**B. Conservation des aliments par le froid**

L’utilisation du froid pour la conservation des aliments est la technique la plus répandue. Les basses températures retardent le développement des micro-organismes, les réactions chimiques et enzymatiques qui entraînent la détérioration du produit.

On distingue deux procédés qui utilisent cette technique, la réfrigération et la congélation.

**1. Réfrigération**

La réfrigération correspond à une conservation par le froid positif pendant une durée limitée de quelques jours à plusieurs semaines des aliments périssables. Elle doit être faite le plus tôt possible après production, elle doit s'appliquer à des aliments initialement sains et être continue tout au long de la filière de distribution. Par exemple, les produits pasteurisés sont pour la plupart conservés en froid positif.

1.1. Principe de la réfrigération

La réfrigération consiste à entreposer les aliments à une température basse entre -1 °C et 8 °C. A ces températures, la vitesse de développement des microorganismes contenus dans les aliments ainsi que les changements biochimiques sont ralentis. Donc, la durée de conservation des aliments frais et transformés est prolongée. La réfrigération empêche la croissance des micro-organismes mésophiles et thermophiles. Cependant, un certain nombre d'agents pathogènes (*Aeromonas hydrophilia*, *Listeria* spp, *Yersinia enterocolitica*, certaines souches de *Bacillus cereus*, *Vibrio parahaemolyticus* et *Escherichia coli* entéropathogène) peuvent se développer au cours du stockage réfrigéré au dessous de 5 ºC, ou à la suite d'une augmentation de la température (abus de température) et donc provoquent des intoxications alimentaires. Il est donc essentiel que les bonnes pratiques de fabrication (BPF) doivent être appliquées au cours de la production de denrées alimentaires réfrigérées.

La réfrigération provoque des changements minimes aux propriétés nutritionnelles et sensorielles des aliments et, par conséquent, les aliments réfrigérés sont perçus par les consommateurs comme étant pratiques, faciles à préparer, de haute qualité et «sains», «naturels» et «frais».

La réfrigération est souvent utilisée en combinaison avec d'autres méthodes de conservation (par exemple la fermentation ou la pasteurisation) pour prolonger la durée de vie des aliments légèrement transformés.

1.2. Barème de réfrigération

Les aliments réfrigérés sont regroupés en trois catégories en fonction de leur température de stockage:

* -1 ºC à +1 °C (poissons frais, viandes, saucisses et les viandes hachées, viandes et poissons panés fumés).
* +2 ºC à +5 °C (les conserves de viande pasteurisée, les œufs, le lait, la crème, les yaourts, les salades préparées, les sandwichs, les soupes et des sauces fraîches, les pizzas, les pâtisseries, etc.).
* +3 ºC à +8 °C (viandes et poissons entièrement cuits, charcuterie, le beurre, fromage à pâte dure).

1.3. Types d’aliments réfrigérés :

a) Les aliments frais non transformés (ex : œufs, viandes, lait cru, etc.)

Le taux de changements biochimiques provoqués soit par des micro-organismes ou d'enzymes d'origine naturelle augmente avec la température. Les facteurs qui influencent la durée de vie au cours de stockage de refroidissement sont:

• le type d’aliment (pH, Aw, etc.) ;

• l'état initial de l’aliment (présence d’altérations physiques, contamination microbienne, etc.) ;

• Conditions de stockage : le taux d’humidité, degré de température de l'atmosphère de stockage, etc.

b) Les aliments transformés (ex : aliment frais après pasteurisation)

La durée de conservation des aliments transformés réfrigérés est déterminée par:

• le type d’aliment ;

• le degré de destruction microbienne ou d’inactivation enzymatique atteint par le procédé ;

• le contrôle de l'hygiène au cours du traitement et de l'emballage ;

• les propriétés de l'emballage ;

• Les températures au cours du traitement, la distribution et le stockage.

c) Les aliments cuits- réfrigérés

Les aliments individuels (par exemple des tranches de rôtis) ou des repas complets sont produits par cuisson-refroidissement.

Après la préparation, les aliments cuits-refroidis sont refroidis à 3 °C après 30 min de cuisson. Le refroidissement devrait être achevé dans un délai de 90 min après cuisson. Le produit refroidi doit être conservé de 0-3 ºC. Pour les aliments cuits-pasteurisés-refroidis, l’aliment chaud après cuisson est versé dans un récipient souple, une dépression est exercée pour éliminer l'air et le récipient est scellé à chaud. Il est ensuite pasteurisé à une température minimale de 80 °C pendant 10 min, suivi d'un refroidissement immédiat à 3 °C. Ces aliments ont une durée de vie de 2-3 semaines.

1.4. Effet de la réfrigération sur les denrées alimentaires

Les modifications chimiques, biochimiques et physiques ainsi que la croissance des microorganismes pendant le stockage réfrigéré peut conduire à la perte de la qualité, et limite la durée de conservation des aliments réfrigérés. Ces changements comprennent l’hydrolyse et l’oxydation des lipides qui sont les principales causes de perte de la qualité dans les produits cuits-refroidis comme les viandes cuites.

Dans les aliments cuits-refroidis, les pertes en vitamines sont minimes pour les vitamines B1, B2 et A, mais les pertes de vitamine C sont de 3,3 à 16% à une température de stockage de 2 °C.

**2. La congélation**

La congélation est un procédé de conservation de longue durée (4 à 24 mois) et consiste à entreposer les aliments à des températures inférieures au point de congélation, généralement à -18°C.

Les principaux groupes d'aliments congelés et surgelés dans le commerce sont les suivants:

• filets de poissons et fruits de mer (morue, les crevettes, la chair de crabe, etc.), y compris les plats préparés avec une sauce ;

• les carcasses et les morceaux de viandes (bœuf, agneau, volaille) et les produits à base de viande (saucisses, viandes hachées, etc.) ;

• aliments préparés (pizzas, desserts, crème glacée, des repas complets, etc.).

2.1. Types et principe de la congélation

Au cours de la congélation, la chaleur est retirée pour abaisser la température d'un aliment au point de congélation. Dans les aliments frais, la chaleur produite par la respiration est également supprimée.

Il existe deux types de congélation :

- la congélation lente qui entraîne au niveau des tissus une cristallisation progressive ne touchant que l'eau extracellulaire. Une congélation lente produit de noyaux peu nombreux, ce qui provoque la migration d’un nombre élevé de molécules d’eau vers ces noyaux et la formation de cristaux de grande taille (nucléation hétérogène). C'est pourquoi, cette technique peut entraîner des lésions au niveau de l'aliment. Il en résulte, lors de la décongélation, des modifications de leur texture (ils ramollissent) et de leur capacité de rétention d'eau (ils subissent une forte exsudation) ;

- la congélation rapide ou surgélation au cours de laquelle l'eau se cristallise aussi bien au niveau extracellulaire qu'intracellulaire. Elle produit un grand nombre de noyaux (formation de nouveaux noyaux) et les molécules d'eau migrent vers les noyaux existants, ce qui produit des cristaux de glace petits et nombreux (nucléation homogène), ce qui par conséquent préserve mieux la structure du produit. Lors de la décongélation, les aliments conservent ainsi leur texture initiale et perdent moins d'eau.

La congélation inhibe à la fois le développement microbien et l’activité métabolique de la plupart des germes pathogènes et d'altération. Cependant, les réactions d’altération biochimique ne sont pas arrêtées complètement (oxydation enzymatique et hydrolyse des lipides). Elle provoque :

- un blocage de la multiplication des micro-organismes (formation de cristaux de glace et diminution de l'activité de l'eau de l’aliment);

- une destruction des parasites et de leurs kystes (par exemple, les cysticerques des ténias sont détruits à -10 °C pendant 10 jours) ;

- un arrêt de l'activité des enzymes sauf celles des lipases (stoppées seulement à la température de -25 °C).

Les produits congelés présentent une DLUO sauf les steaks hachés surgelés, de par leur extrême fragilité, qui ont une DLC de 9 mois.

La durée d'entreposage dépendra aussi de la température de stockage. Ainsi, plus la température est faible et plus l'aliment se conservera longtemps et dans de bonnes conditions. De plus, leur broyage, fragmentation ou hachage diminue la durée d'entreposage alors que l'addition de sucre, de sauce, d'enrobage avec de la chapelure ou la cuisson provoqueront l'effet contraire.

2.2.Les changements de volume dans les produits congelés

Le volume de la glace est de 9% supérieure à celle de l'eau pure, et une expansion des aliments après congélation serait donc attendue. Cependant, le degré d'expansion varie selon les facteurs suivants:

• Teneur en humidité : les teneurs plus élevées en humidité produisent des changements dans le volume) ;

• Agencement de cellules : les matières végétales ont des espaces d'air intercellulaires qui absorbent l’augmentation en volume sans grands changements dans leur taille globale ;

• la température du congélateur (ce qui détermine la quantité d'eau non congelée et donc le degré d'expansion) ;

La congélation rapide sur des pièces volumineuses provoque à la surface de l'aliment une croûte congelée qui empêche la poursuite de l'expansion, ce qui provoque des problèmes et rend les pièces les plus sensibles à la fissuration ou à l'éclatement.

2.3. Modifications dans les aliments

*- Effet de la congélation*

Le principal effet de la congélation sur la qualité des aliments est les lésions causées aux cellules par la croissance des cristaux de glace. La congélation provoque des changements négligeables aux pigments, aux arômes ou aux composants nutritionnellement.

Les viandes ont une structure en fibres qui sont plus souples et sont séparées lors de la congélation au lieu de se léser, et la texture n’est pas vraiment endommagée par des cristaux de glace.

Les températures de stockage (entre -4 °C et -10 °C) ont un effet létal sur les micro-organismes plus que les températures les plus basses (entre -15 °C et -30 °C). Différents types de micro-organismes varient également dans leur résistance aux basses températures. Les cellules végétatives des levures, des moisissures et des bactéries gram-négatives (par exemple : des coliformes et des espèces *Salmonella*) sont plus facilement détruits; les bactéries gram positives (par exemple : *Staphylococcus aureus* et les entérocoques) et les spores de moisissure sont plus résistants ; et les spores bactériennes (en particulier des espèces de *Bacillus* et des espèces de *Clostridium*, tel que *Clostridium botulinum*) ne sont pratiquement pas affectées par les basses températures.

Les principales modifications apportées aux aliments congelés pendant le stockage sont les suivantes:

• Perte de vitamines : les vitamines solubles dans l'eau (par exemple les vitamines C et B5) sont perdus à des températures inférieures au point de congélation de l’aliment.

• L'activité enzymatique résiduelle. L'activité protéolytique et lipolytique dans les viandes peut modifier la texture et la saveur dans les périodes du stockage prolongées.

• Oxydation des lipides. Cette réaction a lieu lentement à -18 ° C et provoque des odeurs et des flaveurs désagréables.

Les produits à base de viande, de volaille et de poisson congelés stockés en contact avec de l'air sont sensibles à l’oxydation entraînant la formation de produits volatils qui donnent lieu à l'arôme et le goût rance.

Si les entrepôts frigorifiques ont un faible taux d'humidité qui est extraite de l'air par les bobines de réfrigération (dégivrage). L'humidité quitte la surface de l'aliment à l'atmosphère de stockage et produit des zones qui ont une couleur plus claire connues comme les brûlures de congélation. Les brulures de congélations peuvent être minimisées par l’utilisation d’un emballage en matériaux résistants.

*- Effet de la décongélation*

Lors de la décongélation, l’exsudation provoque la perte de nutriments solubles dans l'eau ; par exemple la viande de bœuf qui perd 12% de B1, 10% de B2, 14% de B3, de 32% de B6 et 8% de B9.

Cette exsudation forme un milieu favorable pour l'activité enzymatique et la croissance microbienne.

Durant la période de décongélation le risque de contamination par la détérioration et les micro-organismes pathogènes augmente. Commercialement, les aliments sont souvent décongelés à des températures justes au-dessus du point de congélation pour conserver une texture ferme pour un traitement ultérieur et éviter la multiplication des germes pathogènes.

Après décongélation, certains aliments sont cuits directement à une température qui est suffisante pour détruire les micro-organismes. D'autres (par exemple la crème glacée, de la crème et des gâteaux surgelés) ne sont pas cuits et doivent donc être consommés dans un court laps de temps de décongélation.