

## **Refroidissement et surgélation rapide: partie importante de la chaîne alimentaire.**

### **Introduction**

Le refroidissement et la surgélation rapide ont suscité un intérêt croissant ces dernières années. Les cas de plus en plus nombreux de salmonelle dans les collectivités, les intoxications alimentaires en mangeant du pâté ou des produits à base d'œufs (qui frappaient surtout le groupe faible des enfants ou des personnes âgées) a mis en évidence la nécessité d'un procédé de conservation plus efficace.

Cette question n'est pas posée parce que les prescriptions d'hygiène n'étaient pas respectées. Mais bien parce qu'il est fait de plus en plus appel à la conservation par le froid pour des raisons d'organisation et de rentabilité. On peut mieux organiser son travail, les collaborateurs peuvent se consacrer au travail spécialisé pour lequel ils ont été formés avec l'avantage d'un meilleur résultat financier pour le commerçant ou l'institution, une meilleure qualité et un produit qui est mieux fini pour le consommateur ou l'utilisateur. Mais pour cela le traitement et la conservation de la nourriture doivent répondre à des exigences très strictes.

### **Le refroidissement et la surgélation face à la conservation.**

Beaucoup d'utilisateurs de meubles frigorifiques discernent difficilement le refroidissement pour la conservation et la surgélation. Ils utilisent les termes surgélation ou shock-freezing, pour une sorte de meuble de conservation surdimensionné.

### **Résumé des points de différence essentiels :**

	<b>Conservation</b>	<b>Surgélation, refroidissement rapide</b>
Volume :	Relativement grand	Relativement petit
Température :	Constante pendant une longue période	Une baisse de température rapide
Humidité relative :	important, aussi déterminée par la grandeur de l'évaporateur	Pas d'importance car une courte durée de conservation
Evaporateur :	Conçu pour un certain delta T et niveau d'humidité	Très grand pour combattre le dessèchement et augmenter la capacité
Ventilation – Vitesse de l'air	Relativement petite	Grande
Durée de conservation :	Relativement longue	Courte
Degré d'utilisation :	Beaucoup d'ouvertures de porte par jour	Pas ou peu d'ouvertures de porte par cycle

## Importance du refroidissement et de la surgélation rapide

Des réfrigérateurs et des surgélateurs rapides sont construits pour assurer une conservation de la qualité et de la quantité. Plus vite on refroidit le produit, moins il perdra de sa qualité.

### Quatre processus jouent ici un rôle :

- 1) Processus chimiques : le plus fréquent est l'oxydation (p.ex. des produits gras deviennent rances). Celui-ci diminue 2 à 3 fois par 10°C de baisse de température (facteur Q10 est 2 à 3). En outre il diminue encore par augmentation de la concentration.
- 2) Processus biochimiques : provoquent un métabolisme rapide par l'action des enzymes. Les enzymes sont des catalyseurs qui déterminent le goût, l'odeur et la composition de la nourriture : p.ex. la musculature dans la viande, la proportion féculé / glucose dans les pommes de terre. Le facteur Q10 est ici de 2 à 6. Le processus s'arrête complètement en-dessous de -15°C. Chez certains légumes ou fruits on ne peut pas descendre si bas à cause du danger de pourriture à basse température : des enzymes favorisant le goût et la texture seraient détruits !
- 3) Processus microbiologiques : le travail des micro-organismes est sans doute la raison la plus importante pour laquelle le refroidissement rapide est nécessaire. Ces êtres vivants se nourrissent et produisent des déchets, ils se développent et se multiplient. Ils meurent sous l'effet des produits toxiques ajoutés à la nourriture, par les déchets qu'ils produisent eux-mêmes, par manque de matière nutritive dans la nourriture ou par désinfection, irradiation, forte chaleur ou froid extrême.

Ces micro-organismes sont toujours présents dans la nourriture et sécrètent des enzymes et des toxines pendant leur croissance. On ne doit pas tuer ces micro-organismes mais seulement combattre leur prolifération. D'ailleurs pour les tuer tous, il faudrait maintenir une température très élevée (> 100°C) ou extrêmement basse (< -80° à -100°C !), ce qui serait très coûteux et inutile pour la qualité du produit. La zone dangereuse pour le développement des micro-organismes se situe entre +10° C et +60°C, une pointe entre 20° et 37°C. C'est la zone qui doit être dépassée le plus rapidement possible pendant le réchauffement ou le refroidissement. On peut conserver plus sûrement en dehors de cette zone. Des organismes pathogènes ne peuvent plus se multiplier en-dessous de -5 à -10°C, une dizaine de % seulement meurt par la surgélation.

### Nous distinguons 6 sortes de micro-organismes :

- a) Bactéries : des coques sphériques, des bacilles en forme de baguette p.ex. streptocoques, salmonelle, staphylocoques, des sortes de clostridium.
- b) Fermentation : p.ex. la fermentation du lait pour le fromage, le levure pour le levage du pain, du vin et de la bière.
- c) Moisissures : p.ex. champignons sur des murs humides, penicillium sur du pain moisi.
- d) Virus : p.ex. virus de la grippe, virus du tétanos, virus du sida : ne se développent que par multiplication dans des cellules vivantes. Ces êtres forment en réalité un groupe distinct parce que ce ne sont pas des cellules mais une sorte de protéine vivante.
- e) Protozoaires : les plus petits organismes du règne animal, p.ex. paramécie, toxoplasme dans la viande crue.
- f) Algues : les plus petits organismes végétaux, p.ex. algues de caillou.

Les bactéries sont les malfaiteurs les plus connus. Dans la zone de température dangereuse nous avons un temps d'incubation de 20 minutes, après 2 heures : 64 bactéries au lieu de 1 et après

10 heures : 1 milliard !! Une quantité trop élevée de staphylocoques augmente sérieusement le risque d'intoxication alimentaire alors que la salmonelle occasionne des infections.

- 4) Processus physiques : ce sont des processus qui jouent surtout un rôle dans la surgélation mais aussi le refroidissement, des produits non-emballés. Il s'agit ici de l'hygrométrie des cellules d'un produit (viande, légume ou fruit). Une cellule est constituée par une paroi perméable qui contient le protoplasme. Fort simplifié on peut dire que ce protoplasme contient le vrai jus de la cellule : des sels, sucres, graisses et protéines, appelés « vacuoles ». Ce sont des « vacuoles » qui jouent un rôle important dans le transport de l'humidité des cellules. Surtout pendant la surgélation il y a une grande différence de concentration entre les espaces intercellulaires (entre les cellules) et les espaces intracellulaires (jus de cellule). Le passage de l'humidité de la concentration la plus basse à la concentration la plus haute s'appelle osmose. Une surgélation lente produit un grand déplacement d'humidité aux espaces intercellulaires sous l'influence de la pression osmotique, (et d'une longue durée). Lorsque le point de congélation est atteint dans la cellule, l'humidité intercellulaire sera d'abord cristallisée de sorte que peu de cristaux de grande taille se forment. Ceci provoque un déchirement du tissu cellulaire et la dénaturation du jus cellulaire restant. Le résultat est un produit détendu, coriace et fibreux (perte de qualité).

De plus le produit perd une grande partie d'humidité en décongelant (perte de masse ou de quantité). La surgélation présente déjà un pré-refroidissement plus profond avant que la cristallisation ne commence. Il résulte un plus grand nombre de cristaux de germe, aussi dans les espaces intracellulaires, de sorte que le transport de l'humidité est freiné. C'est pourquoi il n'y a pas de déchirement du tissu, pas de dénaturation et moins de gouttes au dégivrage.

Des refroidissements rapides ont donc comme la plus importante fonction de combattre la prolifération des bactéries dans la zone dangereuse de +60°C à +10°C. Cette zone doit être passée le plus rapidement possible.

Des surgélations rapides sont surtout importantes dans l'hygrométrie des denrées alimentaires : il vaut mieux avoir beaucoup de petits cristaux de glace que peu et grands.

### **Exigences aux refroidissements – surgélations rapides.**

A côté des caractéristiques essentielles qui font la différence avec les meubles de conservation, il y a encore quelques autres points d'importance.

#### **1) Législation denrées alimentaires : le temps – le cœur**

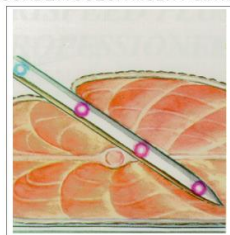
La loi Française est actuellement la plus sévère en Europe dans le domaine de préparations de repas et restauration et est ainsi généralement acceptée comme Norme Européenne. Celle-ci dit que dès la fin de la préparation des denrées alimentaires, pas plus de 2 heures peuvent s'écouler avant que le cœur du produit soit à 10°C. Alors on garantit une durée de 6 jours de conservation. Si on veut conserver plus longtemps, p.ex. quelques mois, il faut surgeler les produits frais très rapidement. On estime que des produits, qui viennent de refroidir, doivent être en moins de 3 heures à -18°C, des produits frais (chauds) en moins de 4,5 heures.

Résumé :			
Cycle	+60°C	+10°C	< 2h.
Cycle	+60°C	-18°C	< 4,5h.
Cycle	+10°C	-18°C	< 3h.

Il y a lieu de remarquer que toutes les températures sont des températures « à cœur ». La température d'ambiance existante peut être considérablement plus basse mais des températures extrêmement basses ne sont pas nécessaires si la capacité frigorifique et la ventilation sont suffisantes. Un bon refroidisseur ou un bon surgélateur rapide est équipé d'une sonde aiguille, il existe des sondes avec plusieurs capteurs (pour déterminer exactement le point le plus chaud).

Cette sonde aiguille est introduite dans le produit. Si elle contient 1 capteur, c.-à-d. au bout, ce bout doit se trouver au cœur du produit, c.-à-d. dans la partie la plus chaude. De plus toutes les portions doivent avoir la même épaisseur et le même volume. Une sonde à cœur Multipoints possède différents (3) capteurs sur une sonde. Ces sondes peuvent mesurer chacune une autre valeur de température, p.ex. quand il s'agit d'un épais morceau de viande ou quand la sonde est piquée dans un petit gâteau et dépasse. Nous ne recevons pas de mesure fautive parce que la mémoire centrale de l'électronique compare continuellement les 3 mesurages et elle sélectionne la valeur la plus grande comme valeur de référence pour le cycle. La température à cœur la plus élevée suit le cycle de sorte que nous soyons sûrs que le produit est entièrement à température à la fin du cycle.

SONDE A COEUR MULTI-POINTS



C'est très important pour le refroidissement parce qu'ainsi on évite que la température du cœur proprement dit du produit soit encore plus haute que 10°C (dans la zone dangereuse des micro-organismes) alors que la sonde à cœur indiquerait déjà que le cycle peut s'arrêter. Cela est important aussi pour la surgélation lorsque des températures d'ambiance de -25°C à -30°C se présentent alors que le cœur du produit se trouve encore à température positive. Le phénomène de formation de givre autour d'un produit refroidissant est également important. C'est pourquoi la multisonde a ici une fonction de surveillance. Comme il existe une grande différence de température soit 15°C entre l'air ambiant et le cœur du produit, le cycle doit s'arrêter à une température à cœur de 15°C pour éviter la formation de givre, ce qui favoriserait le développement de bactéries. Faire baisser lentement la température à cœur de 15°C à 10°C, serait la solution intermédiaire la plus pratique.

Ainsi on sert 2 maîtres : on est dans le temps légal en dehors de la zone dangereuse et on évite la formation de givre ou la congélation de la face externe du produit par une différence devenue plus petite entre la température ambiante et la température à cœur. Un type de Multisonde qui répond à ces conditions est la « Frigisonde » de la firme française Friginox

S.A. Il mesure à trois points différents et la température « formation antigivre » est réglable entre +15°C et 35°C.

Travailler purement avec horloge (réglage fixe de la durée de cycle) est aussi possible mais n'est conseillé que pour la surgélation ou des petits travaux de refroidissement pour lesquels on a une bonne expérience et que l'on peut surveiller attentivement.

Une conservation de secours après le cycle, pour au plus 12 heures, est une précaution utile pour un refroidisseur – surgélateur. Ainsi on peut laisser les denrées alimentaires jusqu'à ce qu'on est prêt pour la préparation ou le transfert à un conservateur. Pour avoir une qualité de produit optimale, il est conseillé après le cycle d'enlever les produits le plus vite possible et de les mettre dans une chambre ou un meuble de conservation.



## 2) Le produit : nature – masse – façon d'emballage – volume ou épaisseur.

La nature d'un produit détermine sa chaleur spécifique et sa chaleur latente. Ainsi chaque produit ne refroidit pas aussi vite. Un refroidissement ou surgélation rapide contrôlé doit savoir refroidir n'importe quel produit dans le temps donné, même celui avec la chaleur spécifique la plus haute. L'emballage et l'épaisseur d'un produit jouent un rôle important. Afin de combattre la perte d'humidité, il est recommandé d'emballer les produits ou au moins de les couvrir avec de l'aluminium ou du cellophane. L'emballage sous vide en sacs en plastique est évidemment idéal. La plaque ou la platine sur lesquelles les produits se trouvent, sera de préférence en inox ou en aluminium. Le polycarbonate ou le carton donne un temps de refroidissement plus long (jusqu'à 30%). Afin de pouvoir refroidir très vite, il faut partager les produits sur la plaque et de préférence ne pas dépasser en épaisseur 40 à 45mm.

Il est recommandé de charger assez l'appareil pour un cycle de refroidissement : 80% est l'idéal, minimum 50% est souhaitable. Le chargement insuffisant provoque un gaspillage d'énergie, on doit refroidir p.ex. pour quelques portions de viande tout un espace intérieur de 250l. En outre, il y a danger pour la congélation pendant le cycle de conservation à +3°C. Le compresseur ne marche plus mais la ventilation d'évaporation continue à marcher. Le froid restant du grand évaporateur est suffisant pour geler (légèrement) la moindre quantité de produit.

## 3) Le contrôle.

Les refroidisseurs et les surgélateurs rapides sont homologués avec une charge maximum, selon le type, répartis sur des barquettes standards. P.ex. un refroidissement rapide, type 25, peut faire passer au moins 25 kg par cycle (2 h) de +60°C à 10°C température à cœur. L'appareil peut faire cette opération avec n'importe quel produit. Les tests se passaient avec 25 kg de purée de pommes de terre (avec une haute chaleur spécifique !). Les barquettes standards sont GN ½ (325 x 265 x 45 mm) et en carton traité de polypropylène.

1,8 kg est chargé par barquette et par barquette également une sonde à cœur (type thermocouple) est placée, attachée à un enregistreur de température. Quand il y a plus de 10 barquettes dans l'appareil, 10 sondes à cœur seront placées, positionnées proportionnellement dans l'espace. Les conditions d'ambiance pour les tests sont : 22°C (+/- 2K), 65% (+/- 5%).

#### **4) L'hygiène.**

A côté des exigences en ce qui concerne les températures à cœur et les temps de refroidissement qui empêchent principalement la prolifération des micro-organismes, il y a aussi de hautes exigences à la construction même du refroidisseur / surgélateur. Les parois doivent être en matériaux inoxydables p.ex. inox 18/10.

Les coins doivent être arrondis pour faciliter le nettoyage et pour éviter le développement des micro-organismes. Les grilles et les douilles de sonde sont aussi de préférence en acier inoxydable.

Une possibilité de contrôle permanente pour la température à cœur et d'ambiance est indispensable pour bien refroidir ou surgeler. La lecture digitale est ici d'une grande aide. Pour un cycle à l'aide d'une sonde à cœur on donne de préférence la température à cœur, si l'horloge est employée, à tour de rôle la température d'ambiance et le temps restant jusqu'à la fin du cycle.

Des situations d'alarme en cas d'anomalies peuvent être communiquées. Ainsi la lecture peut donner une indication d'alarme en cas de panne d'une sonde (sonde d'ambiance, sonde d'évaporateur ou sonde à cœur), de température trop haute ou basse après le cycle, pendant la conservation ou une ouverture de porte trop longue. En plus une sortie 12V peut faire enclencher une sirène d'alarme sur place ou à distance.

#### **Des perspectives d'avenir pour le refroidisseur – surgélateur.**

La marché pour le refroidissement et la surgélation rapides s'accroît. Toujours plus d'utilisateurs ont compris la facilité et l'amélioration de la qualité des denrées alimentaires qui en résultent. A l'origine c'étaient surtout les cuisiniers et le personnel de cuisine pour les communautés et les grands restaurants qui s'y intéressaient. Le refroidissement était le maillon de la chaîne alimentaire, à côté d'appareils sous- vide, combi-steamer, etc.. Maintenant ces appareils compacts, ainsi que les espaces de conservation indépendants gagnent du terrain pour la surgélation en boulangerie, sur les mastodontes qui existaient avant. Conserver et surgeler sont deux activités différentes difficile à réunir car leurs exigences s'opposent souvent diamétralement. Ces deux exemples d'application ne sont qu'un choix parmi bien d'autres possibilités de sorte que nous pouvons dire que pour les refroidisseurs et les surgélateurs ont encore un bel avenir devant eux.