface et une très légère accumulation du sérum, ce qui donne un aspect plus aqueux ; c) on ne voit presque plus les morceaux de caillé provenant du brassage, car la surface est brillante, moins poreuse et plus ferme. En tout, la présentation est moins fraîche. On devrait procéder à un essai pour se rendre compte si une agitation à l'ultra son (vibration à haute fréquence) pouvait éliminer ces inconvénients.

Pour le yoghourt qui n'est pas encore mis en gobelet, il ne se pose pas de problème, car, par un simple brassage, on peut lui redonner son aspect frais et homogène.

En conclusion nous pouvons dire : a) la formation des cristaux de glace avec ses conséquences néfastes pour l'aspect du yoghourt décongelé, pourrait probablement être évité en bonne partie par une congélation rapide, procédé étudié ultérieurement ; b) les changements provoqués par une congélation lente ne sont pas tels que l'on ne puisse commercialiser les yoghourts congelés, car il ne s'agit en fait que de défauts de présentation minimes pour certains arômes (la banane) et des défauts plus prononcés pour d'autres arômes (myrtille). Après trois mois nous n'avons pas constaté d'augmentation de l'acidité.

3) Lieu de la décongélation.

La décongélation devrait s'effectuer soit à l'usine, soit chez de grands distributeurs. Seulement lorsque le produit contient des

stabilisateurs, on peut risquer que le consommateur ou le petit détaillant procède à la décongélation.

4) Microbiologie du yoghourt décongelé.

La congélation n'influence pas défavorablement la flore bactérienne.

5) Durée de stockage du yoghourt décongelé.

Le yoghourt décongelé que nous avons stocké pendant une semaine ne présente en général aucun défaut.

Résumé

Nos études démontrent la possibilité de congeler, par congélation lente, de l'extérieur vers l'intérieur, le yoghourt brassé mis en gobelet. Pour réussir l'opération, il faut avant tout homogénéiser le lait et atteindre un extrait sec assez élevé comme c'est le cas pour le yoghourt aux fruits généralement. La décongélation se fait pendant vingt-quatre heures à trente-six heures dans une chambre frigorifique à $+5^{\circ}\text{C}$. L'application de ce traitement permet de conserver le yoghourt pendant trois mois au moins. La qualité organoleptique est bonne, même si l'aspect extérieur présente moins de fraîcheur. Nous avons également donné une vue d'ensemble des problèmes qui se posent sur ce nouveau traitement frigorifique.

Summary

Deep freeze of stir-yoghourt.

Field experiments show that it is possible to freeze stir-Yoghourt with enough content of dry matter at least during three months. It will begiven a total summary over the appearing problems in connection with the deep freeze of the Yoghourt.

Reçu pour publication en février 1968.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ALAIS (Ch). Science du lait. Principes et techniques laitières. Ed. SEP, q. éd, 1965, p. 435.
- ALAIS (Ch.). Influence de divers traitements sur l'aptitude du lait à la coagulation par la présure. *L'industrie laitière*, n° 218/219, 1965.
- [2] GAVIN (M.). A propos de la fabrication continue du yoghourt : le brassage à chaud. *Le Laitier Romand*, n° 49, 1967.
- [3] BERTELSEN (M. E.). Incubation of milk an how it can be achieved. *Report n° 8. Annuel Bulletin*, Part. II « Fermented Milk », p. 104, 1964.

- [4] BOTTAZZI (V.). Communications personnelle.
- [5] JACQUET (J.) et THEVENOT (R.). Le lait et le Froid. Les produits laitiers et leur traitement frigorifique. Ed. J. B. Baillière et fils, 19, rue Hautefeuille, Paris, p. 76, 1961.
- [6] KURMANN (Joseph A.). Etudes biotechniques sur la fabrication de yoghourt doux et aromatique. Communication I. Aperçu critique sur les principes généraux et leur application. *Le Lait*, 47, 267-287, 1967.
- [7] KURMANN (Joseph A.). Yoghourt II. Classification et description systématique des principales influences qui modifient la consistance, la viscosité, la séparation du sérum. *Le Lait*, 7, 415-429, 1967.
- [8] KURMANN (Joseph A.). Yoghourt III. La sélection des cultures mères et des souches selon des critères technologiques. *Schweiz. Milchztg., Le Laitier Romand.*, nos 67 et 69, 1967.
- [9] KURMANN (Joseph A.). Yoghourt IV. La conduite technique de l'acidification pendant le processus de fabrication industrielle et non continue. *Schweiz. Milchztg., Le Laitier Romand.*, nos 79, 81, 83, 1967.
- [10] KURMANN (Joseph A.). L'influence de la température de conservation sur la culture mère du yoghourt. *Schweiz. Milchztg., Le Laitier Romand.*, n° 45, 1966.
- [11] KURMANN (Joseph A.). Neuere Erkenntnisse und Probleme in der Joghurt-Fabrikation. *Deutsche Molkerei-Zeitung*, Folge 29, 1967.
- [12] Mitteilung der Eidgen. Versuchsanstalt f. Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil. *Flugschrift* n° 59. Die Gefrierkonservierung im Haushalt.
- [13] SCHULZ (M. E.). Technology of fermented milk products, particularly of fermented milks and creams. *Milchwissenschaft*, 18, 443-453, 1963.

Post-scriptum : Nous venons de prendre connaissance d'une publication d'auteurs yougoslaves, parue en langue croate (1), qui nous est restée inconnue jusqu'à l'impression de ce travail. Il est intéressant d'y trouver des conclusions presque identiques sur la technique de congélation et décongélation du yoghourt, soit le stockage après l'incubation et le refroidissement pendant 16 heures à + 5° C, la préférence étant donnée à une congélation rapide, le choix de la température de — 27° C pour une longue durée de congélation et une décongélation lente à + 5° C pendant 24 heures. La durée de congélation fut prolongée jusqu'à 440 jours. Il fut certainement intéressant de mentionner ce travail fait indépendamment de nos recherches biotechniques ; ailleurs, ces différentes études se complètent réciproquement.

(1) VUJIĆIĆ (I.) et BAČIĆ (B.) : *Effet de la congélation sur la qualité du yoghourt*. *Mljekarstvo* 15 (5), 98-108 (1965), *Agric. Fac. Novi Sad*. Yougoslavie. Voir aussi : *Dairy Sci. Abstr.*, 27, 527 (1965).