

Chapitre IV : Conservation des aliments

La conservation des aliments est effectuée par différents modes, ce chapitre traite les traitements de conservation par ordre d'importance.

1. Conservation par la chaleur

Deux types de phénomènes de dégradation des aliments peuvent être résolus par l'action des températures élevées : les réactions enzymatiques et l'action des micro-organismes défavorables comme illustrée au tableau suivant. Le premier cas concerne surtout le blanchiment et le second la pasteurisation et la stérilisation.

Tableau () : Opérations thermiques.

Traitement	Description
Stérilisation	On traite le produit de manière telle que l'on ne peut plus rencontrer de micro-organismes ou de spores vivants.
pasteurisation	On chauffe le produit à une température inférieure à 100°C. Tous les micro-organismes peu résistants à la chaleur sont tués (au moins les germes pathogènes).
demi-conserve	L'aliment est partiellement conservé, par exemple par une combinaison de pasteurisation et du sel, d'acide, ou de produits de conservation. Les demi-conserves doivent être transportées et stockées à des températures inférieures à 10°C.
blanchiment	Un traitement thermique qui permet d'inactiver les enzymes.

De nombreuses enzymes présentes naturellement dans certains produits alimentaires catalysent des réactions entraînant des modifications défavorables de la qualité. Ces réactions commencent très tôt, dès la cueillette par exemple dans le cas des légumes verts. Le blanchiment est un traitement thermique préalable pour les aliments ensuite congelés, déshydratés ou pasteurisés. Ce traitement permet d'inactiver les enzymes en soumettant le produit à un bain d'eau chaude ou de vapeur pendant une durée courte (moins de cinq minutes) et à une température modérée (entre 60 et 100°C).

Le blanchiment offre parfois un autre intérêt, notamment celui d'améliorer la texture. Ainsi le blanchiment des tomates permet de préserver la couleur rouge et de ramollir les tissus, ce qui facilite les opérations ultérieures (obtention de sauce, de concentré ou de jus) en maintenant la couleur de la tomate fraîche.

Les haricots verts soumis à un blanchiment avant congélation gardent une belle couleur verte et sont rendus plus tendres. Pour les produits qui seront ensuite séchés, le blanchiment a aussi l'avantage d'augmenter la perméabilité des parois cellulaires du végétal et donc de faciliter à la fois le séchage et la réhydratation ultérieure. Enfin, l'opération de blanchiment favorise l'élimination de l'air et des autres gaz dans l'aliment et contribue ainsi à réduire les phénomènes d'oxydation, notamment dans les boîtes métalliques.

La pasteurisation vise une destruction sélective de la flore microbienne présente dans l'aliment. Elle s'effectue à des températures modérées (Tableau suivant) et les micro-organismes sporulés ne sont en général pas détruits. De ce fait, on ne fait le choix d'une pasteurisation que dans certains cas; seulement quand l'aliment offre peu de risques bactériologiques du fait de ses caractéristiques propres (par exemple l'acidité dans les jus de fruits) ou bien si on ne cherche à éliminer que quelques organismes pathogènes (comme *Mycobacterium tuberculosis* dans le lait). Un traitement plus long ou à plus haute température risque de lui faire perdre ses qualités organoleptiques.

Tableau () : Quelques barèmes de pasteurisation

Produit	Durée	Température
Lait	30 minutes	62 °C
	15 secondes	72 °C
Jus en bouteille	30 minutes	77 °C
Jus en vrac	30-60 secondes	88 °C

La stérilisation est plus sévère que la pasteurisation en permettant la destruction totale de tous les micro-organismes, y compris les sporulés. La stérilisation fait l'emploi d'une combinaison temps-température plus élevée que la pasteurisation. Une fois stérilisés et sous emballage hermétique, les aliments peuvent se conserver plusieurs mois,

voire plusieurs années sans altération s'ils sont exposés à l'abri d'une chaleur excessive. Les barèmes de stérilisation sont en fonction des caractéristiques de l'aliment (composition, pH, charge microbienne initiale,...); ils peuvent varier entre 15 minutes à 121°C et quelques secondes à 140°C. Le principe est comme pour tout traitement thermique; plus la température est élevée, plus le temps est court pour arriver au même résultat.

Il y a encore quelques années, la stérilisation s'effectuait surtout à température modérée-temps long. Mais certains produits, en particulier le lait, perdaient beaucoup de leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques. Les recherches qui ont été effectuées à ce sujet ont montré que les réactions défavorables qui se produisent au cours du chauffage (pertes de vitamines, réaction de Maillard, etc.), n'ont pas la même sensibilité à la température que les micro-organismes. Dans le cas du lait par exemple, au-delà de 135 - 140°C, la perte de qualité est moindre que l'effet de destruction des micro-organismes pathogènes.

L'étude des phénomènes physiques et microbiologiques a permis de mettre en évidence que la destruction des micro-organismes est directement proportionnelle au nombre de micro-organismes. Autrement dit, plus la contamination est forte, plus le nombre de micro-organismes détruits par unité de temps est élevé. Plus la population de micro-organismes devient faible, plus la destruction des germes encore vivants est limitée et en théorie, on n'atteint jamais la stérilité absolue de l'aliment. En pratique, avec un traitement thermique prolongé, on arrive à réduire la charge ou le contenu microbien à un niveau tel que la probabilité d'avoir encore un germe vivant par boîte de conserve est extrêmement faible.

2. Conservation par le froid

La méthode de conservation par le froid est devenue importante depuis l'invention et l'exploitation de la technique du froid (froid artificiel). On peut utiliser le froid comme moyen de conservation définitive mais aussi pour une conservation temporaire, par exemple pendant le transport. L'effet de conservation par le froid est causé surtout par le freinage du métabolisme des micro-organismes; ils ne sont pas tués. C'est pour cette

raison que le froid doit être continu, chaque interruption (augmentation de la température) réactive les micro-organismes.

Tandis que les micro-organismes psychrophiles survivent encore à -5°C , toute vie microbienne est arrêtée à des températures inférieures à -7°C .

Les autres processus de détérioration (réactions enzymatiques, chimiques, physico-chimiques) ne peuvent pas être arrêtés au dessus de -30°C , mais en pratique, on applique la température de -20°C comme température finale.

2.1. Condition de conservation par le froid

Quand on *congèle les aliments* (ou d'autres choses), il faut passer de la zone de 0°C à -5°C le plus rapidement possible, car dans cette zone a lieu la cristallisation de la glace (Figure suivante). Pendant la réfrigération classique (courbe droite), on obtient de gros cristaux de glace qui déchirent les cellules. Après la décongélation du produit, il y a une grande perte de substances solubles qui s'échappent avec le liquide des cellules. Avec la congélation rapide, on essaye d'éliminer ce problème (courbe gauche).

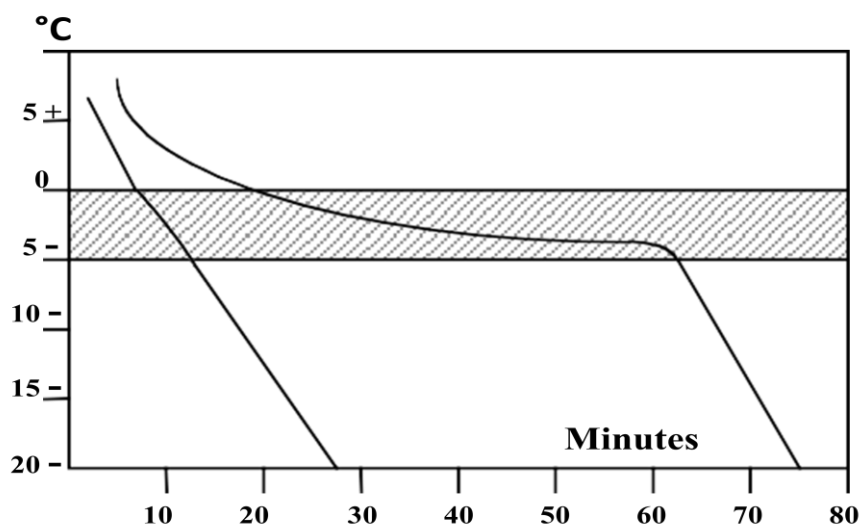


Figure () : Cristallisation de la glace. *Courbe droite* ; réfrigération lente : gros cristaux, déchirants. *Courbe gauche* : réfrigération rapide : petits cristaux ronds, ne déchire pas les cellules.

La **réfrigération** comme la congélation, est une technique de conservation qui nécessite une excellente qualité de la matière première car elle ne permet qu'un ralentissement de la vitesse de détérioration. Il importe donc de ne réfrigérer que des aliments en bon état et frais. Il est par ailleurs indispensable de procéder à une réfrigération le plus tôt possible après une récolte ou abattage avant que le produit évolue ou se dégrade.

Le fait de stocker des aliments humides dans une atmosphère réfrigérée peut conduire à un rééquilibrage de l'activité de l'eau. Ce rééquilibrage peut être évité soit en emballant les aliments avec des matériaux hermétiques à l'eau, soit en maintenant l'air à une certaine humidité.

La **température d'entreposage** doit être choisie en fonction du produit et maintenue la plus constante possible jusqu'à sa distribution au niveau du consommateur. Il faut chercher le meilleur compromis entre la période de garde et les dépenses causées par l'application d'une température plus basse (Tab.).

Tableau () : Relation entre durée de conservation et température de stockage.

Produit	Durée de conservation (Jours)				
	10	30	90	180	360
Viande	4°C	-2°C	-7°C	-12°C	-18°C
Beurre	7°C	0°C	-7°C	-12°C	-18°C
Poisson	0°C	-9°C	-15°C	-20°C	--
Légumes congelés	--	--	--	--	-18°C

2.2. Quelques applications de la réfrigération

La **viande** peut être conservée pendant 3-4 semaines, quand elle est réfrigérée jusqu'à 1°C en 24 heures et stockée à une activité de l'eau (a_w) de 0,85 à 0,90 et une température de 0°C à 1°C. Les organes doivent être congelés rapidement.

Les **poissons** et les **crustacés** se conservent moins facilement que la viande parce que :

- ✚ leurs pH est de $\pm 6,5$, par rapport à la viande et de 5,7, ceci facilite l'attaque des micro-organismes;
- ✚ chez les poissons, la chair s'infecte plus facilement avec la saleté des intestins,
- ✚ A l'origine, les poissons ont plus de micro-organismes psychrophiles que la viande.

La durée maximale de réfrigération est de 10 jours pour les poissons et de 3 jours pour les crustacés. Le poisson congelé rapidement, stocké à -30°C peut être conservé pendant 1-2 ans.

Le *lait* traité très hygiéniquement et réfrigéré rapidement à une température inférieure à 10°C et pasteurisé, peut être stocké à 0°C pendant 10 jours.

Le *beurre* de bonne qualité peut être stocké de 0 à 4°C pendant quelques semaines. Pour des périodes plus longues, il faut le congeler et le stocker à -10°C .

Les *œufs* sont réfrigérés le plus rapidement possible à une température inférieure à 15°C , ensuite ils sont recouverts d'une mince couche d'huile afin de freiner l'évaporation et stockés à -1°C (a_w de 0,85) dans une atmosphère de 2,5 % de CO_2 et 97,5 % d'air.

Les *aliments séchés* ou mis en *conserves* sont stockés de préférence à des températures inférieures à 20°C afin de freiner les réactions chimiques telles que les réactions de Maillard et la caramélisation.

Les *produits végétaux*, en particulier, les *fruits* et les *légumes* sont en principe très sensibles au stockage à l'état frais. Après la récolte, les tissus végétaux continuent leur métabolisme. On a malgré tout trouvé des conditions favorables pour le stockage au froid d'un grand nombre de fruits et légumes. Souvent, la solution se trouve dans le stockage à des températures moyennes ($10-15^{\circ}\text{C}$) combiné avec un stockage au gaz. On maintient par exemple une concentration de CO_2 de 1% (air : 0,03 % de CO_2) pour le stockage de certains types de pommes. Des concentrations de gaz trop élevées peuvent causer la décoloration de la chair des fruits (on utilise, par exemple, du CO_2 , de l'éthylène $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, de l'acétylène $\text{CH}\equiv\text{CH}$). La congélation normale des fruits et

légumes est peu appliquée, car après décongélation, les produits sont souvent en mauvais état. Au contraire la congélation rapide des produits végétaux a un bon avenir.

3. Conservation à sec

Sécher est une des méthodes les plus anciennes de conservation. Le but du séchage a toujours été d'obtenir un produit léger et stable, qu'on peut facilement emballer et garder. La technique classique consiste à sécher le produit à l'aide de l'air ambiant préalablement séché par la radiation solaire. Dans certaines régions du monde, cette méthode est très utilisée. Cependant, la plus grande partie de la production des aliments séchés est effectuée par des méthodes artificielles.

Dans les méthodes de conservation, on peut comparer le séchage avec l'utilisation du froid; les micro-organismes ne sont pas tués, seulement les conditions sont modifiées.

De nombreux facteurs interviennent au cours du séchage, déterminant sa rapidité et la qualité du produit obtenu :

- ✚ La température de l'air;
- ✚ Le débit de l'air permettant l'évacuation de la vapeur d'eau formée;
- ✚ Les caractéristiques du produit (composition, texture,...);
- ✚ Les dimensions du produit (épaisseur, etc.).

En termes quantitatifs, ce sont les céréales et autres grains et graines (légumineuses, café, cacao....) qui sont les plus concernés car leur conservation et leur stockage ne sont possibles qu'après séchage.

3.1. Aspects théoriques de séchage

En principe, on peut sécher un produit par l'application de 4 méthodes :

- ✚ Séchage à l'air courant.
- ✚ Séchage soit sur une plaque chauffante, soit en combinaison avec un vide.
- ✚ Séchage par radiation (solaire infrarouge).
- ✚ Séchage diélectrique (courant alternatif de haute fréquence).

En pratique, la plupart des séchoirs marchent à l'aide du premier système. Pour cette raison, nous traiterons des aspects théoriques les plus importants du séchage à l'air courant.

3.2. Quelques types de séchoirs

Selon leurs principes de fonctionnement, nous pouvons classer les séchoirs en plusieurs groupes. Parmi les plus utilisés, citons :

3.2.1. Séchoirs pour matériels solides

❖ Séchoirs discontinus

Parmi les séchoirs discontinus, nous traiterons des deux types suivants : la touraille et l'étuve à sécher.

La *touraille* est le type de séchoir le plus simple. Elle consiste en un fond perforé. L'air de séchage est injecté par les trous et traverse le matériel. On utilise souvent la touraille pour les matières flottantes (graines, fruits, légumes, café). On trouve surtout les tourailles dans les usines de petite capacité, qui traitent une grande variété de types de produit. Les tourailles ont des inconvénients, mais elles sont simples et peu coûteuses. Les inconvénients des tourailles sont la difficulté de garder le matériel homogène, la mauvaise répartition de la chaleur, et le bas rendement de la chaleur.

L'*étuve à sécher* est plus universelle. On l'utilise par exemple pour sécher de la viande, du poisson, des légumes, des fruits, du thé, du tabac, etc. On utilise souvent des étagères métalliques pour allonger les produits.

❖ Séchoirs continus

Nous traiterons des *séchoirs à tunnel*, à ruban, et à cylindre rotatoire, qui sont utilisés dans les usines de grande capacité. La période nécessaire au séchage varie selon les situations, de 15 minutes à quelques heures. Ensuite, nous traiterons du *séchage pneumatique*, méthode très moderne et très rapide (période de séchage de quelques minutes).

Séchoir à tunnel : Dans ce type de séchoir, le tunnel contient une série de chariots sur lesquels le produit est étendu. Les chariots sont transportés lentement de l'entrée à la sortie, où le produit termine son séchage.

Séchoir à ruban : Le produit est transporté au travers du séchoir par un ruban perforé aussi lentement que dans le séchoir à tunnel. Ici, le matériel est transporté de haut en bas, mais il existe encore un grand nombre de possibilités pour le transport du matériel, la direction de l'air à sécher, la circulation de l'air etc.

Séchoir à cylindre rotatoire : On utilise les cylindres rotatoires pour sécher des produits qui flottent facilement et qui ne collent pas. Dans le cylindre, on a construit un mécanisme qui mélange les produits de façon à ce qu'ils soient exposés de manière égale à la chaleur. Ces produits sont ensuite transportés à travers le séchoir grâce à une faible inclinaison du cylindre.

Pour le séchage des produits qui sèchent rapidement, on peut appliquer le séchage pneumatique.

Séchoir pneumatique: technique pour des poudres. On mélange la poudre (par exemple l'amidon) avec l'air à sécher à l'aide d'un désintégrateur. Ensuite, le mélange passe à travers un système tubulaire et la poudre est séchée et transportée en même temps.

3.2.2. Séchoirs pour matériels liquides

Avant de sécher ces liquides, on les concentre fortement par évaporation, parce que l'ensemble : concentration et séchage du produit concentré, est meilleur marché que le séchage du liquide dilué. Un autre avantage est la vitesse de séchage, qui est plus grande pour un concentré visqueux que pour un liquide dilué.

Séchoir à atomisation : Le produit liquide est pulvérisé dans une grande chambre avec de l'air à une température du produit ne dépassera pas 50°C. Pour assurer un séchage régulier du produit, il faut que les gouttes soient de même grosseur (vitesse égale de chute). Il est souvent difficile d'obtenir des gouttes de diamètre homogène (le diamètre souvent utilisé est de 0,05 mm). Le séchage à pulvérisation est surtout appliqué pour le

lait, mais aussi pour les œufs, les extraits de café, la farine de pomme de terre, le sang, etc. La vitesse de séchage est de l'ordre d'une 0,5 minute.

Séchoir à cylindre (rouleau) : Le produit liquide est étendu sur un rouleau qui est chauffé à l'intérieur à l'aide de vapeur. La pellicule du produit séché est enlevée du rouleau par un couteau "docteur". Comme avec le séchage à pulvérisation, la vitesse de séchage est élevée et, pour cette raison, on peut appliquer cette technique au séchage des produits sensibles à la chaleur. Le séchoir à rouleau est utilisé pour les mêmes produits que ceux cités pour le séchoir à pulvérisation. D'ailleurs, on peut l'appliquer pour des produits qui sont plus visqueux.

4. Conservation par l'addition des produits chimiques

Toutes les méthodes importantes de conservation causent des changements plus ou moins considérables dans les aliments. Afin de diminuer ces changements, qui sont souvent indésirables, on peut appliquer un traitement de conservation plus léger en combinaison avec l'addition de certains produits chimiques. L'action de ces produits chimiques consiste généralement dans la réduction de la croissance microbienne.

4.1. Classification des produits chimiques de conservation

Selon leurs modes d'action et les effets qu'ils causent dans les aliments, on peut classer les produits chimiques de conservation comme suit :

4.1.1. Produits chimiques causant un changement de goût

Dans ce groupe, on trouve les produits qu'il faut ajouter en grandes quantités afin d'obtenir une action de conservation. Du fait de ces concentrations élevées (acides 1-5%, sel, sucre, alcool 5-50%) le goût du produit est souvent tellement modifié que l'on ne peut utiliser ces produits de conservation que dans des cas spécifiques. Les produits suivants sont classés selon leurs types d'action :

A. Diminution de l'activité de l'eau (a_w)

On obtient une diminution de l' a_w par l'addition des produits suivants :

- ✚ du sel (NaCl ou KNO₃), (poisson, viande)
- ✚ des sucres (sucre de canne, glucose, etc.), (fruits)
- ✚ de l'alcool, (fruits, boissons).

B. Diminution de pH

Le principe de l'action de conservation consiste dans la réduction de la multiplication des bactéries qui causent la putréfaction. Celles-ci ne peuvent plus survivre à des valeurs de pH inférieures à 4,5. La diminution du pH s'effectue par :

✚ L'addition d'acide, surtout l'acide acétique (mise en vinaigre des olives, de la viande), mais aussi l'acide citrique, tartrique, lactique et propionique.

✚ La formation d'acide par des micro-organismes, surtout la formation de l'acide lactique dans les produits fermentés tels que les céréales fermentées, la choucroute, le babeurre, le yaourt, le fromage.

4.1.2. Produits chimiques ne causant pas un changement de goût

Dans ce groupe, on trouve les produits qui ont une action de freinage du métabolisme des micro-organismes. Les enzymes responsables du métabolisme sont bloquées. Parce que les enzymes exercent leur action à des concentrations basses, les inhibiteurs doivent aussi avoir une grande influence à de basses concentrations (0,001-0,1 %). C'est pour cette raison qu'ils ne sont pas capables de changer le goût des aliments. Cependant, beaucoup de ces substances de conservation sont nuisibles à la santé humaine.

5. Conservation à l'aide des micro-organismes

La conservation à l'aide des micro-organismes (bioconserves) est presque toujours accompagnée de changements de goût et d'arôme. Pour cette raison, cette technique n'est appliquée que pour certains produits typiques. En général, on peut classer les bioconserves comme suit :

5.1. Bioconserves à pH bas

Le pH bas est causé par la formation microbienne d'acide (le plus souvent l'acide lactique et/ou l'acide acétique). La concentration d'acide doit être assez considérable (2 - 4%). Même dans cette condition, il faut souvent ajouter une quantité de sel (NaCl) afin d'améliorer la conservation. Exemples : choucroute, cornichons, choux-fleurs, olives, vinaigre, yaourt, fromage.

5.2. Bioconserves à alcool

L'alcool est formé, avec la formation de CO₂, pendant la fermentation alcoolique des sucres. Parallèlement, pendant la fermentation des jus de fruits, se déroulent plusieurs transformations biochimiques dont les produits contribuent à la saveur et l'arôme caractéristiques du vin. La conservation du vin est assurée par l'acidité, le taux d'alcool et la présence des sucres qui sont encore fermentescibles. On peut améliorer la conservation du vin par pasteurisation, par bacto-filtration (on élimine les micro-organismes), ou par addition de produits chimiques (SO₂, acide benzoïque).

6. Conservation par la radiation ionisante

La radiation ionisante, émise par une source radioactive (exemple le Cobalt60), a une action mortelle sur les micro-organismes. Les grands avantages de l'application de la radiation sont :

- ✚ La température au cours de la stérilisation n'augmente que de 10°C.
- ✚ Les rayons ont un grand pouvoir de pénétration; ce qui implique que l'on peut traiter en une fois de grands emballages remplis d'aliments.

Depuis 1950, de nombreuses recherches scientifiques ont été faites sur le sujet de la radiation, qui prouve que le système de radiation est très souhaitable comme traitement de quelques aliments spécifiques.

6.1. Problèmes potentiels

Il y a plusieurs inconvénients liés à cette technologie :

- ✚ Accumulation des résidus radioactifs dans l'environnement;
- ✚ Changements indésirables d'odeur et de goût : la stérilisation par radiation ionisante n'est pas appropriée pour beaucoup d'aliments, parce que sous l'influence de l'énergie ionisante ont lieu des réactions de formation de radicaux et d'oxydation, qui altèrent l'odeur et la saveur des aliments;
- ✚ Perte de la valeur nutritive : les protides, les lipides et les saccharides ne sont pas détruits par la radiation. Néanmoins, l'application des rayons peut amener une destruction de quelques vitamines (par exemple la thiamine);
- ✚ Risques microbiologiques : l'application de rayons ionisants accélère la formation de mutants de micro-organismes qui sont résistants à la radiation. Cela introduit des risques sanitaires, surtout avec *Clostridium botulinum* type E, microorganisme très dangereux;
- ✚ Coûts : les coûts d'installation, de mise en marche, et de protection de l'homme contre les effets nuisibles des rayons radioactifs sont élevés.

6.2. Application

Etant donné les diverses restrictions de la stérilisation par radiation ionisante, ce procédé n'est applicable que dans certains cas comme :

Fourrage : la présence de Salmonelles dans les abattoirs est un risque pour la santé humaine. La quantité de micro-organismes du genre Salmonella, amenée par le bétail aux abattoirs, peut être diminuée par l'utilisation de fourrage débarrassé de ce micro-organisme par radiation.

Viande et volaille congelées : la seule méthode pour décontaminer la viande et la volaille sous forme fraîche est l'application de la radiation au produit congelé. Le produit reste congelé et dans certaines conditions appropriées, ce n'est pas dangereux pour la santé.

Fruits et légumes : par l'utilisation de très petites quantités d'énergie rayonnante, on peut freiner les processus de maturation des tissus végétaux. Par exemple, on peut freiner la maturation des bananes destinées à l'exportation grâce à la radiation effectuée à une dose très faible.