

**Influence de la congélation et de la cryodessiccation  
qui s'ensuit sur le taux de survie  
et le pourcentage des deux ferments lactiques  
(culture mixte)**

*Streptococcus lactis* et *Lactobacillus helveticus*

par

A. JABARIT

**INTRODUCTION**

Dans cette partie de notre étude comparative nous avons étudié l'influence des basses températures de congélation et de la cryodessiccation qui s'ensuit sur le taux de survie et le pourcentage des deux ferments lactiques :

- *Streptococcus lactis*,
- *Lactobacillus helveticus*,

prélevés sous forme de culture mixte.

Nous avons donc soumis les ferments lactiques choisis aux différentes températures de congélation, à savoir — 20° C, — 25° C, — 30° C, — 35° C et — 40° C pour essayer de connaître qu'elles étaient les influences de la congélation sur le comportement physico-chimique de cultures mixtes, la survie et le pourcentage respectif des deux ferments lactiques présents pendant la durée de la congélation.

Ensuite, nous avons poursuivi notre étude comparative au cours de la sublimation afin d'étudier le taux de survie des ferments lactiques et le changement physico-chimique durant la dessiccation en appliquant différentes températures de chauffage, à savoir 80° C, 90° C, 100° C, 110° C et 120° C. Le même contrôle de la viabilité de ces deux ferments lactiques au cours du vieillissement. La culture mixte se présente sous forme cryodesséchée pour le stockage de longue durée dans différents emballages.

## IDENTIFICATION DES MICRO-ORGANISMES

Il s'agit des deux ferments lactiques : *Streptococcus lactis* et *Lactobacillus helveticus*, provenant de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich, régénérés et conservés dans notre laboratoire, sous forme de cultures pures et mixtes, à l'état frais et cryodesséchés.

### **Streptococcus lactis**

1) *Origine* : Lait et Produits laitiers (Stark et Sherman). La souche de provenance de l'Institut du Lait de Zurich, cryodesséchée, sous immatriculation : X 13/31. X. 56.

2) *Aspect microscopique* : Cellules rondes (ou ovoïdes), régulières, d'une dimension de 2 à 3 microns environ, présentées toujours deux par deux. Ce streptocoque est Gram positif.

3) *Caractéristiques taxonomiques* : C'est un streptocoque homofermentatif très répandu dans la nature. Il croît même à la température inférieure à 10° C et à 40° C, mais non pas à 45° C. Il fait virer le tournesol rapidement et complètement avant d'avoir caillé le lait. La croissance a lieu en présence de 4 p. 100 de chlorure de sodium mais non de 6,5 p. 100 et a un pH de 9,2 et non de 9,6 ; tandis que de l'ammoniac est produit à partir de l'arginine et de la peptone. Il produit de l'acide lactique L (+).

Voici la galerie d'identification de ses caractères biochimiques :

Gram positif, cocci de diamètre de 2 à 3 microns ; pas de formation de capsule ; en lait tournesolé : virage rapide ; culture à 10° C, à 37° C et à 39° C ; pas de culture à 45° C ; hydrolyse de l'arginine ; culture irrégulière avec 3 p. 100 de chlorure de sodium ; pas de culture avec 6,5 p. 100 de chlorure de sodium ; culture lente avec 0,0005 p. 100 de bleu de méthylène ; pas de synthèse du dextrane ; pH final dans le bouillon : 4,5 - 5,0 ; résistance à 55° C pendant 15 mn et 55° C pendant 30 mn ; fermentation du glucose et du galactose, parfois de l'arabinose ; pas de fermentation du xylose ; fermentation irrégulière du fructose.

### **Lactobacillus helveticus**

1) *Origine* : Ferment lactique thermophile, isolé du lait et du fromage, largement répandu dans les produits laitiers (Bergey).

Provenance de l'Ecole Polytechnique de Zurich de l'Institut du Lait, sous l'immatriculation : *Lactobacillus helveticus* 4. 9. 1967.

2) *Aspect microscopique* : Ce germe se présente sous forme de bâtonnets de dimensions 0,7 à 0,9 microns de large et de 2 à 6 microns de long, seuls ou en chaînettes, non mobiles.

Les lactobacilles helvétiques sont Gram positifs.

3) *Caractéristiques taxonomiques* : C'est un lactobacille thermophile et homo-fermentatif. Il appartient au groupe sérologique A (Sharpe). Très répandu dans la présure naturelle et dans les fromages à pâte cuite. Il est micro-aérophile. Les températures optimales pour sa croissance sont 40° C - 42° C, les températures minimales 20° C - 22° C et la température maximale 50° C (Orla-Jensons).

Caractères cultureux :

- Milieu gélatiné : pas de culture.
- Milieu lactosé : petites colonies grises visqueuses.
- En lait : coagulation avec production d'acide lactique.

Galerie d'identification :

Culture à 15° C ; pas de culture à 45° C ; résistance à 60° C pendant 90 mn, mais pas à 65° C pendant 30 mn ; acidité p. 100 dans le lait : 2,7 ; configuration de l'acide lactique : DL ; production du CO<sub>2</sub> à partir du glucose ; pas de production de NH<sub>3</sub> à partir de l'arginine ; pas de croissance en présence de chlorure de sodium à 2 p. 100 ; exigences nutritionnelles : Riboflavine et Pyridoxal ; fermentation des sucres suivants : glucose, fructose, galactose, mannose, maltose et lactose (dextrine très peu). L'acide lactique produit est inactif.

Pas de transformation des nitrates en nitrines ni d'hydrolyse de l'Esculine.

### TRAVAIL REALISÉ

1) Préparation du milieu de culture : lait ayant 14 p. 100 de matière sèche, à base de lait écrémé en poudre.

Ce lait est chauffé à 95° C - 100° C pendant 45 mn, puis refroidi sous l'eau courante à 45° C.

2) L'ensemencement s'effectue avec le levain à partir de culture mixte âgée de 18 - 24 h. Le levain lui-même est préparé à partir de souches pures de streptocoque lactique et le lactobacille helvétique conservées sous forme cryodesséchée et à l'état frais dans du lait stérile. La dose de l'ensemencement est de 2,5 - 5 p. 100

La température et la durée de l'incubation sont de 42° C pendant 1 h 30 mn. Par la suite, on sort le milieu fermenté-coagulé et on le laisse refroidir progressivement jusqu'à la phase stationnaire, dont le pH varie entre 4,2 - 4,8 et son acidité peut varier entre 9 - 12 g/l en acide lactique.

3) Le prélèvement et le contrôle physico-chimique et le test de population viable s'effectuent systématiquement. Les méthodes de

contrôle sont officielles : pH à 20° C et acidité en degrés Dornic (celle-ci exprime la quantité d'acide lactique au g/l).

En ce qui concerne le contrôle de viabilité, nous avons choisi la méthode de coagulation par l'ensemencement à doses dégressives. Le tube coagulé est positif et représente au moins un ferment lactique revivifiable. Dans le cas où une précision plus grande est indispensable, nous effectuons la méthode Hoskins, celle-ci est basée sur le nombre le plus probable.

#### 4) Congélation sous forme de cultures mixtes

D'après nos expériences, cette phase de l'opération est la plus importante sur le taux de survie des ferments lactiques étudiés. Nous essayons de sélectionner les souches résistantes aux températures de congélation suivantes : — 20° C, — 25° C, — 30° C, — 35° C et — 40° C.

La vitesse de congélation varie de 3 à 8 mm/h suivant la température de congélation. Le temps nécessaire pour arriver aux températures recherchées varie entre 1 h 30 mn et 2 h 45 mn. Nous congelons nos milieux de cultures mixtes sur les plateaux en couches de 10 mm soit 8-10 kg/m<sup>2</sup> dans l'armoire frigorifique conventionnelle nous permettant d'atteindre la température jusqu'à — 45° C environ.

5) Nous prélevons systématiquement les échantillons congelés et nous les soumettons aux contrôles analogues à ceux du frais.

6) Nous pouvons décrire les différentes phases de la cryodessiccation du yoghourt (culture mixte) comme étant les suivantes :

- |                           |   |             |
|---------------------------|---|-------------|
| — dessiccation primaire   | } | sublimation |
| — dessiccation secondaire |   |             |
| — séchage de finition ou  | } | désorption  |
| — dessiccation tertiaire  |   |             |

La durée totale de chaque cycle de cryodessiccation varie entre 7 et 9 h suivant les conditions du travail, à savoir la température du chauffage, la température du produit, la pression à l'intérieur de l'appareil, l'homogénéité du yoghourt, le pourcentage de l'eau cristallisée, les formes des micro-cristaux, la texture du caillé, etc.

7) Nous prélevons une quantité nécessaire pour faire nos contrôles systématiques et comparatifs par rapport aux produits frais et congelés ainsi que pour déterminer l'humidité résiduelle du yoghourt cryodesséché.

## RESULTATS OBTENUS

D'après les analyses systématiques effectuées par rapport aux produits frais la variation du pH est de l'ordre du dixième pour le

Voici quelques exemples de la variation du pH du yoghourt au cours de cryodessiccation :

Température de chauffage	80° C	90° C	100° C	110° C	120° C	Observations
pH du yaourt frais . . . . .	4,90	4,80	4,85	4,80	4,80	
pH du yaourt cryodesséché réhydraté . . . . .	4,80	4,70	4,80	4,70	4,75	

La température de congélation pour ces yaourts était de  $-20^{\circ}$  C.

Température de chauffage	80° C	90° C	100° C	110° C	120° C	Observations
pH du yaourt frais . . . . .	4,6	4,7	4,6	4,8	4,7	
pH du yaourt cryodesséché réhydraté . . . . .	4,5	4,5	4,55	4,6	4,55	

La température de congélation pour ces yaourts était de  $-25^{\circ}$  C.

Température de chauffage	80° C	90° C	100° C	110° C	120° C	Observations
pH du yaourt frais . . . . .	4,7	4,65	4,55	4,7	4,7	
pH du yaourt cryodesséché réhydraté . . . . .	4,65	4,6	4,45	4,5	4,6	

La température de congélation pour ces yaourt était de  $-30^{\circ}$  C.

Température de chauffage	80° C	90° C	100° C	110° C	120° C	Observations
pH du yaourt frais . . . . .	4,65	4,80	4,80	4,70	4,60	
pH du yaourt cryodesséché réhydraté . . . . .	4,55	4,70	4,70	4,55	4,50	

La température de congélation pour ces yaourts était de  $-35^{\circ}$  C.

Température de chauffage	80° C	90° C	100° C	110° C	120° C	Observations
pH du yaourt frais . . . . .	4,80	4,85	4,80	4,6	4,8	
pH du yaourt cryodesséché réhydraté . . . . .	4,70	4,70	4,75	4,5	4,6	

La température de congélation pour ces yaourts était de  $-40^{\circ}$  C.

Voici quelques exemples de durée de la cryodessiccation du yoghourt 1 800 g à base de Streptocoque lactique et lactobacille helvétique.

Température de chauffage	Sublimation		Désorption Dessiccation tertiaire	Durée du cycle en heure	Observations
	Dessiccation primaire	Dessiccation secondaire			
80° C	4 h 50	1 h 20	20 mn	6 h 30	
90° C	7 h	1 h 40	20 mn	9 h	
100° C	4 h 30	2 h 40	20 mn	7 h 30	
110° C	4 h	4 h	20 mn	8 h. 30	
120° C	3 h 20	4 h	10 mn	7 h 30	

Cet exemple a été pris dans la série des yoghourt congelés à la température de  $-20^{\circ}$  C

Température de chauffage	Sublimation		Désorption Dessiccation tertiaire	Durée du cycle en heure	Observations
	Dessiccation primaire	Dessiccation secondaire			
80 C	5 h 10	3 h	15 mn	8 h 25	
90° C	6 h 20	1 h 30	30 mn	8 h 20	
100° C	4 h 20	3 h 10	40 mn	8 h 10	
110° C	6 h	1 h 20	25 mn	7 h 45	
120° C	4 h 50	1 h	40 mn	6 h 30	

Cet exemple a été pris dans la série des yoghourts congelés à la température de  $-25^{\circ}$  C.

Température de chauffage	Sublimation		Désorption Dessiccation tertiaire	Durée du cycle en heure	Observations
	Dessiccation primaire	Dessiccation secondaire			
80° C	7 h 20	1 h	25 mn	7 h 45	
90° C	5 h 20	1 h 10	40 mn	7 h 20	
100° C	6 h 10	2 h	20 mn	8 h 20	
110° C	4 h	3 h	50 mn	7 h 50	
120° C	4 h 30	3 h	30 mn	8 h	

Cet exemple a été pris dans la série des yoghourts congelés à la température de — 30° C.

Température de chauffage	Sublimation		Désorption Dessiccation tertiaire	Durée du cycle en heure	Observations
	Dessiccation primaire	Dessiccation secondaire			
80° C	7 h 40	1 h	20 mn	9 h	
90° C	5 h 30	1 h 30	10 mn	7 h 10	
100° C	5 h 30	2 h 40	10 mn	8 h 20	
110° C	3 h 30	3 h 40	15 mn	7 h 25	
120° C	4 h	2 h 20	30 mn	6 h 30	

Cet exemple a été pris dans la série des yoghourts congelés à la température de — 35° C.

Température de chauffage	Sublimation		Désorption Dessiccation tertiaire	Durée du cycle en heure	Observations
	Dessiccation primaire	Dessiccation secondaire			
80° C	7 h	1 h 20	40 mn	9 h	
90° C	4 h 50	1 h 20	50 mn	7 h	
100° C	4 h 50	2 h 20	60 mn	8 h 10	
110° C	5 h 50	1 h 30	60 mn	8 h 20	
120° C	3 h 20	3 h	30 mn	6 h 50	

Cet exemple a été pris dans la série des yoghourts congelés à la température de — 40° C.

Influence de la température de congélation à  $-20^{\circ}\text{C}$  et de la cryodessiccation qui s'ensuit sur le taux de survie des deux ferments lactiques : *Streptococcus lactis* et *Lactobacillus helveticus*

Température de chauffage en $^{\circ}\text{C}$		80	90	100	110	120	Observations
Nombre des ferments lactiques (culture mixte) viables par ml	Frais	$10^{11}$	$10^{10}$	$10^{10}$	$10^{11}$	$10^{11}$	
	Congelé à $-20^{\circ}\text{C}$	$10^{11}$	$10^{10}$	$10^{10}$	$10^9$	$10^{10}$	
	Cryodesséché	$10^9$	$10^9$	$10^9$	$10^9$	$10^{10}$	

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt frais est de  $10^{11}$  par ml.

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt congelé à  $-20^{\circ}\text{C}$  est de  $10^{10}$  par ml.

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt cryodesséché est de  $10^9$  par ml.

Influence de la température de congélation à  $-20^{\circ}\text{C}$  et de la cryodessiccation qui s'ensuit sur le pourcentage des deux ferments lactiques (culture mixte) : *Streptococcus lactis* et *Lactobacillus helveticus*

Température de chauffage en $^{\circ}\text{C}$			80	90	100	110	120	Observations
Pourcentage des deux ferments lactiques dans 1 ml de yaourt	Frais	<i>Strepto.</i>	52	50	51	52	51	— La méthode employée est l'examen microscopique sur les frottis colorés au bleu de méthylène.  — Un contrôle parallèle par la méthode de numération globale avec le mélangeur de Potain et la cellule de Malassez et Vignal, a été effectué.
		<i>Lacto.</i>	48	50	49	48	49	
	Congelé à $-20^{\circ}\text{C}$	<i>Strepto.</i>	61	56	55	61	59	
		<i>Lacto.</i>	39	44	45	39	41	
	Cryodes-séché	<i>Strepto.</i>	58	54	55	53	52	
		<i>Lacto.</i>	42	46	45	47	48	

- Pourcentage moyen : 51,2 p. 100 pour le streptocoque et 48,8 p. 100 pour le lactobacille, dans la culture mixte fraîche.
- Pourcentage moyen de ces deux ferments lactiques respectifs (culture mixte) congelés à  $-20^{\circ}\text{C}$  : 58,4 p. 100 et 41,6 p. 100.
- Pourcentage moyen de ces deux ferments lactiques cryodesséchés réhydratés : 54,4 p. 100 et 45,6 p. 100.

Influence de la température de congélation — 25° C et de la cryodessiccation qui s'ensuit sur le taux de survie des deux ferments lactiques : *Streptococcus lactis* et *Lactobacillus helveticus*

Température de chauffage en °C		80	90	100	110	120	Observations
Nombre des ferments lactiques (culture mixte) viables par ml	Frais	10 <sup>11</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>	
	Congelé à — 25° C	10 <sup>11</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	
	Cryodesséché	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt frais est de 10<sup>10</sup> par ml.

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt congelé à — 25° C est de 10<sup>10</sup> par ml.

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt cryodesséché est de 10<sup>10</sup> par ml.

Influence de la température de congélation à  $-25^{\circ}\text{C}$  et de la cryodessiccation qui s'ensuit sur le pourcentage des deux ferments lactiques (culture mixte) : *Streptococcus lactis* et *Lactobacillus helveticus*

Température de chauffage en $^{\circ}\text{C}$			80	90	100	110	120	Observations
Pourcentage des deux ferments lactiques dans 1 ml de yaourt	Frais	<i>Strepto.</i>	50	51	50	52	53	— La méthode employée est l'examen microscopique sur les frottis colorés au bleu de méthylène.  — Un contrôle parallèle par la méthode de numération globale avec le mélangeur de Potain et la cellule de Malassez et Vignal, a été effectué.
		<i>Lacto.</i>	50	49	50	48	47	
	Congelé à $-25^{\circ}\text{C}$	<i>Strepto.</i>	62	59	60	51	55	
		<i>Lacto.</i>	38	41	40	49	45	
	Cryodes-séché	<i>Strepto.</i>	55	59	52	50	52	
		<i>Lacto.</i>	45	41	48	50	48	

- Pourcentage moyen : 51,2 p. 100 pour le streptocoque et 48,8 p. 100 pour le lactobacille, dans la culture mixte fraîche.
- Pourcentage moyen de ces deux ferments lactiques respectifs (culture mixte) congelés à  $-25^{\circ}\text{C}$  : 55,4 p. 100 et 44,6 p. 100.
- Pourcentage moyen de ceux de ces deux ferments lactiques cryodesséchés réhydratés : 53,2 p. 100 et 46,8 p. 100.

Influence de la température de congélation à 30° C et de la cryodessiccation qui s'ensuit sur le taux de survie des deux ferments lactiques : *Streptococcus lactis* et *Lactobacillus helveticus*

Température de chauffage en °C		80	90	100	110	120	Observations
Nombre des ferments lactiques (culture mixte) viables par ml	Frais	10 <sup>11</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>10</sup>	La méthode de contrôle de viabilité des ferments lactiques est basée sur le nombre le plus probable (N.P.P.) Hoskins.
	Congelé — à 30° C	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	
	Cryodesséché	10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>9</sup>	

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt frais est de 10<sup>10</sup> par ml.

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt congelé à — 30° C est de 10<sup>10</sup> par ml.

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt cryodesséché est de 10<sup>9</sup> par ml.

Influence de la température de congélation à  $-30^{\circ}\text{C}$  et de la cryodessiccation qui s'ensuit sur le pourcentage des deux ferments lactiques (culture mixte) : *Streptococcus lactis* et *Lactobacillus helveticus*

Température de chauffage en $^{\circ}\text{C}$		80	90	100	110	120	Observations	
Pourcentage des deux ferments lactiques dans 1 ml de yaourt	Frais	<i>Strepto.</i>	52	50	51	52	— La méthode employée est l'examen microscopique sur les frottis colorés au bleu de méthylène.  — Un contrôle parallèle par la méthode de numération globale avec le mélangeur de Potain et la cellule de Malassez et Vignal, a été effectué.	
		<i>Lacto.</i>	48	50	49	48		47
	Congelé à $-30^{\circ}\text{C}$	<i>Strepto.</i>	54	56	56	55		58
		<i>Lacto.</i>	46	44	44	45		42
	Cryodesséché	<i>Strepto.</i>	50	57	57	56		52
		<i>Lacto.</i>	50	43	43	44		48

- Pourcentage moyen : 51,6 p. 100 pour le streptocoque et 48,4 p. 100 pour le lactobacille, dans la culture mixte fraîche.
- Pourcentage moyen de ces deux ferments lactiques respectifs (culture mixte) congelés à  $-30^{\circ}\text{C}$  : 55,8 p. 100 et 44,2 p. 100
- Pourcentage moyen de ces deux ferments lactiques cryodesséchés réhydratés : 54,4 p. 100 et 45,6 p. 100.

Influence de la température de congélation à  $-35^{\circ}\text{C}$  et de la cryodessiccation qui s'ensuit sur le taux de survie des deux ferments lactiques : *Streptococcus lactis* et *Lactobacillus helveticus*

Température de chauffage en $^{\circ}\text{C}$		80	90	100	110	120	Observations
Nombre des ferments lactiques (culture mixte) viables par ml	Frais	$10^{11}$	$10^{10}$	$10^{10}$	$10^{11}$	$10^{10}$	
	Congelé à $-35^{\circ}\text{C}$	$10^{10}$	$10^{10}$	$10^{10}$	$10^{10}$	$10^{10}$	
	Cryodesséché	$10^9$	$10^9$	$10^9$	$10^{10}$	$10^9$	

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt frais est de  $10^{10}$  par ml.

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt congelé à  $-35^{\circ}\text{C}$  est de  $10^{10}$  par ml.

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt cryodesséché est de  $10^9$  par ml.

Influence de la température de congélation à  $-35^{\circ}\text{C}$  et de la cryodessiccation qui s'ensuit sur le pourcentage des deux ferments lactiques (culture mixte) : *Streptococcus lactis* et *Lactobacillus helveticus*

Température de chauffage en $^{\circ}\text{C}$			80	90	100	110	120	Observations
Pourcentage des deux ferments lactiques dans 1 ml de yaourt	Frais	<i>Strepto.</i>	56	52	53	51	53	— La méthode employée est l'examen microscopique sur les frottis colorés au bleu de méthylène.  — Un contrôle parallèle par la méthode de numération globale avec le mélangeur de Potain et la cellule de Malassez et Vignal, a été effectué.
		<i>Lacto.</i>	44	48	47	49	47	
	Congelé à $-35^{\circ}\text{C}$	<i>Strepto.</i>	57	53	49	58	55	
		<i>Lacto.</i>	43	47	51	42	45	
	Cryodes-séché	<i>Strepto.</i>	51	52	54	53	54	
		<i>Lacto.</i>	49	48	46	47	46	

- Pourcentage moyen : 53 p. 100 pour le streptocoque et 47 p. 100 pour le lactobacille, dans la culture mixte fraîche.
- Pourcentage moyen de ces deux ferments lactiques respectifs (culture mixte) congelés à  $-35^{\circ}\text{C}$  : 54,4 p. 100 et 45,6 p. 100.
- Pourcentage moyen de ces deux ferments lactiques cryodesséchés réhydratés : 52,8 p. 100 et 47,2 p. 100.

Influence de la température de congélation à  $-40^{\circ}\text{C}$  et de la cryodessiccation qui s'ensuit sur le taux de survie des deux ferments lactiques : *Streptococcus lactis* et *Lactobacillus helveticus*

Température de chauffage en $^{\circ}\text{C}$		80	90	100	110	120	Observations
Nombre de ferments lactiques (culture mixte) viables par ml	Frais	$10^{11}$	$10^{10}$	$10^{11}$	$10^{10}$	$10^{10}$	La méthode de contrôle de viabilité des ferments lactiques est basée sur le nombre le plus probable (N.P.P.) Hoskins.
	Congelé à $-40^{\circ}\text{C}$	$10^9$	$10^9$	$10^9$	$10^9$	$10^8$	
	Cryodesséché	$10^8$	$10^8$	$10^8$	$10^8$	$10^7$	

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt frais est de  $10^{10}$  par ml.

Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt congelé à  $-40^{\circ}\text{C}$  est de  $10^9$  par ml.

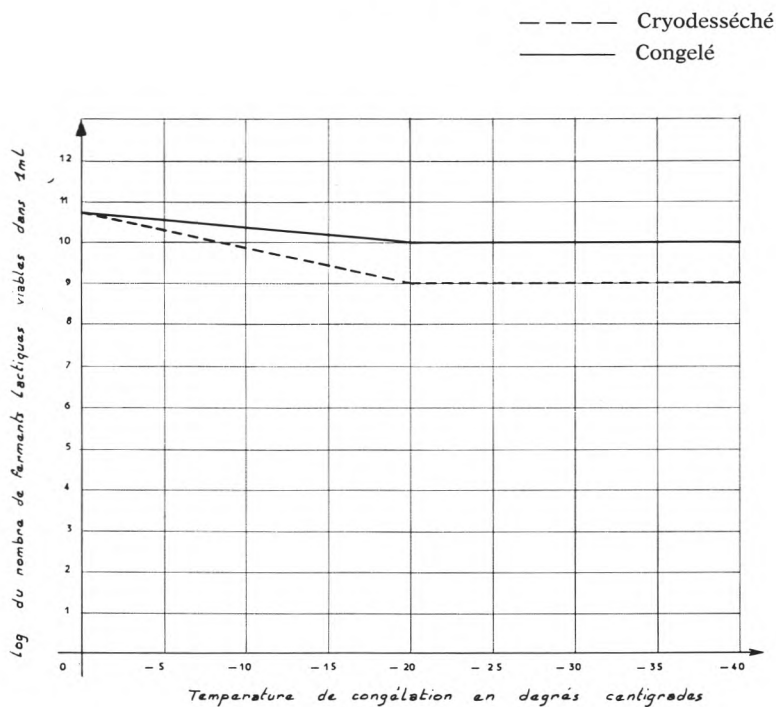
Le nombre des ferments lactiques viables dans le yaourt cryodesséché est de  $10^8$  par ml.

Influence de la température de congélation à  $-40^{\circ}\text{C}$  et de la cryodessiccation qui s'ensuit sur le pourcentage des deux ferments lactiques (culture mixte) : *Streptococcus lactis* et *Lactobacillus helveticus*

Température de chauffage en $^{\circ}\text{C}$			80	90	100	110	120	Observations
Pourcentage des deux ferments lactiques dans 1 ml de yaourt	Frais	<i>Strepto.</i>	51	50	51	55	52	— La méthode employée est l'examen microscopique sur les frottis colorés au bleu de méthylène.  — Un contrôle parallèle par la méthode de numération globale avec le mélangeur de Potain et la cellule de Malassez et Vignal, a été effectué.
		<i>Lacto.</i>	49	50	49	45	48	
	Congelé à $-40^{\circ}\text{C}$	<i>Strepto.</i>	62	61	58	57	60	
		<i>Lacto.</i>	38	39	42	43	40	
	Cryodes-séché	<i>Strepto.</i>	59	52	55	53	52	
		<i>Lacto.</i>	41	48	45	47	48	

- Pourcentage moyen : 51,8 p. 100 pour le streptocoque et 48,2 p. 100 pour le lactobacille, dans la culture mixte fraîche.
- Pourcentage moyen de ces deux ferments lactiques respectifs (culture mixte) congelés à  $-40^{\circ}\text{C}$  : 59,6 p. 100 et 40,6 p. 100.
- Pourcentage moyen de ces deux ferments lactiques cryodesséchés réhydratés : 54,2 p. 100 et 45,8 p. 100.

Graphique 1



Influence des basses températures sur le taux de population viable des ferments lactiques :

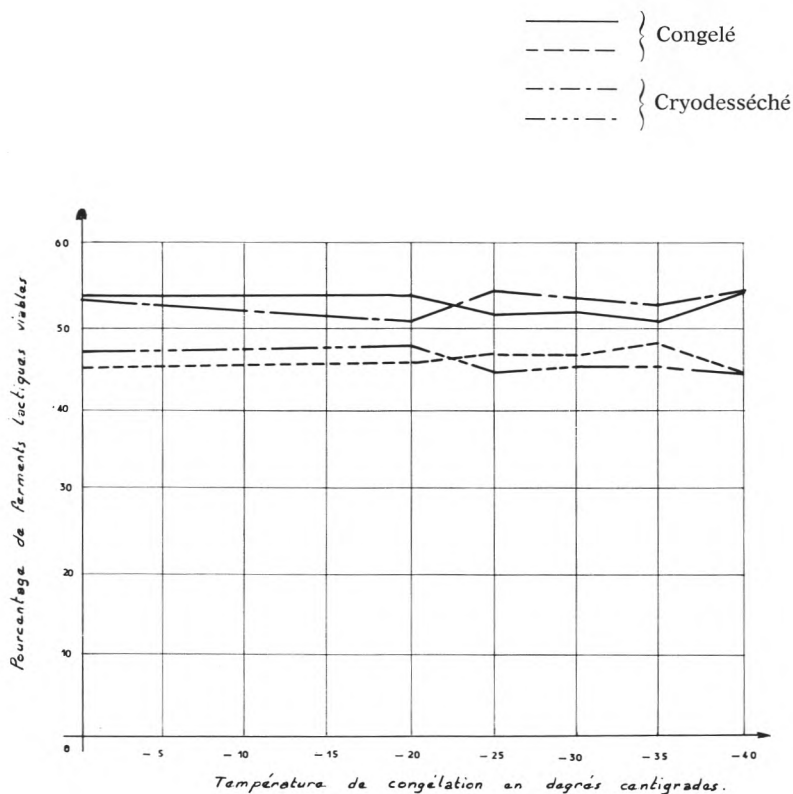
- *Streptococcus lactis*,
- *Lactobacillus helveticus*,

dans le yoghourt helvétique avant la phase stationnaire.

On constate que le seuil de sensibilité de ces ferments lactiques dans le yoghourt helvétique (culture mixte) avant la phase stationnaire. La perte des ferments lactiques se stabilise à partir de  $-20^{\circ}\text{C}$ . Ce graphique a été établi sur la moyenne de cinq courbes pour chaque température de congélation.

Quant au témoin (culture fraîche), le taux de population a été établi sur la moyenne de 25 prises d'essais.

Graphique 2



Influence des basses températures sur le pourcentage respectif présent des ferments lactiques :

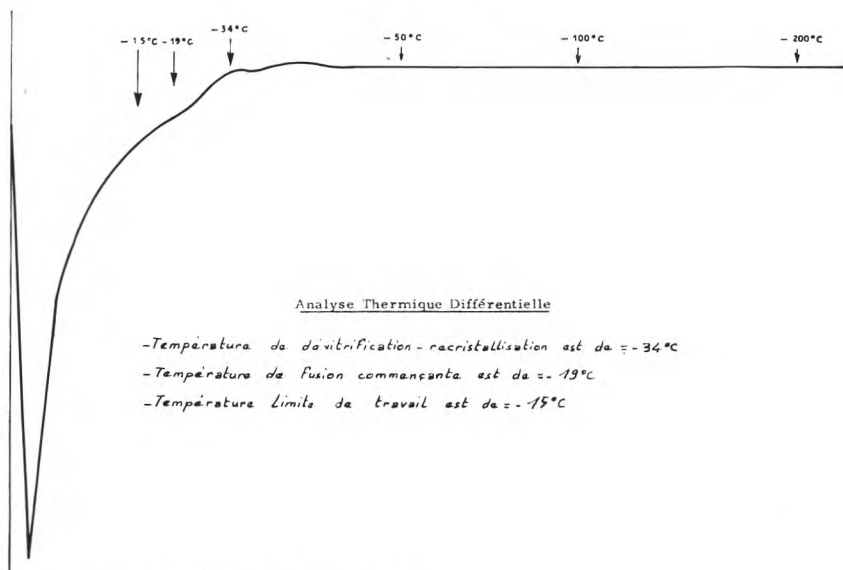
- *Streptococcus lactis*,
- *Lactobacillus helveticus*,

dans le yoghourt helvétique fin de la phase logarithmique.

L'écart du pourcentage entre les ferments lactiques présents a tendance à s'affaiblir à partir de  $-20^{\circ}\text{C}$ , de sorte que celui-ci est négligeable à  $-35^{\circ}\text{C}$ . Ce graphique a été établi sur la moyenne de cinq courbes pour chaque température de congélation.

Le témoin (culture fraîche) dont le pourcentage respectif des ferments lactiques présents a été calculé sur une moyenne de 25 prises d'essais différents.

Graphique 3



## Analyse Thermique Différentielle

- Température de dévitrification - recristallisation est de  $-34^{\circ}\text{C}$
- Température de fusion commençante est de  $-19^{\circ}\text{C}$
- Température limite de travail est de  $-15^{\circ}\text{C}$

Yoghourt à base des ferments :

- *Streptococcus lactis*,
  - *Lactobacillus helveticus*
- (à 14 p. 100 de matière sèche).

même yoghourt helvétique avant et après la cryodessiccation. Celle-ci est due au traitement thermique au cours de la dessiccation.

Il en ressort que le taux des ferments lactiques viables ainsi que leur pourcentage respectif varient d'une façon sensible suivant la température de congélation et les conditions de la cryodessiccation. Ce taux de population revivifiable peut varier de 10 à 12 p. 100 selon les conditions du traitement aux différents stades de préparation du yoghourt (phase logarithmique) : les températures de congélation et les températures de dessiccation au cours de la cryodessiccation.

Le temps nécessaire à la reconstitution des yoghourts cryodesséchés varie de 2 à 4 h suivant le taux de population des ferments lactiques viables et leur pourcentage respectif présent.

### Analyses organoleptiques

D'après les analyses organoleptiques et tests de dégustation qui se font d'une façon systématique, le yoghourt a un goût agréable de

lait peptonisé, il est d'une texture granuleuse, parfois lisse. L'acidité du yoghourt est légèrement plus forte par rapport à celle du yoghourt ordinaire : 9,10 voire 12 g d'acide lactique et d'un pH qui varie entre 4,2 et 4,8 et souvent 4,4.

Nous trouvons une ressemblance entre les yoghourts cryodesséchés reconstitués et ceux dits yoghourts au goût bulgare.

## CONCLUSION

Dans cette partie de nos expérimentations, nous avons choisi les deux ferments lactiques suivants :

- *Streptococcus lactis*,
- *Lactobacillus helveticus*,

pour essayer de connaître le comportement physico-chimique et la viabilité de cette culture mixte aux basses températures, à savoir : — 20° C, — 25° C, — 30° C, — 35° C et — 40° C.

Nous avons précédemment étudié les comportements et la viabilité des ferments lactiques suivants :

- *Streptococcus thermophilus*,
- *Lactobacillus bulgaricus*,

soit le yoghourt classique (2), (ces ferments ont une symbiose) ; ainsi que les cultures mixtes de :

- *Streptococcus lactis*,
- *Lactobacillus acidophilus*,

soit le bioghourt (3) (a priori, ces ferments n'ont pas une vie symbiotique. Ce n'est plutôt qu'un mélange des deux ferments lactiques).

Nous avons également étudié la culture mixte suivante :

- *Streptococcus thermophilus*,
- *Lactobacillus helveticus*,

soit le yoghourt helvétique (4), ayant une symbiose analogue à celle du yoghourt classique. Leur symbiose est telle que leur taux de population est très élevé et leur métabolite (acide formique) stimule et probablement augmente leur résistance physiologique contre les conditions défavorables de vie (congélation à titre d'exemple). En effet, nous avons obtenu des résultats reproductibles prouvant la sensibilité des souches des ferments lactiques étudiés en fonction des températures basses étudiées.

On constate que la congélation a un rôle important sur le taux de survie des populations microbiennes (ferments lactiques). Cet effet destructif est plus renforcé sur les lactobacilles helvétiques, car ceux-ci subissent une perte plus importante que les streptocoques lactiques. La disproportion entre les deux ferments lactiques présents varie entre 2,8 et 4,4 p. 100 suivant la température de congélation.

Nous avons essayé de classer quantitativement en deux catégories les influences des températures basses :

1° La température de congélation à  $-20^{\circ}\text{C}$  a un effet considérable sur le taux de survie des populations des ferments lactiques viables.

2° Les températures basses de  $-25^{\circ}\text{C}$ ,  $-30^{\circ}\text{C}$ ,  $-35^{\circ}\text{C}$ , et  $-40^{\circ}\text{C}$  n'ont pas un effet considérable sur le taux de population mais interviennent sur le pourcentage respectif des ferments lactiques présents ; c'est-à-dire que les streptocoques subissent une perte de population importante, de sorte que l'écart du pourcentage entre les deux ferments lactiques présents diminue considérablement. En effet, cet écart s'affaiblit à  $-25^{\circ}\text{C}$  et devient négligeable à  $-35^{\circ}\text{C}$ .

On peut en déduire que l'effet des températures de congélation est moins important pour ces derniers ferments lactiques que pour ceux étudiés précédemment à savoir :

1° *Yoghourt classique*

- Streptocoque thermophile,
- Lactobacille bulgare.

2° *Bioghourt*

- Streptocoque lactique,
- Lactobacille acidophile,

mais le pourcentage de perte est tout de même plus important par rapport aux ferments lactiques.

3° *Yoghourt helvétique*

- Streptocoque thermophile,
- Lactobacille helvétique.

Celle-ci est peut-être due à la culture mixte :

- Streptocoque lactique,
- Lactobacille helvétique,

qui n'est pas une symbiose (en réalité ce n'est qu'un mélange des deux ferments lactiques), ou bien nous pouvons supposer qu'il n'y a pas de stimulation réciproque entre ces deux ferments lactiques, de sorte que la résistance physiologique diminue et le taux de certaines substances protectrices (acide formique) ne suffit pas à stimuler suffisamment cette symbiose.

Le pourcentage de leur taux de population est de 12 p. 100, celui-ci est plus fort que le yoghurt et bioghourt, mais plus faible que le yoghurt helvétique.

Nous avons constaté que le pourcentage du taux de population viable des ferments lactiques est de :

- 12 à 15 p. 100 pour le yoghurt helvétique :
  - ° Streptocoque thermophile,
  - ° Lactobacille helvétique.
- 12 p. 100 pour le yoghurt à base des ferments helvétiques :
  - ° Streptocoque lactique,
  - ° Lactobacille helvétique.

- 10 p. 100 pour le yoghourt classique :
  - Streptocoque thermophile,
  - Lactobacille bulgare.
- 10 p. 100 pour le bioghourt :
  - Streptocoque lactique.
  - Lactobacille acidophile.

Enfin, nous avons pu constater que la température optimale de la surface du yoghourt cryodesséché pendant la dernière phase de la cryodessiccation (dessiccation tertiaire ou séchage de finition) se situe entre 30° C et 35° C. Cette température vers la fin du cycle a un effet efficace sur le taux de population viable des ferments lactiques présents dans la culture mixte cryodesséchée.

### R é s u m é

Nous avons constaté que la congélation a un rôle important sur le taux de survie des populations microbiennes : *Streptococcus lactis* et *Lactobacillus helveticus*. L'effet destructif est plus fort sur les lactobacilles helvétiques. La disproportion entre les deux ferments lactiques présents varie entre 2,8 à 4,4 p. 100 suivant la température de congélation.

Cela est peut-être dû à la culture mixte qui n'est pas une symbiose, ou bien, à ce qu'il n'existe pas une sorte de stimulation réciproque entre ces deux ferments lactiques. De sorte que la résistance physiologique diminue et que le taux de certaines substances protectrices (acide formique) ne suffit pas à stimuler suffisamment cette symbiose.

Le pourcentage du taux de population de culture mixte cryodesséchée est de 12 p. 100. Celui-ci est plus fort que pour le yoghourt classique et pour le bioghourt, mais plus faible que pour le yoghourt helvétique.

### S u m m a r y

We have found out that the freezing has an important effect on the viability of lactic acid bacteria : *Streptococcus lactis* & *Lactobacillus helveticus*. However *Lactobacillus helveticus* is more damaged than *Streptococcus lactis*.

Disproportion between the two lactic acid bacteria is 2,8 - 4,4 p. 100; it depends upon freezing temperature. We suppose that it may be due to non symbiotic life or to the fact that there is no stimulation between these lactic acid bacteria. So, physiological resistance decreases and the rate of certain protective agents (formic acid) is unable to stimulate the symbiosis sufficiently.

## Remerciements

*Nous tenons à remercier bien vivement, M. le Pr Thieulin pour les précieux conseils qu'il a bien voulu nous donner pour la rédaction et la présentation de cet ouvrage.*

*Nous remercions M. le Pr Keilling pour le concours qu'il a bien voulu nous accorder pour la réalisation de cet article.*

*Nos remerciements s'adressent également à M. le Pr Ulrich pour son concours scientifique lors de cette étude.*

## Bibliographie

- BERGEY (D. M.) (1957). — Manuel of determinative Bacteriology, 7th édition, Baltimore, Williams and Wilkins company.
  - 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. SOCALTRA, Centre de Recherches, 128, bd Victor-Hugo (92) Clichy. *Le Lait*, 483-4, 160.
  - JABARIT (A.) (1969). — Influence de la congélation et de la cryodessiccation sur le taux de survie et le pourcentage des ferments lactiques dans le bio-yoghourt. SEPIAL, Centre de Recherches, 128, bd Victor-Hugo (92) Clichy. *Le Lait*, 488, 530.
  - JABARIT (A.) (1970). — Influence de la congélation et de la cryodessiccation qui s'ensuit sur le taux de survie et le pourcentage des deux ferments lactiques (culture mixte) dans le yoghourt helvétique. SEPIAL, Centre de Recherches, 128, bd Victor-Hugo (92) Clichy. *Le Lait*, 497, 391.
  - GALESLOOT (The E.) HASSING (F.) et VERINGA (H. A.) (1968). — La symbiose dans le yoghourt, la stimulation du lactobacille bulgare par un facteur produit par le streptocoque thermophile. *Neth Milk and Dairy Journal*.
-