**E. Conservation par addition aux aliments d’antioxydants et d’antimicrobiens**

**1. Les antioxydants**

Les anti-oxydants sont des substances naturelles présentes dans les aliments ou incorporés à ceux-ci. Ces substances prolongent la durée de conservation des aliments en les protégeant des altérations provoquées par l’action de l’oxygène (oxydation). La plupart de ces substances sont notées : E3xx

**1. 1. Rappel :**

1.1.1. Structure et composition des lipides

En plus de glycérides et d'acides gras libres, les lipides peuvent contenir de petites quantités de phospholipides, stérols, tocophérols, les pigments liposolubles et les vitamines.

Les glycérides comprennent des monoglycérides (molécule de glycérol reliée à une molécule d'acide gras), des diglycérides (deux acides gras sont reliés au glycerol) et des triglycérides (trois acides gras reliés au glycerol) (95%).

Les phospholipides sont semblables à des triglycérides, mais ne contiennent que deux acides gras reliés au glycérol. A la place du troisième acide gras, il y a un groupe polaire contenant de l'acide phosphorique et un groupe contenant de l'azote, le plus commun est la lécithine.

Les stérols contiennent un noyau de stéroïde, une chaîne latérale de carbone (8-10) et un groupe alcool. Le cholestérol est le principal stérol animal.

Les tocophérols sont des constituants mineurs de la plupart des huiles végétales; les graisses animales contiennent peu ou pas de tocophérols. Les tocophérols sont des antioxydants, qui aident à prévenir le rancissement oxydatif et sont également des sources de vitamine E.

Des pigments tels que les caroténoïdes et les chlorophylles peuvent être présents dans les graisses, et ceux-ci peuvent conférer une couleur distincte à une graisse.

1.1.2. Hydrolyse des lipides

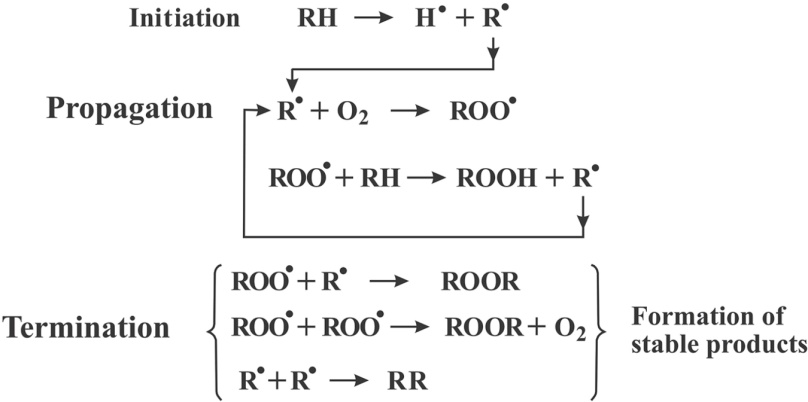
L’hydrolyse des lipides est principalement l’action des enzymes lipolytiques tissulaires ou des enzymes élaborées par des microorganismes telles que les lipases et les phospholipases. Les lipases libèrent à partir des triglycérides des acides gras libres, des diglycérides et des monoglycérides. Une quantité considérable d’acides gras libres (AGL) peuvent s'accumuler au cours du stockage et donner un arrière-goût de savon à l’aliment.

1.1.3. Auto-oxydation des lipides

Il existe des mécanismes naturels de contrôle de l’oxydation (antioxydants et pro-oxydants) lorsque le tissu est vivant afin de prévenir la destruction oxydative des lipides. Cette régulation est perturbée à la mort de l’animal et durant le stockage et la transformation.

Les acides gras polyinsaturés présents dans les lipides rendent les aliments très sensibles à l’oxydation.

L'hydrogène est extrait à partir des molécules d’acides gras insaturés pour former des radicaux libres (produits de l’oxydation primaire), généralement en présence d'un catalyseur, tels que les ions métalliques (fer, cuivre, cobalt, etc.), la lumière, la chaleur ou l'irradiation. Les radicaux libres deviennent très sensibles à l’attaque de l’oxygène atmosphérique et vont produire des peroxy-radicaux. Ceux-ci vont réagir avec d’autres molécules d'acides gras insaturés pour former des hydroperoxydes et de nouveaux radicaux libres. Les molécules hydroperoxydes sont des molécules très instables particulièrement à haute température et vont rapidement se décomposer en présence d’ions métalliques pour produire des produits d’oxydation secondaires (aldéhydes, cétones, hydrocarbures, acides, furanes, alcools, etc.) responsables des odeurs et des saveurs indésirables (rancissement) de l’aliment. Enfin, les radicaux libres et les peroxy-radicaux interagissent pour former des produits stables non radicalaires et de l’oxygène.



1.1.4. Photo-oxydation des lipides

Les molécules d’oxygène atmosphériques sont à l'état triplet (3O2), elles ne sont pas très réactives avec les acides gras insaturés. L'oxygène singulet est produit à partir de l'oxygène triplet sous l’action de la lumière ou des ions métalliques (cuivre, fer, cobalt, etc.) en présence d'un photo-sensibilisateur, comme la chlorophylle, la vitamine B2, l'érythrosine, ou le bleu de méthylène par exemple. La photo-oxydation implique la réaction directe de l'oxygène activé par la lumière (oxygène à l’état singulet 1O2) avec des acides gras insaturés et la formation subséquente d'hydroperoxydes qui se décomposent en présence d’ions métalliques pour produire des produits d’oxydation secondaires.

1.1.5. Facteurs influençant sur le taux d'oxydation :

• quantité d'oxygène présente

• degré d'insaturation des lipides

• présence d'antioxydants

• présence de pro-oxydants, en particulier le cuivre, et le fer

• nature du matériau d'emballage

• exposition à la lumière

• température de stockage

**1.2. Mécanismes d’action antioxydante**

Les composés phénoliques sont des antioxydants puissants, deux modes principaux d’action de l’activité antioxydante ont été décrits :

* Le piégeage direct des radicaux libres : c’est l’action des antioxydants primaires qui sont des piégeurs de radicaux libres qui retardent l'auto-oxydation par transfert des atomes d'hydrogène aux radicaux libres lipidiques pour produire des dérivés lipidiques non radicalaires qui sont plus stables et moins disponibles pour continuer l'auto-oxydation.

Exemple de composés synthétiques : le BHA (butyl-hydroxy-anisole E320), le BHT (butyl-hydroxy-toluène E321), les PG (gallates de propyle E310), le TBHQ (tertio-butyl-hydro-quinones).

Exemple de composés naturels : flavonoïdes, tocophérols (E306 à E309), les caroténoïdes.

Certains composés sont souvent appelés synergistes et qui sont employés en combinaison avec les antioxydants primaires  pour renforcer l'action des ces derniers, par exemple : acide citrique (E330), acide ascorbique (E300), palmitate d'ascorbyle, la lécithine (E322), et l'acide tartrique (E334).

* La chélation des ions métalliques (Fe3, Cu, Co) et la transformation de l’oxygène singulet en oxygène triplet par l’action des antioxydants secondaires qui sont des composés capables de retarder l’oxydation par des mécanismes indirects.
  + la chélation des ions métalliques : EDTA, oxalates, acides citrique, tartrique, phosphorique, phytique, ascorbique et lactique (E270), polyphsphates, etc.
  + la transformation de l’oxygène singulet en oxygène triplet : les caroténoïdes comme le b-carotène, acide ascorbique, acide érythorbique, lycopène, palmitate, etc.
* Inhibition de la décomposition des hydropéroxydes : exemple : Cysteine

**1.3. Choix d’un antioxydant**

Les antioxydants utilisés dans les aliments doivent satisfaire aux critères suivants:

* Disponible à bas prix, non toxique, et efficace à de faibles concentrations
* Avoir une grande stabilité
* n’ayant pas d'odeur, de goût ou de couleur, facile à incorporer et ayant une bonne solubilité dans le produit.
* Résistant au traitement thermique

**2. Les antimicrobiens**

**2.1. Antimicrobiens formés au cours du traitement de conservation**

Le fumage du poisson, de la viande, de la volaille, et des fromages se caractérise par le dépôt de substances antimicrobiennes telles que le formaldéhyde, des phénols et des créosols sur la surface du produit. Ces produits chimiques agissent comme des agents bactériostatiques et bactéricides. Les composés de la réaction Maillard (tels que les mélanoidines), qui sont formés lors de la cuisson de certains aliments, ont une activitié antimicrobienne contre certains agents pathogènes et d’altération.

De nombreuses espèces de bactéries et de levures utilisées dans la fermentation des aliments, en particulier les bactéries lactiques produisent des substances antimicrobiennes telles que les bactériocines (à partir de *Lactococcus, Streptococcus, Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcus et Bifidobacterium*), les nisines (à partir de *Lactococcus lactis*), les pédiocines à partir de *Pediococcus acidilactici*), les acides organiques, le diacétyle, le peroxyde d'hydrogène, et des enzymes.

La nisine est utilisée dans l'industrie alimentaire pour prévenir l'altération du fromage par *Clostridium butyricum*. La combinaison de nisine et de pédiocine inhibe la croissance des différentes bactéries d'altération et pathogènes (*Leuconostoc mesenteroides, viridescens Lactobacillus, Listeria monocytogenes, Salmonella typhimurium* et *E. coli* O157: H7) lorsqu'ils sont appliqués au rôti de bœuf ou de dinde.

**2.2. Antimicrobiens ajoutés aux aliments**

De nombreux produits chimiques organiques et inorganiques sont ajoutés aux aliments comme conservateurs :

* Les conservateurs organiques : l'acide propionique (E280) et les propionates (E281,E282, E283) sont utilisés pour préserver le fromage contre les moisissures et les bactéries à des concentrations de 1000-3200 ppm. La croissance des levures et des moisissures dans la mayonnaise peut être contrôlée par l'addition d'acide sorbique (E200) et sorbates (E201, E202, E203) ou d'acide benzoïque (E210) et benzoates (E211, E212, E213) à des concentrations de 500-2000 ppm. L’acide ascorbique (E300) et ses sels (sodium E301 et calcium E302), ainsi que l’acide citrique (E330) et ses sels (sodium E331, potassium E332 et calcium E333) sont les plus utilisés dans l’industrie alimentaire, l’acide citrique abaisse le pH jusqu’à pH 2.9 et inhibe le développement des levures et des bactéries.
* Les conservateurs inorganiques ou minéraux : parmi ce conservateurs, les plus largement utilisés dans l'industrie alimentaire sont les nitrites, l’anhydride sulfureux, les sulfites, les phosphates et l’anhydride carbonique. Les nitrites de sodium (E250) et de potassium (E249) sont utilisés dans la viande et la volaille pour contrôler C. botulinum à des concentrations d'environ 120 ppm. Ils sont également utilisés pour contrôler l'altération du fromage par C. butyricum et Clostridium tyrobutyricum. Les nitrites sont également reconnus pour avoir des effets inhibiteurs sur Staph. aureus, Escherichia, Pseudomonas, et Enterobacter spp. à des concentrations de 200 ppm. L’anhydride sulfureux (E220), le sulfite de sodium (E221), le bisulfite de sodium (E222), et le disulfite de sodium (E223) sont utilisés pour le contrôle des moisissures et les levures dans les saucisses et les crevettes fraîches. Ces produits chimiques sont appliqués à des aliments à des concentrations de 200-300 ppm. Les phosphates (E238, E239, E240) sont employés dans les produits de charcuterie et interviennent aussi comme agents anti-microbiens. L’anhydride carbonique (E290) est principalement utilisé pour la conservation de viande réfrigérée, œufs, lait, poissons et produits de la mer. Il inhibe la croissance de nombreux micro-organismes (actif contre les moisissures mais peu contre les levures).

**2.3. Mécanisme d’action antimicrobienne**

A titre d’exemple, il a été démontré que l’action des composés phénoliques sur la multiplication microbienne se fait à travers l’altération de la perméabilité membranaire des bactéries en perturbant les systèmes de transport ionique, le transport des électrons et la production d’énergie. En général, les bactéries Gram négatif sont plus résistantes que les bactéries Gram positif parce que la membrane extérieure des Gram négatifs est plus riche en lipo-polysaccharides (LPS) la rendant plus hydrophile, ce qui empêchent les composés phénoliques d’y adhérer.