

**Contribution à l'étude comparative concernant
le comportement physiologique et le taux de survie de
cinq cultures mixtes dans les milieux cryoconcentrés
et dans ceux enrichis par des substances protectrices
et facteurs de croissances**

par

Alexis JABARIT

Introduction

Dans nos articles précédents nous avons présenté une étude comparative concernant l'influence de la congélation et celle de la cryodessiccation sur le taux de viabilité et le pourcentage respectif de cinq cultures mixtes dans un milieu à base de lait écrémé. Ces articles ont paru dans la revue *Le Lait* (1).

En réalité, le travail présenté dans cet article est en quelque sorte le complément des travaux précédents, à savoir :

— Les cinq cultures mixtes sont :

Streptococcus thermophilus et *Lactobacillus bulgaricus*.

Streptococcus lactis et *Lactobacillus acidophilus*.

Streptococcus thermophilus et *Lactobacillus helveticus*.

Streptococcus lactis et *Lactobacillus helveticus*.

Streptococcus thermophilus et *Lactobacillus acidophilus*.

— Les milieux de culture sont à base de lait écrémé cryoconcentré aux différents pourcentages de matière sèche : 20, 25, 30, 35 et 40 p. 100.

— Les milieux naturels (le lait écrémé) sont mis en présence d'un certain nombre de substances protectrices.

— Les milieux naturels (lait écrémé) sont enrichis par un certain nombre de facteurs de croissance.

(1) *Le Lait*, 1969, n° 483-484, p. 160 ; n° 488, p. 530 ; 1970, n° 497, p. 391 ; n° 498, p. 544 ; 1971, n° 505-506, p. 302.

I. — LES FERMENTS LACTIQUES

Les yoghourts à base de lait concentré

LE COMPORTEMENT DES CINQ CULTURES MIXTES DE FERMENTS LACTIQUES DANS DES LAITS CRYOCONCENTRÉS

Nous avons étudié les comportements physico-chimique et physiologique des cinq cultures mixtes dans des laits écrémés cryoconcentrés aux différents pourcentages de matière sèche, à savoir :

20 p. 100, 25 p. 100, 30 p. 100, 35 p. 100 et 40 p. 100

ENSEMENCEMENT DES LAITS CRYOCONCENTRÉS

Les erlenmeyers ayant 200 ml du lait cryoconcentré : 20, 25, 30, 35 et 40 p. 100 de matière sèche sont mis à l'autoclave pour subir un traitement thermique à l'autoclave à une température de 90°/95° C pendant 45 mn. Après avoir été refroidis à 45° C, ils sontensemencés avec un inoculum (culture mixte) à 1-2 p. 100, puis placés à l'étuve de 42°/43° C pendant 4 à 24 h. A la sortie, on les laisse refroidir progressivement jusqu'à la phase stationnaire. Le pH varie entre 4 et 4,6 et l'acidité de 9 à 10 voire 12 g de l'acide lactique au l.

Certaines souches demandent une période d'incubation plus ou moins longue comme les lactobacilles acidophiles par contre certaines se développent plus rapidement à titre d'exemple : lactobacille bulgare et lactobacille helvétique.

LA CONGÉLATION DES YOGHOURTS A BASE DE LAITS CRYOCONCENTRÉS

Les températures de congélation étudiées étaient de — 40° C et — 70° C. Les yoghourts ainsi préparés sont répartis à raison de 2 ml par seringue dans des petits flacons transparents et marrons, ayant une contenance de 10 ml chacun, d'une épaisseur de 10 mm environ. Ceux-ci sont bouchés par une ouate spéciale, chlorofibre, qui a la faculté de laisser passer la vapeur mais d'empêcher la contamination des cultures mixtes au cours des manipulations. Nous avons choisi 20 flacons pour chaque culture mixte et divisé en deux groupes de 10 pour chaque sorte de flacon (verre ordinaire et verre marron).

La congélation s'effectue dans un bain d'acétone et de carbo-glace. On met le thermomètre dans le flacon témoin, les flacons sont introduits dans le bain froid dans un panier métallique, la température du bain est de l'ordre de — 75° C. A l'aide d'un chronomètre, nous pouvons déterminer le temps nécessaire pour atteindre la température recherchée.

Par exemple, pour arriver à — 40° C, il faut 6 à 9 mn et pour atteindre — 70° C il faut 16 à 20 mn.

LA LYOPHILISATION DES YOGHOURTS (CULTURE MIXTE) A BASE DE LAIT CONCENTRÉ

Cette phase de l'opération s'effectue dans nos lyophiliseurs connus sous l'appellation de mini lyophiliseur. Ces appareils ont les caractéristiques suivantes :

- la température de la surface froide est de -55°C à -70°C ;
- la température des plaques chauffantes est de 50°C à 150°C ;
- la pression totale de l'appareil peut varier de 1 torr à 20μ ($0,02$ torr) même jusqu'à 10μ vers la fin du cycle ;
- les plaques chauffantes sont écartables de manière à pouvoir même introduire les bocaux ayant 70 mm de hauteur ;
- la température de surface du produit est réglable de 20°C à 50°C suivant la nature du produit à lyophiliser.

Compte tenu de nos expériences précédentes concernant les ferments lactiques, nous avons choisi pour ces expérimentations les critères suivants :

- les températures des plaques chauffantes sont de 80°C et 120°C ;
- la température de surface du produit est de 30°C ;
- la pression totale de l'appareil est de 0,1 torr soit 100μ ;
- la durée du cycle varie de 6 à 7 h.

On constate souvent que les comprimés (2 ml) du yoghourt vers la fin du cycle s'agitent à cause d'une faible vibration. Ceci peut servir d'indice de fin d'opération.

Humidité résiduelle : Nous mesurons l'humidité résiduelle de ces yoghourts présentés sous forme de cachet-comprimé par la méthode pondérale ; perte de poids constante à la température de 55°C pendant 22 h à l'étuve sous vide.

Le pourcentage de l'humidité résiduelle varie de 1,60 à 1,80 p. 100 suivant le pourcentage de matière sèche des yoghourts cryoconcentrés.

Influence des substances ajoutées aux yoghourts sur le comportement physiologique des ferments lactiques

Pour connaître l'influence d'un certain nombre de substances chimiques sur le comportement physiologique, la viabilité ainsi que le goût et la texture des yoghourts, nous avons choisi le saccharose et la pulpe d'orange à deux différents pourcentages, à savoir :

| | | | |
|----------------|-----------|----------------|-----------|
| 1) Saccharose | 10 p. 100 | 2) Saccharose | 10 p. 100 |
| Pulpe d'orange | 5 p. 100 | Pulpe d'orange | 10 p. 100 |

Ces substances ont été ajoutées avant l'ensemencement. Le reste des conditions est identique à celui des yoghourts naturels ou cryoconcentrés. Il est bien connu qu'un certain nombre d'hydrates de carbone notamment : saccharose, glucose et lactose, ont un effet protecteur pour les ferments lactiques. Par ailleurs, le glutamate de sodium et les caroténoïdes ont un rôle protecteur pour les ferments lactiques dans des conditions biologiques défavorables.

Les yoghourts obtenus dans les milieux naturels, lait à 14 p. 100 de matière sèche, sucré et aromatisé ont le taux de viabilité comparable aux meilleurs yoghourts à base de lait cryoconcentré, le goût étant agréable et la texture granuleuse.

Influence des substances introduites sur le taux de survie des ferments lactiques
dans des yoghourts à 14 p. 100 de matière sèche

| Ferments lactiques | | | Str. lactique Lb. acidophile | Str. lactique Lb. helvétique | Str. thermophile Lb. acidophile | Str. thermophile Lb. bulgare | Str. thermophile Lb. helvétique | Observations |
|---|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------|
| Nombre des ferments lactiques (culture mixte) viables par ml | Saccharose 10 p. 100 Pulpe 10 p. 100 | Frais | 10^{12} | 10^{12} | 10^{12} | 10^{12} | 10^{12} | |
| | | Congelé à -40°C | 10^{12} | 10^{11} | 10^{11} | 10^{11} | 10^{11} | |
| | | Lyophilisé | 10^{11} | 10^{11} | 10^{10} | 10^{10} | 10^{10} | |
| | Saccharose 10 p. 100 Pulpe 10 p. 100 | Frais | 10^{12} | 10^{12} | 10^{12} | 10^{12} | 10^{12} | |
| | | Congelé à -40°C | 10^{11} | 10^{11} | 10^{11} | 10^{11} | 10^{11} | |
| | | Lyophilisé | 10^{11} | 10^{11} | 10^{11} | 10^{11} | 10^{10} | |

- Le nombre des ferments lactiques viables dans les yoghourts frais est de 10^{12} par ml.
- Le nombre des ferments lactiques viables dans les yoghourts congelés à -40°C est de 10^{11} par ml.
- Le nombre des ferments lactiques viables dans les yoghourts lyophilisés varie de 10^{10} à 10^{11} par ml.

Influence des substances introduites sur le pourcentage des deux ferments lactiques
dans des yoghourts à 14 p. 100 de matière sèche

| Ferments lactiques | | | Str. lactique Lb. acidophile | Str. lactique Lb. helvétique | Str. thermophile Lb. acidophile | Str. thermophile Lb. bulgare | Str. thermophile Lb. helvétique | |
|--|--|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------|
| Pourcentage des deux ferments lactiques dans 1 ml de yoghourt | Saccharose 10 p. 100 Pulpes 5 p. 100 | Frais | strepto. lacto. | 50 50 | 51 49 | 52 48 | 52 48 | 51 49 |
| | | Congelé à — 40° C | strepto. lacto. | 58 42 | 59 41 | 57 43 | 56 44 | 57 33 |
| | | Lyophilisé | strepto. lacto. | 54 46 | 53 47 | 52 48 | 53 47 | 54 46 |
| | | Frais | strepto. lacto. | 50 50 | 51 49 | 52 48 | 51 49 | 50 50 |
| | | Congelé à — 40° C | strepto. lacto. | 60 40 | 58 42 | 57 43 | 56 44 | 57 43 |
| | | Lyophilisé | strepto. lacto. | 55 45 | 53 47 | 54 46 | 52 48 | 53 47 |
| | Saccharose 10 p. 100 Pulpes 10 p. 100 | Frais | strepto. lacto. | 50 50 | 51 49 | 52 48 | 51 49 | 50 50 |
| | | Congelé à — 40° C | strepto. lacto. | 60 40 | 58 42 | 57 43 | 56 44 | 57 43 |
| | | Lyophilisé | strepto. lacto. | 55 45 | 53 47 | 54 46 | 52 48 | 53 47 |
| | | Frais | strepto. lacto. | 50 50 | 51 49 | 52 48 | 51 49 | 50 50 |
| | | Congelé à — 40° C | strepto. lacto. | 60 40 | 58 42 | 57 43 | 56 44 | 57 43 |
| | | Lyophilisé | strepto. lacto. | 55 45 | 53 47 | 54 46 | 52 48 | 53 47 |

Le pourcentage respectif des deux ferments lactiques dans des yoghourts frais est de 50 p. 100 environ.

Le pourcentage respectif des deux ferments lactiques dans des yoghourts congelés à — 40° C varie de 4 à 10 p. 100 en faveur des streptocoques.

Le pourcentage respectif des deux ferments lactiques dans des yoghourts lyophilisés varie de 2 à 5 p. 100 en faveur des streptocoques.

Influence des substances introduites sur le taux de survie des ferments lactiques

Nous avons essayé de connaître quelle était l'influence d'un certain nombre de substances telles que :

Riboflavine, acide folique, pyridoxine et pantothénate de calcium, séparément ou ensemble sur le comportement et la croissance des ferments lactiques étudiés.

Nous avons conservé toutes les conditions opératoires pour toutes nos expérimentations, à savoir :

- préparation des milieux de culture,
- ensemencement,
- introduction des substances à étudier.

L'incorporation des vitamines hydrosolubles se fait juste avant l'ensemencement. Nous avons étudié les combinaisons suivantes :

- riboflavine 0,5 γ par ml,
- riboflavine + acide folique 0,5 γ de chaque par ml,
- riboflavine + acide folique + pyridoxine 0,5 γ de chaque, par ml,
- riboflavine + acide folique + pyridoxine + pantothénate de calcium 0,5 γ par ml.

Ces substances ont un effet sur la croissance d'un certain nombre de nos ferments lactiques dans les milieux de culture naturels, lait à 14 p. 100 de matière sèche.

Nous présentons l'influence d'un certain nombre de vitamines hydrosolubles sur le taux de viabilité des ferments lactiques sous forme d'un tableau récapitulatif.

Conservation des ferments lactiques lyophilisés

Les ferments lactiques lyophilisés, dans des flacons de 10 ml de volume, ont été mis sous vide et compensés à l'azote sec, ensuite capsulés et conservés à la température ambiante.

En ce qui concerne les ferments lactiques lyophilisés dans les plateaux de 1,8 kg de yoghourt, les yoghourts lyophilisés ont été mis dans des sachets en matière plastique triplex : polyéthylène - aluminium - polypropylène, mis dans l'enceinte sous vide, compensés à l'azote et soudés.

La conservation des yoghourts dans les emballages perdus en triplex à certains avantages, par exemple le prix de l'emballage, la photo-oxydation est évitée et l'étanchéité (porosité) des triplex ne pose aucun problème.

| Substances introduites | | Riboflavine 0,5 p. 100/ml | Riboflavine 0,5 p. 100 Acide folique 0,5 p. 100 par ml | Riboflavine 0,5 p. 100 Acide folique 0,5 p. 100 Pyridoxine 0,5 p. 100 par ml | Riboflavine 0,5 p. 100 Acide folique 0,5 p. 100 Pyridoxine 0,5 p. 100 Pantothénate de calcium 0,5 p. 100 | |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|--|---|--|------------------|
| Ferments lactiques | Str. lactique Lb. acidophile | Frais | 10 ¹² | 10 ¹² | 10 ¹² | 10 ¹² |
| | | Congelé à — 40° C | 10 ¹¹ | 10 ¹¹ | 10 ¹¹ | 10 ¹⁰ |
| | | Lyophilisé | 10 ¹⁰ | 10 ¹⁰ | 10 ¹⁰ | 10 ⁸ |
| | Str. lactique Lb. helvétique | Frais | 10 ¹² | 10 ¹² | 10 ¹² | 10 ¹² |
| | | Congelé à — 40° C | 10 ¹¹ | 10 ¹¹ | 10 ¹¹ | 10 ¹¹ |
| | | Lyophilisé | 10 ¹⁰ | 10 ¹⁰ | 10 ⁹ | 10 ¹⁰ |
| | Str. thermophile Lb. acidophile | Frais | 10 ¹² | 10 ¹² | 10 ¹² | 10 ¹² |
| | | Congelé à — 40° C | 10 ¹¹ | 10 ¹¹ | 10 ¹⁰ | 10 ¹⁰ |
| | | Lyophilisé | 10 ¹⁰ | 10 ¹¹ | 10 ⁹ | 10 ⁹ |
| | Str. thermophile Lb. bulgare | Frais | 10 ¹² | 10 ¹² | 10 ¹² | 10 ¹² |
| | | Congelé à — 40° C | 10 ¹¹ | 10 ¹¹ | 10 ¹¹ | 10 ¹¹ |
| | | Lyophilisé | 10 ¹⁰ | 10 ¹¹ | 10 ¹¹ | 10 ¹¹ |
| Str. thermophile Lb. helvétique | Frais | 10 ¹² | 10 ¹² | 10 ¹¹ | 10 ¹² | |
| | Congelé à — 40° C | 10 ¹¹ | 10 ¹¹ | 10 ¹⁰ | 10 ¹¹ | |
| | Lyophilisé | 10 ¹¹ | 10 ¹⁰ | 10 ⁹ | 10 ¹⁰ | |

Influence des vitamines introduites dans des yoghourts sur le pourcentage respectif
des ferments lactiques présents

| | | | Riboflavine | Riboflavine Acide folique | Riboflavine Acide folique Pyridoxine | Riboflavine Acide folique Pyridoxine Pantothénate de calcium | |
|---|------------------------------------|---------------------------------|--------------------|------------------------------|--|--|----------|
| Substances introduites 0,5 p. 100/ml | | | | | | | |
| Ferments lactiques | Str. lactique Lb. acidophile | Frais | strepto. lacto. | 51 49 | 52 48 | 51 49 | 51 49 |
| | | Congelé à - 40° C | strepto. lacto. | 58 42 | 59 41 | 60 40 | 59 41 |
| | | | Lyophilisé | strepto. lacto. | 53 47 | 54 46 | 55 45 |
| | | Str. lactique Lb. helvétique | Frais | strepto. lacto. | 53 47 | 51 49 | 52 48 |
| | Congelé à - 40° C | | strepto. lacto. | 59 41 | 58 42 | 59 41 | 60 40 |
| | | | Lyophilisé | strepto. lacto. | 52 48 | 53 47 | 54 46 |
| | Str. thermophile Lb. acidophile | | Frais | strepto. lacto. | 52 48 | 52 48 | 53 47 |
| | | Congelé à - 40° C | strepto. lacto. | 58 42 | 60 40 | 58 42 | 57 43 |
| | | | Lyophilisé | strepto. lacto. | 53 47 | 55 45 | 53 47 |
| | | Str. thermophile Lb. bulgare | Frais | strepto. lacto. | 51 49 | 50 50 | 50 50 |
| | Congelé à - 40° C | | strepto. lacto. | 57 43 | 58 42 | 59 41 | 59 41 |
| | | | Lyophilisé | strepto. lacto. | 54 46 | 53 47 | 53 47 |
| Str. thermophile Lb. helvétique | Frais | | strepto. lacto. | 51 49 | 50 50 | 51 49 | 51 49 |
| | Congelé à - 40° C | strepto. lacto. | 59 41 | 56 44 | 57 43 | 60 40 | |
| | | Lyophilisé | strepto. lacto. | 53 47 | 52 48 | 54 46 | 55 46 |

Contrôle de la viabilité des ferments lactiques au cours du vieillissement

Au cours de 18 à 22 mois de conservation des ferments lactiques lyophilisés, culture mixte, nous avons eu l'occasion de faire des prélèvements et d'effectuer le test de coagulase basé sur la méthode connue sous l'appellation du nombre le plus probable.

En effet, nous avons trouvé que le taux de viabilité des ferments lactiques, au cours des premiers mois, 2 à 3 mois baisse de 10^{12} à 10^{11} par g de produit lyophilisé pour les cultures mixtes suivantes :

| | | |
|----------------|----|------------------|
| Str. lactique | et | Str. thermophile |
| Lb. acidophile | et | Lb. bulgare |

En ce qui concerne la culture Str. thermophile, Lb. acidophile le taux de viabilité est le plus faible par rapport aux autres cultures mixtes, soit 10 par g.

Par contre, en ce qui concerne les cultures mixtes :

| | | |
|----------------|----|------------------|
| Str. lactique | et | Str. thermophile |
| Lb. helvétique | et | Lb. bulgare |

Le taux de viabilité baisse de 10^{11} à 10^{10} à partir de 18 mois de conservation dans les conditions étudiées.

En ce qui concerne Str. thermophile et Lb. helvétique, le taux de viabilité est maximal au bout de 22 mois de conservation, soit 10^{11} par g du produit lyophilisé.

Nous pouvons classer quantitativement en plusieurs catégories les cultures mixtes par rapport à leurs taux de viabilité, au bout de 22 mois de stockage, à savoir :

| Ferments lactiques | Taux de viabilité au g |
|---|------------------------|
| 1° Streptocoque thermophile Lactobacille helvétique | 5×10^{11} |
| 2° Streptocoque lactique Lactobacille acidophile | 3×10^{10} |
| 3° Streptocoque thermophile Lactobacille bulgare Streptocoque lactique Lactobacille helvétique | 1×10^{10} |
| 4° Streptocoque thermophile Lactobacille acidophile | 1×10^9 |

Résultats obtenus

1° *En ce qui concerne les ferments lactiques*

Au cours de nos expérimentations concernant les cinq cultures mixtes dans différentes conditions expérimentales, nous avons trouvé des résultats reproductibles, nous permettant de les transposer à l'échelle industrielle. En effet, nous avons constaté que la température optimale de la congélation est entre -35°C à -40°C . La température de surface est de 30°C à 35°C pour laquelle la viabilité est maximale et la durée du cycle est de 6 à 8 h.

Dans le cas des yoghourts à base de laits cryoconcentrés, nous avons constaté qu'une concentration de l'ordre de 20 à 25 p. 100 serait optimale compte tenu de la viabilité et de la préparation des milieux de culture ainsi que de la durée de fermentation.

La durée d'incubation augmente au fur et à mesure que la concentration est plus forte, de sorte que pour des yoghourts à base de lait à 35-40 p. 100 de matière sèche, celle-ci est de l'ordre de 18 à 24 h, cela est dû à une augmentation de pression osmotique et la fermentation est lente.

2° *En ce qui concerne l'influence des substances introduites soit à titre protecteur ou de facteur de croissance dans des milieux naturels à base de lait à 14 p. 100 de matière sèche*, nous constatons que le saccharose et les caroténoïdes existant dans la pulpe d'orange peuvent protéger les ferments lactiques contre des conditions biologiques défavorables. Mais les yoghourts faits à ce pourcentage sont trop sucrés et le goût d'orange est très prononcé.

3° *En ce qui concerne l'influence d'un certain nombre de vitamines hydrosolubles étudiées sur la viabilité des ferments lactiques*, un certain nombre d'entre elles a un effet de croissance soit sur les streptocoques, soit sur les lactobacilles.

Etant donné que les ferments lactiques, étudiés sous forme de cultures mixtes, ont une influence réciproque l'interraction entre les ferments lactiques et le rôle des substances secrétées par leur métabolisme ne doit pas être oublié.

Néanmoins, nous avons pu classer quantitativement les influences de cryoconcentration des substances protectrices et des facteurs de croissance sur le comportement physiologique et la viabilité, en plusieurs catégories, à savoir :

I. *La viabilité des cultures mixtes à base de lait à 25 p. 100 de matière sèche :*

| Les ferments lactiques | Taux de viabilité au g du produit lyophilisé |
|---|--|
| I.1. Streptocoque lactique Lactobacille acidophile Streptocoque thermophile Lactobacille helvétique | au moins 10^{11} |
| I.2. Streptocoque thermophile Lactobacille acidophile Streptocoque thermophile Lactobacille bulgare Streptocoque thermophile Lactobacille helvétique | au moins 10^{10} |

II. *La viabilité des cultures mixtes à base de lait à 14 p. 100 de matière sèche en présence des substances chimiques :*

| Ferments lactiques | Taux de viabilité au g du produit lyophilisé |
|--|---|
| II.1. Streptocoque lactique Lactobacille acidophile Streptocoque lactique Lactobacille helvétique | au moins 10^{11} Saccharose 10 p. 100 + pulpes 10 p. 100 Saccharose 10 p. 100 + pulpes 5 p. 100 |
| II.2. Streptocoque thermophile Lactobacille acidophile Streptocoque thermophile Lactobacille bulgare Streptocoque thermophile Lactobacille helvétique | au moins 10^{10} Saccharose 10 p. 100 + pulpes d'oranges 5 p. 100 |

III. *La viabilité des cultures mixtes à base de lait à 14 p. 100 de matière sèche en présence des vitamines hydrosolubles :*

| | Ferments lactiques | Taux de viabilité au g du produit lyophilisé |
|---|---|--|
| III.1. Riboflavine | Streptocoque thermophile Lactobacille helvétique | au moins 10^{11} |
| III.2. Riboflavine + Acide folique | Streptocoque thermophile Lactobacille helvétique Streptocoque thermophile Lactobacille bulgare | au moins 10^{11} |
| | Quant aux autres cultures mixtes, le taux de survie est de 10^{10} | |
| III.3. Riboflavine Acide folique Pyridoxine | Streptocoque thermophile Lactobacille bulgare — → | au moins 10^{11} |
| | Streptocoque lactique Lactobacille acidophile — → | au moins 20^{10} |
| | Les autres cultures mixtes ont au moins 10^9 par g de produit lyophilisé | |
| III.4. Riboflavine Acide folique Pyridoxine Pantothénate de calcium | Streptocoque thermophile Lactobacille bulgare | au moins 10^{11} /g |
| | Streptocoque lactique Lactobacille helvétique Streptocoque thermophile Lactobacille helvétique | au moins 10^{10} /g |
| | Streptocoque thermophile Lactobacille acidophile | au moins 10^9 /g |
| | Streptocoque lactique Lactobacille acidophile | au moins 10^8 /g |

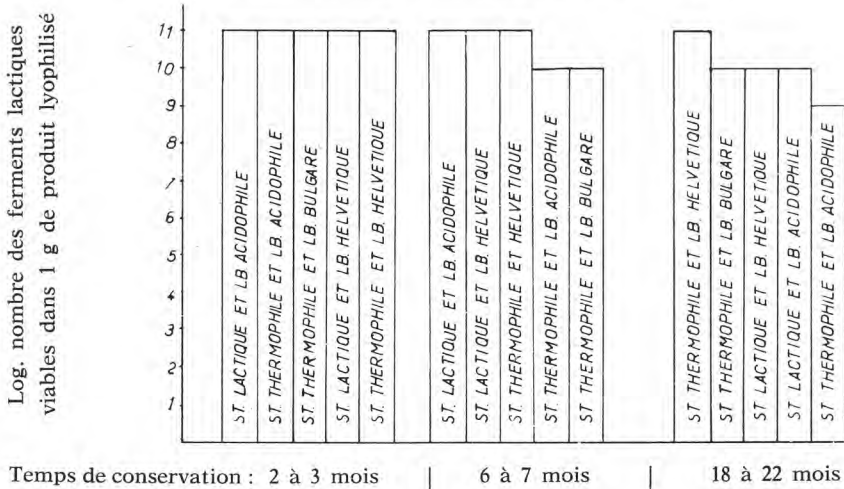
D'après ces résultats, on constate que le taux de survie, la viabilité et le comportement physiologique des ferments lactiques étudiés dans des cultures mixtes à base d'un lait cryoconcentré à 25 p. 100 de matière sèche sont comparables aux cultures mixtes étudiées dans du lait écrémé à 14 p. 100 de matière sèche en présence de substances dites protectrices ou de croissance sur un certain nombre de ferments lactiques étudiés. De même, il faut signaler que le fait d'introduire un certain nombre de substances telles que : le saccharose, les pulpes d'oranges, les vitamines hydrosolubles, les yoghourts (culture mixte) ne permet pas de donner l'appellation de produits naturels.

Il faut les vendre sous l'appellation de produits diététiques ou même *pharmaceutiques*.

Nous ne présentons pas les résultats obtenus à la température de -70°C , car nous n'avons pas constaté de différence significative avec ceux obtenus à la température de -40°C .

TABLEAU RÉCAPITULATIF N° 1

Etude du taux de la viabilité des cinq cultures mixtes dans du lait à 14 p. 100 de matière sèche au cours d'un vieillissement de 22 mois



Conclusions

D'une façon générale, on peut dire que la lyophilisation des yoghourts peut être envisagée pour les industries laitières, diététiques et pharmaceutiques.

La reconstitution des yoghourts lyophilisés est facile. L'usage diététique, sous différentes formes, peut avoir une pratique courante, à titre d'exemple, pour la reconstitution de la flore intestinale. Dans l'industrie pharmaceutique on peut présenter ces ferments lactiques soit sous forme de gélule, soit sous celle de comprimé.

En définitive, les cultures mixtes des différentes souches de ferments lactiques en particulier, préparés dans des laits cryoconcentrés aux différents pourcentages de matière sèche, peuvent être considérés comme des produits nouveaux, comparables à ceux connus sous l'appellation de petit suisse, consommé après reconstitution sans incubation tel quel, naturel ou aromatisé. Parallèlement, on peut étendre l'utilisation des cultures mixtes vitaminées et aromati-

TABLEAU RECAPITULATIF N° 2

Influence des substances introduites dans du lait à 14 p. 100 de matière sèche et dans du lait cryoconcentré sur le taux de survie des 5 ferments lactiques

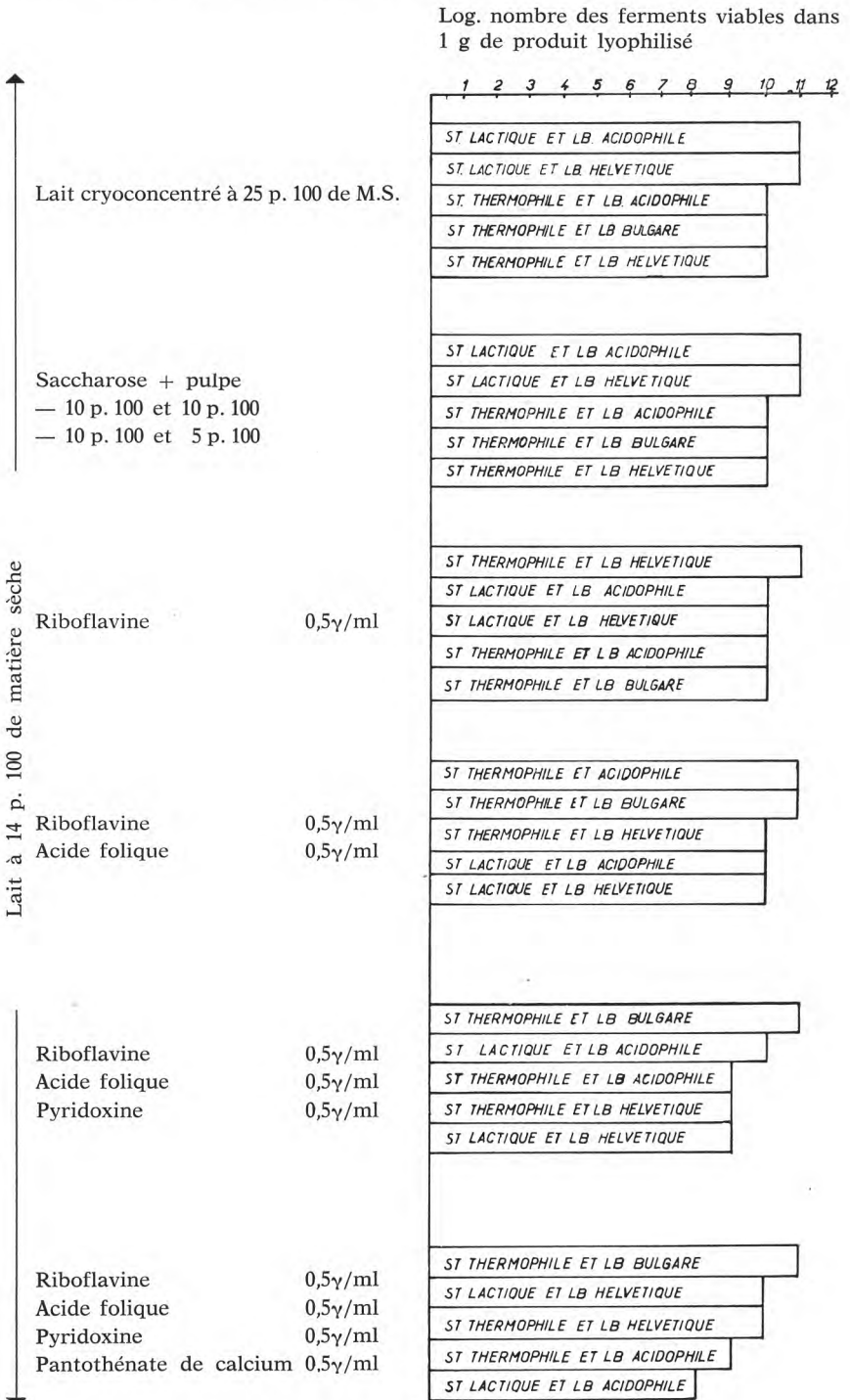


TABLEAU RECAPITULATIF N° 3

Influence des substances introduites dans le yoghourt sur le taux de viabilité des ferments lactiques

Log. nombre des ferments lactiques viables dans 1 g du produit lyophilisé

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Lait cryoconcentré à 25 p. 100 de matière sèche | ST. LACTIQUE ET LB. ACIDOPHILE. | | | | | | | | | | |
| | ST. LACTIQUE ET LB. HELVETIQUE | | | | | | | | | | |
| Lait à 14 p. 100 de M.S. + saccharose + pulpes | ST. LACTIQUE ET LB. ACIDOPHILE | | | | | | | | | | |
| | ST. LACTIQUE ET LB. HELVETIQUE | | | | | | | | | | |
| Lait à 14 p. 100 de M.S. + riboflavine | ST. THERMOPHILE ET LB. HELVETIQUE | | | | | | | | | | |
| | ST. THERMOPHILE ET LB. ACIDOPHILE | | | | | | | | | | |
| Riboflavine + acide folique | ST. THERMOPHILE ET LB. BULGARE | | | | | | | | | | |
| | ST. THERMOPHILE ET LB. BULGARE | | | | | | | | | | |
| Riboflavine + acide folique + pyridoxine | ST. THERMOPHILE ET LB. BULGARE | | | | | | | | | | |
| | ST. THERMOPHILE ET LB. BULGARE | | | | | | | | | | |
| Riboflavine + acide folique + pyridoxine + panto. Ca | ST. THERMOPHILE ET LB. BULGARE | | | | | | | | | | |
| | ST. THERMOPHILE ET LB. ACIDOPHILE | | | | | | | | | | |
| Lait à 25 p. 100 de matière sèche | ST. THERMOPHILE ET LB. BULGARE | | | | | | | | | | |
| | ST. THERMOPHILE ET LB. HELVETIQUE | | | | | | | | | | |
| | ST. LACTIQUE ET LB. ACIDOPHILE | | | | | | | | | | |
| Lait à 14 p. 100 de M.S. + saccharose + pulpes | ST. THERMOPHILE ET LB. BULGARE | | | | | | | | | | |
| | ST. THERMOPHILE ET LB. HELVETIQUE | | | | | | | | | | |
| | ST. LACTIQUE ET LB. ACIDOPHILE | | | | | | | | | | |
| Lait à 14 p. 100 de M.S. + riboflavine | ST. LACTIQUE ET LB. ACIDOPHILE | | | | | | | | | | |
| | ST. THERMOPHILE ET LB. ACIDOPHILE | | | | | | | | | | |
| | ST. THERMOPHILE ET LB. BULGARE | | | | | | | | | | |
| Lait à 14 p. 100 de M.S. + riboflavine + acide folique | ST. THERMOPHILE ET LB. HELVETIQUE | | | | | | | | | | |
| | ST. LACTIQUE ET LB. ACIDOPHILE | | | | | | | | | | |
| | ST. LACTIQUE ET LB. HELVETIQUE | | | | | | | | | | |
| Riboflavine + acide folique + pyridoxine | ST. LACTIQUE ET LB. ACIDOPHILE | | | | | | | | | | |
| | ST. LACTIQUE ET LB. HELVETIQUE | | | | | | | | | | |
| Riboflavine + acide folique + pyridoxine + panto. Ca | ST. THERMOPHILE ET LB. HELVETIQUE | | | | | | | | | | |
| | ST. THERMOPHILE ET LB. ACIDOPHILE | | | | | | | | | | |
| Riboflavine + acide folique + pyridoxine | ST. THERMOPHILE ET LB. HELVETIQUE | | | | | | | | | | |
| | ST. LACTIQUE ET LB. HELVETIQUE | | | | | | | | | | |
| | ST. THERMOPHILE ET LB. ACIDOPHILE | | | | | | | | | | |
| Riboflavine + acide folique + pyridoxine + panto. Ca | ST. THERMOPHILE ET LB. ACIDOPHILE | | | | | | | | | | |
| | ST. LACTIQUE ET LB. ACIDOPHILE | | | | | | | | | | |

sées sous diverses formes dans l'industrie pharmaceutique et la fermentation (les antibiotiques), aliments infantiles, source de protides animales, etc. Celles-ci peuvent développer et rapprocher les industries laitières et pharmaceutiques.

Résumé

On constate que le taux de survie, le comportement physiologique des cinq cultures mixtes étudiées dans des laits cryoconcentrés à 25 p. 100 de matière sèche sont comparables à ceux étudiés dans le lait écrémé à 14 p. 100 de matière sèche en présence de substances protectrices ou de facteurs de croissance.

Summary

We found out that, the viability and physiological resistance of five mixtes cultures of lactic acid bacteria in freeze concentrated milk at 25 p. 100 of total solid are comparable with the result obtained with the culture media prepared with skim milk mixed with some chemical compounds or growth factors.

Remerciements

Nous remercions vivement M. le professeur Keilling pour ses précieux conseils. Nous remercions également M. le Professeur Ulrich pour son concours scientifique. Nous tenons à remercier sincèrement M. le professeur Thieulin de ses conseils pour la rédaction et la présentation de ce travail.

Bibliographie essentielle

- ADRIAN (J.) (1959). — Le dosage microbiologique des vitamines du groupe B. *Ann. Nutr. et Aliment.*, 13.
- BACKMANN (1919). — Vitamin requirements of certain Yeasts. *Biolog. chem.*, 39, 235.
- BERGÈRE (1968). — Production massive de cellules de streptocoques. *Le Lait*, mars-avril.
- GREAVES (R. I. N.). — Fundamental aspects of freeze-drying bacteria and living cells. *Actualités Scientifiques et Industrielles*, 1316, Ed. Herman, Paris.
- GOLDBLITH (S. A.). — The role of food science and technology in the freeze dehydration of foods.
- HOSKINS (J. K.) (1943). — Most probable numbers par evaluation of coli-aerogenes tests by. Fermentation tube method. *Public Health Repts*, Washington 49, 393-405.
- KARLIN (R.) (1966). — *Annales de la Nutr. et de l'Alimentation*, vol. XX.
- KEILLING (J.), CAMUS (A.) et JABOT (P.) (1947). — Note sur un aspect du vieillissement des produits laitiers en poudre. *Bulletin Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire*.
- KUPRIANOFF (1962). — Bound water in food in fundamental aspect of the dehydration of food stuff. *Mac. Millan co*, New-York.

- ROGOSA (J.) (1943). — *Bacter.*, 46, 435.
- SIMATOS (Denise) (1965). — Thèse de Doctorat ès Sciences : L'humidité des produits lyophilisés. *Faculté de Dijon*.
- WILLIAMS (J. R.) (1919). — The vitamine requirement of Yeast : a simple biological test by vitamin. *J. Biol. Chem.*, 38, 465.
- ELLIKER (P. R.), ANDERSON (A. M.) and HANDESSON (G.) (1956). — Anagar medium for lactic acid streptococci and lacto bacilli. *J. Dairy Sci.*, 39, 1611-1612.
- MOCQUOT (G.) (1959). — *Revue Scientifique, Technique, Economique de l'industrie laitière*, n° 159, décembre.
- ORLA JENSEN (S.) (1919 and 1943). — The lactic acid bacteria. Copenhagen.
- SOLWIN (H.) (1962). — Freeze drying of foods. *Nat. Ac. res. council-C*, Washington.
- SHERMAN (J. H.) (1955). — Streptocoque lactique et streptocoques du groupe lactique. *J. of Dairy Sci.*, 38, 1184.
- BERGEY (D. H.) (1957). — Manuel of determination bacteriology. 7th édition Baltimore the, *Williams and Wilkins compagny*, 521-545.
- GAVIN (M.) (1968). — Thèse de Doctorat : La lyophilisation des cultures de yoghourts. *E.T.H. de Zurich*.
- GEHRIGER (1968). — Thèse Doctorat : Die Herstellung Lyophilisierter Kulturen von *Lactobacillus helveticus* und *Streptococcus thermophilus* und ihre verwendung in der *Emmentaler kaserei*. *E.T.H. de Zurich*.
- JABARIT (A.) (1969). — Influence de la congélation et de la cryodessiccation sur le taux de survie et le pourcentage des ferments lactiques dans le yaourt. *Le Lait*, mars-avril.
- JABARIT (A.) (1969). — Influence de la congélation et de la cryodessiccation sur le taux de survie et le pourcentage des ferments lactiques dans le biohourt. *Le Lait*, septembre-octobre.
- JABARIT (A.) (1970). — Influence de la congélation et de la cryodessiccation sur le taux de survie et le pourcentage des deux ferments lactiques (culture mixte), *Str. thermophile* et *Lb. hevétique*. *Le Lait*, juillet-août.
- JABARIT (A.) (1970). — Influence de la congélation et de la cryodessiccation sur le taux de survie et le pourcentage des deux ferments lactiques (culture mixte), *Str. lactique* et *Lb. helvétique*. *Le Lait*, septembre-octobre.
- JABARIT (A.) (1971). — Influence de la congélation et de la cryodessiccation sur le taux de survie et le pourcentage des deux ferments lactiques (culture mixte), *Str. thermophile* et *Lb. acidophile*. *Le Lait*, mars-avril.
- PETTE (J. W) and Lolkema (I. H.). (1951 a and b). — *Neth. Milk and Dairy J*, 5, 14-26 and 5, 27-45.
- STORGARDS (S.) et ANDELSEN (S.) (1964). — Traitement thermique du lait avant l'ensemencement. *Rapport général sur les Journées d'Etudes de la F.I.L., Paris*, n° 6, 65.
- VERINGA (H. A.) GALESLoot, The, (E.) et DAVELAAR (1968). — Symbiose dans le yoghourt (II) isolation et identification du facteur de croissance pour *Lactobacillus bulgaricus* produit par *Streptococcus thermophilus bulgaricus* produit par *Streptococcus thermophilus*. *Neth Milk et Dairy Journal*, 22, 114.