



**UNIVERSITE LARBI TBESSI-  
TEBESSA**



**FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET DES SCIENCES DE  
LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA  
VIE**

**ELEMENTS DE COURS DE**

**Aliments et bases de technologie alimentaire**

**Destiné aux étudiants de : 2<sup>ème</sup> Année LMD : Filières : Sciences Alimentaires**

Par : Dr. MENACEUR Fouad

Maître de Conférences-A

## Sommaire :

I. Définitions.....	1
II. Techniques de conservation des aliments.....	6
1. Définitions.....	6
2. Classification des techniques de conservation des aliments.....	6
3. Les différentes techniques de conservation.....	6
3.1. Conservation des aliments par le froid.....	7
3.2. Conservation des aliments par traitement thermique.....	8
3.3. Conservation des aliments par réduction de l'activité de l'eau (aw).....	11
3.4. Conservation des aliments par réduction du pH.....	12
3.5. Conservation des aliments par fumaison.....	14
3.6. Conservation des aliments par la maîtrise du potentiel d'oxydo-réduction.....	14
3.7. Conservation des aliments par radiations ionisantes.....	17
3.8. Conservation des aliments par champ électrique :.....	18
3.9. Conservation des aliments par voie chimique.....	19
3.10. Conservation des aliments par champ électrique :.....	20

## **I. Définitions :**

- **Aliment:**

Toute substance ou produit, transformé, partiellement transformé ou non transformé, destiné à être ingéré ou raisonnablement susceptible d'être ingéré par l'être humain.

Ce terme recouvre les boissons, les gommes à mâcher et toute substance, y compris l'eau, intégrée intentionnellement dans les denrées alimentaires au cours de leur fabrication, de leur préparation ou de leur traitement.

- **Technologie alimentaire:**

Ensemble des techniques et méthodes utilisées pour faire transformer une matière première vers un produit alimentaire consommable.

- **Matière première alimentaire :**

C'est le produit alimentaire sans aucune modification ou transformation, et qui peut être d'origine :

Animale : Viande, lait, œufs...

Végétale : Fruits et légumes, blé...

Minérale : Eau, Sel....

Microbienne : Levure....

- **Qualité de matière première :**

Avant transformation, la matière première alimentaire doit avoir une certaine qualité pour être acceptée dans la chaîne de technologie alimentaire :

- **Propriétés organoleptique** : Goût, odeur, couleur, texture....
- **Propriétés microbiologique** : la matière première ne doit pas contenir des micro-organismes pathogènes, au même temps elle ne doit pas contenir des micro-organismes non pathogènes au nombre élevé.
- **Propriétés physico-chimiques** : la matière première doit contenir certains nutriment en quantité suffisante (exemple : sucre dans le fruit, lipides dans le lait.....)

- **Produit animal fini** :

C'est le résultat de transformation d'une matière première vers un produit alimentaire prêt à être consommé par l'homme et qui se trouve emballé et conservé.

- **Procédé de fabrication:**

Succession d'opérations (traitements) appliqués à une ou plusieurs matières (premières) pour l'obtention d'un ou plusieurs produits (finis).

- **Diagramme de fabrication:**

Représentation schématique du procédé de fabrication indiquant, le plus précisément possible:

- **Chaîne de fabrication:**

Succession des machines et des équipements nécessaires à la réalisation des étapes successives d'un procédé de fabrication

Une chaîne de fabrication peut être automatique, semi-automatique ou manuelle

- **Exemples:**

- Chaîne de fabrication du lait pasteurisé à partir du lait de la vache
- Chaîne de chaîne de fabrication de chocolat à partir du cacao.

- **Type d'industries alimentaires :**
  - **Industrie laitière :** A partir du lait, fabrication de :
    - 1- Lait pasteurisé (en sachets)
    - 2- Lait stérilisé
    - 3- Yaourt
    - 4- Fromage
    - 5- Beurre
    - 6- Crème
  - **Industrie de matière grasse :** A partir des graines oléagineuses, fabrication de
    - 1- Huile végétale
    - 2- Margarine
    - 3- S'men
    - 4- Mayonnaise
  - **Industrie de boissons :** A partir de l'eau et des fruits et légumes Fabrication de :
    - 1- Eaux minérales
    - 2- Jus
    - 3- Boissons gazeuses
  - **Industrie sucrière :** A partir de la canne à sucre et betterave sucrière, fabrication de :
    - 1- Sucre alimentaire
  - **Industrie céréalière :** A partir du blé dur et blé tendre, fabrication de :
    - 1- Semoule
    - 2- Farine
    - 3- Gâteau

- 4- Pâtes alimentaires
- 5- Viennoiserie (croissant et petits-pains)
- **Industrie de viandes et poissons:** A partir du des viandes et poissons, fabrication de :
  - 1- Viande hachée
  - 2- Merguez
  - 3- Cacher

## **II. Techniques de conservation des aliments :**

### **1- Définition :**

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).

La vitesse d'altération dépend des caractéristiques « intrinsèques » liées à l'aliment et aux conditions « extrinsèques » qui sont liées à l'environnement.

Les conditions intrinsèques et extrinsèques constituent des barrières (ou des obstacles) au développement des microorganismes ou aux mécanismes d'altération non microbienne. Les techniques de conservation des aliments reposent sur l'exploitation de ce principe des barrières pour préserver la qualité et la sécurité des denrées alimentaires.

### **2- Classification Des Techniques De Conservation Des Aliments**

Elles peuvent être classées en trois groupes : physique, physico-chimique ou microbiologique.

a- Le premier groupe de ces techniques fait appel à des procédés physiques comme la température, la pression, l'irradiation ionisante et le champ électrique.

b- Le deuxième groupe se base sur la modification des caractéristiques intrinsèque de l'aliment comme le pH, l'activité de l'eau ou l'incorporation d'additifs dans l'aliment en vue de sa conservation.

c- Le dernier groupe repose sur l'utilisation des microorganismes pour la modification des caractéristiques physico-chimiques de l'aliment ; la technique la plus connue est la fermentation.

La combinaison de plusieurs techniques de conservation peut être également envisagée afin d'augmenter la durée de vie d'un aliment sans provoquer une modification significative de ses caractéristiques sensorielles et nutritives.

### **3- Les différentes techniques de conservation**

#### **3.1. Conservation des aliments par le froid**

L'utilisation du froid pour la conservation des aliments est sans conteste 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. Les enzymes et les réactions chimiques sont considérablement ralenties à des températures basses ( $<5^{\circ}\text{C}$ ), alors que la majorité des microorganismes ne sont plus capables d'activité métabolique à des températures inférieures à  $-5^{\circ}\text{C}$ . Certains, tels que les bactéries coliformes, sont même inactivés.

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

##### **a. La réfrigération**

La réfrigération consiste à entreposer les aliments à une température basse, proche du point de congélation, mais toujours positive par rapport à celui-ci. Généralement, la température de réfrigération se situe aux alentours de  $0^{\circ}\text{C}$ . A ces températures, la vitesse de développement des microorganismes contenus dans les aliments est ralentie.

La réfrigération est utilisée pour la conservation des aliments périssables à court et moyen terme. La durée de conservation va de quelques jours à plusieurs semaines suivant le produit, la température, l'humidité relative et le type de conditionnement.

Des règles fondamentales doivent être respectées dans l'application du froid : la réfrigération doit être faite le plus tôt possible après collecte, elle doit s'appliquer à des aliments initialement sains et être continue tout au long de la filière de distribution.

## **b. La congélation**

La congélation consiste à entreposer les aliments à des températures inférieures au point de congélation, généralement  $-18^{\circ}\text{C}$ . Elle est utilisée pour la conservation des aliments à long terme (4 à 24 mois).

Pendant la congélation, l'activité métabolique de la plupart des germes pathogènes et d'altération est inhibée. Cependant, les réactions d'altération chimique ne sont pas arrêtées complètement. Les plus importantes de ces réactions sont l'oxydation enzymatique des lipides, l'hydrolyse des glucides et la lipolyse. Pour en remédier, les industriels procèdent généralement à un blanchiment des produits (cas des légumes surgelées) avant leur congélation.

## **3.2. Conservation des aliments par traitement thermique**

Selon l'objectif recherché, on distingue plusieurs techniques de conservation des aliments par traitement thermique comme la stérilisation, la pasteurisation, la thermisation, la cuisson et le blanchiment.

### **a- Stérilisation par traitement thermique**

La stérilisation par la chaleur consiste à exposer les aliments à une température, généralement supérieure à  $100^{\circ}\text{C}$ , pendant une durée suffisante pour inhiber les enzymes et toute forme de microorganismes, même les bactéries sporulantes.

La stérilisation d'un aliment ne suffit pas, à elle seule, pour sa conservation à long terme.

Une contamination ultérieure de l'aliment par les microorganismes environnementaux pourrait survenir. Pour en remédier, on procède à la stérilisation du contenant (récipient) et du contenu (le produit alimentaire) ; le récipient doit être étanche (imperméable) à l'eau et aux microorganismes pour ne pas avoir une recontamination ultérieure à la stérilisation.

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.

**- 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. Sa découverte remonte aux années 1790. **Nicolas Appert** était le premier qui a mis au point ce procédé de stérilisation par la chaleur dans un récipient hermétiquement clos.

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.

**- Stérilisation séparée du contenant et du contenu**

Dans ce cas, 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.

Lorsque la stérilisation du produit est réalisée à haute température (135°C à 150°C) pendant une courte durée (15s à 1s), on parle de stérilisation UHT (Ultra Haute Température).

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.

### **b- Pasteurisation par traitement thermique**

La pasteurisation est un traitement thermique modéré et suffisant permettant la destruction des microorganismes pathogènes et d'un grand nombre de microorganismes d'altération.

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.

En dehors de la réfrigération, d'autres moyens de conservation peuvent être utilisés parallèlement pour contrer le développement des microorganismes survivants, comme l'ajout d'agents chimiques de conservation, la réduction de l'activité de l'eau ( $a_w$ ), l'acidification, etc.

### **c- Thermisation**

La thermisation est un traitement thermique appliqué au lait cru. Ce dernier devra être porté à une température d'au moins 63°C pendant 16 secondes.

La thermisation est une forme amoindrie de pasteurisation. Son objectif principal est la destruction des bactéries pathogènes qui pourraient se trouver dans le lait, sans modifier

autant ses caractéristiques technologiques. Cependant, ce traitement peut entraîner une diminution de la charge microbienne banale du lait (bactéries lactiques, bactéries d'affinage...).

#### **d- Blanchiment**

Le blanchiment est un traitement thermique de quelques minutes à 70 °C à 100 °C destiné à détruire les enzymes susceptibles d'altérer les légumes ou les fruits avant leur traitement ultérieur (surgélation, séchage, etc.). En réalité la destruction des enzymes n'est qu'un objectif parmi bien d'autres et le rôle du blanchiment qui constitue un prétraitement avant séchage, lyophilisation, appertisation ou surgélation, est multiple.

#### **e- Cuisson**

La cuisson est un traitement thermique des aliments afin de les rendre consommables. Son objectif principal est donc le développement des caractéristiques organoleptiques du produit : Amélioration du goût, de l'odeur, du couleur et de la texture. Selon les barèmes appliqués, la cuisson peut être associée à une réduction substantielle, voir même une élimination, de la charge microbienne présent sur le produit. Les produits cuits peuvent être conservés au réfrigérateur pendant quelques jours, et au congélateur pendant quelques semaines.

Il existe cinq modes de cuisson de base : Les aliments peuvent être plongés dans un liquide tel que de l'eau, du bouillon (parfumé ou non) ou du vin (pochage, cuisson au bouillon ou à l'étouffée), immergés dans des graisses animales ou de l'huile (friture), exposés à la vapeur (cuisson à la vapeur et, dans une certaine mesure, braisage) ou à la chaleur sèche (rôtissage, cuisson au four, cuisson au gril) ou bien encore poêlés dans de petites quantités de graisses chaudes (sautés).

### **3.3. Conservation des aliments par réduction de l'activité de l'eau (aw)**

On peut réduire l'activité de l'eau d'un aliment par deux méthodes différentes. La 1ère directe par déshydratation et La 2ème indirecte par ajout d'agents dépresseurs)

#### **- Réduction de l'aw par déshydratation**

La déshydratation des aliments est réalisée par différentes techniques comme le séchage, l'évaporation ou la lyophilisation. Elle permet de diminuer l'activité de l'eau d'un aliment à des valeurs proches de 0. Cependant, c'est une technique coûteuse de point de vue investissement matériel et de point de vue consommation énergétique.

#### **- Réduction de l'aw par ajout d'agents dépresseurs**

Les agents dépresseurs de l'activité de l'eau n'appartiennent à aucune famille chimique particulière. L'activité de l'eau dépend de la nature et de la quantité des substances en solution dans la phase aqueuse de la denrée alimentaire (ou de la solution).

Les dépresseurs de l'aw les plus utilisés en industrie agroalimentaire sont les sels, notamment le NaCl, et les glucides, notamment les mono- et disaccharides.

#### **a- Salage :**

La conservation par le sel ou salage consiste à soumettre une denrée alimentaire à l'action du sel soit en le répandant directement à la surface de l'aliment (salage à sec) soit en immergeant le produit dans une solution d'eau salée (saumurage). En diminuant l'activité de l'eau du produit, ce procédé permet de freiner ou de bloquer le développement microbien. Cette technique est essentiellement utilisée en fromagerie, en charcuterie et pour la conservation de certaines espèces de poissons (harengs, saumon, ...). Elle est parfois associée au fumage.

## **b- Sucrage :**

Le sucrage ou l'ajout de sucre, notamment le saccharose, est une technique qui est aussi largement utilisée en IAA (Industries AgroAlimentaires).

Le sucre est généralement utilisé comme ingrédients pour l'amélioration du goût, la couleur et/ou la texture de certains produits alimentaires comme les boissons, les sauces (Ketchup) et plusieurs autres préparations. Dans d'autres produits alimentaires, comme le caramel et les sirops de glucose, le sucre est la matière première principale utilisée pour leur préparation.

L'ajout de sucre à des proportions assez suffisantes améliore la conservabilité des denrées alimentaires et ce grâce à son effet dépressur de l'aw.

La conservabilité de certains aliments comme les bonbons et les sirops de glucose est due principalement à la présence de sucres.

## **- Autres agents dépressur :**

Outre les sels et glucides, on peut avoir recours à d'autres produits comme les protéines et leurs dérivés pour abaisser l'aw d'un aliment quoique leur effet dépressur soit limité. En plus le prix de ces produits est relativement élevé. Leur utilisation est dès lors plus souvent envisagée pour améliorer la valeur nutritionnelle d'une denrée ou pour renforcer le goût de celle-ci.

## **3.4. Conservation des aliments par réduction du pH**

On divise les produits alimentaires en deux catégories : Les produits faiblement acides et les produits acides.

**- Les produits alimentaires faiblement acides** dont le  $\text{pH} \geq 4,5$  sont considérés moins

stables. Leur stabilisation par la chaleur nécessite un traitement thermique de stérilisation pour les débarrasser de tous les germes pathogènes et d'altération, y compris les spores bactériennes.

- **Les produits alimentaires acides**, dont le  $\text{pH} < 4,5$  sont considérés relativement stables.

Leur stabilisation par la chaleur nécessite un traitement moins sévère, comme la pasteurisation, pour éliminer les levures, les moisissures et quelques bactéries acidophiles, dont aucune espèce n'est sporulante.

La réduction du pH des produits alimentaires peut être réalisée par deux méthodes :

#### **a- Acidification**

L'acidification consiste à l'ajout d'un acide organique (comme l'acide acétique) ou un ingrédient acide (comme le citron) à un aliment qui est initialement peu acide. L'acide ou l'ingrédient acide doivent être ajoutés dans des proportions bien déterminées pour que le pH du produit fini soit inférieur à 4,5.

#### **b- Fermentation**

La fermentation peut être définie comme l'utilisation contrôlée de microorganismes sélectionnés dans le but de préserver les aliments par production d'acides ou d'alcool, et de modifier leurs caractéristiques organoleptiques. L'amélioration de la conservabilité des aliments fermentés repose sur l'effet du pH ou d'un acide organique (pour la fermentation lactique) ou sur l'effet de l'alcool (pour la fermentation alcoolique) sur les microorganismes.

### **3.5. Conservation des aliments par fumaison**

A côté de la salaison et du séchage, le fumage (ou fumaison) appartient au groupe des trois procédés les plus anciens de conservation des denrées alimentaires. Il consiste à soumettre une denrée alimentaire à l'action des composés gazeux qui se dégagent lors de la combustion de certains végétaux.

Le fumage joue plusieurs rôles : aromatisation, coloration, modification de la texture et préservation du produit par effet antimicrobien. Il s'applique principalement aux produits carnés pour lesquels le séchage suivi du fumage permet de conserver les viandes et poissons grâce à l'action combinée de la déshydratation et des antiseptiques contenus dans la fumée.

La fumaison peut se faire à froid (12-25°C) ou à chaud (50-85°C).

Lorsqu'elle est réalisée à chaud, elle est associée à une dénaturation des protéines et une destruction des microorganismes.

### **3.6. Conservation des aliments par la maîtrise du potentiel d'oxydo-réduction.**

Le potentiel d'oxydoréduction (Eh) mesure la facilité avec laquelle un milieu perd ou gagne des électrons. Un milieu est oxydant quand il capte des électrons (son Eh est positif) ; et il est réducteur quand il perd des électrons (son Eh est négatif).

L'effet oxydant d'un milieu est dû essentiellement à la présence de l'oxygène atmosphérique, soit en surface (viandes) ou dans la masse (végétaux : grâce aux parenchymes lacuneux et aux stomates).

Le potentiel d'oxydoréduction affecte la vitesse des réactions d'altération et le développement des microorganismes.

Le potentiel d'oxydoréduction d'un aliment dépend de ses caractéristiques physicochimiques, de la présence ou non d'un emballage, de la pression partielle d'oxygène et de l'ambiance du stockage.

### **Maîtrise du potentiel d'oxydoréduction**

Outre l'oxygène, d'autres gaz de l'atmosphère de stockage (vapeur d'eau, azote, CO<sub>2</sub>) peuvent modifier le potentiel d'oxydoréduction d'un aliment.

Le CO<sub>2</sub>, utilisé pour le conditionnement des atmosphères (conservation des pommes, poires, céréales, etc.), possède en plus une action bactériostatique : sous pression élevée, il améliore la conservation des boissons gazeuses. Quant à l'azote, il est généralement considéré comme un gaz inerte.

Pour la maîtrise du potentiel d'oxydoréduction d'un produit, on a affaire à maîtriser l'environnement gazeux qui l'entoure. Pour ce fait, plusieurs techniques sont utilisées dont les plus importantes sont : Le conditionnement sous vide, le conditionnement sous atmosphère modifié et le conditionnement sous atmosphère contrôlé.

#### **- Conditionnement sous vide :**

Il consiste à un conditionnement associé à une évacuation des gaz et donc à une suppression d'oxygène de l'environnement du produit. Il permet donc de supprimer les effets néfastes dus à la présence de l'oxygène.

#### **- Conditionnement sous atmosphère modifié**

A la différence du conditionnement sous vide, le conditionnement sous atmosphère modifiée, encore appelé conditionnement sous atmosphère protectrice, consiste à modifier l'environnement gazeux du produit par une réinjection de gaz comme le CO<sub>2</sub> et l'azote.

Cette technique améliore nettement la conservabilité des denrées alimentaires. Cependant, les

produits ainsi conditionnés ne peuvent être considérés comme microbiologiquement stables, cette technique doit bien évidemment être associée à une conservation sous régime froid ou combinée avec une autre barrière pour contrer le développement des microorganismes.

Aujourd'hui cette technique est appliquée à un grand nombre de denrées alimentaires telles que les viandes fraîches ou transformées, la volaille, le poisson, les crustacés, les produits laitiers, les légumes, les fruits, les pâtes fraîches, les pâtisseries, les biscuits, les snacks, le café, le thé, etc. Pour certains produits, les pâtes fraîches par exemple, le conditionnement sous atmosphère modifiée représente la quasi-totalité du marché.

#### **- Stockage sous atmosphère contrôlée :**

Dans le cas du stockage des produits végétaux frais comme les pommes et les poires, on ne peut pas se contenter de modifier l'atmosphère entourant le produit une seule fois pour toute.

En effet, l'activité de respiration et de transpiration des cellules entraîne une modification continue de l'environnement gazeux. Il faut donc intervenir régulièrement pour maintenir l'atmosphère gazeuse dans les proportions désirées : C'est le stockage sous atmosphère contrôlée.

Le stockage sous atmosphère contrôlée est utilisé pour la conservation et, aussi, pour la maîtrise de la maturation des fruits en vrac. En effet, il s'avère intéressant, non seulement de conserver longtemps les fruits, mais aussi de maîtriser au mieux leur maturation : la ralentir quand la demande est faible ou les stocks importants, l'accélérer quand la demande est élevée.

### 3.7. Conservation des aliments par radiations ionisantes

Les radiations ionisantes sont appliquées aux aliments dont le but d'améliorer leur conservabilité. Les aliments ayant subi un traitement aux radiations ionisantes sont dites « irradiés ». Ils ne sont nullement « radioactifs ».

L'irradiation des denrées alimentaires peut être réalisée par trois types de rayonnements ionisants :

**1. Rayons X:** Ils sont produits par des appareils fonctionnant à un niveau d'énergie égal ou inférieur à 5 MeV.

**2. Electrons accélérés :** Ils sont obtenus par des systèmes fonctionnant à un niveau d'énergie égal ou inférieur à 10 MeV.

**3. Rayons  $\gamma$ :** Ils sont obtenus par des isotopes radioactifs (radionucléides) ; il s'agit soit du cobalt 60, soit du césium 137.

Un jargon interne à ce type de traitement classe l'irradiation en trois catégories, suivant la dose appliquée :

**1. La radappertisation (20 à 50 kGy) :** Détruit la totalité des microorganismes. On parle aussi de « radiostérilisation ».

**2. La radicisation (10 kGy ou moins) :** Détruit la totalité des germes pathogènes non sporulés. On parle aussi de « radiopasteurisation ».

**3. La radurisation (5 kGy ou moins) :** Réduit la charge microbienne sans altérer le produit.

La norme générale Codex pour les denrées alimentaires irradiées (CODEX STAN 106-1983, REV. 1-2003) précise que la dose maximale absorbée pour une denrée alimentaire ne doit pas être supérieure à 10 kGy, sauf si cela est nécessaire pour obtenir un résultat technologique légitime.

L'effet des radiations ionisantes sur les microorganismes est dû surtout à des modifications chimiques de l'ADN et l'ARN qui entraînent une inhibition de la croissance, voir la mort des cellules. En dehors de ces effets directs des radiations ionisantes, viennent s'ajouter les effets indirects liés à la présence des produits de radiolyse comme l'eau oxygénée.

#### **- Effet indésirables de l'irradiation des aliments**

L'irradiation est une technique de conservation autorisée pour certaines denrées alimentaires.

Elle est efficace et permet de remplacer des conservateurs chimiques dangereux pour la santé.

Cependant, son utilisation doit être optimisée de telles sortes à profiter pleinement de ses avantages sans que le consommateur soit victime de ses effets indésirables, on peut citer :

- La destruction d'une grande partie des vitamines et des nutriments présents dans les aliments.

- L'irradiation bloque les processus de dégradation microbiens et enzymatiques des aliments.

- L'irradiation des aliments conduit à la formation des radicaux libres, produits très réactifs, qui réagissent en formant des produits de radiolyse mal connues, provoquant parfois l'altération des caractéristiques organoleptiques de l'aliment.

- L'irradiation des aliments fait appel aux technologies de nucléaire ce qui pose toutes les questions environnementales relatives au recours à ces technologies.

### **3.8. Conservation des aliments par champ électrique :**

Le traitement par champ électrique implique le passage d'un voltage très élevé dans l'aliment placé entre deux électrodes. Le champ électrique est normalement appliqué à température ambiante ou réfrigérée pendant moins d'une seconde. L'inactivation des bactéries qu'il produit peut être expliquée par des modifications structurelles des membranes et par l'apparition de pores.

Au cours de ce traitement, il n'y a pas ou peu d'échauffement de l'aliment ; son aspect, ses caractéristiques physico-chimiques et nutritionnelles sont maintenues intactes.

Ce traitement peut s'envisager pour des aliments liquides : jus d'orange, jus de pomme, lait, etc.

### **3.9. Conservation des aliments par voie chimique**

Les additifs des aliments sont classés en deux catégories principales : Les conservateurs et les antioxydants.

#### **a- Conservateurs**

Les conservateurs sont des substances qui limitent, ralentissent ou stoppent la croissance des microorganismes (bactéries, levures, moisissures) présents ou entrant dans l'aliment et préviennent donc l'altération des produits ou les intoxications alimentaires. Ils sont employés entre autres dans les aliments cuits, le vin, le fromage, les jus de fruits et les margarines.

Le nombre E des conservateurs autorisés actuellement au niveau de l'union européenne va de E200 à E297.

#### **b- Antioxydants**

Les antioxydants sont des molécules qui aident à protéger les aliments contre les réactions d'oxydation qui accélèrent le vieillissement. Il peut s'agir d'altérations dues à l'oxygène de l'air, à la lumière, aux traces de métaux ou à certaines enzymes.

Les antioxydants artificiels sont tout aussi utilisés que les antioxydants « naturels » et ceux « identiques aux naturels ». Les principaux appartiennent au groupe des gallates (E 310-312).

Les gallates sont ajoutés principalement aux huiles végétales et à la margarine pour les empêcher de rancir et pour préserver leur goût.

### **3.10. Conservation des aliments par combinaison de plusieurs techniques**

Actuellement, l'augmentation de la durée de la conservation d'une denrée alimentaire est souvent obtenue par la combinaison de plusieurs techniques de conservation qui, prises séparément, ne produisent pas un effet suffisant pour empêcher le développement des microorganismes ou l'action d'enzymes. Cet effet de synergie peut être objectivé et exploité dans certaines techniques de fabrication ou de conservation des aliments.

Comme exemples de combinaison de plusieurs techniques de conservation, on peut citer : La combinaison pasteurisation-réfrigération, salage-séchage, séchage-fumage, salage-fumage, atmosphère modifiée- réfrigération, etc.