**Chapitre 1 : Les techniques de conservation**

La conservation est généralement définie comme une méthode utilisée pour préserver un état existant ou pour empêcher une altération susceptible d’être provoquée par des facteurs chimiques (oxydation), physiques (température, lumière) ou biologiques (microorganismes).

**A. Conservation par la chaleur**

Le traitement des aliments par la chaleur est la plus importante technique de conservation de longue durée. Il a pour objectif de détruire ou d’inhiber totalement les enzymes et les microorganismes. Le CHAUD peut tuer les micro-organismes par inactivation des enzymes, coagulation des protéines de structure (dénaturation irréversible) ou arrêt de la réplication de l’ADN.

**1. Stérilisation**

La stérilisation par la chaleur consiste à exposer les aliments à une température, généralement supérieure à 100°C, pendant une durée suffisante pour inhiber les enzymes et toute forme de microorganismes, même les bactéries sporulantes. La stérilisation de l’aliment et de son contenant peut être réalisée de deux façons : La première consiste à une stérilisation simultanée du contenant et du contenu (appertisation), alors que la deuxième consiste à une stérilisation séparée du contenant et du contenu suivie d’un conditionnement aseptique (lait UHT).

Les aliments stérilisés se conservent donc à température ambiante tant que le récipient n'a pas été ouvert et bénéficient d'une date limite d'utilisation optimale (DLUO).

**1.1. Appertisation : stérilisation simultanée du contenant et du contenu**

L’appertisation est un procédé de conservation qui consiste à stériliser par la chaleur des denrées périssables dans des contenants (boîtes métalliques, bocaux, etc.) hermétiquement fermés. L’appertisation est largement utilisée aujourd’hui pour la conservation à long terme des denrées alimentaires d’origine animale ou végétale. La durée de conservation des aliments appertisés est de plusieurs mois à quelques années.

Remarque : la stérilisation industrielle des aliments est généralement réalisée à 121-122 °C (afin de détruire les spores du *Clostridium botulinum*).

1.1.1. Aliments concernés

Ce procédé de conservation est surtout utilisé pour les viandes, les poissons (thon, saumon, crabe, crevettes, sardines, maquereaux, etc.) et les plats cuisinés (boulettes de viandes), pâtés, sauces, etc.

1.1.2. Opérations de l’appertisation :

* 1ère transformation (abattage, pêche, etc.) : la fraîcheur des produits est une nécessité, c’est pourquoi les denrées sont appertisées dans des délais très courts.
* Préparation : pour ce qui est des poissons, ils sont étêtés, éviscérés, lavés et éventuellement découpés. Quant aux viandes, les morceaux sont enlevés des grosses pièces d’animaux, dégraissés et tranchés.
* Emboitage et remplissage : l’emboîtage peut se faire manuellement ou automatiquement. La température des aliments ne doit pas être ambiante car le développement des microorganismes se fait très rapidement. C’est pourquoi cette étape se fait de préférence à froid. Le jutage est l’étape où l’on ajoute le liquide de couverture dans la boîte, c’est-à-dire du jus ou de la sauce. Ce jus permet de faciliter le transfert de chaleur lors de la stérilisation, et d’incorporer de façon homogène le sel, le sucre, les épices et les additifs. Il permet aussi de protéger le produit contre les chocs. Le jus est ajouté chaud. Les quatre principaux types de conteneurs à la chaleur stérilisable sont: les boîtes métalliques, les bocaux en verre ou des bouteilles, les poches souples, les barquettes rigides.
* Sertissage/fermeture : se fait très rapidement après le jutage, on doit fermer les boîtes en enlevant le maximum d’air (pour éviter la corrosion de l’emballage et l’oxydation de l’aliment), puis on procède au sertissage des boites qui permet d'assembler le corps (cylindrique en général avec un fond) à un couvercle (circulaires en général). Pour les bocaux de verre, cette étape se fait sous vide.
* Autoclavage/traitement thermique : c’est l’étape de la stérilisation. Le chauffage sert à la fois à cuire les aliments appertisés et à détruire les microorganismes et leurs enzymes, les enzymes naturelles et les spores des bactéries.
* Refroidissement : le refroidissement est l’étape finale. Il permet d’arrêter le traitement thermique et il doit être fait rapidement.
* Étiquetage et stockage.

1.1.3. Barèmes de stérilisation

Toutes les formes végétatives des microorganismes (levures, moisissures et bactéries qui ne font pas de spores) sont détruites ente 65 et 100 °C. Quant aux spores, elles sont détruites à 120 °C ±20 °C selon leur espèce. Les conditions minimales temps-température typiques nécessaires pour détruire *Cl. botulinum* sont de 2.4 min à 121ºC.

1.1.4. Taux de pénétration de la chaleur

La chaleur est transférée à partir de la vapeur ou de l'eau sous pression à travers le récipient dans l’aliment. Les facteurs suivants ont une influence importante sur le taux de pénétration de la chaleur dans un aliment:

• Type de produit : Dans les aliments liquides, le transfert de la chaleur est plus rapide que dans les aliments solides.

• Taille du conteneur : La pénétration de la chaleur vers le centre n’est plus rapide que dans des petits récipients.

• L'agitation du récipient : L’agitation augmente le taux de pénétration de la chaleur dans les aliments visqueux ou semi-solides.

• Type du contenant : La pénétration de la chaleur à travers le métal est plus rapide qu’à travers le verre ou les matières plastiques.

1.1.5. Contrôle des produits appertisés :

Tout au long du processus d’appertisation, les industriels contrôlent et testent les produits afin de garantir leur qualité. Les contrôles sont faits sous quatre angles principaux :

- le poids, la fermeté et le pH;

- les qualités organoleptiques : la saveur, l’aspect, l’odeur, le goût et la texture;

- les caractéristiques de composition : la teneur en matières grasses et la proportion des ingrédients;

- la stabilité microbiologique du produit : des boîtes témoins sont soumises à un vieillissement accéléré.

1.1.6. Date Limite d’Utilisation Optimale, DLUO

Cette date inscrite sur les boîtes de conserve signifie « consommer avant cette date… ». Les qualités organoleptiques sont donc garanties jusqu’à la date indiquée. Si elle est expirée, le produit est toujours consommable, mais l’aspect, le goût et la senteur du produit ne sont pas assurés. De plus, des réactions secondaires peuvent se produire après la date d’expiration. La qualité des aliments appertisés est généralement de trois ans, mais elle peut varier entre deux et cinq ans.

1.1.7. Effets de l’appertisation sur la valeur nutritive des aliments

Les aliments qui sont utilisés pour les conserves sont des produits extrêmement frais, car le délai séparant le moment d’abattage ou de pêche et celui où les denrées alimentaires sont mises en boîtes est très court. La teneur des vitamines A, D, E et K est stable, même après l’appertisation. Cependant, certaines vitamines hydrosolubles sont thermosensibles (vitamines B, C), c’est-à-dire qu’elles ne résistent pas au traitement à la chaleur, leur perte est limitée à environ 30 %. Les boîtes métalliques protègent également certaines vitamines qui sont photosensibles, comme la B2. La lumière, ne traversant pas les boîtes, ne peut attaquer cette vitamine.

Dans les viandes en conserve, une partie des protéines est coagulée, les pertes d'acides aminés sont de 10-20%. La réduction de la teneur en lysine est proportionnelle au barème de stérilisation, mais elle ne dépasse pas les 25%. La perte du tryptophane et, dans une moindre mesure, la méthionine, réduit la valeur des protéines de 6 à 9%. Les pertes de vitamines sont le plus souvent limitées à la B1 (50-75%) et de l'acide B5 (20-35%).

1.1.8. Avantages de l’appertisation

- Le traitement thermique élimine tous les microorganismes et leurs spores.

- L’emballage parfaitement hermétique protège les aliments de toute contamination ultérieure.

- La conservation des produits appertisés se fait à température ambiante.

- La durée de conservation est longue : jusqu’à trois ans.

- Le stockage est simple et sans risque, même à long terme.

1.1.9. Limites de l’appertisation

- Les toxines thermostables ne sont pas détruites lors du traitement thermique.

**1.2. Stérilisation séparée du contenant et du contenu (ex : Cas des produits UHT)**

1.2.1. Introduction :

Dans le cas de stérilisation séparée du contenant et du contenu, le produit alimentaire (le contenu) est stérilisé, par traitement thermique, avant d’être renfermé dans son contenant. Ce dernier est aussi stérilisé, soit par la chaleur, soit par d’autres procédés (par ultra-violet par ex), mais avant de contenir le produit. Ensuite, le contenu stérilisé est fermé hermétiquement dans son emballage (contenant), aussi stérilisé. L’opération de conditionnement se déroule dans une enceinte qui empêche la contamination du produit par les microorganismes de l’environnement: C’est le conditionnement aseptique. Cette technique est utilisée généralement pour la conservation des produits liquides (lait, jus, etc.) dans des emballages qui ne peuvent supporter l’appertisation comme les sachets en plastique et les cartons type Tetra-brik.

1.2.2. Principe de la stérilisation UHT

On parle de stérilisation UHT (Ultra Haute Température) lorsque la stérilisation du produit est réalisée à haute température (135°C à 150°C) pendant une courte durée (15s à 1s). Cette technique a l’avantage de préserver la qualité organoleptique et nutritionnelle du produit stérilisé. Cependant, elle ne peut être utilisée que dans le cas des produits liquides comme le lait, la crème, le yaourt, les œufs et la crème glacée.

Le principe est basé sur l’application d’une température élevée sur un aliment durant une courte période (quelques secondes) et qui conduit à une destruction des micro-organismes et de nombreuses enzymes avant d’agir sur les nutriments et les caractères sensoriels. Cependant, certaines enzymes, par exemple des protéases et des lipases qui sont élaborées par des micro-organismes psychrotrophes, sont plus résistantes à la chaleur. Elles ne sont pas détruites par des traitements UHT et peuvent provoquer des changements de la saveur des produits pendant un stockage prolongé. Les protéases et les lipases des psychrotrophes, en particulier du genre *Pseudomonas*, doivent être absentes dans le lait cru par exemple. En particulier, l'ajout d'un peu de lait qui reste pendant un certain temps doit être soigneusement évité parce que dans ce lait les psychrotrophes peuvent se multiplier.

1.2.3. Barème de stérilisation UHT

Les critères pour le traitement UHT sont donc les mêmes que pour l’appertisation: c’est à dire la réalisation de la stérilité commerciale. Les moisissures et les levures sont facilement tuées, on préoccupe seulement par les bactéries. Les conditions minimales temps-température typiques nécessaires pour détruire *Cl. botulinum* sont de 1,8 s à 141ºC. Pour la plupart des produits laitiers et des aliments peu acides, il existe des dispositions légales de traitement thermique pour certains produits UHT (lait : 135°C for 1 s, crèmes: 140°C for 2 s produits laitiers: 140°C for 2 s, glaces: 148.9 °C for 2 s).

L'intensité de stérilisation a aussi une limite supérieure, qui est atteinte lorsque la protéine de lait commence à se coaguler. La quasi-totalité du lait cru de bonne qualité est suffisamment stable pour résister aux températures utilisées de stérilisation.

1.2.4. Objectifs du traitement UHT:

• Le nombre de micro-organismes, y compris les spores, doit être réduit à moins de 10-5 par litre.

• Le lait d'origine ne contient pas d'enzymes d'origine bactérienne qui ne peuvent pas être entièrement inactivée après stérilisation.

• Les enzymes naturellement présentes dans le lait sont suffisamment inactivées.

• Les réactions chimiques pendant le stockage sont minimes.

• Les propriétés physiques (couleur, consistance, etc.) du lait ne doivent pas être altérées que légèrement pendant le traitement et le stockage.

• La saveur du lait reste acceptable.

• La valeur nutritive de lait ne baisse que légèrement.

1.2.5. Opérations du traitement UHT

Le traitement UHT est un processus continu qui se déroule dans un système fermé qui empêche le produit d'être contaminé par des micro-organismes en suspension. Il implique la production d'un produit commercialement stérile par pompage du produit à travers d’un échangeur de chaleur.

La stérilisation du produit est réalisée par un chauffage rapide en couches relativement minces dans un échangeur thermique en continu avec un contrôle précis de la température de stérilisation et du temps de maintien. Ensuite, le produit stérilisé est refroidi dans un deuxième échangeur de chaleur, ou dans une chambre à vide si le dégazage est également nécessaire. Le remplissage doit être aseptique pour éviter une recontamination du produit.

Le principe du remplissage est de mettre un produit stérile dans un récipient stérile et dans un environnement aseptique. Les machines de remplissage sont maintenus dans un état stérile par la lumière ultraviolette et de l'air filtré. L'agent de stérilisation de l’emballage est généralement le peroxyde d'hydrogène (Dose de 35% à environ 75 à 80 °C), le temps de contact est court et le peroxyde d'hydrogène résiduel est décomposé avec de l'air chaud. L'irradiation peut être utilisée pour les sacs en plastique.

Lorsque le chauffage UHT est appliqué, l'oxygène doit d'abord être éliminé du produit par des moyens de dégazage, ceci est réalisé au cours du refroidissement par évaporation du produit. Si un peu d’oxygène est présent, cette teneur va provoquer le développement d'une saveur oxydée. L’emballage du produit UHT doit être imperméable à l’oxygène; le conditionnement aseptique ainsi qu’un remplissage complet (sans laisser d’espace à l’intérieur d’emballage) devraient être visés. Le produit UHT est d'ailleurs très sensible à la lumière, de sorte qu’un emballage imperméable à la lumière doit être préféré.

1.2.6. Stockage

Les produits UHT sont généralement stockés à température ambiante et devraient être microbiologiquement stables. Les procédés UHT ne se justifient que pour de grosses quantités de lait. La conservation du lait UHT conditionné aseptiquement est en principe de 6 mois à température ambiante (20°C). Dans les régions chaudes, elle est plus limitée ; à 30°C elle ne peut guère dépasser trois mois.

1.2.7. Limites de la stérilisation UHT

Les principales inconvénients du traitement UHT sont le coût et la complexité de l'installation qui nécessite la stérilisation des matériaux d'emballage, des tuyauteries associées et aux réservoirs, le maintien de l'air et des surfaces stériles dans les machines de remplissage, et les niveaux de compétence plus élevées requises par les opérateurs et le personnel d'entretien.

1.2.9. Autres applications :

Le procédé est appliqué avec succès aux liquides, mais jusqu'à ce jour, il y avait des problèmes dans le traitement de gros morceaux d'aliments solides. *Les principales difficultés sont les suivantes:*

*• l’inactivation de l'enzyme au centre des morceaux d’aliment exige plus de temps et provoque une surcuisson à la surface.*

*• l’agitation est nécessaire d'améliorer le taux de transfert de chaleur et de faciliter la distribution de la température, mais elle risque d'endommager le produit*

*• jusqu'à présent, il y avait un manque de matériel adapté pour le traitement et le remplissage.*

1.2.10. Effets de la stérilisation UHT sur la valeur nutritive des aliments

Il y a des pertes de vitamines négligeables dans le lait UHT ; les lipides, les glucides et les minéraux ne sont pratiquement pas affectés. Les vitamines B2, B3, B5, B6, B8, ne sont pas affectés (perte de moins 10%). Des pertes d'éléments nutritifs se produisent également pendant les périodes de stockage prolongé.

**2. Pasteurisation : (exemple : Lait)**

2.1. Principe du procédé :

La pasteurisation est un traitement thermique permettant la destruction des microorganismes pathogènes et d’un grand nombre de microorganismes d'altération sous forme végétative (y compris les moisissures et les levures). Cependant, elle n'exerce pas d'effet sur les micro-organismes thermorésistants, ce qui explique que la plupart des germes sporulés résistent à l'opération et que certaines bactéries thermophiles ne sont que partiellement détruites (*Streptococcus* et *Lactobacillus* du lait par exemple). Il y a donc possibilité d'une prolifération ultérieure des micro-organismes sporulants. Mais ces micro-organismes ne croissent pas trop vite dans le lait en raison de la durée de conservation du lait pasteurisé trop courte, à l'exception de *Bacillus cereus*. Ce dernier organisme est pathogène s’il est présent en grand nombre et le lait devient impropre à la consommation en raison de son mauvais goût.

Certains enzymes surtout les enzymes élaborées par des bactéries psychrotrophes peuvent résister à la pasteurisation. Mais en règle générale, la durée de conservation du lait pasteurisé est trop courte pour arriver à la décomposition des graisses et des protéines par ces enzymes, à moins que le lait d'origine ait un nombre élevé de psychrotrophes. En outre, la pasteurisation provoque une inactivation considérable de la lipase du lait (environ 50%).

La température du traitement est généralement inférieure à 100 °C et la durée est de quelques secondes à quelques minutes. Tous les microorganismes n'étant pas éliminés par la pasteurisation, ce traitement thermique doit être suivi d'un brusque refroidissement. Les aliments pasteurisés sont alors habituellement conservés au froid (+4 °C) afin de ralentir le développement des germes encore présents. Leur durée de conservation est ainsi limitée, c’est-à-dire de courte durée.

D'un point de vue technologique, la pasteurisation est effectuée sur des produits préalablement emballés (bouteilles en verre, emballages plastiques thermostables, etc.).

2.2. Les contaminants du lait avant traitement

*Les contaminants suivants peuvent être dangereux pour le consommateur:*

*• Les microorganismes pathogènes, qui sont déjà existés dans le lait provenant de la mamelle (mammite), ou être incorporé pendant ou après la traite.*

*• substances toxiques absorbées par l’animal (avec l'alimentation par exemple) et entrant dans le lait durant sa synthèse.*

*• Les antibiotiques, utilisés pour traiter la vache (traitement des mamelles ou traitement général).*

*• Les désinfectants utilisés à la ferme ou à l'usine.*

*• Les toxines bactériennes formées pendant le transport du lait.*

*• D'autres substances toxiques qui entrent dans le lait par la contamination pendant et après la traite.*

2.3. Barème de pasteurisation

Un produit pasteurisé doit être conservé sous chaîne du froid. Les couples « temps-température » utilisés lors de ce procédé varient suivant les aliments traités : les plus utilisés sont les couples 30 min/63 °C et 20 sec/72 °C. Tous deux aboutissent, quant à leurs effets sur les micro-organismes, aux mêmes résultats mais ils seront adaptés en fonction de chaque aliment. Par exemple, lors de la pasteurisation du lait on utilise le deuxième couple car il préserve bien ses qualités organoleptiques. Le premier couple entraîne des changements plus importants de la saveur et un peu plus grande perte de vitamines.

De nos jours, la température va souvent au-delà de 72 °C sans toutefois dépasser 85 °C. Lorsque cette température est dépassée, on attaque l’intégrité chimique de certains éléments du produit, le rendant inapte à porter le qualificatif de « frais ». Les aliments seraient alors stérilisés et non plus pasteurisés.

Les aliments sont classés selon trois catégories de pH : peu acide (pH > 5,3), modérément acide (pH entre 4,5 et 5,3) et acide (pH < 4,5). Plus l’aliment est acide, plus le traitement à la chaleur sera léger. Et si l’aliment est neutre, c’est-à-dire qu’il a un pH égal à 7, le traitement thermique à appliquer devra être plus important.

2.4. Applications

Les applications de cette méthode de conservation des aliments sont très nombreuses : lait, crème, ovoproduits, filets de poissons, plats cuisinés, produits tranchés et préemballés (saucisses, charcuteries, etc.).

2.5. Conditionnement et stockage

Le conditionnement du lait pasteurisé se fait généralement dans des récipients à usage unique tels que les cartons, les bouteilles en verre ou en plastique. Un grand soin doit être pris pour assurer l'hygiène lors de l'emballage en termes de sécurité du produit, mais surtout à cause de l'effet de recontamination sur la durée de vie du produit; l'emballage aseptique serait souhaitable. La température du lait peut augmenter lors de l'emballage et sur des bandes transporteuses jusqu’à 7°C. Si les produits emballés sont entassés au stockage, une telle augmentation de température doit être évitée par un refroidissement plus profond après la pasteurisation.

Les changements dans le lait de boisson pendant le stockage :

• La décomposition par la croissance des bactéries dans le lait, comme la production d'acide, la dégradation des protéines, et l'hydrolyse des lipides.

• La décomposition par des enzymes du lait ou par des enzymes bactériennes des matières grasses et des protéines.

• Les réactions chimiques provoquant des saveurs oxydées à cause de l’effet de la lumière du soleil.

• modifications physico-chimiques tels que le crémage, la floculation, etc.

2.6. Le pasteurisateur

Il existe différents pasteurisateurs.

• Échangeur tubulaire : Il y a quelques années, l’échangeur tubulaire était le plus utilisé. Les fluides circulent dans des tuyaux concentriques. Le produit est au centre et le fluide à l'extérieur. Ce type d’échangeur a comme avantage de produire une grande vitesse. L’écoulement du produit est turbulent et permet de traiter des produits plus visqueux. Ils sont cependant assez encombrants.

• Échangeur à plaques

• Échangeur à spirale : Il existe également des échangeurs de chaleur à spirale. Ceux-ci sont constitués d’une surface d’échange en spirale.

2.7. Contrôle de l’efficacité du traitement

La phosphatase alcaline est une enzyme naturellement présente dans le lait cru. L'estimation directe du nombre d'agents pathogènes par des méthodes microbiologiques est coûteux et prend du temps, et un test simple pour l'activité de la phosphatase est donc utilisée en routine. Si l'activité de la phosphatase est détectée, on suppose que le traitement thermique soit insuffisant pour détruire les bactéries pathogènes du lait cru ou le produit pasteurisé a été contaminé.

2.8. Effet de la pasteurisation sur les denrées alimentaires

Il n'y a que des modifications mineures aux caractéristiques nutritionnelles et sensorielles de la plupart des aliments. Toutefois, la durée de conservation de produits alimentaires pasteurisés est généralement prolongée de quelques jours à quelques semaines. Minimiser la contamination de post-traitement est essentielle pour assurer une durée de vie suffisante.

La perte de matières volatiles de lait cru à cause du traitement thermique supprime un arôme de foin et donne un produit plus doux.