



La conservation des aliments

Objectifs du programme

Effet du dioxygène de l'air et de la lumière sur certains aliments.

Rôle de la lumière et de la température dans l'oxydation des produits naturels.

Conservation des aliments par procédé physique et par procédé chimique.

Mettre en œuvre un protocole pour mettre en évidence l'oxydation des aliments.

Distinguer une transformation physique d'une réaction chimique.

Associer un changement d'état à un processus de conservation.

Extraire et organiser des informations pour :

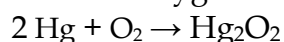
- rendre compte de l'évolution des modes de conservation des aliments ;
- analyser la formulation d'un produit alimentaire.

1 - L'oxydation des aliments

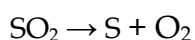
1.1 - Qu'est-ce que l'oxydation ?

Suite à des expériences avec le mercure, Lavoisier met en évidence en 1772 le rôle du dioxygène dans certaines réactions d'oxydo-réduction. Il pose les premières définitions :

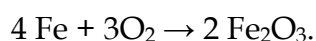
- L'oxydation signifie « combinaison avec l'oxygène ». Par exemple :



- Une réduction est « l'extraction d'un métal de son oxyde », définition déjà utilisée en métallurgie. Par exemple :



Dans le langage courant, l'oxydation est la réaction chimique dans laquelle un composé se combine avec un ou plusieurs atomes d'oxygène. Comme l'oxydation du fer qui produit la rouille :



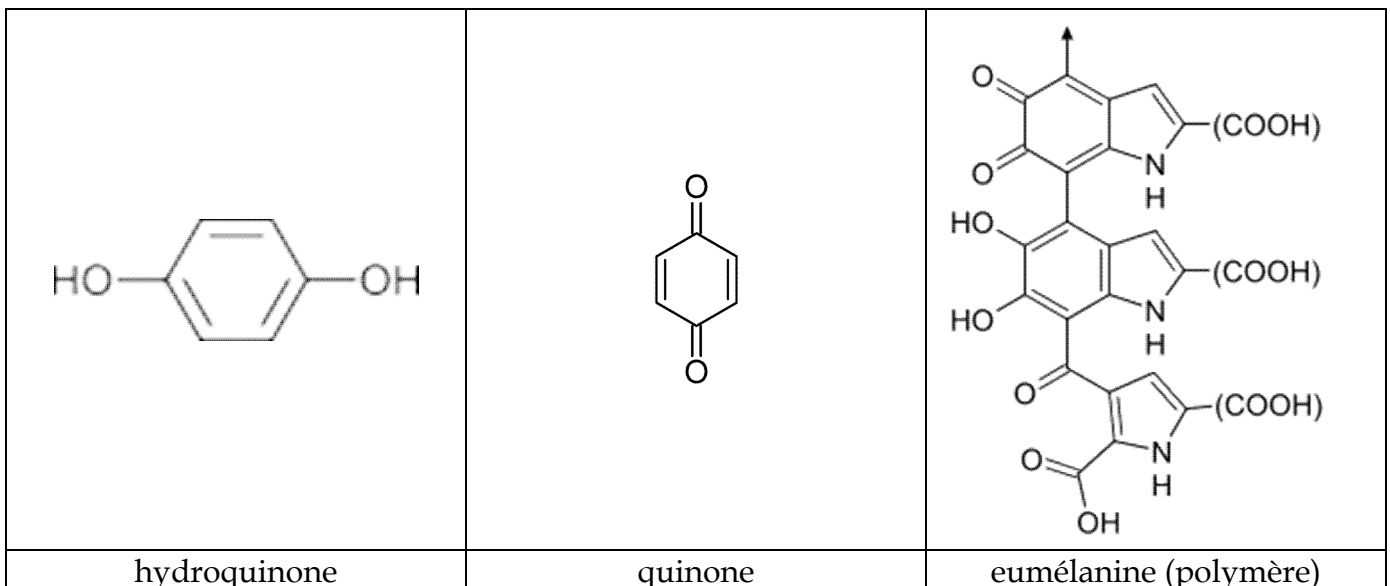
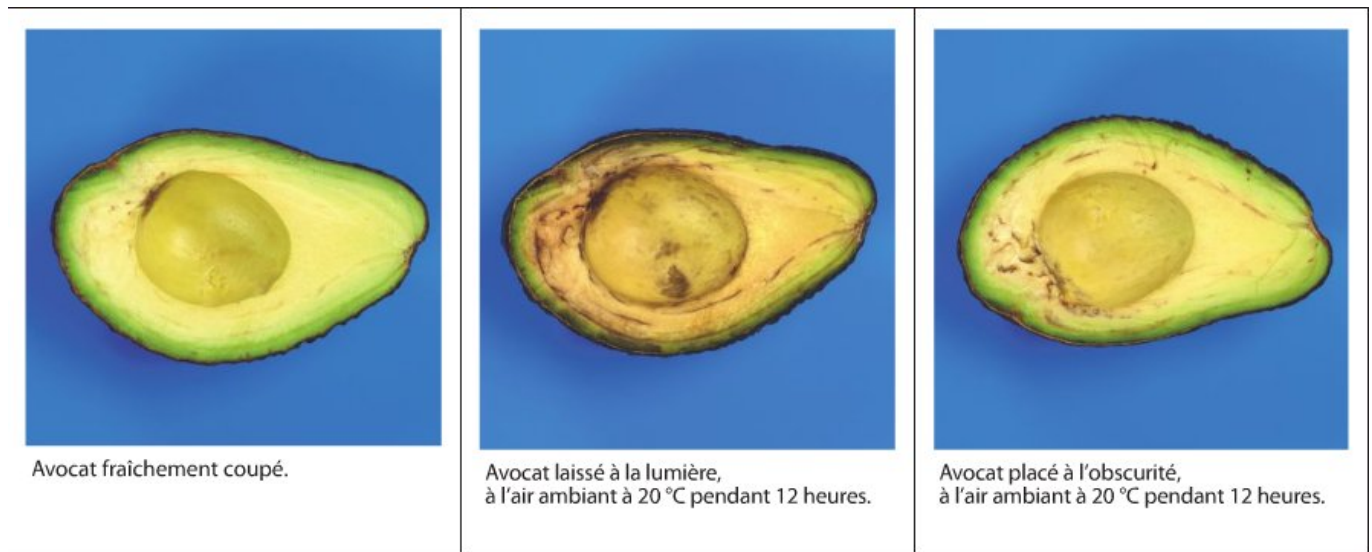
Ce n'est qu'au XX^e siècle, après la découverte de l'électron (J.J. Thomson, 1897) et l'introduction du modèle atomique de Bohr (1913) que les réactions chimiques ont été réexaminées à la lumière de ces nouveaux modèles et que des similitudes observées permirent de dégager progressivement le concept actuel d'oxydo-réduction qui s'exprime en termes de transferts d'électrons.

1.2 - Exemple de l'oxydation des fruits et légumes

Le temps des légumes est revenu : leur couleur tendre est gage de leur fraîcheur. Hélas ! A peine émincés, avocats, salsifis ou champignons noircissent. Le brunissement des végétaux est dû à une modification des molécules de polyphénol des fruits et légumes. En présence d'oxygène, ces molécules se transforment en molécules de quinone, puis en molécules de pigments bruns de la même famille que la mélanine. Les fruits et légumes oxydés prennent une texture désagréable et deviennent indigestes.

[...] Divers traitements physiques évitent le brunissement des fruits et légumes qui sont émincés, ce qui est fréquemment leur lot en cuisine : la congélation (à -18°C) ou la réfrigération (entre 0°C et 6°C) ralentissent l'oxydation mais ne la bloquent pas ; la pasteurisation (entre 65°C et un peu moins de 100°C) est plus radicale car elle stoppe l'oxydation, mais elle ne s'applique pas à tous les fruits et légumes car elle dégrade souvent la texture ou la couleur des végétaux.

Hervé This, *Casseroles et éprouvettes*, éd. Pour la Science, Belin, 2002.



1.3 – Exemple de l'oxydation des lipides

Le beurre et les aliments qui contiennent des graisses s'altèrent en raison d'une réaction en chaîne : l'oxydation des acides gras insaturés (c'est-à-dire comportant des doubles liaisons carbone-carbone) des lipides.

Les corps gras alimentaires subiront de nombreuses modifications,

- organoleptiques : rancissement (apparition de composés volatils à odeur désagréable), acidification, modification de la couleur
- nutritionnelles : disparition des vitamines A, C ou E et oxydation de certains acides aminés

Enfin, des composés toxiques vont s'accumuler dans les aliments ; la dangerosité de ces composés est aujourd'hui encore débattue.



Les principaux facteurs déterminant la durée de vie des lipides sont les réactions d'oxydation. Les substrats de ces réactions sont principalement les acides insaturés ; ils s'oxydent en général plus vite quand ils sont libres et très insaturés. Les acides gras saturés ne s'oxydent qu'à une température supérieure à 60 °C , tandis que les acides polyinsaturés s'oxydent même lorsque les aliments sont congelés et en contact avec l'air.

L'oxydation des lipides se décompose en trois temps : initiation (formation de radicaux), propagation (combinaison des radicaux) et terminaison (formation de molécules par association des radicaux libres). L'oxydation radicalaire est généralement accélérée par la lumière (phase d'initiation) et plus particulièrement sa composante la plus énergétique (UV).

1.4 – Les antioxydants

L'acide citrique, l'acide ascorbique (vitamine C), la vitamine E, ... présent dans les fruits et dans certaines corps gras (huile d'olives) permettent de mieux conserver des aliments : ce sont des antioxydants.

Les antioxydants ou antioxygènes capturent les radicaux et le dioxygène pour empêcher les réactions qui détériorent l'aliment.

Pour conserver un aliment, il faut limiter les réactions d'oxydations en utilisant :

- Un emballage opaque pour éviter l'action de la lumière.
- Un emballage sous vide pour éviter l'action du dioxygène.
- Un endroit de stockage frais pour diminuer les effets de la température.
- Des agents antioxydants qui capturent les radicaux et le dioxygène.

Les antioxydants ou antioxygènes peuvent être présent dans un aliment ou ajoutés lors de leur fabrication. Ils sont nommés dans l'industrie avec un code compris entre E300 et E 321.

2 – Les techniques de conservation

2.1 – Principales évolutions

La **conservation des aliments** comprend un ensemble de procédés de traitement dont le but est de conserver les propriétés gustatives et nutritives et les caractéristiques de texture et de couleur des denrées alimentaires, ainsi que leur comestibilité, et d'éviter d'éventuelles intoxications alimentaires.

La conservation implique habituellement de retarder l'oxydation des graisses qui provoque le rancissement ou auto-oxydation et l'autolyse par les propres enzymes des cellules de l'aliment, d'empêcher le développement des bactéries, champignons et autres micro-organismes, et de lutter contre les ravageurs animaux, notamment les insectes et les rongeurs.



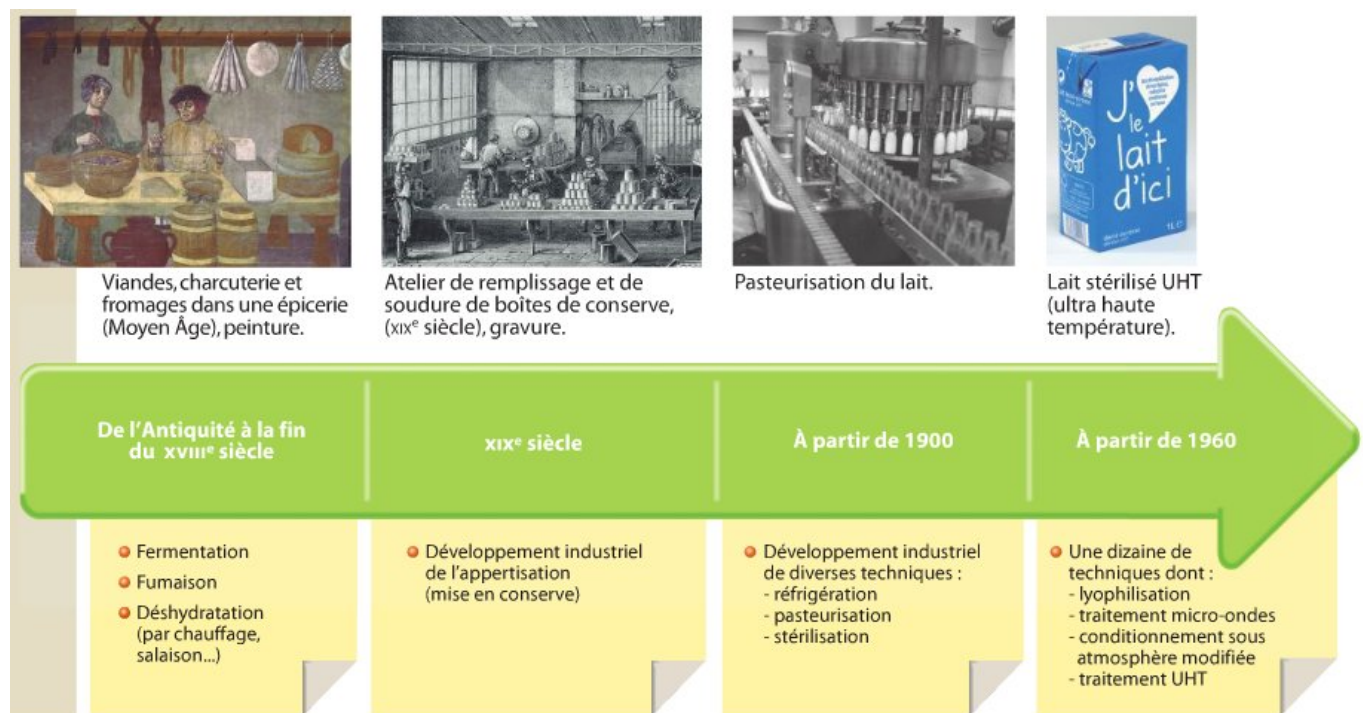
La conservation des denrées alimentaires concerne donc tous les facteurs biotiques (micro-organismes, animaux, germination végétale...etc.) et abiotiques (lumière, oxygène, chaleur, irradiation, UV...et) qui peuvent détériorer la qualité de la denrée stockée.

À l'origine de ces techniques, l'objectif était de pouvoir stocker des aliments en période d'abondance et de pléthore, afin d'éviter d'avoir à faire face à la disette ou la famine durant des périodes moins fastes (fin d'hiver, année à faible production...).

Les fruits secs, par exemple les noix et les noisettes, ainsi que les graines peuvent être entreposés dans un endroit sec et frais (une grange, un grenier...), sans subir de dommages, et être ainsi conservés environ un an, voire beaucoup plus (à condition d'être protégés des ravageurs, rongeurs, insectes, oiseaux, etc.). Certains fruits charnus, tels les pommes, peuvent se conserver plusieurs mois dans un fruitier.

Le développement industriel s'est accompagné du développement du transport des aliments entre régions productrices et consommatrices, réduisant dans certains cas la nécessité de la conservation.

Certaines denrées alimentaires ne nécessitent donc pas de technique de conservation et se conservent d'elles-mêmes alors que d'autres se dégradent très rapidement.



2.2 – Séparation et élimination de l'eau

a) Séchage

Eventuellement traités à l'huile alimentaire pour limiter l'oxydation, les aliments sont séchés au Soleil ou au four.

b) Swellification (de swell-drying ou séchage/texturation) basée sur la DIC

La Détente Instantanée Contrôlée (DIC) est fondée sur une chute abrupte de pression vers le vide à la suite d'un traitement thermique de courte durée ; la DIC comporte donc les étapes suivantes :



1. Elévation de température & pression : Il s'agit de porter une substance à une température comprise entre 100°C et 120°C tout en élevant la pression généralement jusqu'à 4 ou 5bars pendant quelques secondes seulement.
 2. Chute abrupte vers le vide : Après une phase de stabilisation, le vide est fait dans la chambre du réacteur DIC. C'est sous l'effet de cette dépression vers le vide que la structure moléculaire de la substance est modifiée ; le résultat visible est une expansion de la substance traitée, par effet de "puffing".
 3. Retour à la pression et à la température ambiante.
- L'ensemble du processus dure moins d'une minute dans la plupart des cas.

c) Lyophilisation

La lyophilisation est une technique de séchage par congélation brutale (température comprise entre - 40 °C et -80 °C environ) avec sublimation sous vide. Les aliments conservent toutes leurs saveurs ainsi que leurs nutriments ; une fois réhydratés ils retrouvent presque leur texture d'origine. Cette méthode est employée pour la nourriture des astronautes.

2.3 – Utilisation de la chaleur

L'**appertisation** (mise en conserve) du nom de l'inventeur Nicolas Appert, en 1795, permet la conservation des aliments dans des emballages étanches pendant une longue période sans conditions particulières (notamment de température). Le procédé fait appel à la stérilisation (entre 115 °C et 121 °C), ce qui nécessite des conditions de température et de temps relativement contraignantes.

La **confiture** est une technique qui consiste à mélanger des fruits à leur équivalent en poids de sucre et à les porter quelques minutes à ébullition. Les bocaux doivent être ébouillantés avant de les remplir au maximum pour éviter la formation de moisissure. Les pâtes de fruit, ou les fruits confits utilisent également les vertus conservatrices du sucre (le fruit confit perdant l'essentiel de ses composants qui sont en fait remplacés par du sucre).

L'**upérisation** consiste à chauffer par courant de vapeur d'eau à 140 °C pendant quelques secondes puis à homogénéiser. Le lait UHT (Upérisation à Haute Température) est porté à 140°C pendant 2 à 5 secondes puis refroidit aussi rapidement. Le lait UHT est un lait stérilisé qui porte une DLUO (Date Limite d'Utilisation Optimale). En France, la date indiquée sur la brique est réglementairement de trois mois après l'emballage, bien qu'il puisse se garder plus longtemps.

La **pasteurisation**, utilisée pour le lait, la bière, les semi-conserves, est une technique qui consiste à soumettre les aliments à une température comprise entre 62 et 88 °C et à les refroidir brutalement. Si elle n'est pas une technique de stérilisation, la pasteurisation réduit de façon significative le nombre de micro-organismes présents. Après la pasteurisation, pour le lait en particulier, il est important de réfrigérer les aliments pasteurisés autour de 3 à 4 °C afin de prévenir la multiplication des bactéries qui n'auraient pas été détruites.

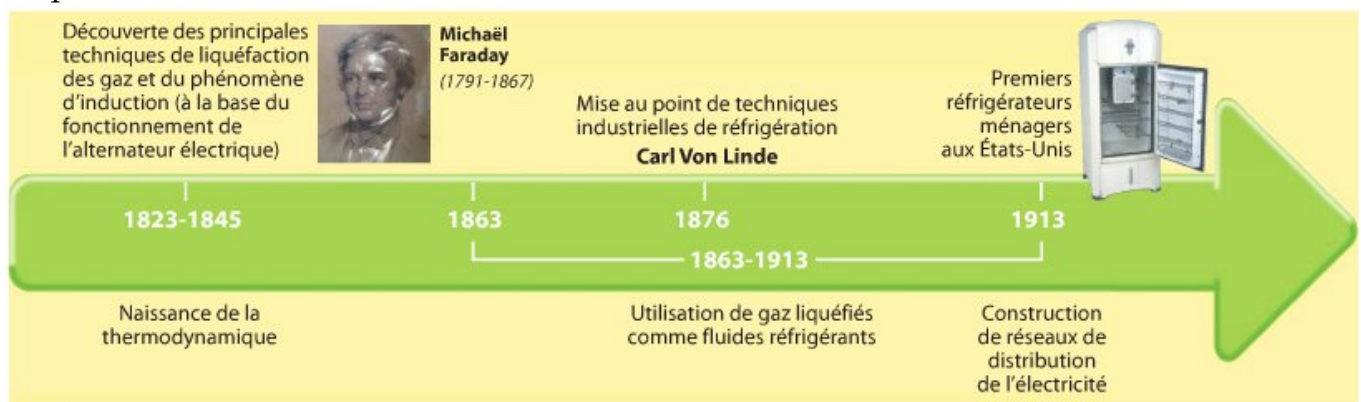


2.4 – Utilisation du froid

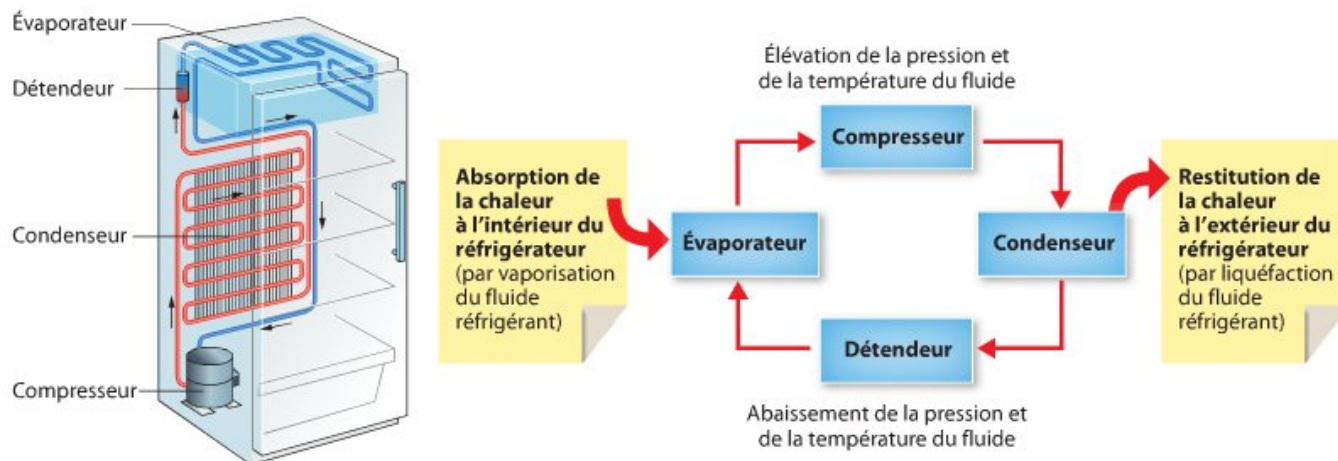
Le traitement par le froid permet de ralentir, voire arrêter, la prolifération et l'action de micro-organismes, et de conserver l'aliment pendant une période plus ou moins longue. On distingue :

- la **réfrigération** : l'abaissement de la température (entre 4 et 8 °C) diminue l'action des bactéries et des enzymes présentes dans les aliments. Elle permet une conservation de quatre à dix jours.
- la **congélation** : technique qui consiste à abaisser la température de l'aliment et à la maintenir en dessous de la température de fusion de la glace (0 °C), en pratique (dans les congélateurs) entre 0 °C et -15/-18 °C. Si la vitesse de refroidissement est rapide, peu de cristaux de glace se développent, et les tissus cellulaires sont maintenus. Elle permet de consommer les aliments plusieurs années après le début de leur congélation si celle-ci est ininterrompue.
- la **surgélation** est une technique de refroidissement brutal (-15/-18 °C) puis de congélation à -15/-18 °C.

La thermodynamique est une branche de la physique, née au XIX^{ème} siècle pour améliorer le rendement des machines à vapeur accompagnant la révolution industrielle. Elle s'est rapidement généralisée en l'étude des transferts et transformations de l'énergie sous ses formes les plus diverses.



Le réfrigérateur est l'archétype de la machine thermodynamique qui a révolutionné la conservation des aliments.



2.5 – Atmosphères contrôlées (ou vide)

Un conditionnement dit « sous atmosphère protectrice » consiste à modifier la composition de l'atmosphère interne d'un emballage (en général de denrées alimentaires mais cette technique est aussi utilisée pour des médicaments) dans le but d'améliorer sa durée de vie.

Le processus tend souvent à réduire le taux d'oxygène (O_2), entre 20% et 0%, afin de ralentir la croissance des formes de vie aérobie et les réactions d'oxydation. L'oxygène enlevé peut être remplacé par d'autres gaz.

Le stockage du produit se fait ensuite à basse température (0 à 3°C).

Le conditionnement sous atmosphère modifiée (MAP) est une technique de préservation des aliments frais ou transformés. L'air qui entoure la nourriture dans le paquet est remplacé par un gaz d'une autre composition. La fraîcheur initiale des produits périssables sera prolongée en MAP car ce procédé ralentit la dégradation naturelle du produit. Le mélange de gaz dans le paquet dépend du type de produit, du matériel d'emballage et de la température d'entreposage.

La viande et le poisson exigent des films à très faible perméabilité au gaz, aussi pour les produits non-respirants (viandes, poissons, fromages...), des films « haute barrière » sont utilisés. Le mélange gazeux introduit ne variera pas dans l'emballage.

L'atmosphère dans un emballage sous atmosphère modifiée n'est pas l'air (O_2 21% ; CO_2 0,038%, N_2 78%), mais est souvent constituée de N_2 , O_2 , CO_2 , sans oublier N_2O , Ar et He, voire CO. C'est la modification du ratio de ces gaz qui fait la différence dans la prolongation de la durée de vie.

L'oxygène est essentiel lors de l'emballage des fruits et légumes frais car ils continuent de respirer après la récolte. L'absence d'oxygène (O_2) peut conduire à une respiration anaérobie dans le paquet qui accélère la sénescence et la détérioration. De trop hauts niveaux d' O_2 ne retardent pas sensiblement la respiration, il faut descendre en dessous de 12 % d' O_2 pour que le taux de respiration diminue. Donc, l'oxygène est utilisé à de faibles niveaux (3-5%) pour des effets positifs. En réduisant le niveau d' O_2 et en augmentant le niveau de dioxyde de carbone (CO_2), le mûrissement des fruits et légumes peut être retardé, la respiration avec production d'éthylène peut être réduite, le ramollissement peut être retardé et les divers changements de composition associés à la maturation peuvent être ralentis. Des niveaux de CO_2 supérieurs à 10% sont nécessaires pour réprimer de façon significative le développement fongique.



Malheureusement, au-delà de 10%, le CO₂ agit comme phytotoxique pour les végétaux frais. Le protoxyde d'azote (N₂O) peut être préféré pour ses effets bactériostatiques et fongistatiques ainsi que son pouvoir cicatrisant sur la peau des fruits. Hélas, il a une image de gaz d'hôpital et c'est aussi un gaz à effet de serre. L'argon (Ar) est un puissant inhibiteur de respiration, plus dense que l'azote il a une bonne efficacité de purge (balayage gazeux efficace) mais c'est un gaz rare donc cher.

Dans le conditionnement de la viande et du poisson, un haut niveau de CO₂, qui peut abaisser le pH, inhibe efficacement les croissances bactériennes et fongiques. L'absence totale d'oxygène, dans le conditionnement de la viande rouge, fera grisailler celle-ci, sans aucune altération de sa saveur. Aussi pour ne pas inquiéter le consommateur, le mélange gazeux réinjecté contient un léger pourcentage d'O₂. L'azote (N₂), gaz inerte et bon marché, est utilisé comme gaz de remplissage, car il n'encourage ni ne décourage la croissance bactérienne. Très peu soluble dans l'eau et les graisses, un mélange utilisé pour emballer des chips est de 99,9 % d'azote gazeux, qui est inerte aux températures et pressions auquel l'emballage est soumis. Parfois, aux USA notamment, il peut être utilisé du monoxyde de carbone (CO) pour emballer la viande, mais cet usage est contesté. Une bonne taille d'emballage offrira un volume aux 2/3 occupés par le produit, un tiers par le gaz.

2.6 – Conservation chimique, fermentation

- Conservation dans l'alcool. Les qualités organoleptiques originelles et les vitamines sont perdues, comme pour les fruits confits. Cette méthode est utilisée surtout pour les fruits.
- Conservation dans le sel à sec (**salaison**) ou en saumure (**saumurage**) ou utilisation du salpêtre (maintenant les sulfites). L'aliment salé, dur et décoloré, doit être dessalé avant sa consommation. Cette technique qui permet de diminuer l'activité de l'eau est utilisée surtout pour les poissons et les viandes (charcuterie...).
- Le **fumage** ou **fumaison** permet de sécher l'aliment et les composés chimiques dans la fumée jouent un rôle d'antiseptique. Cette technique est utilisée pour les poissons et viandes.
- Conservation en milieu acide comme le vinaigre. L'acidité modifie l'apparence, la texture, diminue le goût ainsi que le nombre de vitamines (exemples : cornichons, oignons...) dont on ajoute des colorants et du sel pour en relever la saveur et l'apparence.
- Conservation dans de l'huile (tomates séchées à l'huile...).
- Conservation dans le sucre (**sucrage**). Le sucre étant très hygroscopique, il ne permet pas aux bactéries de se développer. Cette méthode est utilisée surtout pour les fruits (confiture, sirop...).
- Conservation dans de la graisse (confit de canard...).
- Conservation par ajout de conservateurs alimentaire : le dicarbonate de méthyle (boissons), les antibiotiques (fromages), les antimicrobiens, antioxydants et certains acides.

2.7 – Ionisation/irradiation

L'**irradiation des aliments** consiste à exposer des aliments à des rayonnements ionisants afin de réduire le nombre de micro-organismes qu'ils contiennent. Ce procédé est aussi



appelé **pasteurisation à froid**, parce qu'il ne suppose pas de traitement thermique, et vise également à la conservation des aliments, on parle également de **radioconservation des aliments**. Ces deux derniers termes sont également utilisés car plus positifs aux yeux du public *qu'irradiation*. Ce procédé diffère de la stérilisation car ne vise pas nécessairement à détruire la totalité des germes.

Des recherches scientifiques extensives ont été produites pour obtenir l'autorisation de l'utilisation de cette technique par la Food and Drug Administration, le Département de l'Agriculture des États-Unis et l'OMS.

Résumé

Exemple d'aliment	Exemples de techniques utilisées	Changement d'état mis en jeu	Facteur physico-chimique mis en jeu
Lait en brique	Traitement UHT : de 135 °C à 150 °C, quelques secondes	Vaporisation	Élévation de la température (mort des micro-organismes)
Lait pasteurisé	Pasteurisation : de 60 °C à moins de 100 °C, durée variable	Vaporisation	
Conserves	Stérilisation : de 115 °C à 150 °C, plusieurs minutes	Vaporisation	
Glace	Surgélation	Solidification	Abaissement de température (inhibition des micro-organismes)
Confiserie	Additif conservateur acidifiant (ex : acide acétique : E260)		Abaissement du pH (arrêt du développement des micro-organismes)
Café soluble	Lyophilisation	Solidification puis sublimation	Absence d'eau (arrêt du développement des micro-organismes)
Confiture, fruits secs	Déshydratation	Vaporisation	
Salade en sachet	Mise sous atmosphère contrôlée ou modifiée		Absence de dioxygène (arrêt du développement de certains micro-organismes)